

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА «АВТОТРАКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ЭКОЛОГИЯ»

РЕФЕРАТ

на тему:

**«Проект использования системы Common Rail в
классических дизельных системах питания»**

Выполнил: студент гр. 159-07АММ Д.Эназаров

Руководитель: старший преподаватель С.А.Калауов

Ташкент – 2010 г.

Оглавление:

	Стр.
Введение	3
1. Классическая топливная система дизелей	4
2. Аккумуляторная система топливоподачи дизелей современных автомобилей	5
Выводы и заключения	15
Список использованной литературы	16

Введение

Развитие отраслей народного хозяйства связано с широким применением энергетических установок, к которым прежде всего относятся двигатели внутреннего сгорания (ДВС) или поршневые двигатели (ПД). Они являются основным силовым источником практически всех видов транспорта, в частности автомобильного, потребляющего более половины светлых нефтепродуктов.

Ведущие автомобилестроительные фирмы расширяют применение дизелей. Рынок дизелей в Западной Европе переживает подъем. По исследованиям фирмы Perkins (Великобритания) на 53 % новых французских и 20 % новых германских легковых автомобилей устанавливаются дизели. И эта доля, по мнению фирмы, будет возрастать. По данным фирмы Peugeot (Франция) 62 % покупателей среднего класса во Франции и 29,8 % в Европе предпочитают автомобиль с дизелем. Причина необычного роста спроса на автомобили с дизелями проста: расход дизельного топлива на 100 км составляет от 5 до 7 л и с учетом более низкой цены по сравнению с бензином «евросупер» расходы на эксплуатацию таких автомобилей могут снизиться почти в два раза. Кроме того, низкий расход дизельного топлива ведет к снижению общего выброса оксидов углерода.

В последние годы, ведущие автомобильные фирмы разработали и освоили производство новых дизелей, охватывающих диапазон мощностей 37...110 кВт и номинальных частот вращения коленчатого вала 3400...5800 мин⁻¹. Эти двигатели с рабочим объемом 1,5...3,5 л устанавливаются на легковые автомобили, небольшие грузовики, микроавтобусы и специальные автомобили.

1. Классическая топливная система дизелей

Топливная система дизеля обеспечивает подачу топлива в камеры сгорания цилиндров в соответствии с требованиями, изложенными в главе 6, а также выполняет вспомогательные функции по хранению запаса топлива, необходимого для работы ДВС в течение определенного времени, и очистку его от воды и механических примесей перед впрыскиванием в цилиндры.

Типовое устройство топливной системы дизеля показано на рис. 1.1. Из резервуара 1 топливо поступает в фильтр грубой очистки 3 под действием разрежения, создаваемого подкачивающим насосом 4, который приводится от вала насоса 9 высокого давления. В свою очередь вал насоса 9 вращается от коленчатого вала дизеля и согласован с ним по фазе (по углу поворота).

Под избыточным давлением 50...70 кПа топливо подается в фильтр тонкой очистки 6, затем – в насос. Часть топлива под высоким давлением направляется по нагнетательному трубопроводу 11 к форсункам 13, посредством которых впрыскивается в камеры сгорания цилиндров. Избыточное топливо перепускается по трубопроводу 10 в резервуар, унося образовавшиеся пары и пузырьки воздуха, а также отводя выделившуюся при работе насоса теплоту. Таким образом, в подаче отмеренной дозы топлива в камеру сгорания непосредственно участвуют два компонента системы питания: топливный насос высокого давления и форсунки, расположенные отдельно и связанные гидравлическим нагнетательным трубопроводом 11. Такая конструкция топливоподающей аппаратуры называется разделенной. Она наиболее распространена в современных дизелях.

