

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

**А.А. Хохлов
А.Л. Хохлов
И.Р. Салахутдинов**

ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ:
краткий курс лекций



Димитровград - 2019

УДК 631.3.0

ББК 39.3

X - 86

Хохлов, А.А. Топливная аппаратура современных двигателей: краткий курс лекций / А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 33 с.

Рецензенты: Голубев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ротанов Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Естественнонаучные и технические дисциплины», ПКIUПТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ ИМ. К.Г.РАЗУМОВСКОГО (ПКУ)»

Топливная аппаратура современных двигателей: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2019г.

© Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

РАЗДЕЛ 1. ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тема 1 Смесеобразование и топливоподача в дизелях.

1. Организация смесеобразования в дизелях.

Процессы топливоподачи, смесеобразования, воспламенения и горения характеризуются крайней нестационарностью. Вследствие перемещения поршня, а также из-за интенсивного выделения тепла после воспламенения непрерывно меняются давление и температура в цилиндре. Топливо впрыскивают при переменном давлении, а образующаяся неоднородная по структуре струя распыленного топлива взаимодействует с организованным в камере воздушным вихрем. Сложность процессов усугубляется широким фракционным составом топлив. Все это приводит к значительной температурной и концентрационной неоднородности горючей смеси, по-разному изменяющейся во времени в отдельных зонах камеры сгорания. Характер взаимодействия указанных факторов во многом зависит от конструктивных особенностей двигателя: размеров цилиндра, частоты вращения, принятого способа смесеобразования и процесса топливоподачи, а также от режима работы дизеля.

Сложность условий, сопутствующих смесеобразованию, воспламенению и сгоранию топлива, не позволяет с полной достоверностью описать механизмы физико-химических процессов, происходящих в цилиндре дизеля. Однако на основе многолетнего опыта отмечено, что осуществление оптимального процесса тепловыделения определяет две основные задачи, которые следует решать при организации процесса смесеобразования в быстроходно: дизеле.

Во-первых, с целью обеспечения допустимой степени жесткости процесса сгорания необходимо, чтобы к моменту начала воспламенения в цилиндре дизеля находилось как можно меньше горючей смеси, соответствующей по своим концентрационно-температурным характеристикам условиям самовоспламенения. Допустимая минимальная доза смеси, способной к воспламенению, определяется условиями устойчивого протекания процесса и обеспечения оптимальной скорости тепловыделения.

Во-вторых, для осуществления эффективного горения следует чтобы после воспламенения и окончания периода быстрого горения испарение топлива и смешение его паров с воздухом происходило с максимально возможной скоростью. Процесс должен быть организован таким образом, чтобы к каждому элементу топлива был подведено необходимое для его полного сгорания количество кислорода, а продукты сгорания были удалены из зоны горения.

Нагрев и испарение топлива, взаимная диффузия и перемешивание паров топлива с воздухом осуществляются в результате взаимодействия двух процессов: распространения в пространство камеры сгорания струй распыленного топлива (определяется конструкцией элементов топливной системы и формой камеры сгорания) и движения воздушного заряда (определяется формой; газодинамическими характеристиками камеры сгорания и впускного тракта). После воспламенения топлива возникает мелко масштабная турбулентность вследствие распространения волны давления от возникших очагов воспламенения. Требования к организации смесеобразования должны формулироваться в зависимости от характера взаимодействия этих процессов.

Впрыск топлива в цилиндр осуществляется под большим давлением: 20-40 МПа для тихоходных, 80-100 МПа - для быстроходных дизелей и 100-200 МПа - для насос-форсунок. В результате значительного перепада давлений в выходном отверстии сопла форсунки и в камере сгорания, скорость истечения топлива достигает 100-400 м/сек, что приводит к его быстрому распаду на микрочастицы (5-50 мкм). С уменьшением диаметра сопла и снижением вязкости топлива качество распыла возрастает. Длина факела l должна быть такой, чтобы частицы топлива успевали сгореть до подхода к охлажденной

стенке камеры. С увеличением давления впрыска длина факела возрастает; с повышением плотности сжатого в камере воздуха она уменьшается.

2 Способы смесеобразования.

В дизелях различают неразделенные и разделенные камеры сгорания и соответственно способы смесеобразования:

однокамерный или непосредственный - топливо впрыскивается непосредственно в неразделенную камеру сгорания (к этому способу относятся объемное, пленочное и объемно-пленочное смесеобразование);

предкамерный - камера сгорания состоит из двух неравных по объему частей;

вихрекамерный - сферическая или цилиндрическая камера располагается в крышке цилиндра.

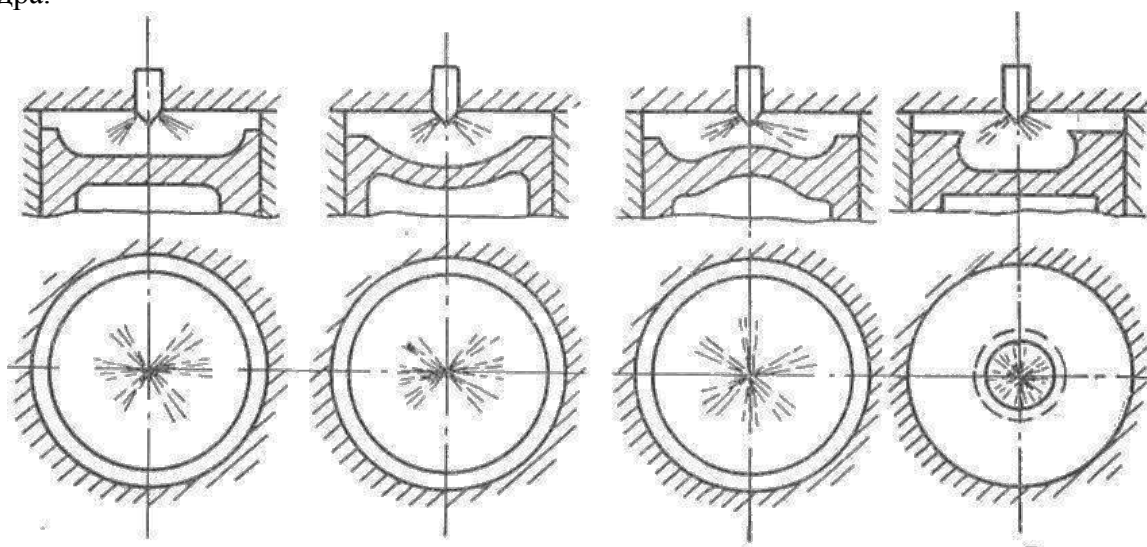


Рис. 1 – Схемы неразделенных камер сгорания

Непосредственный способ смесеобразования применен в дизелях большой и средней мощности как тихоходных, так и средней быстроходности. На рис. 1 представлены схемы некоторых неразделенных камер сгорания. Камеры образованы днищами поршня и крышки и стенками цилиндра. Топливо впрыскивается через несколько (3-10) сопловых отверстий топливной форсунки. Равномерному качественному распылу также способствует конфигурация камеры, согласованная с направлением и длиной факела топлива. Непосредственный способ смесеобразования обеспечивает высокую экономичность работы двигателя благодаря малым потерям тепла и облегченный пуск двигателя из холодного состояния.

К недостаткам непосредственного способа смесеобразования следует отнести жесткую работу двигателя и дорогостоящую топливоподающую аппаратуру.

При пленочном смесеобразовании большую часть топлива в жидкой фазе (90-95%) наносят на внутреннюю поверхность полушаровой камеры сгорания в поршне (рис. 1), где оно испаряется и поджигается воспламенившейся струей топлива (5-10%), распыленного обычным способом. При объемно-пленочном смесеобразовании часть топлива распыливается в воздушном заряде, а другая попадает на стенки. При пленочном и объемно-пленочном смесеобразовании топливо впрыскивается под давлением, равным 15 МПа. Завихрение в камере создается в результате установки экрана на всасывающем клапане или за счет соответствующей конфигурации всасывающего канала в крышке. Эти способы смесеобразования обеспечивают работу на различных сортах топлива, а также меньший шумовой уровень двигателя.

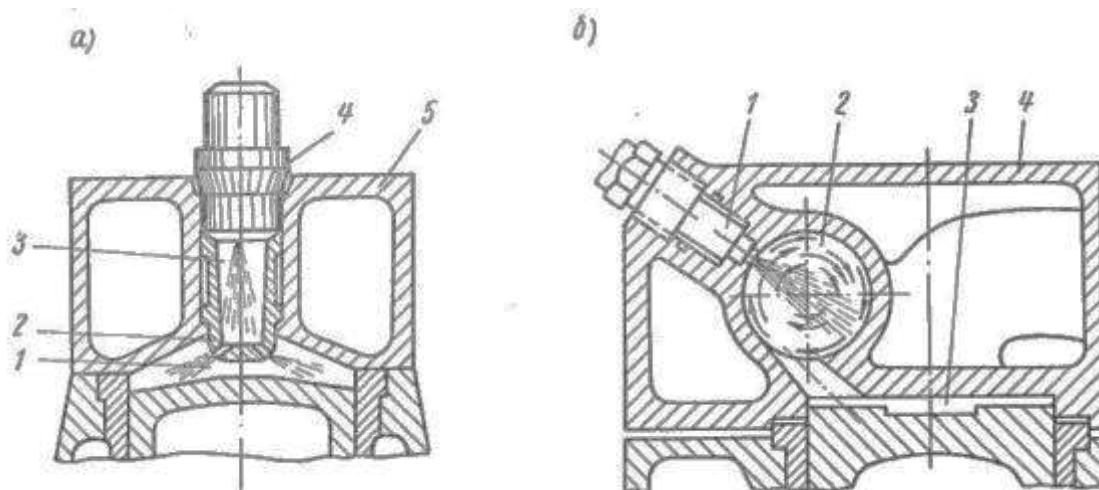


Рис 2 – Схемы разделенных камер сгорания

Для быстроходных дизелей малой мощности (цилиндровая мощность 100 кВт) характерен предкамерный способ смесеобразования. Камера сгорания (рис. 2, а) состоит из предкамеры 3 небольшого объема, расположенной в крышке 5, и главной камеры 1 (надпоршневое пространство). Предкамера соединена одним или несколькими каналами (2-10 мм) 2 с главной камерой. Объем предкамеры составляет 25-30% общего объема камеры сгорания. При сжатии воздух, перетекая в предкамеру, интенсивно завихряется, хорошо перемешивается с топливом, которое впрыскивается форсункой 4 под большим давлением (8-10 МПа) и частично (из-за недостатка воздуха) сгорает. Образовавшиеся газы выбрасывают несгоревшее топливо с большой скоростью из предкамеры, обеспечивая его хорошее распыливание и перемешивание с воздухом в основной камере. В основной камере топливо догорает. Достоинствами двигателей с предкамерным смесеобразованием являются: менее жесткая работа двигателя, более низкие давления впрыска, сопловые отверстия форсунок несколько большего диаметра (2-10 мм), чем у форсунок неразделенных камер, более дешевая топливная аппаратура и меньшая чувствительность к качеству топлива (пригодность для сжигания тяжелых сортов топлива). К недостаткам относятся: сложность конструкции крышек, меньшая экономичность двигателя и затруднительный пуск из холодного состояния. В двигателях с вихрекамерным смесеобразованием (рис. 2, б) вихревая камера 2 занимает до 80% объема камеры сгорания, размещаясь в крышке 4 цилиндра 3. В процессе сжатия воздух в вихревой камере интенсивно завихряется, обеспечивая хорошее смесеобразование. Впрыск топлива в вихревую камеру осуществляется однодырчатой форсункой 1 под давлением 10-12 МПа.

