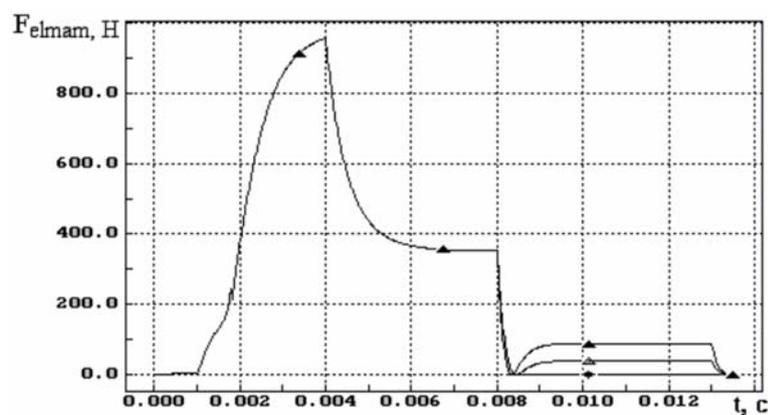


добиваясь максимального быстродействия и нужных номинальных параметров. В



составе программного комплекса Впрыск имеется возможность оптимизации всей ТПА.

Рис. 6. Величина электромагнитной силы обратной полярности по времени при напряжении на участке размагничивания (\blacktriangle)-30; (\blacklozenge)-20 и (\blackstar)-10 В

Литература:

1. Грехов Л.В, Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелем: Учебник для вузов.- Москва: Изд-во Легион-Автодата, 2005, илл. – 344 с.
2. Сливинская А.Г., Гордон А.В. Электромагниты постоянного тока, М: Госэнергоиздат, 1978, 340 с.

4. УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯМИ

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ОТРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВЫПОЛНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НОРМ НА ВЫБРОС ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Тюфяков А.С., Дмитриевский А.В., Бурьгин П.А. (ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»)

В середине 2006г. в России были законодательно введены европейские требования Евро-2 на выброс токсичных веществ легковыми автомобилями и легкими грузовиками. В отличие от Европы, в России произошел переход от норм Евро-0 сразу к нормам Евро-2. Это стало возможным по целому ряду причин, среди которых следует назвать наличие собственных направлений по разработке микропроцессорных систем управления двигателями, базировавшихся на обширном отечественном опыте разработок в области электронных систем управления бензиновыми двигателями. В настоящем докладе освещены результаты ряда отечественных работ в этом направлении.

Уже в 90-х годах в НАМИ были проведены первые исследовательские работы по двигателям с распределенным впрыском бензина отечественных автомобилей (ГАЗ, УАЗ), а затем и зарубежных автомобилей (Ниссан-Патрол), с использованием бифункциональных каталитических нейтрализаторов и систем обратной связи для снижения выброса токсичных веществ с отработавшими газами. Эти работы включали следующие этапы:

- исследование процессов газообмена в двигателях с динамическим наддувом и доводка впускной системы с использованием индицирования;
- выбор калибровок микропроцессорной (МП) системы управления двигателем для равнинных и высокогорных условий;

- отработка системы диагностики.

Конструкция системы впуска во многом определяет показатели двигателя с впрыском бензина. При постоянных параметрах системы впуска (длины, сечения впускных каналов и фаз газораспределения) эффект по повышению коэффициента наполнения достигается лишь на выбранных скоростных режимах, обычно в зоне от 70 до 100% от номинальной частоты вращения. Кривая крутящего момента имеет волнообразный характер, что значительно ухудшает ездовые качества автомобиля, требует более частого перехода на понижающие передачи, увеличивает эксплуатационный расход топлива. Наиболее эффективным способом оптимизации параметров впускной системы и сокращения процесса работ по доводке системы впуска и выпуска является индицирование рабочего процесса. Для выбора оптимальных параметров системы газообмена необходимо иметь представление об особенностях диаграммы давлений в цилиндре во время всех четырех тактов и диаграммы давлений во впускном и выпускном трубопроводах.

