

*Главатских Олег Сергеевич,
Студент группы 273704
Северного (Арктического) федерального университета
им. М.В. Ломоносова,
Россия, г. Архангельск
Главатских Даннил Олегович,
Студент группы 271813
Северного (Арктического) федерального университета
Россия, г. Архангельск*

**ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО
СГОРАНИЯ, И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ
ПО ИХ СНИЖЕНИЮ**

***Аннотация:** в статье рассматривается тема вредных выбросов в двигателях внутреннего сгорания, и дальнейшие перспективные разработки по их снижению. Приведены примеры и пути решения данной проблемы. Описывается сложность систем современного двигателя.*

***Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, топливная система, система управления, система впрыска, вредные выбросы.*

***Annotation:** the article discusses the topic of harmful emissions in internal combustion engines, and further promising developments to reduce them. Examples and solutions to this problem are given. The complexity of modern engine systems is described.*

***Key words:** internal combustion engine, fuel system, control system, injection system, harmful emissions.*

Современные двигатели – это продукты высоких технологий в чистом виде. Под капотами автомобилей сегодня скрываются агрегаты поистине адской мощности. К примеру, у восьмицилиндрового двигателя при частоте вращения коленчатого вала 5800 об./мин., через впускные каналы за минуту проходит 11300 литров свежего воздуха со скоростью 325 км/ч. Насос

охлаждающей жидкости за секунду прогоняет до 4,5 л, более 23000 воспламенений в минуту разгоняют поршни массой 535 г при температуре 3000 °С и под давлением 5,7 т до скорости 100 км/ч за 0,0002 секунды. Каждый из 32 кулачков по 48 раз в секунду с усилием 340 кг воздействует на один из 32 толкателей, а отработавшие газы при температуре 960 °С, со скоростью звука устремляются в направлении катализатора. Для управлением всеми этими процессами современные автомобили оснащены компьютером. Электроника управления двигателем регистрирует количество, плотность и температуру всасываемого воздуха, обеспечивая смешивание его с топливом, дозируемым с точностью до миллиграмма или тысячной доли миллилитра. Она регулирует момент появления искры зажигания напряжением в 30000 В с точностью до 0,000001 с. Для идеального выполнения своей задачи электроника управления двигателем получает по CAN-шине до тысячи сообщений в секунду от других электронных систем и многочисленных датчиков, которые она затем обрабатывает со скоростью 10-20 миллионов операций в секунду. Постоянная проверка измеренных значений, сравнение с запрограммированными номиналами и адаптивная подстройка к оптимальным условиям эксплуатации – обычная работа для автомобильной электроники. После базового программирования электронные системы сами могут оптимально адаптироваться к тому или иному двигателю и компенсировать изменения. Путем использования сотен характеристик, кривых и констант можно осуществить быструю и точную адаптацию ко всем режимам работы. Без электроники сегодняшние двигатели потребляли бы на 25-30 % больше топлива, при этом о стабильности параметров их работы можно было бы забыть, как и о соблюдении предписанных норм токсичности. Ожидаемый срок службы агрегатов оказался бы заметно короче. Раньше электроника считалась дорогой, ненадежной и неремонтопригодной. Однако механика достигла пределов своих возможностей, и дальнейшее развитие концепций управления двигателями по традиционному пути оказалось невозможным.