Вихрекамерное смесеобразование широко применяют в высокооборотных двигателях малой мощности, используемых для привода электрогенераторов. Удельный расход топлива в двигателях с раздельными камерами сгорания составляет 0,25-0,29 кг/(кВт·ч). Увеличение расхода топлива в этих двигателях обусловлено значительными тепловыми потерями в камере из-за большей поверхности охлаждения и гидравлических сопротивлений, возникающих при перетекании газов из вспомогательной камеры в главную. За счет тепловых потерь снижается температура в конце сжатия. Для облегчения запуска двигателя применяют специальные запальные приспособления: свечи накаливания или неохлаждаемые вставки.

Особенности процесса смесеобразования при использовании в дизелях сжиженного газа следующие: впрыск сжиженного газа в камеру сгорания осуществляется с меньшим давлением, чем впрыск дизельного топлива; большая испаряемость газа; незначительные силы поверхностного натяжения и малая кинематическая вязкость. Благодаря этому достигается быстрый распад газового факела на мелкие капли и их испарение, что

обеспечивает получение качественной микроструктуры топливной смеси в камере сгорания. В то же время указанные свойства в сочетании с малой удельной массой сжиженного газа уменьшают пробивную способность и дальнобойность топливного факела в воздушном заряде цилиндра дизеля.

3. Топливоподача в дизелях. Характеристики процессов топливоподачи.

Топливоподающая аппаратура должна подавать за цикл необходимое количество топлива с учетом изменяющихся скоростных, и нагрузочных режимов работы при требуемой идентичности протекания процессов топливоподачи от цикла к циклу и по всем цилиндрам двигателя.

В процессе работы форсунки происходит приработка и некоторое изнашивание нагруженных торцовых поверхностей деталей, что приводит к изменению начального установочного давления начала подъема иглы форсунки и ухудшению показателей топливоподачи. При уменьшении давления начала подъема иглы форсунки увеличиваются угол опережения и продолжительность впрыскивания топлива, интенсифицируется нагароотложение в распылителе форсунки. Поэтому при эксплуатации дизелей необходимо периодически (в регламентированные правилами технического обслуживания сроки) проверять и регулировать давление начала подъема иглы форсунки.

Цикловых параметры $\Delta g_{II}(\Delta V_{II}), \eta_{iII}, \eta_{MII}$ влияют на эффективный крутящий момент M_k , характеризующий динамические качества двигателя. Так как эффективный КПД $\eta_e = \eta_i \eta_M$ максимален в рабочем диапазоне скоростных режимов, то изменение M_k в условиях скоростной характеристики в основном зависит от характера, изменения.

$\Delta g_{II}(\Delta V_{II}) = f(n_k)$. Кривые, показывающие закономерности изменения цикловой подачи топлива $\Delta g_{II}(\Delta V_{II})$ от частоты вращения кулачкового вала топливного насоса n_k при закрепленной рейке и неизменном давлении начала подъема иглы форсунки, называют *скоростными характеристиками подачи топлива*. Их определяют при совместной работе топливного насоса высокого давления и форсунки.

Для разделенной топливоподающей аппаратуры тракторных, автомобильных и комбайновых дизелей с регулированием подачи изменением конца впрыскивания при неизменном начале подачи с повышением частоты вращения кулачкового вала топливного насоса цикловая подача возрастает. Это объясняется преобладающим влиянием дросселирования топлива в окнах втулки плунжера по сравнению с влиянием на уменьшение подачи при этом сжимаемости топлива и упругости деталей топливоподающей системы и привода. Таким образом, в рабочем диапазоне скоростных режимов дизеля от n_n до $n_{Mk.max}$ наблюдается снижение цикловой подачи, т. е.

неблагоприятное протекание кривой $\Delta g_{II}(\Delta V_{II}) = f(n_k)$ с точки зрения обеспечения требуемых динамических качеств дизеля.

Для увеличения запаса крутящего момента предусматривается увеличение цикловой подачи топлива на 10...15% по сравнению с номинальной при уменьшении скоростного режима дизеля от n_n до $n_{Mk.max}$ за счет применения корректирующих устройств.

Характеристики подачи корректируют увеличением активного хода плунжера S_a или за счет роста коэффициента подачи: n_n , так как $\Delta V_{II} = V_T \eta_H = f_{II} S_a \eta_H$.

Например, в топливном насосе дизеля ЯМЗ–238 НБ устанавливают механический корректор, позволяющий дополнительно перемещать рейку насоса в сторону увеличения подачи топлива по мере уменьшения частоты вращения кулачкового вала насоса. В топливном насосе дизеля ЯМЗ–240 характеристики подачи топлива корректируют

изменением коэффициента подачи n_n с помощью специального нагнетательного клапана-корректора. Подробное устройство корректоров разных типов топливных насосов рассматривается при изучении конструкции тракторов и автомобилей.

В качестве примера на рис. 4 приведены скоростные характеристики подачи для топливоподающей аппаратуры дизелей ЯМЗ-240 без коррекции и с коррекцией подачи. При положении рейки топливного насоса, соответствующем полной подаче (кривая 1), с ростом частоты вращения кулачкового вала (n_k) $\Delta V_{ц}$ увеличивается незначительно. При частичной подаче (кривая 2) $\Delta V_{ц}$ с ростом n_k увеличивается в большей степени, чем при полной подаче, так как в этом случае давление в системе ниже и соответственно уменьшается влияние сжимаемости топлива на цикловую подачу. Дросселирование в окнах втулки плунжера с увеличением n_k возрастает. Для скоростных характеристик, приведенных на рис. 4, характерно пологое протекание кривой крутящего момента дизеля $M_k=f(n)$. При этом коэффициент приспособляемости [$\mu = 1,05 \dots 1,08$.]

На рис. 4 линиями 1' и 2' показаны зависимости цикловой подачи топлива от частоты вращения кулачкового вала насоса при действии корректора (нагнетательного клапана-корректора). В результате корректирующего действия клапана-корректора максимальная подача превышает ее номинальное значение на скоростном режиме $n_k = 1050$ об/мин на 4,5% (кривая 1'). При этом на частичной подаче (кривая 2') за счет коррекции с понижением n_k цикловая подача в области минимальной частоты вращения холостого хода ($n_{х.х.}$) несколько возрастает, чем достигается более устойчивая работа дизеля на холостом ходу.

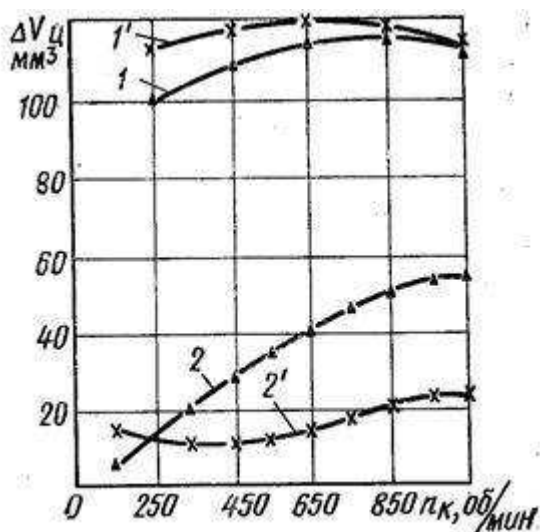


Рис. 4 - Зависимость цикловой подачи топлива $\Delta V_{ц}$ от скоростного режима для топливоподающей аппаратуры дизелей ЯМЗ-240

Работу топливоподающей аппаратуры оценивают также по изменению цикловой подачи топлива в зависимости от положения регулирующего органа насоса, например рейки топливного насоса. При этом получают зависимость цикловой подачи топлива от положения регулирующего органа насоса при постоянной частоте вращения кулачкового вала топливного насоса и неизменном давлении начала подъема иглы форсунки. Для оценки работы топливоподающей аппаратуры определяют также характеристики по давлению начала подъема иглы форсунки, показывающие закономерности изменения цикловой подачи топлива от давления начала подъема иглы форсунки при постоянной частоте вращения кулачкового вала и неизменном положении рейки топливного насоса.

На основании этих характеристик устанавливают ход рейки топливного насоса, при

котором достигаются максимальная и минимальная подачи топлива, а также определяют влияние давления начала подъема иглы форсунки на цикловую подачу топлива, что важно учитывать при настройке и регулировке топливоподающей аппаратуры.