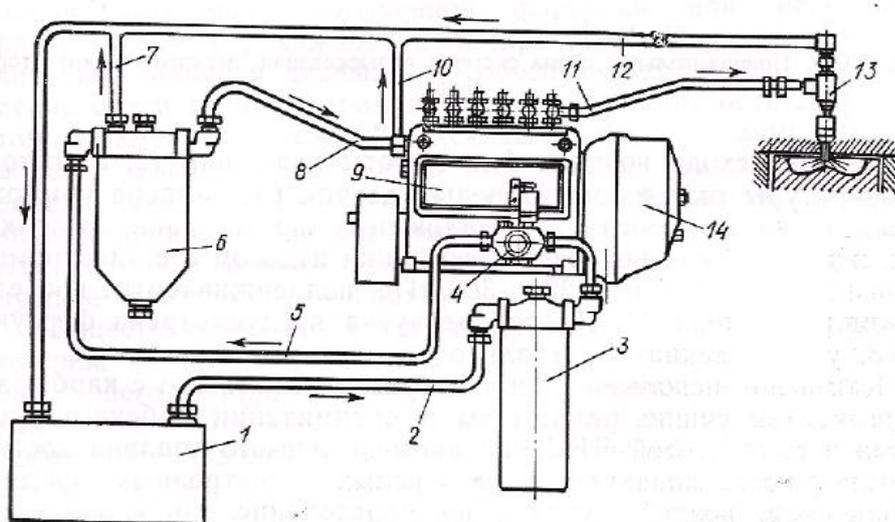


Рис. 1.1. Классическая топливная система дизеля

1 – топливный бак; 2, 5, 7, 8, 10, 12 – трубопроводы низкого давления; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – топливоподкачивающий насос; 6 – фильтр тонкой очистки; 9 – топливный насос высокого давления; 11 – нагнетательный трубопровод; 13 – форсунки

2. Аккумуляторная система топливоподачи дизелей современных автомобилей

Основная идея аккумуляторной системы топливоподачи была известна еще Р.Дизелю, который испытывал систему впрыска непосредственно из топливопровода при постоянном давлении. Современное воплощение этой идеи сопровождается использованием технических решений, апробированных и доказавших свою эффективность в конструкциях дизелей в последнее время. К ним относятся применение неразделенных камер сгорания (непосредственный впрыск), объемное смесеобразование при высоких давлениях впрыска (порядка 100 МПа и более), чаще всего, наличие четырех клапанов в цилиндре при центральном расположении форсунки, регулируемый турбонаддув и т.п. Основное преимущество аккумуляторной системы заключается в том, что процессы создания энергии впрыска и дозирования в ней топлива разделены во времени и в отличие от традиционных способов топливоподачи не оказывают неблагоприятного воздействия друг на друга. Аккумуляторная система позволяет управлять давлением впрыска и обеспечить оптимальное значение этой величины на всех режимах работы дизеля.

Аккумуляторные топливные системы давно применяют в судовых дизельных установках. В типичном варианте такой установки топливный насос высокого давления подает топливо в аккумулятор, откуда оно поступает по трубопроводам к дозаторам отдельных цилиндров. Клапаны дозатора управляются кулачковым механизмом. Цикловая подача осуществляется изменением время–сечения клапанов их различным подъемом. Фирма "Доксфорд", применявшая такие системы более 65 лет, провела сравнительные испытания топливной аппаратуры непосредственного впрыскивания и аккумуляторного типа и высказалась в пользу последней. Однако в целом приоритет остался за топливной аппаратурой непосредственного впрыскивания, по которой имелся огромный опыт производства и эксплуатации.

В настоящее время объединение усилий фирм Fiat, Bosch GmbH и Daimler-Benz увенчалось созданием и внедрением в промышленное производство аккумуляторной системы топливоподачи с современным микропроцессорным управлением для высокооборотных дизелей легковых и малотоннажных грузовых автомобилей. Этому предшествовала разработка фирмой Fiat совместно с созданным этой фирмой консорциумом по исследованиям и развитию технологии Elasis проекта аккумуляторной системы Common Rail (общий распределитель) под названием Unijet. В качестве отправной точки была принята концепция электрогидравлической форсунки Швейцарского федерального института технологии ETH с учетом результатов исследований, проведенных на автомобильных дизелях с непосредственным впрыском компанией Iveco Motorenforschung. Созданные опытные образцы системы удовлетворительно прошли предварительные испытания на дизелях и

автомобилях на надежность и стабильность характеристик.

При разработке нового 4-цилиндрового дизеля модели OM-611 с аккумуляторной системой топливоподачи для автомобилей классов С и Е фирма Daimler-Benz преследовала следующие цели:

дальнейшее снижение расхода топлива:

выполнение принятых во всем мире норм по токсичности отработавших газов;

улучшение ездовых качеств автомобиля за счет высоких значений крутящего момента даже при низких частотах вращения коленчатого вала дизеля;

снижение шума до уровня, присущего двигателям с искровым зажиганием;

сокращение производственных издержек максимально возможной унификацией с двигателями с искровым зажиганием; сохранение надежности, присущей дизелям фирмы Daimler-Benz.

Эти цели достигнуты применением аккумуляторной системы топливоподачи в сочетании с 4-клапанным механизмом газораспределения, центральным расположением форсунки и симметричной камерой сгорания в поршне. Кроме того, применены турбонаддув с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, рециркуляция охлаждаемых отработавших газов и окислительный каталитический нейтрализатор.