Двух и трех камерные карбюраторы для подготовки топливно-воздушной смеси оказались слишком дорогими и сложными, многие станции технического обслуживания (СТО) были просто перегружены заказ-нарядами на их обслуживание и регулировку. Точно определить текущие условия эксплуатации было невозможно. Выход был найден только в применении электроники. Основу современных систем бортовой диагностики (OBD) заложили электронные системы управления двигателями Motronic, которые традиционно делились на системы управления впрыском топлива и системы управления зажиганием. Отличие современных систем Motronic состоит в производительности электронного блока управления двигателем и использовании многочисленных характеристик, кривых и констант. В блоках управления помимо информации об управлении впрыском обрабатываются также все необходимые данные для управления зажиганием. Современные системы работают адаптивно, а потому не требуют постоянных регулировок и обслуживания. С ростом производительности модулей памяти и процессоров можно записывать ее больше и больше характеристик, кривых, фиксированных значений, констант и дополнительных функций. Идеальные значения используются для сравнения с фактическими и для адаптивных процессов регулирования. Программы для движения в аварийном режиме и вспомогательные функции становятся все объемнее. Усложняется обмен данными с другими электронными системами автомобиля по CAN -шине – блоком управления КПП, системой управления динамикой и пр. Лишь с использованием этих систем стала возможной современная бортовая диагностика.

При оценке выбросов вредных веществ двигателя нужно учитывать, что каждый цилиндр представляет собой закрытую систему. Суммарные выбросы вредных веществ двигателя складываются из отдельных выбросов каждого из работающих цилиндров. Чем меньше будет выброс вредных веществ в каждом цилиндре, тем меньше будут суммарные выбросы двигателя. Отсюда

вытекают три основных требования к конструкции камер сгорания, конструкции и конструктивным параметрам системы питания, выпуска отработавших газов и управления двигателем, а также использованию различных методов наддува. Вот эти требования: точное дозирование воздуха и топлива в каждом цилиндре при любых режимах работы двигателя; в каждом цилиндре должно быть одинаковое количество топливовоздушной смеси; в каждом цилиндре топливовоздушная смесь должна быть однородная по составу.

Современные двигатели с электронным управлением впрыском и зажиганием, а также двигатели с непосредственным впрыском. В настоящее время автопроизводители и поставщики проводят очень дорогие исследования и разработки для соблюдения действующих и перспективных норм токсичности отработанных газов. Чем жестче становятся требования законодательства к нормам токсичности, тем больше требуется затрат (в том числе технических) на их соблюдение. Достигнутые за последние годы успехи были отмечены «легко» реализуемыми возможностями. В будущем необходимо выбирать новые пути, что также включает в себя разработку новых методов организации процессов сгорания и новые решения в «старых» системах. Приведем ряд мероприятий и разработок приводящие к снижению токсичных выбросов в двигателях внутреннего сгорания. Зачастую прогресс снижения расхода топлива и выбросов вредных веществ при работе двигателей дают только комбинации различных мер:

1. Электронный впрыск бензина, адаптивные системы, регулирования крутящего момента двигателя – самое точное дозирование топлива на всех режимах и при любых нагрузках с соблюдением окружающих условий.
2. Непосредственный впрыск топлива по стенке, в воздушном потоке, струйный – возможны слишком бедные смеси в диапазоне частичной нагрузки, отсутствие дроссельной заслонки, богатая готовая к

воспламенению смесь только на свече зажигания, в целом смесь в камере сгорания бедная, такие системы как, (GDI ИЛИ FSI).

3. Конструкция камеры сгорания – маленькие, компактные, куполообразные камеры сгорания, из-за большой турбулентности могут вырасти компрессия и тепловой КПД.
4. Положение свечей зажигания – центральное положение свечей зажигания обеспечивает короткий путь пламени, компрессия и тепловой КПД могут увеличиться без опасности детонации.
5. Многоклапанная техника – предполагает компактные камеры сгорания и центральное положение свечей зажигания, из-за большой турбулентности получается очень хорошее смешивание, компрессия и тепловой КПД могут увеличиться без опасности детонации.
6. Оптимизированная конструкция впускного коллектора (регулируемые системы всасывания) – использование эффекта наддува, использование полностью регулируемых впускных коллекторов (напр. Multi Ram), создание целенаправленной турбулентности воздуха (завихрение).
7. Регулируемая геометрия турбины (VTG), регулируемая геометрия компрессора, ступенчатый наддув, регистровый наддув, сочетание механического наддува и турбонаддува – независимое от оборотов регулирование давления наддува. Наддув высокого давления при непосредственном впрыске топлива, в настоящее время имеются проблемы с материалом из-за высокой температуры ОГ двигателей – до 1050 °С, возможны небольшие рабочие объемы с высокими мощностями и моментами, уменьшение размеров (напр. система TSI концерна VW).
8. Регулируемые фазы газораспределения (цель – избавиться от распределительного вала, но идея пока на стадии разработки) – рассматриваются электрические, электрогидравлические или электропневматические клапанные приводы без распределительного вала. На низких оборотах топливо не попадает в систему выпуска, из-за