Тема 2 Конструкция топливной системы низкого давления

1. Конструкция топливных баков

Топливный бак изготавливают из листовой стали. Вместимость их обеспечивает непрерывную работу двигателя с полной нагрузкой в течение 8...10 ч. Расходным краном бак отъединяют от остальной части системы питания, а через сливной кран удаляют отстой топлива. В горловине бака размещают сетчатый фильтр. Через воздушное отверстие в крышке горловины в бак по мере истечения топлива поступает воздух. В жаркую погоду через это отверстие выходят в атмосферу пары топлива. В автомобилях с карбюраторными двигателями крышки горловин снабжены воздушным и выпускным клапанами. По мере расходования топлива из герметичного бака давление в нем уменьшается. При разрежении 0,002...0,004 МПа открывается воздушный клапан и в бак поступает воздух. Если из-за испарения топлива давление в баке превысит атмосферное на 0,01...0,015 МПа, выпускной клапан откроется и выпустит пары в окружающую среду.

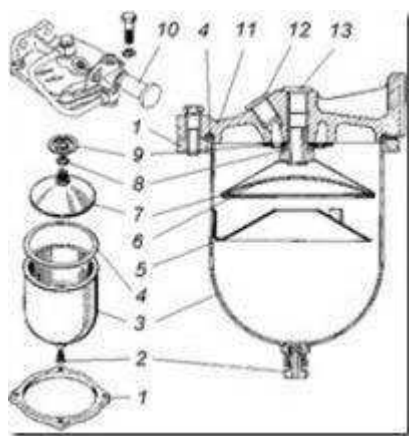
2. Топливные фильтры.

Топливо, используемое в двигателе, не должно иметь механических примесей и воды. В противном случае ухудшается качество горючей смеси, повышается интенсивность изнашивания, а при температуре ниже 0 °С образуются ледяные пробки, прекращающие поступление топлива в топливопроводы. Для очистки топлива от механических примесей и воды в системе питания каждой модели двигателя имеются фильтры в топливных баках, фильтры грубой и тонкой очистки топлива.

На дизелях для грубой очистки топлива устанавливают фильтры-отстойники ФГ-1 и ФГ-2, различающиеся только размерами

В крышке расположен двухходовый кран, с помощью которого можно отключать правую секцию и промывать ее фильтрующий элемент противотоком топлива без разборки секции. Из левой секции сливается отстой топлива. Чтобы выпустить воздух при заполнении системы топливом с помощью насоса ручной прокачки, отворачивают вентиль. Вместо модели 2СТФ-3 может быть установлен фильтр ФТ-150А, обе секции которого работают параллельно. Отстой сливают из обоих стаканов. Двухходовый кран отсутствует.

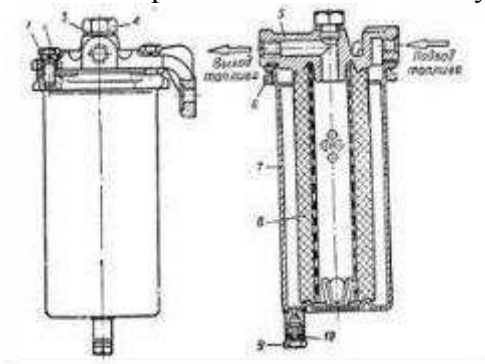
Например, фильтр грубой очистки топлива КамАЗ-740.11 (рисунок 1) – отстойник предварительно очищающий топливо, поступающее в топливоподкачивающий насос низкого давления. Он установлен с левой стороны автомобиля на раме. Стакан 3 соединен с корпусом 11 четырьмя болтами и уплотнен кольцом 4. Снизу в бобышку колпака ввернута пробка сливного отверстия 2. Топливо, поступающее из топливного бака через подводящий штуцер, поступает в фильтр. Крупные частицы и вода собираются в нижней части стакана. Из верхней части через фильтрующую сетку 6 по отводящему штуцеру и топливопроводам топливо подается к ручному топливоподкачивающему насосу 10.



1 – фланец стакана; 2 – сливная пробка; 3 – стакан; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – успокоитель; 6 – фильтрующая сетка; 7 – отрагатель; 8 – пружинная шайба; 9 – распределитель; 10 – топливопроба-чивающий насос; 11 – корпус; 12 – подводящий канал; 13 – отводящий канал

Рисунок 1 - Фильтр грубой очистки топлива дизеля КамАЗ-740.11

Фильтр грубой очистки топлива дизеля ЯМЗ-238 (рисунок 2) состоит из крышки 5, корпуса 7 и фильтрующего элемента 8. Корпус и крышка соединяются четырьмя болтами 2. Уплотнение между ними обеспечивается резиновой прокладкой 6. На корпусе имеется пробка сливного отверстия 9 с прокладкой 10. Фильтрующий элемент состоит из металлического каркаса с отверстиями, на который навит ворсистый хлопковый шнур.



1 – пружинная шайба; 2 – болт; 3 – прокладка; 4 – пробка; 5 – крышка; 6 – прокладка; 7 – корпус; 8 – фильтрующий элемент; 9 – пробка сливного отверстия; 10 – прокладка

Рисунок 2 - Фильтр грубой очистки топлива дизеля ЯМЗ-238

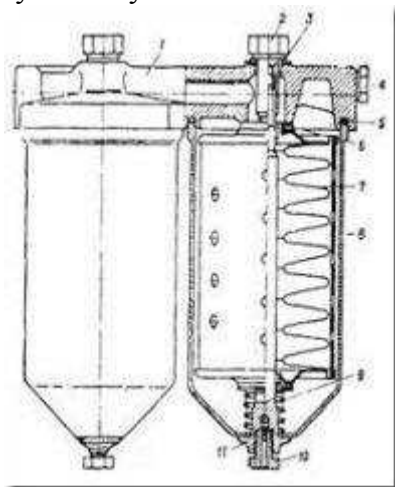
Для центровки фильтрующего элемента имеются розетка, приваренная к корпусу, и выступ на крышке. Фильтрующий элемент плотно зажимается по торцам между крышкой и дном корпуса. Отверстие в крышке, закрытое пробкой 4 с прокладкой 3, служит для заполнения фильтра топливом.

Фильтр тонкой очистки топлива окончательно очищает топливо перед поступлением в топливный насос высокого давления, установлен в самой высокой точке системы питания для сбора и удаления в бак проникшего в систему питания воздуха вместе с частью топлива через клапан-жиклер, установленный в корпусе.

Фильтр тонкой очистки модели 2СТФ-3 состоит из двух одинаковых секций. Правая секция - первая ступень очистки, левая - вторая ступень. Каждая секция представляет собой пластмассовый стакан, в котором размещен неразборный фильтрующий элемент (ЭТФ-3). Фильтрующий элемент представляет собой штору из фильтровальной бумаги, помещенную в жесткий картонный цилиндр с отверстиями для прохода топлива. С целью создания максимальной поверхности очистки цилиндрическая

штора свернута в виде «гармошки». Фильтрующий элемент надет на стяжной болт.

Для повышения качества очистки топлива фильтр тонкой очистки снабжен двумя параллельно работающими сменными фильтрующими элементами, изготовленными из специальной бумаги и установленными в одном сдвоенном корпусе (рисунок 3).



1 – корпус; 2 – болт; 3 – уплотнительная шайба; 4 – пробка; 5 и 6 – прокладки; 7 – фильтрующий элемент; 8 – колпак; 9 – пружина фильтрующего элемента; 10 – пробка сливного отверстия; 11 – стержень

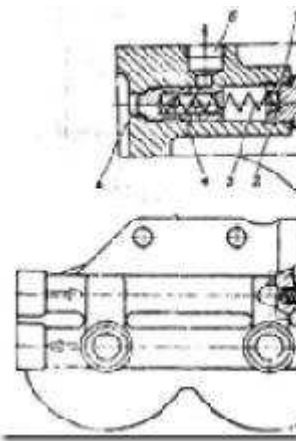
Рисунок 3 - Фильтр тонкой очистки топлива дизеля КамАЗ-740.11

Сменный фильтрующий элемент состоит из перфорированного металлического каркаса, на котором сформована фильтрующая масса. Пружина 3 прижимает фильтрующий элемент к крышке через шайбу 4. С торцовых поверхностей фильтрующий элемент уплотнен резиновыми прокладками 5 и 6.

3. Топливоподкачивающий насос

У большинства автотракторных дизелей поршневого типа и установлен на корпусе ТНВД. Если по каким-либо причинам (например, вследствие загрязнения фильтра, топливопроводов и т. д.) гидравлическое сопротивление за топливоподкачивающим насосом превысит давление, создаваемое пружиной 3 (0,15...0,17 МПа), перемещение поршня прекратится и подачи топлива не будет. Ручной прокачивающий насос установлен на корпусе топливоподкачивающего и служит для удаления воздуха в результате заполнения топливом фильтра тонкой очистки, топливопроводов низкого давления, ТНВД.

Насос по конструкции одинаковый для многих дизелей. Например у дизелей КамАЗ-740.11 и ЯМЗ-238, он предназначен для подачи топлива из топливного бака к насосу высокого давления. Топливоподкачивающий насос поршневого типа приводится в действие от эксцентрика кулачкового вала насоса высокого давления. Насос установлен на корпусе ТНВД. Принцип действия насоса показан на рисунок 4. При опускании толкателя поршень 1 под воздействием пружины 4 движется вниз. В полости всасывания «Б» создается разрежение и впускной клапан 2, сжимая пружину 3, пропускает в полость топливо. Одновременно топливо, находящееся в нагнетательной полости «А», вытесняется в магистраль, минуя нагнетательный клапан 6, соединенный каналами с обеими полостями. В свободном положении нагнетательный клапан закрывает канал всасывающей полости.

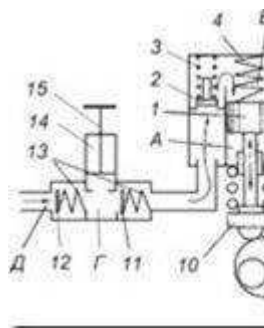


1 – регулировочная шайба; 2 – пробка клапана; 3 – пружина; 4 – клапан-жиклер; А – полость нагнетания

Рисунок 4 - Клапан-жиклер фильтра тонкой очистки топлива

При движении поршня 1 вверх топливо, заполнившее всасывающую полость, через нагнетательный клапан 6 поступает в полость «А» под поршнем, при этом впускной клапан 2 закрывается. При повышении давления в нагнетательной магистрали поршень не совершает полного хода вслед за толкателем, а остается в положении, которое определяется равновесием сил от давления топлива, с одной стороны, и от усилия пружины – с другой.