В табл. 2.1 сопоставлены технические характеристики и решения, примененные на дизеле OM-611, с техническими характеристиками предкамерного 4-цилиндрового дизеля OM-604 и 5-цилиндрового дизеля OM-602 с непосредственным впрыском, турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха.

Дизель OM-611 с аккумуляторной системой топливоподачи имеет такой же рабочий объем, что и дизель OM-604, однако мощность его и максимальный крутящий момент соответственно в 1,3 и в 2 раза больше, чем у дизеля OM-604. Вдвое меньше и частота, при которой развивается максимальный крутящий момент. Выше также и удельные показатели: литровая мощность на 32 %, среднее эффективное давление на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента соответственно в 1,6 и 2 раза. Топливная экономичность нового дизеля выше на 20 %.

4-цилиндровый дизель OM-611 с аккумуляторной системой топливоподачи имеет такое же значение максимального крутящего момента и почти такое же значение номинальной мощности, что и 5-цилиндровый дизель OM-602, рабочий объем которого больше на 25 %. Соответственно у дизеля OM-611 лучше удельные показатели: по литровой мощности на 29 %, по среднему эффективному давлению на режиме номинальной мощности на 23 %, по среднему эффективному давлению на режиме максимального крутящего момента на 8 %, по топливной экономичности – на 10 %.

Таблица 2.1
Технические данные дизелей OM-604, OM-611 и OM-602
фирмы Daimler-Benz

Параметр	Модель дизеля		
	OM-604	OM-611	OM-602
Модель автомобиля	C 220 DIESEL	C 220 CDI	E 290 TURBODISEL
Тип камеры сгорания	Разделенная	Неразделенная	
Тип системы впрыска	Рядный ТНВД	Аккумуляторная	Рядный ТНВД
Вид управления топливоподачей	Электронное		
Число цилиндров	4	4	5
Число клапанов на цилиндр	4	4	2
Число верхних распределительных валов	2	2	1
Наличие турбонаддува	Нет	Да	Да
Наличие охладителя наддувного воздуха	–	–	–
Рабочий объем дизеля, см ³	2155	2150,6	2874
Диаметр цилиндра, мм	89	88	89
Ход поршня, мм	86,6	88,4	92
Степень сжатия	22	19	19,5
Межцилиндровое расстояние, мм	97	97	–
Номинальная мощность, кВт	70	92	95
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин ⁻¹	5000	4200	4000
Максимальный крутящий момент, Н·м	150	300	300
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	3600	1600...2600	1800...2400
Литровая мощность, кВт/л	32,48	42,78	33,1
Среднее эффективное давление при номинальной мощности, МПа	0,780	1,222	0,992
Среднее эффективное давление при максимальном крутящем моменте, МПа	0,875	1,753	1,312
Коэффициент запаса по крутящему моменту	1,12	1,43	1,32
Средний расход топлива, л/100 км	7,4	6,1	6,8
Максимальная скорость автомобиля, км/ч	175	198	200

Исследовательский центр фирмы Fiat, создавший в дизельный двигатель с непосредственным впрыском для первого в мире серийного легкового автомобиля Fiat Chroma 2,0 Tdi, следующим образом сформулировал основные требования, которым должна удовлетворять система впрыска топлива дизеля легкового автомобиля:

– поддержание более высокого давления впрыскивания во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала дизеля по сравнению с возможностями традиционной системы топливоподачи. Это обеспечит лучшее соотношение уровней токсичных выбросов макрочастиц и NO_x, в

том числе и в нижнем диапазоне частот вращения для оптимального крутящего момента;

- более точное управление цикловой подачей и обеспечение предварительного впрыска для снижения шума сгорания;

- гибкое управление фазами распределения (углом начала подачи топлива) и давлением впрыскивания для достижения оптимального соотношения эмиссионных и эксплуатационных показателей дизеля;

- более широкий диапазон частот вращения коленчатого вала дизеля для улучшения динамики автомобиля.

Всем этим требованиям удовлетворяет аккумуляторная система впрыска топлива Unijet, разработанная, как указывалось выше, фирмой Fiat для дизелей с непосредственным впрыском. В этой системе топливоподдачи осуществлено электронное управление цикловой подачей, фазами распределения (углом начала подачи топлива) и давлением впрыскивания. Система спроектирована для работы дизеля в диапазоне частот вращения от 100 до 6000 мин⁻¹ при максимальной подаче топлива, равной 100 мм³/ход поршня. Давление впрыска может изменяться в любом рабочем режиме двигателя в диапазоне от 15 до 130 МПа. Осуществляется поцилиндровое и потактовое управление топливоподачей и моментом впрыска. Возможен предварительный впрыск очень небольшого количества топлива в широком диапазоне рабочих режимов дизеля (p_e – от 0 до 100 %, частота вращения от 100 до 4000 мин⁻¹). Система может быть переоборудована для существующего дизеля без каких-либо изменений головки цилиндров, легко адаптируется к 2- и 4-клапанным конструкциям.

