

УДК 629.113.002.3.004.

С.А. Горожанкин, профессор, д-р техн. наук,

Н.В. Савенков, ассистент,

Б.В. Овчарук, ассистент

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,

ул. Державина, 2, Макеевка, 86123,

bogdanovcharuk@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ИХ РАБОТЕ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ

В статье рассматриваются вопросы токсичности отработавших газов легковых автомобилей, оборудованных бензиновыми двигателями, при их работе на неустановившихся режимах

Ключевые слова: бензиновый двигатель, отработавшие газы, неустановившиеся режимы, токсичные вещества.

Постановка проблемы. В последнее время в мире установилась тенденция по ужесточению контроля за уровнем токсичности отработавших газов автомобильных двигателей[1].

Количество токсичных веществ в отработавших газах бензинового двигателя легкового автомобиля зависит от множества факторов, таких как конструкция двигателя, тип системы питания, наличие или отсутствие каталитического нейтрализатора в системе выпуска отработавших газов. Кроме того, следует учитывать его условия эксплуатации. Большая часть легковых автомобилей, оборудованных бензиновыми ДВС, эксплуатируются в крупных городах с высокой интенсивностью движения. Для работы в указанных условиях характерна высокая степень неравномерности движения – частые остановки и последующий разгон. Видимо, при таком режиме эксплуатации количество токсичных веществ в отработавших газах будет отличаться от значений, полученных при работе двигателя на установившемся режиме.

Исходя из выказанного предположения одним из приоритетных направлений в вопросах снижения токсичности отработавших газов автомобильных ДВС является определение количественных показателей выбросов вредных веществ в атмосферу при работе ДВС на неустановившихся режимах.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время при оценке токсичности выхлопных газов легковых автомобилей используют модернизированный европейский ездовой цикл, который включает в себя все эксплуатационные режимы движения легкового автомобиля в городских условиях, в том числе и режим разгона[1]. Однако в этом методе имеется существенный недостаток – сбор газов производится в одну общую емкость при работе автомобильного двигателя на всех режимах. В итоге, полученные результаты дают лишь усредненное представление об экологических показателях двигателя. При этом выделить из результатов значения выбросов вредных веществ не представляется возможным. Второй используемой методикой является измерение выбросов токсичных веществ при работе двигателя на холостом ходу и при частоте вращения, соответствующей максимальной мощности. В обоих случаях это установившиеся режимы работы, исследования которых также не дают представления о токсичности отработавших газов легкового автомобиля при его разгоне.

Цель исследования. Определить, каким образом движение автомобиля на неустановившемся режиме влияет на токсичность отработавших газов бензинового двигателя. Сделать вывод о возможностях современных средств измерения и методик определения токсичности отработавших газов автомобильных ДВС для использования их при проведении измерений на неустановившихся режимах работы.

Материалы и результаты исследования. Согласно статистическим данным последних лет [2] движение автомобилей в интенсивных городских условиях происходит на режимах, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы движения автомобилей и их продолжительность в общем балансе времени для городских условий

Режимы движения и их продолжительность в общем балансе времени, %	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы
Холостой ход	22	17	39
Ускорение	37	42	38
Постоянная скорость	12	16	9
Замедление	29	25	24

Как видно из таблицы, для легковых автомобилей, в частности, режим разгона является наиболее продолжительным при движении в интенсивных городских условиях. Работа двигателя в процессе разгона отличается от работы его на установившихся режимах. Это отличие проявляется, прежде всего, в изменении эффективных показателей двигателя. При переходе на режим разгона эффективный удельный расход топлива увеличивается, т.е. при разгоне имеет место ухудшение экономических и, как следствие, экологических показателей двигателя.

Величина тепловых, механических и аэродинамических потерь для различных конструкций двигателей может существенно разниться, но причины этих потерь обуславливаются влиянием одних и тех же факторов, закон изменения которых независимо от конструктивных особенностей двигателя одинаков.

К основным причинам, вызывающим ухудшение мощностных и экологических показателей двигателей при разгоне, относятся: нарушение смесеобразования; несоответствие нового теплового режима тепловому состоянию цилиндрико-поршневой группы двигателя; ухудшение наполнения цилиндра свежей смесью; влияние инерции вращающихся масс; несоответствующий новому режиму угол опережения зажигания и нарушение процесса сгорания [3].

Измерение токсичных выбросов при испытаниях по ездовому циклу легкового автомобиля с двигателем, имеющим рабочий объем 2,5 л, показывает, что в режимах разгона выбрасывается 47,5 % CO и 57,1% CH, что значительно превышает долю разгона в ездовом цикле. Это объясняется не только разницей в нагрузках при разгонах и остальных режимах, а прежде всего значительным увеличением CO и CH в отработавших газах в режимах разгона. Это подтверждают и исследования [4], где отмечено, что расчёт выбросов CO с использованием режимов работы и токсических характеристик двигателя, снятых в установившихся режимах, дает результат с ошибкой до 60 %.

В работе [5] показано, что в процессе разгона бензинового двигателя при резком открытии дроссельных заслонок ($\tau_{др} \leq 1с$) наблюдается обогащение смеси и повышение содержания оксида углерода в отработавших газах по сравнению со сходными установившимися режимами.

Однако, следует отметить, что возможны случаи обеднения горючей смеси в процессе разгона бензинового двигателя. Это происходит только в том случае, когда положение дросселя зафиксировано, независимо от того, будет это полное или частичное его открытие, т.е. когда разгон осуществляется уже после окончания движения дроссельной заслонки. К одной из причин обеднения смеси на этом этапе можно отнести влияние инерции топлива в системе питания, хотя и кратковременного, но оказывающего существенное влияние при ускоренном его истечении. Как следствие, на данном этапе разгона наблюдается значительный рост выбросов оксидов азота NO_x .