Оценка протекания процессов газообмена четырехцилиндрового шестнадцатиклапанного двигателя зарубежного производства ($V_h=2,4$ л) производилась по диаграммам давления в ресивере, в цилиндре и в выпускном коллекторе (табл.1).

Табл.1

Частота вращения, мин ⁻¹	Давление начала выпуска/в НМТ бар	Давление в начале впуска, бар			Давление в конце выпуска, бар			Давление в конце впуска, бар	
		Впускной трубопровод	Цилиндр	Выпускной трубопровод	Впускной трубопровод	Цилиндр	Выпускной трубопровод	Впускной трубопровод	Цилиндр
1500	3,84/1,95	0,88	0,85	0,99	0,89	0,71	1,05	0,89	1,44
2500	3,87/2,33	0,88	1,03	1,14	0,84	0,73	1,15	0,89	1,50
3700	4,27/2,96	0,82	0,92	1,22	0,89	0,75	1,17	0,92	1,55

Анализ полученных результатов показывает следующее:

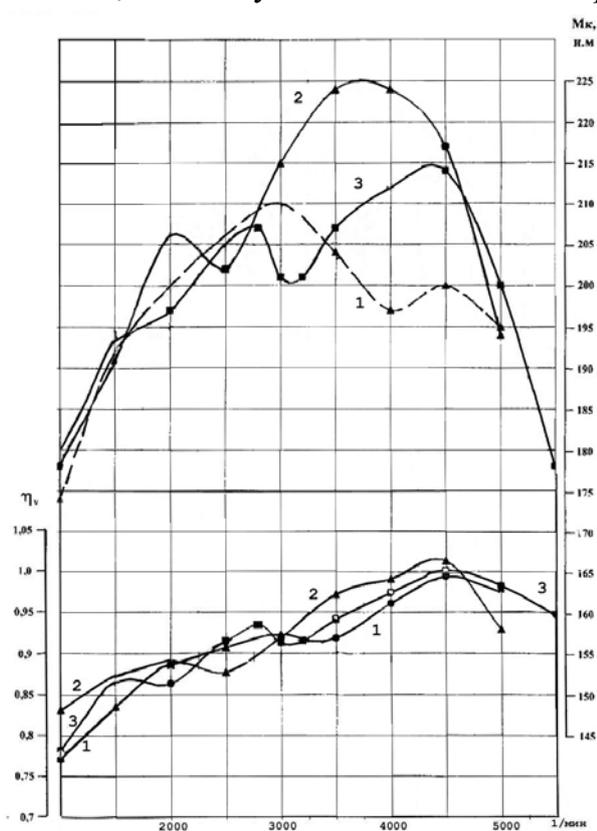
1. Давление в цилиндре от начала открытия впускного клапана до НМТ снижается от 3,84 до 1,95 бар при 1500 мин⁻¹. По мере увеличения частоты вращения до 2500 мин⁻¹ давление в цилиндре соответственно снижается с 3,87 до 2,33 бар. При 3700 мин⁻¹, давление к НМТ соответственно снижается от 4,27 до 2,96 бар. Учитывая, что при повышении частоты вращения коленчатого вала давление в НМТ увеличивается, это приводит к росту потерь на газообмен. Поэтому, в случае необходимости повышения мощностных показателей при высоких частотах вращения, потребуется увеличить угол опережения открытия выпускного клапана.

2. Сопоставление величин давлений в цилиндре в зоне перекрытия клапанов (5° до и 15° после ВМТ) показывает, что в рассмотренном диапазоне частот вращения давление в нем практически не изменяется.

3. При использовании результатов индицирования в качестве предварительного ориентира может производиться оценка площади диаграммы между фактической и теоретической линиями давления до и после НМТ. Оптимальным вариантом следует считать фазы выпуска, обеспечивающие равенство этих площадей. В частности, на режиме 1500 мин⁻¹ даже при полной нагрузке начало открытия может начинаться за 20°...25° до НМТ, а при малых нагрузках начало открытия может быть уменьшено до 5° до НМТ. При 3700 мин⁻¹ опережение открытия впускных клапанов на стандартном двигателе близко к оптимальному. При более высоких частотах вращения коленчатого вала и полных нагрузках начало открытия выпускных клапанов следует увеличить (ориентировочно до 60°).