На рис. 2.2 представлена схема аккумуляторной системы питания, основными компонентами которой являются: топливный насос высокого давления (ТНВД); регулятор давления; общий распределитель (аккумулятор); датчик давления, установленный на аккумуляторе; электрогидравлические форсунки (ЭГФ); электронный блок управления.

Датчики и исполнительные механизмы этой системы типичны для традиционных систем впрыска топлива с электронным управлением EDC. Давление впрыска, соответствующее давлению в аккумуляторе, обеспечивается топливным насосом с помощью регулятора давления. Система обратной связи отслеживает совпадение регистрируемого датчиком давления в аккумуляторе с оптимальной величиной, установленной по данным карты частоты вращения и нагрузки дизеля или по особым алгоритмам для переходных режимов.

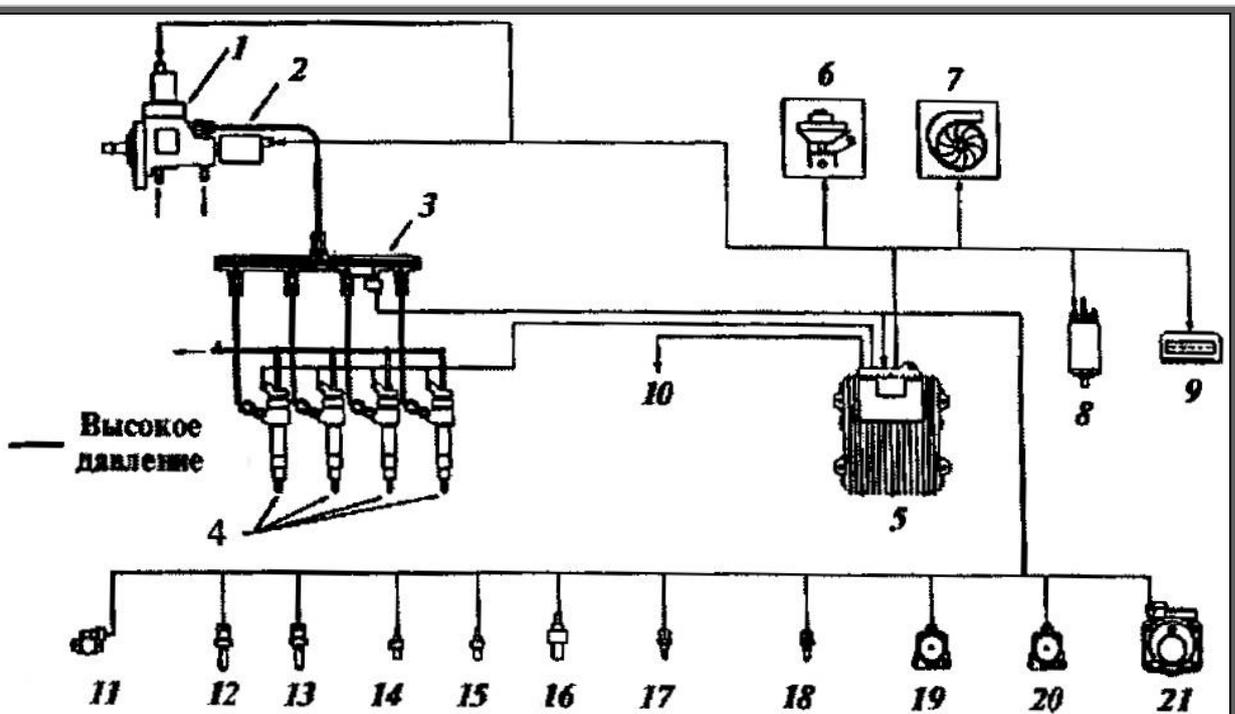


Рис. 2.2. Схема аккумуляторной системы топливоподачи: 1 – топливный насос высокого давления; 2 – регулятор давления; 3 – аккумулятор с установленным на нем датчиком давления; 4 – электрогидравлические форсунки; 5 – электронный блок управления; 6 – система рециркуляции отработавших газов (EGR); 7 – турбонагнетатель; 8 – помпа с электроприводом; 9 – блок управления свечами накаливания; 10 – вспомогательные устройства: сигнальная лампочка; выключатель компрессора кондиционирования воздуха; последовательный интерфейс ISO; дисплей RPM; 11 – датчик положения акселератора с переключателем холостого хода; 12 – переключатель тормоза; 13 – переключатель сцепления; 14 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 15 – датчик ВМТ; 16 – датчик скорости автомобиля; 17 – датчик температуры воды; 18 – датчик температуры воздуха; 19 – датчик давления наддува; 20 – датчик атмосферного давления; 21 – расходомер воздуха

Значения цикловых подач впрыскиваемого топлива и угла начала его подачи зависят от характера срабатывания электромагнитного клапана ЭГФ. Работа электромагнитного клапана определяется моментом возникновения и длительностью импульсов, возбуждающих ток в его обмотке по командам микроконтроллера (электронного блока управления).