Топливную систему прокачивают движением рукоятки со штоком и поршнем вверх – вниз. При движении рукоятки вверх в подпоршневом пространстве создается разрежение. Впускной клапан 12 (рисунок 5), сжимая пружину 13, открывается, и топливо поступает в полость «Г» топливного насоса низкого давления. При движении рукоятки вниз нагнетательный клапан 11 открывается и топливо под давлением через топливоподкачивающий насос поступает в нагнетательную магистраль.



А – полость нагнетания топливоподкачивающего насоса; Б – полость всасывания топливоподкачивающего насоса; В – к фильтру тонкой очистки топлива; Г – полость всасывания ручного топливоподкачивающего насоса; Д – от фильтра грубой очистки топлива; 1 – поршень; 2 – впускной клапан; 3, 7 – пружины клапанов; 4 – пружина поршня; 5 – насос топливоподкачивающий; 6 – нагнетательный клапан; 8 – пружина толкателя; 9 – эксцентрик; 10 – толкатель; 11 – нагнетательный клапан; 12 – впускной клапан; 13 – пружина; 14 – корпус ручного топливоподкачивающего насоса; 15 – поршень

Рисунок 5 - Схема работы топливоподкачивающего и ручного топливоподкачивающего насосов

После прокачки рукоятку необходимо навернуть на верхний резьбовой хвостовик цилиндра. При этом поршень прижмется к резиновой прокладке, уплотнив всасывающую полость топливного насоса низкого давления. На многих модификациях автомобилей семейства КамАЗ установлен второй однотипный насос ручной подкачки топлива. Он позволяет подкачивать топливо без опрокидывания кабины, поскольку закреплен через кронштейн на картере маховика.

Тема 3. Конструкция топливной системы высокого давления

1. Топливные насосы высокого давления

Топливные насосы высокого давления служат для подачи под давлением к форсунке каждого цилиндра в определенный момент времени точно отмеренной порции топлива, соответствующей нагрузке дизеля. На многих дизелях устанавливают унифицированные ТНВД с отдельной топливной секцией для каждого цилиндра. Секции располагают в один ряд или V-образно (в двигателе КамАЗ-740).

Секция рядного топливного насоса базовой модели ТН-9Х10Т представляет собой насос поршневого (плунжерного) типа. Циклы наполнения и нагнетания топлива происходят при возвратно-поступательном движении плунжера во втулке (гильзе). Ход плунжера 10 мм, диаметр 9 мм. Эти значения и указаны в маркировке насоса.

Расстояние, проходимое плунжером от положения полного закрытия наполнительного отверстия до положения начала открытия отсечного отверстия, называют *геометрическим активным ходом плунжера*, а вытесненный при этом объем топлива — *геометрической цикловой подачей топлива*.

Рядные ТНВД

Все рядные многоплунжерные ТНВД имеют отдельную плунжерную пару для каждого цилиндра. Этот термин включает в себя втулку и плунжер, который при активном ходе, то есть для подачи топлива, перемещается под воздействием кулачкового вала ТНВД с приводом от коленчатого вала двигателя, а возвращается под действием возвратной пружины. Плунжерные пары обычно располагаются в ряд, и ход каждого плунжера не регулируется. Для изменения величины подачи на плунжере выполнена отсечная кромка спиральной формы. При перемещении рейки ТНВД плунжеры поворачиваются, изменяя взаимное положение отсечной кромки и перепускного (отсечного отверстия), в результате чего изменяется активный ход плунжера и, соответственно, цикловая подача. Между нагнетательной полостью ТНВД и линией высокого давления (ЛВД) к форсунке в штуцере ТНВД устанавливается нагнетательный клапан, конструкция которого определяется требуемыми характеристиками топливной системы. Нагнетательный клапан не только обеспечивает быстрое и точное прекращение процесса впрыска и предотвращение подвпрыска, но и обеспечивает протекание семейства характеристик топливоподачи ТНВД.

ТНВД типа РЕ

Начало подачи определяется входным отверстием, которое закрыто верхней кромкой плунжера. Величина подачи определяется перепускным отверстием, которое открывается спиральной отсечной кромкой, выполненной в плунжере фрезерованием. Положение рейки ТНВД определяется механическим регулятором (с центробежными грузами) или регулятором с электромагнитным клапаном (EDC).

ТНВД с дозирующей муфтой

Регулирование цикловой подачи в этой конструкции рядных ТНВД отличается от обычных ТНВД наличием дозирующей муфты, которая может перемещаться вверх/вниз вдоль плунжера. Положение дозирующей муфты, определяющей активный ход плунжера, то есть момент открытия перепускного отверстия, регулируется валом привода.

Положение дозирующей муфты является функцией различных переменных. По сравнению с рядными ТНВД РЕ, вариант с дозирующей муфтой позволяет получить дополнительную степень свободы.

ТНВД распределительного типа

ТНВД распределительного типа могут иметь механический регулятор частоты вращения или электронную систему управления со встроенным автоматом опережения впрыска. ТНВД распределительного типа имеют только одну плунжерную пару для всех цилиндров двигателя.

ТНВД распределительного типа с аксиальным расположением плунжера В ТНВД

.распределительного типа с аксиальным расположением плунжера топливо в корпус ТНВД подается лопастным топливным насосом низкого давления. Высокое давление и распределение топлива по цилиндрам обеспечиваются центральным плунжером. За один оборот вала привода плунжер совершает число рабочих ходов, равное числу цилиндров двигателя. Поступательно-вращательное движение передается плунжеру торцевыми кулачками на кулачковой шайбе, которые набегают на ролики, закрепленные на роликовом кольце при вращении вала привода.

Активный ход плунжера и, соответственно, количество подаваемого топлива в серийных ТНВД VE с механическими регуляторами частоты вращения осуществляется дозирующей муфтой, как и в ТНВД с электромагнитным приводом дозирующей муфты. Начало подачи топлива регулируется автоматом опережения впрыска путем соответствующего поворота кольца с роликами. В ТНВД с электронным управлением величину топливоподачи вместо дозирующей муфты регулирует клапан с быстродействующим электромагнитным приводом. Управляющие сигналы с обратной связью и без обратной связи обрабатываются в двух ЭБУ (ЭБУ двигателя и ЭБУ ТНВД). Быстродействие контролируется соответствующими электронными устройствами.

Роторный ТНВД

В роторных ТНВД топливо в корпус насоса подается лопастным топливным насосом низкого давления. Насос высокого давления с кулачковым кольцом и двумя или четырьмя радиально расположенными плунжерами обеспечивает формирование высокого давления и распределение топлива по форсункам, количество которого измеряется электромагнитным клапаном высокого давления. Автомат опережения впрыска регулирует начало подачи, поворачивая кулачковое кольцо в нужном направлении. Как и в ТНВД с аксиальным плунжером и с электромагнитным управлением дозирующего клапана, все сигналы с обратной и без обратной связи обрабатываются в двух ЭБУ, при этом быстродействие также контролируется соответствующими электронными устройствами

2. Испытание и регулировка топливных насосов высокого давления.

Настройка регулятора.

Сборка и регулировка топливного насоса выполняются в такой последовательности.

Насосы собирают из узлов и деталей на тех же стендах и приспособлениях, на которых их разбирали. Сначала отдельно собирают регулятор. У собранного регулятора нормальный зазор между втулками грузов и осями должен быть в пределах 0,013-0,057 мм, между осью и проушинами крестовин - 0,003-0,025 мм и между втулкой муфты и валиком регулятора - 0,030-0,075 мм.

Головку топливного насоса 4ТН-8.5x10 собирают в специальном приспособлении. Комплект плунжеров, установленный в головку, должен быть одной группы плотности, так же, как и комплект нагнетательных клапанов. Перед установкой, прецизионные пары промывают в чистом бензине, а затем в чистом топливе. При установке нельзя трогать руками притертые торцы гильз плунжеров и седел клапанов, а также раскомплектовывать пары.

Корпус насоса собирают на стенде КИ-1606А. Сначала устанавливают кулачковый вал, он должен свободно вращаться на подшипниках и иметь осевой зазор в пределах 0,01-0,25 мм. Ставят шестерню с фрикционом: допускаемый момент проскальзывания шестерни, смазанной дизельным маслом, находится в пределах 80-90 кгс*см (8-9 Н*м.). Устанавливают рейку, регулятор, толкатели, головку насоса и топливоподкачивающий насос.'

Регулируют топливный насос на стендах КИ-22205, используя летнее дизельное топливо и дизельное масло. Перед регулировкой насос с исправными форсунками обкатывают 30 мин при частоте вращения кулачкового вала 500 об/мин. Во время обкатки проверяют, а при необходимости регулируют давление топлива в магистрали головки насоса. Для топливных насосов двигателей ЯМЗ оно должно быть 1,3-1,5 кгс/см² или $(1,3-1,5) \cdot 10^5$ Па, а для двигателей остальных марок - в пределах 0,6-1,1 кгс/см², или $(0,6-1,1) \cdot 10^5$ Па. Не допускаются течи или просачивания топлива и масла в местах уплотнений, заедание, прихваты и местный нагрев выше 80°С. Замеченные неисправности устраняют. После обкатки сливают из насоса топливо, масло и проводят контрольный осмотр. Осевой зазор рейки и кулачкового вала допускается не более 0,3 мм.

Регулируют насос в такой последовательности: устанавливают ход рейки, настраивают регулятор, предварительно регулируют насос на производительность, регулируют момент начала впрыска топлива, окончательно регулируют насос на производительность и равномерность подачи топлива, проверяют автоматическое выключение обогатителя, полное выключение топлива и установку болта жесткого упора.

1. Ход рейки насоса устанавливают так, чтобы при ее упоре в корректор подача топлива соответствовала нормальному часовому расходу топлива для двигателя данной марки, а при крайнем нулевом положении полностью прекращалась подача топлива. Ход рейки у насосов разных типов не одинаков и устанавливается разными способами.

Например, у насосов типа УТН-5 ход рейки равен 3-4 мм. Измеряют его штангенциркулем от торца рейки (в двух крайних ее положениях) до любой ближайшей плоскости корпуса насоса и устанавливают регулировочным болтом.

У насосов типа 4ТН-8,5х10 ход рейки равен 10,5-11 мм и изменяют его винтом вилки тяги регулятора.