4. Наибольшее значение коэффициента дозарядки обеспечивается, когда давление перед закрытием впускного клапана во впускном трубопроводе превышает давление в цилиндре. Поэтому для повышения мощностных показателей при малых и средних частотах вращения коленчатого вала (до 3700 мин⁻¹) целесообразно уменьшить угол запаздывания закрытия впускного клапана до 45-50° после НМТ или разработать впускной коллектор с переменной длиной каналов. С учетом полученных результатов для двигателя с номинальной частотой вращения коленчатого вала 5200...5600 мин⁻¹ длина короткого канала может быть принята равной 480...520 мм, а длинного – 700...750 мм. По сравнению с

традиционной (нерегулируемой) впускной системой коэффициент наполнения в зоне средних частот вращения (3000...3800 мин⁻¹) увеличивается на 5...8%. Кроме того, за счет уменьшения длины короткого канала появляется возможность на



2...5% увеличить наполнение на высоких частотах вращения коленчатого вала.

На основании проведенных исследований была предложена конструкция впускной системы, обеспечивающая значительное повышение максимальной величины крутящего момента по сравнению с показателями стандартного двигателя (рис 1.).

Рис.1. Внешние скоростные характеристики двигателя М241А ($V_h=2,4$ л): 1 – исходный вариант впускного трубопровода; экспериментальные впускные трубопроводы с длиной каналов: 2 – 490 мм.; 3 – 370 мм.

Учитывая, что большая часть территории России представляет собой равнину с весьма небольшой высотой над уровнем моря, основное внимание при

проведении работ по адаптации микропроцессорных систем управления обычно уделяется работе при нормальном или лишь слегка пониженном или повышенном (вследствие естественных погодных изменений) барометрическом давлении.

В связи с этим исследование работы системы управления в высокогорных условиях является недостаточно изученным, однако весьма важным аспектом с точки зрения сохранения заданных составов смеси как с целью обеспечения максимально возможных мощностных и экономических показателей, так и показателей по токсичности отработавших газов независимо от изменяющихся атмосферных условий.

Задача исследований состояла в оценке эффективности использования в высокогорных условиях датчика массового расхода воздуха вместо традиционно используемого для таких условий датчика абсолютного давления.

Ниже в таблице 2 приведены результаты испытаний автомобиля Ниссан-Патрол с отечественной системой управления двигателем при высотах до 2850м. над уровнем моря, выполненные в течение одного рабочего дня. Работа системы

управления оценивалась при движении с полностью открытой дроссельной заслонкой путем регистрации циклового наполнения, рассчитываемого блоком управления на основе измерения датчиком массового расхода воздуха (ДМРВ). Обработка аналогового сигнала пленочного ДВРМ BOSCH 0 280 212 037 производилась блоком управления путем многократных (30 раз в течение каждого полуоборота коленчатого вала) его опросов, определения мгновенной величины расхода воздуха по характеристике датчика и последующего цифрового осреднения за половину оборота коленчатого вала. При анализе результатов испытаний во внимание принимались максимальные значения циклового наполнения, характерные для частот вращения коленчатого вала в диапазонах 2800-3000 и 4400-4700 мин⁻¹, определяемые настройкой впускной системы. По характеристике форсунки, на основе обрабатываемой блоком управления величины длительности импульсов управления впрыском, рассчитывалась величина цикловой подачи топлива.