Для нормальных условий эксплуатации с ускорениями меньше $10 м \cdot с^{-2}$ расход воздуха в переходном режиме снижается на 2 – 4%, что не оказывает существенного влияния на показатели работы двигателя. Исследования состава отработавших газов показали, что в процессах разгона выбросы оксидов азота несколько ниже, а углеводородов значительно выше, чем в установившихся режимах при различных скоростях открытия дроссельных заслонок [6].

Значительное влияние на токсичность отработавших газов бензиновых двигателей также оказывает тепловая инерция. Отставание температуры впускного трубопровода и деталей цилиндрико-поршневой группы двигателя уменьшает подогрев смеси, количество которой при разгоне непрерывно увеличивается. В результате ухудшается испарение топлива, нарушается соотношение между долей испарившегося топлива и воздухом и изменяется качественный состав горючей смеси. При пониженной температуре деталей часть топлива в смеси, уже дошедшей до цилиндров двигателя, не успевает испариться, что даже при достаточном количестве топлива на цикл приводит к обеднению смеси. В итоге в атмосферу попадает большее количество окислов азота и добавляются продукты неполного сгорания топлива.

Современные микропроцессорные системы управления двигателями, работающих на легком топливе, позволяют существенно улучшить экономические и экологические показатели ДВС при работе на неустановившихся режимах. Это достигается благодаря наличию в этих системах обратной связи, позволяющей корректировать процессы подачи и воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя. Корректировка происходит на основе показаний кислородных датчиков, установленных в системе выпуска отработавших газов, как до, так и после каталитического нейтрализатора. Кислородные датчики фиксируют обеднение или обогащение смеси и передают соответствующие показания на блок управления двигателем. Время срабатывания датчиков кислорода при обедненной горючей смеси лежит в пределах 250 мс., при обогащенной – 450 мс [7].

Электронный блок управления силовой установкой обрабатывает информацию, поступающую с различных датчиков за время от 50 до 150 нс. Время реакции топливных форсунок на команды системы управления составляет порядка 2-6 мс для различных типов систем [7]. Как видно, современные системы управления работой двигателя способны существенно оптимизировать его экологические параметры на режимах разгона и торможения во всем диапазоне скоростей движения автомобиля.

Выводы. Показано, что при разгоне автомобильного двигателя действует множество факторов, оказывающих существенное влияние на токсичность отработавших газов. Это и тепловая инерция двигателя, и инерционность системы питания двигателя, это и возрастание аэродинамических потерь при увеличении скорости потока воздуха во впускном трубопроводе, а также уменьшение времени, отведенного на наполнение цилиндров при росте частоты вращения двигателя. Все эти факторы оказывают негативное влияние на содержание в отработавших газах тех или иных токсичных компонентов. На современном этапе развития автомобильного транспорта в целом, и при том, что экологичность двигателя выделяется как один из важнейших эксплуатационных показателей автомобиля, на сегодняшний день не существует методики, позволяющей с достаточной точностью определить экологические показатели автомобильного двигателя при его работе на неуставившихся режимах. Следовательно, пока этот вопрос не будет решен, достигнуть дальнейшего существенного улучшения экологических показателей автомобильных двигателей не представляется возможным.

Библиографический список использованной литературы

1. ГОСТ Р 41.83 - 2004. Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. – Взамен ГОСТ Р 41.83 – 99; введ. 2005 – 01 – 01. – Москва: Изд-во стандартов. — 150 с. – (Выбросы системы выпуска двигателей транспортных средств).
2. Иванов В. Автомобиль и окружающая среда. Экология крупных городов и организация движения/ В. Иванов, В. Ерохов, Г. Пантелеев // Автомобильный транспорт. – 1981. — № 7.
3. Работа автомобильного двигателя на неуставившемся режиме / Е.М. Акатов, П.М. Белов, Н.Х. Дьяченко, В.С. Мусатов. – М.: Машгиз, 1960. – 282 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобилей в эксплуатационных условиях /Ю.Ф. Гутаревич. – К.: Вища Школа, 1991. – 178 с.
5. Архангельский В.М. Исследование влияния ускорительного насоса на разгон автомобильного двигателя/ В.М. Архангельский, С.А. Пришвин, Ю.Е. Туркин // Тр. МАДИ. – 1978. – № 162. – С. 93–100.
6. Zellinger K. The influence of transient condition on the operation of an SI engine, especially with respect to exhaust emissions/ K. Zellinger, A.W. Hussmann // SAE Prepr. S. a. — №750053. – 7 p.
7. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: За рулем, 2005 – 432 с. ил.

Поступила в редакцию 06.06.2013 г.

Горожанкін С.А., Савенков М.В., Овчарук Б.В. Проблеми вимірювання токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів під час їх роботи на невстановлених режимах

У статті розглядаються питання щодо токсичності відпрацьованих газів легкових автомобілів, обладнаних бензиновими двигунами, під час їхньої роботи на невстановлених режимах.

Ключові слова: бензиновий двигун, відпрацьовані гази, невстановлені режими, токсичні речовини.

Gorozhankin S.A., Savenkov N.V., Ovcharuk B.V. Problems of emission measurements gasoline engines in their work in unstabilized modes

The article deals with the issues of toxicity of exhaust gases of cars equipped with petrol engines, in their work on transients modes.

Keywords: gasoline engine, the exhaust gases, transients modes, toxic substances.