2. Перед настройкой регулятора устанавливают на стенде необходимую частоту вращения, при которой должно происходить автоматическое выключение (снижение) подачи топлива. Она различна для двигателей разных марок; для Д-144 всех модификаций А-01М и Д-240, например, частота вращения равна 900 об/мин. Момент начала действия регулятора определяют при помощи листа тонкой бумаги, установленного между регулировочным болтом и призмой или пружиной корректора. В момент отхода болта бумагу можно, свободно вынуть при частоте вращения на 8-10% меньшей, чем установлена на стенде, и подача топлива должна полностью прекратиться. Если это условие не соблюдается, проводят настройку регулятора.

На производительность и равномерность насос регулируют с теми форсунками, с которыми он будет установлен на двигатель. Перед началом регулировки проводят пробный пуск насоса при включенной подаче топлива и по тахометру стенда определяют номинальную частоту вращения кулачкового вала насоса. Затем закрепляют рычаг регулятора в положении полной подачи и включают устройство отсчета числа оборотов. При этом топливо из форсунок будет проходить через датчики и попадать в мензурки. Через заданное число оборотов автоматически отключается подача топлива в мензурки. Количество топлива, подаваемое каждой секцией насоса, определяют по нижнему мениску мензурки.

Производительность насоса должна соответствовать техническим условиям для двигателя данной марки. Неравномерность подачи топлива отдельными секциями не должна превышать 6% для двигателей ЯМЗ и 3-4% для остальных двигателей.

Неравномерность подачи топлива определяют по формуле:

$$H = \frac{2 \cdot (K_{\max} - K_{\min})}{K_{\max} + K_{\min}} \cdot 100$$

где K_{\max} - количество топлива, собранное за время опыта насосным элементом, имеющим наибольшую подачу, г;

K_{\min} - количество топлива, собранное за время опыта насосным элементом, имеющим наименьшую подачу, г;

H - неравномерность подачи топлива, %.

Производительность насоса и неравномерность подачи проверяют два-три раза и берут среднее значение.

3. Начало впрыска топлива регулируют при номинальной частоте вращения кулачкового вала насоса. Перед началом регулировки насос обкатывают 5-7 мин при полной подаче топлива. Затем включают два левых тумблера стенда (сеть и лампу стробоскопического устройства), а спустя 1,5-2 мин - тумблер первой секции насоса. Через 0,5-1,0 мин в прорези неподвижного диска стенда появится светящаяся линия, а цифра на шкале против этой линии будет показывать угол начала впрыска топлива первой секцией. Для других секций угол будет изменяться через 90° по порядку работы цилиндров двигателя. Угол начала впрыска топлива двигателями различных марок различен, а показания на диске стенда зависят от конструктивных особенностей стенда. Например, для двигателя СМД-14А он равен $22-23^\circ$ по неподвижному диску на стендах КИ-22205 с заводским номером после 2210 и $45-46^\circ$ по подвижному диску из оргстекла.

4. После регулировки угла начала впрыска у всех топливных насосов проверяют запас хода плунжера. Кулачок вала проверяемого плунжера ставят в положение в.м.т. и щупом измеряют зазор между головкой плунжера и регулировочным болтом. Он должен быть равен 0,8 мм для топливных насосов двигателей ЯМЗ и 0,3 мм для топливных насосов двигателей всех остальных марок.

5. Заключительные операции - проверка и регулировка автоматического выключения обогатителя, полного выключения подачи топлива и установки болта жесткого упора.

После окончания регулировки устанавливают на место крышку регулятора, отъединяют форсунки, в отверстия угольников вставляют деревянные пробки, на распылители надевают защитные колпачки, а на штуцеры наворачивают защитные гайки. Пломбируют верхнюю крышку регулятора, боковую крышку насоса, болт жесткого упора и крышку управления регулятора.

3. Форсунка

Форсунка - это сборочная единица топливной системы дизеля, посредством которой распыливается и распределяется топливо в камере сгорания. На а/т дизелях устанавливают закрытые форсунки, которые имеют запирающее устройство для разобщения линии высокого давления топлива и камеры сгорания дизеля. Игла рассматриваемых форсунок открывается под давлением топлива, т. е. управление ею гидравлическое.

Форсунку регулируют винтом, чтобы давление начала впрыскивания топлива (в момент отрыва иглы от седла) составляло заданное для данного двигателя

Форсунку собирают; в такой последовательности. Корпус форсунки зажимают в приспособлении, устанавливают штангу, пружину и наворачивают гайку с регулировочным винтом. Наворачивают контргайку шлифованным торцом к гайке пружины, ставят уплотнительную прокладку и завертывают колпак. Повертывают форсунку колпаком вниз, устанавливают распылитель в сборе на торец форсунки и закрепляют его гайкой с определенным усилием. Для форсунок типа ФШ усилие затяжки составляет 10-12 кгс*м (100-120 Н*м), а для форсунок двигателей ЯМЗ, Д-144, А-01М, А-03М- 7-8 кгс*м (70-80 Н*м).

Перед установкой распылитель промывают в чистом дизельном топливе. Игла, выдвинутая на $\frac{1}{3}$ своей длины при наклоне в 45° должна свободно опускаться в корпус распылителя под собственным весом. Установка распылителя с зависанием иглы не допускается.

Собранные форсунки проверяют на герметичность, качество распыла и регулируют давление впрыска на приборе КП-1609А или на стенде КИ-1404. Обкатывают их и подбирают в комплекты по пропускной способности на стенд КИ-22205 или специальном стенде КИ-1766. Подтекание топлива в местах крепления форсунки к прибору или стендам не допускается.

Топливо, распыливаемое отрегулированной форсункой должно быть туманообразным - в виде мельчайших капелек, без заметных вылетающих струй и местных сгущений, а конус распыла по размеру и направлению должен соответствовать техническим условиям. При выходе топлива из отверстия распылителя на торце распылителя не должно оставаться стекающих капель. Номинальное давление начала впрыска у форсунок двигателей СМД-14 должно быть $130 \pm 2,5$ кгс/см²; А-01М, А-03М- 150 ± 5 кгс/см² и Д-144 - 170 ± 5 кгс/см². Испытанную форсунку устанавливают на стенд и обкатывают ее в течение 10-15 мин при включенной и зафиксированной подаче топлива и номинальной частоте вращения вала насоса. Затем каждую форсунку проверяют, а пропускную способность на одном и том же насосном элементе с одним и тем же топливопроводом. Во время проверки устанавливают соответствующее число циклов на счетном устройстве стенда и замеряют количество топлива, прошедшее через форсунку. Например, для штифтовых Форсунок топливных насосов типов 4ТН8,5Х10 и УТН-5 одна секция через топливопровод высокого давления длиной 670 мм должна подать 65 ± 2 см³/мин топлива за 650 ходов плунжера.

Форсунки по пропускной способности комплектуют в группы. Пропускная способность форсунок, входящих в один комплект, не должна отличаться более чем на 5%.

Тема 4 Топливная аппаратура нового поколения

1. Насос-форсунки (UIS)

Насос-форсунки, объединяющие в одном блоке ТНВД и форсунку, устанавливаются в головке блока цилиндров, отдельно для каждого цилиндра, и приводятся в действие или непосредственно кулачком, или от распределительного вала через толкатель клапана.

По сравнению с рядными насосами и ТНВД распределительного типа из-за отсутствия трубопроводов линии высокого давления насос-форсунки позволяют получить значительно более высокое давление впрыска (до 2050 бар). Столь высокие значения давления впрыска вместе с электронной системой управления, включающей в себя заложенные в память компьютера программируемые матрицы характеристик, в том числе данные по продолжительности процесса впрыска (величины цикловой подачи), означают возможность значительного снижения эмиссии вредных веществ с ОГ при улучшении формы кривой характеристики подачи топлива.

Использование электронного управления позволяет включить дополнительные функции и увеличить число достоинств насос-форсунок.

2. Индивидуальные ТНВД (UPS)

Принцип работы топливной системы с индивидуальным ТНВД аналогичен работе насос-форсунок. Это подобная топливная система, обеспечивающая высокое давление впрыска. Подобно насос-форсункам, индивидуальные ТНВД устанавливаются на каждый цилиндр двигателя, а соединение с форсункой осуществляется короткой трубкой высокого давления, точно подобранной к элементам этой топливной системы. Привод индивидуальных ТНВД осуществляется от распределительного вала двигателя.

Управление продолжительностью и началом процесса впрыска в топливной системе с индивидуальными ТНВД осуществляется системой электронного управления. Использование в электронной системе управления быстродействующих

электромагнитных клапанов с триггерными схемами позволяет устанавливать оптимальную характеристику впрыска.

3. Аккумуляторные топливные системы Common Rail (CR)

В аккумуляторной топливной системе Common Rail процессы создания высокого давления и впрыска разделены. Давление впрыска создается независимо от частоты вращения двигателя и количества впрыскиваемого топлива, оно сохраняется в топливном аккумуляторе, и система, таким образом, всегда готова к совершению процесса впрыска. Начало подачи (угол опережения впрыска) и количество впрыскиваемого топлива (цикловая подача) рассчитываются в электронном блоке управления и через форсунку реализуются в каждом цилиндре посредством подачи пускового сигнала на электромагнитный клапан. Такое сочетание форсунки и постоянно готового к действию аккумулятора также позволяет устанавливать оптимальную характеристику впрыска

Создание в 1927 году первого серийного многоплунжерного рядного ТНВД обозначило начало промышленного производства дизельных топливных систем фирмой Bosch. Основной областью применения рядных многоплунжерных ТНВД до сих пор остаются дизели различных размерностей для коммерческих автомобилей, стационарные, тепловозные и судовые дизели.

Топливные системы, обеспечивающие давление впрыска топлива до 1350 бар, используются для достижения цилиндровой мощности порядка 160 кВт/цилиндр.

С течением лет широкий спектр требований, связанных, в частности, с установкой дизелей с непосредственным впрыском топлива (DI) на небольшие коммерческие и легковые автомобили, привел к созданию различных дизельных топливных систем, соответствующих требованиям конкретного применения. Наиболее важными достижениями, связанными с созданием таких систем, являются не только увеличение удельной мощности двигателей, но также снижение расхода топлива, уровня шума и эмиссии вредных веществ с ОГ.