Табл.2

Высота над уровнем моря	Атмосферное давление	Плотность воздуха при температуре 25 град. С		Максимальная величина циклового наполнения при 4400-4700/2800-3000 мин ⁻¹		Максимальная величина цикловой топливоподачи при 4400-4700/2800-3000 мин ⁻¹	
		кг/м ³	%	мг/цикл	%	мг/цикл	%
0	1000	1,225	100	613/560	100	49,3/44,4	100
1150	870	1,06	86	511/476	83/85	41,2/37,1	84/84
2100	770	0,945	77	480/440	78/79	37,7/34,1	76/77
2850	705	0,86	70	434/407	71/73	34,4/31,4	70/71

Анализ приведенных результатов показывает, что система управления двигателем с использованным типом датчика массового расхода воздуха на всех исследованных высотах над уровнем моря обеспечивает управление топливоподачей, адекватное изменению плотности воздуха. Соответствующие режиму работы двигателя величины циклового наполнения и цикловой топливоподачи соответствуют изменению плотности воздуха с точностью в среднем 1-2, максимум 3 процента, что полностью укладывается в допуск на воспроизводимость проведенных экспериментов.

При проведении работы представляли интерес суммарные показатели автомобиля с адаптированной системой управления по выбросу токсичных веществ в условиях пониженного атмосферного давления. С этой целью в условиях лаборатории, расположенной на высоте 1200 метров над уровнем моря, были проведены испытания автомобиля Ниссан-Патрол по ездовому циклу MVEG (ECE+EUDC) в соответствии с европейской методикой по Правилам 83-03 (пуск при +20 град. С). Автомобиль с отечественной системой управления двигателем, предназначенный для сертификации под нормы Евро-2, был оборудован бифункциональным нейтрализатором отработавших газов. Кроме того, в состав антиоксидантной системы входила система рециркуляции отработавших газов с электронным управлением.

Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Табл.3.

Выброс токсичных веществ с отработавшими газами, г/км			
СО	СН	NO _x	СН+NO _x
0,62	0,12	0,08	0,2

Как следует из приведенных в таблице 3 данных, достигнутый на полноприводном автомобиле с полной массой 2100 кг уровень выбросов токсичных веществ даже в условиях существенно пониженного атмосферного давления практически с двукратным запасом соответствует нормам ЕВРО-3 для легковых автомобилей.

Очередной этап ужесточения в России законодательства в области экологии транспортных средств намечен на 2008 год, когда планируется введение действие норм Евро-3, и затем, в 2010г.- норм Евро-4, действующих в Европе с 2005г. Для выполнение норм Евро-3 потребуются применение системы рециркуляции с более гибким управлением. Кроме того, необходимо создание специальной системы диагностики, оценивающей состояние антитоксичных устройств, что возможно только при применении блока управления с высоким быстродействием. Нормы Евро-3, в отличие от Евро-2, предполагают значительное (практически, двукратное) ужесточение требований по всем токсичным компонентам, включая оксид углерода (СО). Указанная в нормах Евро-3 величина предельного выброса СО 2,3 г/км против 2,2 г/км в нормах Евро-2, вследствие изменения процедуры испытаний (ликвидация «льготных» 40 сек после пуска холодного двигателя, в ходе которых отработавшие газы не поступали в систему газового анализа), предъявляет значительно более жесткие требования к системе нейтрализации отработавших газов, которая должна уже в первые секунды «холодной» фазы ездового цикла войти в свой рабочий тепловой режим. Такие же требования предъявляются и к кислородному датчику в системе обратной связи по составу смеси. Общее ужесточение требований по выбросу токсичных веществ при введении норм Евро-3 и тем более Евро-4 обуславливает также отказ от традиционного управления дроссельной заслонкой при помощи механической связи с педалью акселератора. Переход на использование системы электронного управления положением дроссельной заслонкой позволяет снизить скорость изменения параметров управления двигателем при резком изменении степени нажатия на педаль акселератора без ущерба для динамики автомобиля и при снижении выброса токсичных веществ на переходных режимах.

Отдельной задачей при выполнении норм Евро-3 и Евро-4 является обеспечение функционирования системы встроенной диагностики (EOBD – European On Board Diagnose – Европейская бортовая диагностика). Такая система представляет собой комплекс технических, аппаратных и программных решений по системе управления силовым агрегатом автомобиля, призванных обеспечить:

- недопущение возможности бесконтрольной эксплуатации автомобиля с повышенным выбросом токсичных веществ;

- возможность проведения диагностических работ в эксплуатации, касающихся компонентов системы снижения токсичности отработавших газов, с максимальной эффективностью и минимальными затратами.