Электронный блок управления помимо регулирования значений давления в аккумуляторе и цикловых подач выполняет также все другие функции управления двигателем (управление давлением наддува, включением свечей накаливания для пуска дизеля, диагностикой и т.п.).

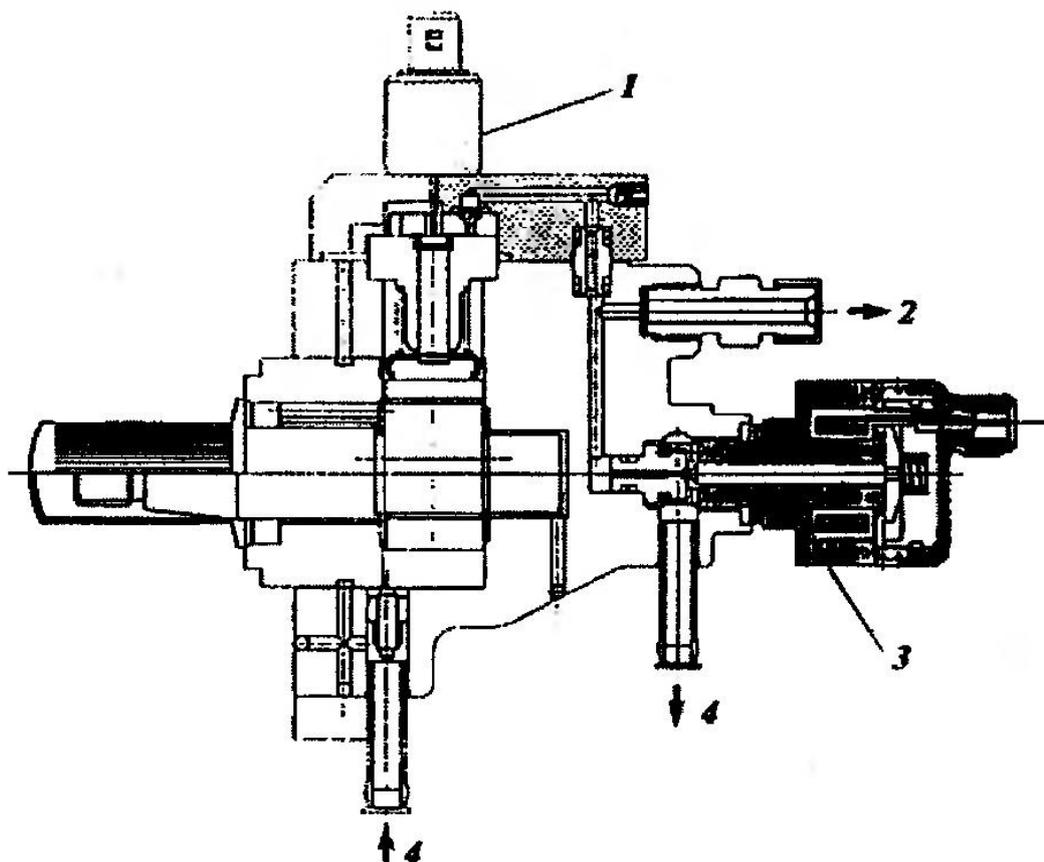


Рис. 2.3. Схема насоса высокого давления топлива системы: 1 – клапан отключения насосной секции; 2 – высокое давление; 3 – регулятор давления; 4 – низкое давление

На рис. 2.3 представлена схема топливного насоса высокого давления с регулятором давления. Трехплунжерный насос радиального типа, приводимый трехгранным кулачком, обеспечивает постоянный расход, зависящий только от частоты вращения коленчатого вала дизеля. Плунжеры расположены под углом 120° , создавая равномерную нагрузку на вал. Объемный КПД насоса очень высок (более 90 %) за счет незначительных объемов мертвого пространства в ВМТ плунжера. Для смазки подвижных частей насоса используют дизельное топливо. Каждая нагнетательная секция насоса снабжена тарельчатым впускным и шариковым выпускным клапанами. Выпускные каналы всех секций объединены в один канал, связанный одним трубопроводом с общим распределителем (аккумулятором). Для привода насоса может быть применен шестеренный или даже ременный привод, так как частоту вращения насоса не нужно согласовывать по фазе с частотой вращения коленчатого вала. Насос требует значительно меньших затрат мощности по сравнению с традиционными насосами высокого давления.