По сравнению с обычными топливными системами (ТНВД с кулачковым приводом), топливная система Bosch "Common Rail (CR) для дизелей с непосредственным впрыском топлива обеспечивает значительно более высокую гибкость при адаптации топливной системы к двигателю, как например:

- широкая область применения (легковые и легкие коммерческие автомобили с цилиндровой мощностью до 30 кВт/цилиндр, как и форсированные автомобильные, тепловозные и судовые дизели цилиндровой мощностью до 200 кВт/цилиндр);
- высокое давление впрыска до 1400 бар;
- переменный угол опережения впрыска;
- возможность формирования процесса двухфазного и многофазного впрыска;
- соответствие давления впрыска скоростному и нагрузочному режимам

Принцип работы

Создание давления и непосредственный процесс впрыска в аккумуляторной топливной системе CR полностью разделены. Высокое давление в топливной системе создается независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя и количества впрыскиваемого топлива. Топливо, готовое для впрыска, находится под высоким давлением в аккумуляторе. Количество впрыскиваемого топлива (цикловая подача) определяется действиями водителя, а угол опережения и давление впрыска определяются электронным блоком управления (ЭБУ) на основе программируемых матриц характеристик, хранящихся в памяти микропроцессора.

ЭБУ выдает управляющий пусковой сигнал на соответствующие электромагнитные клапаны, в результате чего осуществляется впрыск форсункой в каждый цилиндр. Аккумуляторная топливная система CR включает в себя следующие элементы электронного управления:

- ЭБУ;

- датчик частоты вращения коленчатого вала;
- датчик частоты вращения распределительного вала;
- датчик положения педали акселератора;
- датчик давления наддува;
- датчик давления в ^кумуляторе;
- датчик температуры охлаждающей жидкости ;
- массовый расходомер воздуха.

Используя входные сигналы указанных выше датчиков, ЭБУ регистрирует положение педали акселератора и определяет на данный момент времени рабочую характеристику двигателя и автомобиля как единого целого. На основе полученной информации ЭБУ может через разомкнутые и замкнутые контуры осуществлять управляющие действия с автомобилем и, особенно, с двигателем. Частота вращения двигателя измеряется датчиком частоты вращения коленчатого вала, а порядок чередования вспышек - датчиком частоты вращения (положения) распределительного вала. Электрический сигнал, образующийся на потенциометре педали акселератора, информирует ЭБУ о том, как сильно водитель нажал на педаль, другими словами - о его требованиях к величине крутящего момента

Массовый расходомер воздуха обеспечивает ЭБУ данными о мгновенном расходе воздуха, чтобы адаптировать процесс сгорания соответствию нормам эмиссии вредных веществ с ОГ. Если на двигателе с турбонаддувом установлен турбокомпрессор с регулируемым давлением наддува, то измерение последнего осуществляется датчиком давления наддува. При низких температурах окружающей среды и при холодном двигателе ЭБУ использует информацию датчиков температуры охлаждающей жидкости и температуры воздуха, чтобы адаптировать полученные данные для установки угла опережения впрыска, использования дополнительного впрыска (после основного) и других параметров в зависимости от эксплуатационных условий. В зависимости от конкретного автомобиля, для того чтобы удовлетворять повышенным требованиям к безопасности и комфорту, могут использоваться другие датчики, посылающие сигналы в ЭБУ.

Основные функции

Основные функции системы заключаются в правильном управлении процессом впрыска дизельного топлива в нужный момент и в требуемом количестве, а также при необходимом давлении впрыска. Это обеспечивает плавную и экономичную работу дизеля.

Дополнительные функции

Дополнительные функции управления с учетом и без учета обратной связи служат для улучшения характеристик по снижению эмиссии вредных веществ с ОГ и расхода топлива или используются для повышения безопасности, комфорта и удобства управления. В качестве примеров можно привести систему рециркуляции ОГ, регулирование давления наддува, систему поддержания постоянной скорости автомобиля (Cruise Control), электронный иммобилайзер.

Система передачи данных CAN позволяет проводить обмен данными между различными электронными системами автомобиля (например, антиблокировочной системой тормозов (ABS), системой управления коробкой передач). При проверке автомобиля в автосервисе диагностический интерфейс позволяет проводить оценку данных, хранящихся в памяти электронной системы управления

4. Характеристики впрыска в топливной системе Common Rail

По сравнению с традиционными топливными системами, для получения идеальных характеристик впрыска к топливной системе CR предъявляются следующие требования:

- независимо друг от друга величина подачи (количество впрыскиваемого топлива) и давление впрыска топлива должны определяться для всех эксплуатационных условий работы двигателя (что обеспечивает свободу достижения идеального состава

топливовоздушной смеси);

- в начале процесса впрыска величина подачи должна быть по возможности минимальной (предварительный впрыск в период задержки воспламенения между началом впрыска и началом сгорания). Эти требования выполняются в аккумуляторной топливной системе CR с двухфазным впрыском (p_i^{\wedge} . 4 и 6).

Топливная система Common Rail является модульной системой, и следующие ее компоненты являются ответственными за обеспечение характеристик впрыска

- форсунки с электромагнитным управлением, установленные в головке блока цилиндров;

- аккумулятор топлива;

- ТНВД.

Для обеспечения работы топливной системы также требуются следующие компоненты:

- электронный блок управления (ЭБУ);

- датчик частоты вращения коленчатого вала;

- датчик частоты вращения распределительного вала (фазовый датчик).

В топливных системах дизелей легковых автомобилей для создания высокого давления топлива используются радиально-плунжерные ТНВД. Процесс создания высокого давления в системе CR осуществляется независимо от процесса впрыска. Привод вала ТНВД осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя с постоянным передаточным отношением. Тот факт, что подача топлива в аккумулятор является равномерной, означает, что по сравнению с обычными топливными системами, ТНВД в системе Common Rail имеет значительно меньшие размеры, а также то, что его привод не подвергается высоким нагрузкам от сил давления.

Форсунки соединяются с аккумулятором топлива короткими трубками линии высокого давления и, что особенно важно, включают в себя электромагнитный клапан, который включается в работу по сигналу ЭБУ в момент начала впрыска. Впрыск прекращается при обесточивании электромагнитного клапана по сигналу ЭБУ. Поскольку в топливной системе поддерживается постоянное высокое давление топлива в аккумуляторе, величина подачи является прямо пропорциональной периоду времени работы электромагнитного клапана (дозирование временем открытия форсунки). Этот процесс абсолютно не зависит от частоты вращения вала двигателя или ТНВД.

Требуемая быстрота срабатывания электромагнитного клапана достигается использованием электропитания с высокими напряжениями и токами. Это означает, что фаза пуска электромагнитного клапана должна быть соответствующим образом спроектирована в ЭБУ.

Величина угла опережения впрыска контролируется соответствующей системой, предусмотренной в системе электронного управления дизелей (EDC). Для этого в системе используются датчики частоты вращения коленчатого вала и положения распределительного вала

РАЗДЕЛ 2. ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Тема 5. Смесеобразование и топливоподача в карбюраторных двигателях

1. Способы смесеобразования

Бензиновые двигатели - двигатели с внешним смесеобразованием и принудительным воспламенением. Прибор, в котором происходит распыливание жидкого

топлива (не обязательно бензина), испарение части его и устанавливается необходимое соотношение между количеством топлива и воздуха, называется карбюратором.

Если обратиться к истории техники, то можно обнаружить карбюраторы трех типов: испарительный, впрыскивающий и поплавковый всасывающий. Испарительные или барботажные карбюраторы предназначались для работы на легкоиспаряющемся топливе (узкого фракционного состава). Воздух, проходя над поверхностью топлива, насыщался его парами и образовывал горючую смесь. Дроссельная заслонка определяла количество подаваемой смеси. Качество смеси, т.е. концентрация паров, регулировалось путем изменения объема пространства между поверхностью бензина и крышкой карбюратора. При множестве недостатков этого карбюратора (громоздкость, пожарная опасность, необходимость частой регулировки из-за повышенной чувствительности к изменениям условий внешней среды и т.д.) у него было одно существенное преимущество - однородная топливовоздушная смесь, так как воздух смешивался с парами топлива.

Впрыскивающий (мембранный) карбюратор имел уже довольно сложное устройство. Топливный клапан перемещается под действием двух эластичных мембран. Первая мембрана разделяет воздушные камеры высокого и низкого давлений. Вторая разделяет топливные камеры, соответственно низкого и высокого давлений.

Наибольшее распространение получили поплавковые всасывающие карбюраторы со всасыванием топлива при разрежении, возникающем в суженной части воздушного канала карбюратора - диффузоре вследствие местного повышения скорости потока воздуха.

Современный поплавковый всасывающий карбюратор отличается от простейшего более чем десятком дополнительных устройств, кроме этого, он оснащен электронным управлением смесеобразованием. В результате получается система питания, включающая собственно карбюратор с сервоприводами, датчики и контроллер. Примером такой системы является "Ecotronic" ("Экотроник"). Применение карбюраторов с электронным управлением смесеобразованием позволяет: поддерживать оптимальный состав топливовоздушной смеси со стехиометрическим отношением (14,7 кг воздуха на 1 кг бензина) и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя; увеличить топливную экономичность и уменьшить содержание вредных соединений в отработавших газах; повысить надежность системы питания, а также облегчить обслуживание и диагностику.

2. Характеристики процесса карбюрации.

Для работы двигателя Отто требуется определенное соотношение между воздухом и топливом. Отношение 14,7:1 теоретически является критерием для полного сгорания. Это соотношение называется стехиометрическим. Определенные режимы работы двигателя требуют коррекции состава смеси. Удельный расход топлива двигателя Отто во многом зависит от состава топливовоздушной смеси. Для достижения полного сгорания и возможно меньшего расхода топлива требуется излишек воздуха, превышение которого также ограничено вследствие увеличения времени сгорания и ухудшения воспламеняемости смеси. В применяемых в настоящее время двигателях расход топлива при соотношении 15...18 кг воздуха на 1 кг топлива является минимальным. Для наглядного представления это значит, что для сгорания 1 литра бензина требуется около 10 000 литров воздуха. Так как автодвигатели работают в основном на частичных нагрузках, они конструктивно рассчитаны на наименьший расход топлива в данном режиме. При других режимах, как холостой ход и полная нагрузка, обогащенная смесь является более выгодной.