Система бортовой диагностики является неотъемлемой частью требований по выбросам токсичных веществ, начиная с Евро-3. требующих выполнения четко сформулированных в ряде дополнительных стандартов требований, направленных на достижение двух вышеуказанных основных целей. Для выполнения требований EOBD, включающую определение пропусков воспламенения, диагностику нейтрализатора, системы рециркуляции отработавших газов и электрических цепей, система диагностики должна зафиксировать неисправности при повышении выбросов СО - до 3,2 г/км, СН - до 0,4 г/км и NOx - до 0,6 г/км (при основных нормах соответственно 2,3; 0,2; 0,15 г/км).

Важнейшей особенностью такой системы диагностики является ее способность выявить не только нарушение в электрических цепях системы управления, но так-

же и нарушения при функционировании основных компонентов двигателя и систем снижения выброса токсичных веществ, связанные с потерей их функциональных свойств (например, ухудшение эффективности нейтрализатора ОГ вследствие естественного процесса его старения) и являющиеся причиной повышения выброса токсичных веществ. При выявлении неисправности с целью информирования водителя о наличии нарушения система диагностики должна включить соответствующий индикатор на панели приборов.

Схема системы управления двигателем, имеющая в своем составе вышеуказанные компоненты с целью выполнения требований Евро-3, Евро-4, в том числе дополнительные компоненты для обеспечения функционирования системы встроенной диагностики, приведена на рис. 2.

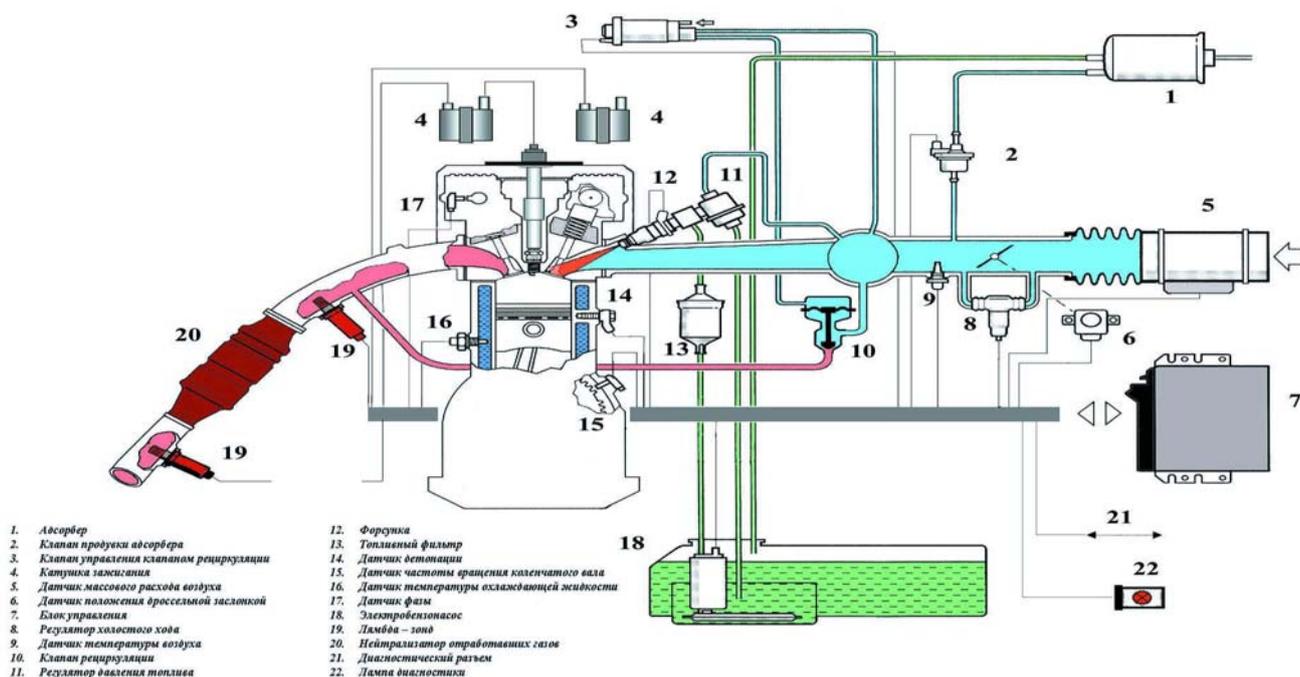


Рис.2 Схема МП-системы управления двигателем, обеспечивающей выполнение требований Евро-3, Евро-4.