При малых нагрузках на двигатель предусмотрена возможность отключения одной насосной секции из трех с помощью двухпозиционного электромагнитного клапана. Давление в аккумуляторе регулируется с помощью перепускного электромагнитного клапана, установленного в канале высокого давления насоса (на выходе из канала).

Конструкция гидравлической части топливного насоса высокого давления аккумуляторной системы Unijet значительно проще конструкции распределительного насоса VP 37 традиционной системы топливоподачи фирмы Bosch EDC MSA 11, так как функция дозирования и регулирования угла начала подачи топлива передана электронике. Это означает, что при использовании аккумуляторной системы не требуется трудоемких доводочных работ для настройки элементов гидравлики. В то же время большее число параметров аккумуляторной системы, подлежащих калибровке, требует более сложного параметрического анализа, необходимого для полного использования ее потенциала и основанного на усовершенствованных методиках калибровки.

На рис. 2.4 изображена схема электрогидравлической форсунки. По команде электронного блока управления ECU электромагнит поднимает затвор управляющего клапана, открывая канал с калиброванным отверстием «А». Вследствие этого, в полости над штоком форсунки (так называемой управляющей полости) давление топлива начинает резко падать. Эта полость связана с аккумулятором каналом с калиброванным отверстием «В». Поэтому давление в ней снижается до величины, составляющей определенную часть давления в аккумуляторе. Длительность импульса тока определяет продолжительность подъема иглы распылителя и, следовательно, количество впрыскиваемого топлива при заданном давлении в аккумуляторе. По истечении времени возбуждения импульса электромагнит обесточивается, затвор пружиной возвращается в исходное положение, закрывая отверстие «А». Давление в полости над штоком форсунки возрастает до давления в аккумуляторе и игла распылителя запирается. Интервалы времени подъема и запираения иглы распылителя зависят от размеров калиброванных отверстий «А» и «В».

При малых частотах вращения и полной нагрузке не требуется такого высокого давления, которое обеспечивает аккумуляторная система.

При малых частотах вращения и малой нагрузке аккумуляторная система способна поддерживать оптимальное давление впрыска, что наряду с предварительным впрыском существенно уменьшает шум сгорания и снижает токсичность выбросов.

Переходными режимами двигателя нельзя управлять на основе карт, составляемых при установившихся режимах. Это можно показать на таком примере. У дизеля с оптимизированными эмиссионными показателями за счет относительно позднего впрыска на некоторых переходных режимах может произойти переохладение камеры сгорания, запаздывание турбонагнетателя и увеличение запаздывания воспламенения, что в свою очередь может привести к проблемам с шумом (детонирование дизеля) или к перебоям в работе (воспламенении).

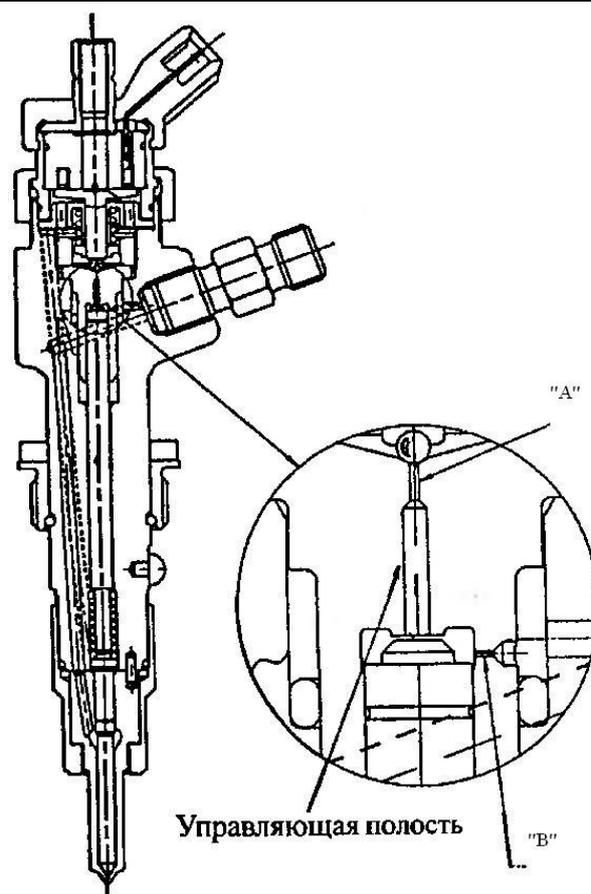


Рис. 2.4. Устройство электрогидравлической форсунки

В данной аккумуляторной системе для работы дизеля на переходных режимах применены особые алгоритмы, названные переходными управляющими стратегиями. Это обеспечило точное потактовое управление процессом топливоподачи (цикловой подачей и углом начала подачи). В результате улучшены шумовые и экологические показатели дизеля.