Коэффициент избытка воздуха

Для обозначения отклонений реальной топливовоздушной смеси от теоретически необходимой (14,7:1), была принята единица измерения коэффициента избытка воздуха λ . В России принято обозначение α .

α = подведённая воздушная масса / расход воздуха для стехиометрического сгорания.

$\alpha = 1$: подведённая воздушная масса соответствует теоретической потребности

$\alpha < 1$: недостаток воздуха или богатая смесь. Повышенная мощность достигается при $\alpha = 0,85 \dots 0,95$.

$\alpha > 1$: избышек воздуха или бедная смесь имеет место в диапазоне от $\alpha = 1,05 \dots 1,3$. При этом отмечается уменьшенный расход топлива и снижение мощности двигателя.

$\alpha > 1,3$: смесь становится невоспламеняемой. Возникают сбои при воспламенении. Двигатель работает с перебоями. Двигатели ОТТО достигают своей максимальной мощности при недостатке воздуха 5... 15% ($\alpha = 0,95 \dots 0,8$), минимального расхода топлива при превышении объема воздуха 10...20% ($\alpha = 1,1 \dots 1,2$) и безупречного холостого хода при $\alpha = 1,0$. Рисунки 2 и 3 показывают зависимость мощности и удельного расхода топлива, а также характеристики токсичности отработавших газов от коэффициента избытка воздуха α . Из них видно, что идеального состава смеси, при котором бы все факторы имели выгодные величины, не существует. Практика показывает, что наиболее приемлем коэффициент избытка воздуха $\alpha = 0,9 \dots 1,1$. Для каталитической доработки выпускных газов в трёхкомпонентном катализаторе при рабочей температуре двигателя обязательно должно выдерживаться условие $\alpha = 1$. Для достижения этого количество всасываемого воздуха должно точно измеряться и к нему должно подмешиваться точно дозированное количество топлива.

3. Устройство карбюратора

Простейший карбюратор состоит из поплавковой камеры с поплавком, запорной иглы, жиклера с распылителем, диффузора, воздушной и дроссельной заслонки, смесительной камеры.

Поплавковая камера, поплавок и запорная игла необходимы для поддержания постоянного уровня топлива в поплавковой камере и распылителе.

Жиклер представляет собой калиброванное отверстие в пробке, трубке или канале. В карбюраторах он предназначен для дозирования топлива, воздуха и эмульсии (топлива, насыщенного пузырьками воздуха).

Диффузор — это участок патрубка карбюратора с постепенно уменьшающимся, а затем увеличивающимся диаметром. Сужение и особенно расширение сечений диффузора по длине выполнены плавными.

Распылитель - трубка для распыливания топлива, сообщающая поплавковую камеру с диффузором.

Воздушная заслонка - овальная или круглая металлическая пластинка, закрепленная на оси. (открывая и закрывая ее, можно уменьшить или увеличить площадь проходного сечения впускного трубопровода, а следовательно, изменить количество воздуха, поступающего в диффузор, т. е. качество горючей смеси).

Дроссельная заслонка: имеет такую же форму, как и воздушная, но предназначена для изменения количества, а в отдельных случаях и качества горючей смеси, поступающей в цилиндр двигателя.

Смесительной камерой называют участок трубы карбюратора от самой узкой части (горловины) диффузора до оси дроссельной заслонки.

Топливо из бака по топливопроводу поступает в поплавковую камеру, заполняя ее. Когда топливо в поплавковой камере достигнет определенного уровня, поплавок прижмет запорную иглу к ее седлу, поступление топлива прекратится. При понижении уровня поплавков опустится и игла вновь откроет доступ топливу в поплавковую камеру. Из поплавковой камеры топливо. Через жиклер поступает в распылитель, выходное отверстие которого находится в горловине диффузора. Чтобы топливо не вытекало из распылителя при неработающем двигателе, выходное отверстие распылителя расположено на 1...2 мм выше уровня топлива в поплавковой камере.

Во время такта впуска при открытых воздушной и дроссельной заслонках разрежение из цилиндра передается в смесительную камеру и вызывает движение воздуха в направлении, указанном стрелками. Разрежение в смесительной камере можно регулировать дроссельной и воздушной заслонками.

Воздух, всасываемый в цилиндр двигателя, последовательно проходит через воздухоочиститель, патрубок и диффузор. Так как проходное поперечное сечение в горловине диффузора уменьшается, скорость воздуха в ней возрастает и разрежение увеличивается. Вследствие разницы между атмосферным давлением в поплавковой камере и разрежением в диффузоре, топливо фонтанирует из распылителя. Струи воздуха движутся через диффузор со скоростью, примерно в 25 раз большей скорости топлива из распылителя. Поэтому топливо распыливается на мелкие капли и, смешиваясь с воздухом, образует горючую смесь, которая поступает в цилиндр двигателя. Чтобы увеличить скорость воздуха в зоне устья у распылителя, во многих карбюраторах устанавливают два диффузора: большой и малый. В результате распыливания поверхность соприкосновения капель топлива с воздухом увеличивается.

Приготовленная карбюратором горючая смесь неоднородна, она состоит из смеси паров топлива с воздухом и неиспарившихся капелек топлива. Для обеспечения более полного испарения топлива впускной трубопровод обычно подогревают отработавшими газами или охлаждающей жидкостью.

Загрязнение воздухоочистителя сопровождается увеличением разрежения в диффузоре, а следовательно, и расхода топлива через жиклер. Для устранения этого недостатка поплавковую камеру многих карбюраторов сообщают не с окружающей средой, а с входным патрубком карбюратора. Такую поплавковую камеру называют балансирующей (уравновешенной).

По направлению потока воздуха, а затем горючей смеси различают карбюраторы с *падающим* потоком, в которых смесь движется сверху вниз (падает) и с *горизонтальным* потоком.

В зависимости *от числа смесительных камер* (главных воздушных трактов) карбюраторы делят на *одно- и многокамерные*. Различают многокамерные карбюраторы с *параллельным* (одновременным) и *последовательным* (разновременным) открытием дроссельных заслонок.

Карбюраторный двигатель работает на следующих основных режимах; пуск; холостой ход и малые нагрузки; средние нагрузки; полная нагрузка. Для получения наиболее эффективной работы двигателя каждом режиме очень важно, чтобы горючая смесь к моменту ее воспламенения электрической искрой была по составу наиболее выгоднейшей. Горючая смесь должна быть однородной, а топливо в ней должно находиться в парообразном состоянии.

При пуске холодного двигателя смесеобразование затруднено вследствие недостаточного разрежения в диффузоре, незначительной скорости воздуха и низкой температуры деталей двигателя. Поэтому в цилиндры должна подаваться очень богатая горючая смесь ($\alpha = 0,1 \dots 0,2$), чтобы для воспламенения в ней было достаточное количество легких, быстро испаряющихся фракций топлива.

При работе *на холостом ходу* и с малыми нагрузками дроссельная заслонка закрыта, так как в двигатель нужно подавать небольшое количество горючей смеси. Разрежение и скорость воздушного потока в диффузоре незначительны. Условия для распыливания и испарения неблагоприятны. Поэтому карбюратор должен готовить богатую смесь - $\alpha = 0,6 \dots 0,8$.

По мере увеличения нагрузки дроссельную заслонку открывают. Скорость воздуха и разрежение увеличиваются, температура впускного трубопровода повышается. Следовательно, улучшается смесеобразование. Поэтому горючая смесь должна постепенно обедняться, а коэффициент избытка воздуха увеличиваться до $\alpha = 1,05 \dots 1,10$.

При *средних нагрузках* (приблизительно 40...90 % N_e) - в цилиндры двигателя

нужно подавать разные количества горючей смеси, но состав ее должен быть постоянным и слегка обедненным ($\alpha = 1,10 \dots 1,15$) для получения наиболее экономичной работы.

При *полных нагрузках* (дроссельная заслонка полностью открыта, участок) для получения от двигателя максимальной мощности горючая смесь должна быть обогащенной ($\alpha = 0,85 \dots 0,90$).

Дополнительные устройства карбюраторов. Для приготовления смеси требуемого состава на разных режимах работы автомобильного двигателя в конструкцию карбюратора включены следующие дополнительные устройства:

- система холостого хода для работы двигателя на холостом ходу и с малыми нагрузками;
- главное дозирующее устройство, обеспечивающее в широком диапазоне средних нагрузок приготовление постоянно обедненного (экономичного) состава смеси;
- экономайзер или эконостат — для обогащения смеси при работе двигателя на больших нагрузках путем подачи дополнительного количества топлива в смесительную камеру;
- ускорительный насос — для дополнительного обогащения смеси при резком открытии дроссельной заслонки;
- пусковое устройство.

Тема 6. Топливная аппаратура двигателей с впрыском бензина

1. Системы впрыска топлива.

Любому карбюратору свойственен элемент "стихийности" в смесеобразовании, кроме того эта система питания имеет свой предел максимума адаптации к режимам работы двигателя. Совсем другое дело - впрыск. Он позволяет оптимизировать процесс смесеобразования в гораздо большей степени. Другими словами, впрыск может осуществляться более оптимально по месту, времени и необходимому количеству топлива.

В настоящее время впрыскивающие топливные системы классифицируют по различным признакам, а именно: по месту подвода топлива

(центральный одноточечный впрыск, распределенный впрыск, непосредственный впрыск в цилиндры); по способу подачи топлива (непрерывный и прерывистый впрыск); по типу узлов дозирующих топливо (плунжерные насосы, распределители, форсунки, регуляторы давления); по способу регулирования количества смеси (пневматическое, механическое, электронное); по основным параметрам регулирования состава смеси (разрежению во впускной системе, углу поворота дроссельной заслонки, расходу воздуха).

Впрыск позволяет более точно распределить топливо по цилиндрам. При распределенном впрыске состав смеси в разных цилиндрах может отличаться только на 6—7%, а при питании от карбюратора — на 11—17%.

Отсутствие добавочного сопротивления потоку воздуха на впуске в виде карбюратора и диффузора и вследствие этого более высокий коэффициент наполнения цилиндров обеспечивает получение более высокой литровой мощности.