чего снижается выброс углеводородов, на высоких оборотах ОГ могут оставаться в цилиндре и из-за этой внутренней рециркуляции ОГ могут снизиться выбросы оксидов азота. Возможно управление наполнением без дроссельной заслонки с регулировкой хода клапана (например Valvetronic у BMW). Оптимальное наполнение во всех диапазонах нагрузок и оборотов.

9. Отключение цилиндров или регулируемое сжатие – повышение КПД каждого цилиндра, более оптимальное адаптирование к текущим оборотам и нагрузкам двигателя, использование эксцентрично расположенных коленвалов, концепция SVC концерна SAAB со степенью сжатия 8:1 – 14:1.
10. Подача воздуха с ОГ незадолго до или сразу после их выхода из цилиндра (система впуска добавочного воздуха) – реализация термического дожигания в выпускной трубе, СН и СО окисляются при температурах выше 600 С, в результате получаются CO₂ и H₂O. В фазе холодного запуска катализатор быстрее нагревается до рабочей температуры.
11. Рециркуляция ОГ (внутренняя, внешняя с охлаждением) – отработавшие газы относятся «инертным (негорючими) газам, снижается пиковая температура в камере сгорания, и соответственно, условие образования оксидов азота. Самовоспламенение от ОГ при методе CAI.
12. Сокращение фазы прогрева, охлаждение с программным управлением, термоуправление – предотвращение масляного и водяного охлаждения в фазе прогрева, снижение выбросов СО, СН и расхода топлива, использование насосов охлаждающей жидкости с электроприводом, катализатор быстрее нагревается до рабочей температуры, электронный термостат и насос охлаждающей с электроприводом.

13. Уменьшение внутреннего трения в двигателе и потерь во вспомогательных агрегатах – новые материалы керамические клапаны, углеродные поршни, новые технологии нанесения покрытий на гильзы цилиндров и пр., подключаемые вспомогательные агрегаты, такие как сервонасосы и насосы охлаждающей жидкости.
14. Снижение оборотов за счёт 5: или 6 – ступенчатой КПП или АКПП (такие бесступенчатой АКПП) – снижение трения в двигателе. Потребление мощности вспомогательными агрегатами падает, достижение одинакового момента при меньших оборотах.
15. Системы Start-Stop, система прямого пуска – прерывание подачи топлива при выключенном двигателе, прямой запуск путем поджигания смеси в камере сгорания и щадящее использование механической и электрической систем запуска.
16. Различные системы катализаторов – каталитическое дожигание и преобразование вредных веществ в неядовитые компоненты.
17. Новые методы организации процесса сгорания, такие как контролируемое самовоспламенение (СА); (НС) – однородное поджигание смеси в диапазоне частичной нагрузки горячими ОГ или горячим воздухом в камере сгорания, однородное самовоспламенение смеси.

Вод ряд мероприятий способных обеспечить снижение выбросов вредных веществ, в двигателях внутреннего сгорания и исходя, из этого можно сделать вывод, что рано списывать ДВС. Ведь век электромобилей еще не настал, да и проблем с использованием их может возникнуть множество.

Список используемых источников.

1. Уве Рокош Бортовая диагностика [Текст]/ Уве Рокош. Перевод с немецкого ООО «СтарСПб», Издательство За рулем, 2013- с. 224 – 5000 экз. ISBN 978-5-903813-07-0