Данная аккумуляторная система обладает способностью осуществлять предварительный впрыск, который служит эффективным средством снижения шума сгорания и улучшения экологических показателей дизеля. На рис.2.5 приведены параметры предварительного впрыска и дана экспериментальная оценка его влияния на скорость тепловыделения и на давление сгорания в цилиндре при работе дизеля на малых частотах вращения коленчатого вала и нагрузках (1600 мин^{-1} , $P_c = 0,2 \text{ МПа}$).

Предварительный впрыск применяют при работе дизеля на частотах в интервале от 0 до 4000 мин^{-1} и при нагрузке от холостого хода до полной мощности. Минимальный интервал между предварительным и основным впрыском составляет 300 мкс, т.е. примерно $1,8^\circ$ ПКВ при частоте 1000 мин^{-1} и $7,2^\circ$ при 4000 мин^{-1} . Минимальная продолжительность предварительного впрыска равна 150 мкс, минимальное количество впрыскиваемого при этом топлива зависит от давления в аккумуляторе.

Например, при давлении 15, 30, 60 и 120 МПа минимальная цикловая подача через форсунку с распылителем, имеющим 5 отверстий $d = 0,18$ мм, составляет соответственно 1, 2, 4 и 6 мм³.

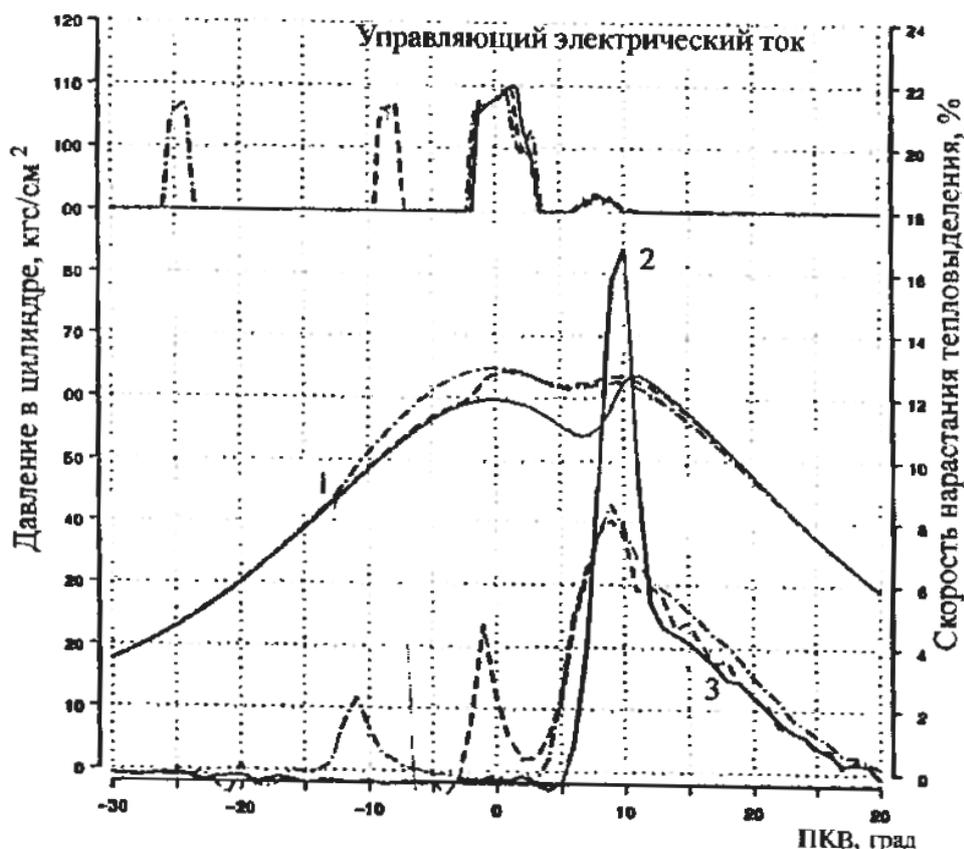


Рис. 2.5. Характеристика предварительного впрыска и его влияние на процесс сгорания: 1 – давление сгорания в цилиндре, кгс/см²; 2 – тепловыделение без предварительного впрыска; 3 – тепловыделение с предварительным впрыском при 9° и 26° ПКВ до ВМТ.