Система диагностики при проведении сертификационных испытаний автомобиля на выполнение требований Евро-3, Евро-4 должна пройти достаточно сложную процедуру подтверждения ее работоспособности. Так, для вынесения обоснованного решения о работоспособности системы диагностики на данном автомобиле ее разработчику необходимо предоставить органу по сертификации набор специально подготовленных, определенным образом имитирующих свою неисправность, компонентов системы управления двигателем и системы снижения токсичности отработавших газов, которые при установке на автомобиль вызовут повышение выброса токсичных веществ не более чем на установленную стандартом, величину. В число обязательных требований при подготовке автомобиля к сертификации по Евро-3, Евро-4 входит также обеспечение доступной и имеющей приемлемую цену инструкцией по диагностике, часто имеющей объем до нескольких сотен страниц текста.

Заключение

Опыт проведенных в последние годы в НАМИ работ позволил наметить основные направления совершенствования отечественных двигателей с целью повышения энер-

гетических и экологических показателей до современного уровня, а также разработки средств диагностики с учетом требований EOBV.

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА ДИЗЕЛЯ

Хрящёв Ю. Е., Ражев А. Е., Фёдоров А. В.
(Ярославский государственный технический университет)

Потребительские качества современных дизельных автомобилей во многом определяются качеством установленных на них дизелей и зависят не только от их мощностных и экологических показателей, не только от их надежности и экологических характеристик, но и систем обеспечивающими холодный пуск дизелей, позволяющих быстро и надежно подготовить двигатель к принятию нагрузки, а именно пуск холодного двигателя после длительной стоянки на открытой площадке или в неотапливаемом помещении.

Известно, что пуск технически исправного автомобильного дизеля при нормальных температурах окружающего воздуха не вызывает трудностей. При низких температурах, пуск автомобильного дизеля уже вызывает затруднения, которые резко увеличиваются с понижением температуры окружающего воздуха. Это обстоятельство обуславливается конструкцией самого дизеля, особенностями его рабочего процесса, а также происходящими, под действием низких температур, изменениями свойств используемых топлив, масел и материалов. При низких температурах окружающей среды ухудшается состав и качество топливовоздушной смеси, вследствие повышения вязкости масла резко возрастает величина момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала, одновременно с этим, из-за уменьшения емкости и снижения напряжения аккумуляторных батарей, уменьшается мощность стартера, а значит и создаваемый им крутящий момент.

В результате этих изменений частота вращения коленчатого вала дизеля при пуске стартером становится значительно меньше, чем при пуске в условиях положительных температур. В связи с этим уменьшаются температура и давление конца такта сжатия и в итоге, при холодном пуске, внутри цилиндров двигателя просто не обеспечиваются необходимые условия для самовоспламенения поступающего туда топлива.

Таким образом, качество пуска холодного дизеля определяется не только его пусковыми качествами, но и эффективностью применяемой системы пуска.

Одним из наиболее распространенных и эффективных средств облегчения пуска двигателя при отрицательной температуре является электрофакельное устройство (ЭФУ), которое за счет сжигания топлива во впускном трубопроводе повышает температуру подаваемого воздуха и попадая в цилиндры двигателя образует очаги окисления, оптимизируя процесс самовоспламенения, тем самым сокращая период пуска двигателя и время его подготовки к принятию нагрузки.

Известно, что воспламенение топлива в дизельном двигателе на рабочих режимах происходит при температуре воздуха 900-1000 К. При пуске, температура в цилиндре значительно ниже и оказывается недостаточной для обеспечения оптимальной фазы воспламенения топлива (кривые 1 и 2 на рис. 1).