Предварительный впрыск обусловил двукратное снижение пика скорости тепловыделения (см. рис. 2.5) и некоторое снижение давления сгорания. Указанные эффекты объясняются влиянием предварительного впрыска на меньшую задержку воспламенения основной дозы топлива и более ранним началом его сгорания.

В ходе исследований установлено, что промежуток времени между промежуточным и основным впрысками должен быть достаточным, чтобы избежать начала тепловыделения при основном впрыске до того, как завершится сгорание предварительно впрыснутого топлива. Количество предварительно впрыснутого топлива должно быть близким к минимально допустимому.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Аккумуляторная система обладает возможностью непосредственно управлять процессами сгорания в дизеле с неразделенной камерой сгорания. Поэтому это направление станет определяющим в проблеме совершенствования дизельных двигателей на ближайшую и отдаленную перспективу. В этой системе заключены большие возможности решения экологических и экономических проблем дизельных двигателей.

Обобщив приведенную информацию, приходим к выводу, что поступление аккумуляторных систем на рынок вызовет переворот в дизелестроении, сопоставимый с внедрением электронного впрыска топлива на бензиновых двигателях. Системы электронного впрыска топлива на бензиновых двигателях получили распространение под давлением все более жестких эмиссионных ограничителей. Ужесточение экологических норм является побудительной причиной создания также и аккумуляторной системы топливоподачи дизельных двигателей легковых и малотоннажных грузовых автомобилей. Однако большие преимущества этой системы в сравнении с традиционными системами впрыска с электронным управлением и по технико-экономическим показателям дизеля, и по ожидаемой стоимости после промышленного освоения приведут к резкому повышению конкурентной способности легковых автомобилей с дизельными двигателями.

Список использованной литературы

1. Каримов. И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. – Т.: Узбекистан, 2009.– 56 с.
2. Доклад Президента Ислама Каримова на совместном заседании законодательной палаты и Сената Олий Мажлиса Республики Узбекистан. 27 января 2010 г
3. Доклад Президента Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященный основным итогам 2009 года и важнейшим приоритетным направлениям социально-экономического развития Узбекистана в 2010 году
4. Современные подходы к созданию дизелей для легковых автомобилей и малотоннажных грузовиков / А.Д.Блинов, П.А.Голубев, Ю.Е.Драган и др. Под ред. В.С.Папонова и А.М.Минеева. – М.: НИЦ «Инженер», 2000. – 332 с.
5. Бабаев А.И. Разработка дизелей с неразделенной камерой сгорания для легковых автомобилей // Анализ технического уровня и тенденций развития ДВС. Вып. 5. М.: Информцентр - НИИД. 1993. с. 54-79.
6. Топливная аппаратура дизелей / Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский. М.: Машиностроение. 1982. – 256 с.
7. Дизели. Справочник. Изд.3-е перераб. и доп. Под общей редакцией В.А.Ваншейдта, Н.Н.Иванченко, Л.К.Коллерова. – Л.: Машиностроение, 1977. – 479 с.
8. Андреев Ю.В., Свистула А.Е. Быстроходные дизели производства зарубежных стран: технические показатели/ Учебное пособие для студентов специальности 101200 «Двигатели внутреннего сгорания» / Алт. гос. техн. ун-т. - Барнаул: Б.и., 2002. – 163 с.
9. Техническая эксплуатация автомобиля. Под ред. проф. Кузнецова Е.С. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
10. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств – Ташкент: ТАДИ, 2004. – 104 с.
11. Зотов Л.Л. Экологическая безопасность производства и автомобильного транспорта. – СПб, СЗГТУ, 2003. – 91 с.
12. Голубев И.Р., Новиков Ю.В. Окружающая среда и транспорт – М.: Транспорт, 1987. – 205 с.
13. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. –376 с.
14. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотранспортных дизелей. – М.: Агропромиздат, 1991. –208 с.
15. В.Н. Степанов. Тюнинг автомобильных двигателей: СПб.: Алфамер Пабблишинг, 2000. – 82 с.
16. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие

для ВУЗов. / А.И.Колчин, В.П.Демидов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002. – 496 с.

17. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник под ред. А. С. Орлина и М. Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1983. – 375 с.

18. Луканин В.Н. и др. ДВС. В 3 кн. Учеб. – М.: Высш. шк. 1995–368,319,256 с. с ил.

Интернет сайты:

<http://www.avtoliteratura.ru>

<http://www.uchlit.ru>

<http://www.gpntb.ru>

<http://www.rsl.ru>

<http://www.bgd.alpud.ru>