При впрыске возможно использование большего перекрытия клапанов, (когда открыты одновременно оба клапана) для лучшей продувки камеры сгорания чистым воздухом, а не смесью.

Лучшая продувка и большая равномерность состава смеси по цилиндрам снижают температуру стенок цилиндра, днища поршня и выпускных клапанов, что в свою очередь позволяет снизить потребное октановое число топлива на 2—3 единицы, т.е. поднять степень сжатия без опасности детонации. Кроме того снижается образование окислов азота при сгорании и улучшаются условия смазки зеркала цилиндра.

При всех этих преимуществах необходимо отметить, что состав смеси при впрыске

топлива должен быть связан с режимом работы двигателя так же, как и при карбюраторном двигателе. Другими словами, для оптимальной работы двигателя стехиометрическое соотношение бензина и воздуха практически может выдерживаться только в определенном диапазоне частичных нагрузок, а при пуске, холостом ходе, малых и максимальных нагрузках, при резком открытии дроссельной заслонки необходимо обогащение смеси.

Многоточечный впрыск

Многоточечный впрыск идеально выполняет поставленные задачи. В системе многоточечного впрыска каждый цилиндр имеет свою форсунку, подающую топливо непосредственно перед впускным клапаном. Например, системы KE и L-Jetronic с соответствующими вариантами.

Механическая система впрыска Из механических систем впрыска широкое применение нашла система K-Jetronic. Эта система работает без привода и подает топливо непрерывно.

Комбинированная электронно-механическая система впрыска Система KE-Jetronic создана на основе механической системы K-Jetronic. Она позволяет учесть большое число параметров двигателя посредством электронноуправляемых дополнительных функций и точно дозировать топливо на различных режимах.

Электронная система впрыска Электронноуправляемые системы впрыскивают топливо с помощью электромагнитных форсунок циклического действия. Это, например, системы L-Jetronic, LH-Jetronic и Motronic, как единая система зажигания и впрыска.

Одноточечный впрыск

Одноточечный впрыск - это электронноуправляемая система впрыска, при которой электромагнитная форсунка прерывисто подаёт топливо по оси впускного трубопровода перед дроссельной заслонкой. Mono-Jetronic-это обозначение системы центрального впрыска фирмы Бош.

2. Преимущества систем впрыска

Снижение расхода топлива. Сбор информации, необходимой для работы двигателя (например, частота вращения, нагрузка, температура, положение дроссельной заслонки), делает возможным точное согласование системы как в стационарных, так и в динамических режимах. Благодаря этому двигатель получает ровно столько топлива, сколько ему необходимо.

Высокая нагрузка. Использование систем K- и L-Jetronic позволяет оптимально оформить впускной тракт и увеличить крутящий момент за счёт оптимального наполнения цилиндров. В результате достигаются более высокие мощности и оптимальный крутящий момент. Благодаря тому, что замер расхода воздуха и подача топлива при впрыске разделены, при использовании системы Mono-Jetronic достигается повышенная мощность по сравнению с карбюратором вследствие уменьшения дросселирования.

Динамичное ускорение. Системы впрыска реагируют незамедлительно на изменение нагрузки. Это справедливо как для много - так и для одноточечного впрыска: при многоточечном впрыске топливо подаётся непосредственно к впускному клапану, в результате чего значительно уменьшается пленкообразование. При одноточечном впрыске вследствие движения смеси во впускном коллекторе приходится учитывать образование и испарение пленки на переходных режимах. Соответствующие системы и функции при подаче топлива и смесеобразовании позволяют преодолеть и этот фактор.

Улучшение холодного пуска и прогрева двигателя

Посредством точной дозировки топлива, в зависимости от температуры и пусковой частоты вращения удаётся достичь быстрого пуска и добиться быстрого возрастания частоты вращения до холостого хода. При прогреве за счёт подачи точного количества

топлива достигается равномерная работа двигателя и хорошая реакция на увеличение нагрузки при минимально возможном расходе топлива.

Низкотоксичные отработавшие газы Концентрация токсичных компонентов находится в прямой зависимости от коэффициента избытка воздуха. Если ставится задача эмиссии возможно меньшего количества вредных веществ двигателем, то возникает необходимость обеспечения определённого коэффициента избытка воздуха в процессе смесеобразования. Системы впрыска обеспечивают требуемую точность в процессе смесеобразования.

3. История впрыска

Впрыск бензина имеет почти 100-летнюю историю. Ещё в 1898 газомоторная фабрика Дойтц изготавливала в небольшом количестве плунжерные насосы для впрыска бензина. После того как несколько позднее был открыт принцип карбюратора старая система стала неконкурентноспособной. Фирма Бош в 1912 году начала опыты по бензиновым впрыскивающим насосам. В 1937 году первый самолётный двигатель мощностью 1200 лошадиных сил с системой впрыска бензина фирмы Бош был запущен в серию. Ненадёжность карбюраторной техники из-за опасности обледенения и возгорания заставила вести разработки именно в направлении впрыска бензина. Собственно, с этого и началась эра систем впрыска бензина Бош, но до применения её на автомобилях было ещё далеко. В 1951 году система непосредственного впрыска Бош впервые была установлена серийно на малом автомобиле, а несколько позже осуществлено её внедрение на легендарном спортивном серийном автомобиле 300 SL фирмы Даймлер-Бенц. В последующие годы механические насосы впрыска разрабатывались всё активнее и в 1967 году удалось сделать в этой области ещё один шаг вперёд: появилась первая электронная система впрыска D-Jetronic, управляемая давлением во впускном коллекторе!

В 1973 году на рынке появилась система L-Jetronic, замерявшая количество воздуха. Одновременно появилась система K-Jetronic с гидромеханическим управлением, и также с измерением количества воздуха.

В 1979 году была внедрена новая система - Motronic с цифровой обработкой многих функций двигателя. Эта система связала систему L-Jetronic и электронную систему зажигания. Это был первый микропроцессор в автомобиле! В 1982 году была предложена система KE-Jetronic, как дополненная электронным блоком и лямбда-зондом система K-Jetronic. В 1983 году появилась система Mono-Jetronic - недорогая система одноточечного впрыска, что позволило применять её и на небольших автомобилях.

Системы впрыска Бош нашли применение в 1991 году по всему миру на 37 млн. автомобилей. В 1992 году было изготовлено 5,6 млн. систем управления двигателем, из них 2,5 млн. Mono-Jetronic и Mono-Motronic и 2 млн. систем Motronic. Внедрение впрыска в автомобилестроении неуклонно расширяется.

4. Структура и состав системы питания двигателя с впрыском бензина

Упрощенно работу системы можно представить следующим образом: Электрический топливный насос осуществляет прокачку топлива под давлением от топливного бака к форсункам по нагнетательной магистрали и обратно, по сливной магистрали. Рабочее давление в системе на заданном уровне поддерживается регулятором давления. Открытие механических форсунок происходит под давлением топлива. Открытием электрических форсунок управляет ЭБУ. Форсунки, устанавливаются напротив впускных клапанов в специальных углублениях, выполненных в теле впускного трубопровода, и впрыскивают топливо во впускной коллектор двигателя за/под дроссельную заслонку. Количество впрыскиваемого топлива, пропорционально количеству воздуха, поступающего в коллектор через воздухоочиститель, дроссельную заслонку и расходомер воздуха. Образовавшаяся топливовоздушная смесь, при открытии впускного клапана, засасывается в цилиндры двигателя, где сгорает. Управление

качеством смеси в рассматриваемой системе осуществляется за счёт уменьшения/увеличения подачи топлива через форсунки. Система состоит из нескольких подсистем, каждая из которых отвечает за свой «участок» работы.

1. Подсистема подачи и распределения топлива.

Подсистема обеспечивает подачу топлива в цилиндры в количестве, необходимом для работы двигателя в заданном режиме. Топливом происходит охлаждение деталей топливной системы.

Топливный насос относится к исполнительным элементам системы и обеспечивает подачу топлива к форсункам и циркуляцию топлива в системе. Насос имеет в своём составе рабочую (насосную) часть и электродвигатель, помещённые в общий корпус, закрытый крышкой. В зависимости от требований, предъявляемых к системе, применяются роликовые, шестерёнчатые и лопастные насосы.

Роликовые насосы и шестерёнчатые насосы с внутренним зацеплением зубьев шестерён относятся к классу объёмных насосов, принцип действия которых основан на изменении объёма рабочих полостей насоса – всасывающей и нагнетательной. Роликовые насосы способны развивать давление в системе до 6,5 атм. (650 кПа), шестерёнчатые – до 4 атм. (400 кПа).

Лопастные насосы переносят топливо между лопастями турбинки. Находят применение лопастные насосы двух основных типов (конструкций) - периферийные насосы и насосы с боковым каналом. Первые отличаются от вторых большим числом лопаток, формой турбины и наличием, радиальных (распределённых по окружности) выпускных отверстий. Периферийные насосы развивают давление до 3 атм. (300 кПа). Лопастные насосы с боковым выпускным каналом создают давление до 1 атм. (100 кПа) и применяются в системах с моно впрыском, а также в качестве подкачивающего насоса в системах с магистральным насосом и как первая ступень в системах с двухступенчатым погружным насосом на автомобилях, склонных к проблемам при запуске горячего двигателя. По сравнению с роликовыми и шестерёнчатыми насосами лопастные насосы имеют пониженный уровень шума и ровную, почти без пульсаций, струю топлива на выходе.

Аккумулятор топлива предназначен для поддержания остаточного давления в топливной системе после выключения двигателя. Наличие остаточного давления предотвращает вскипание топлива и образование воздушных пробок в топливопроводах вследствие перегрева, упрощает запуск горячего двигателя.

Контрольные величины рабочего и остаточного давления в топливной системе приводятся в сервисной литературе.

Топливный фильтр неразборный, одноразовый, имеет металлический корпус с входным и выходным штуцерами. В корпусе размещается бумажный фильтрующий элемент, имеющий пористость около 10 мкм, и мелкоячеистая фильтрующая сетка, расположенная перед выходным штуцером. Фильтрующая сетка предназначена для задержания частичек фильтровальной бумаги, которые отрываются от бумажного фильтрующего элемента в процессе эксплуатации (напомним, что давление в системе может достигать 650 кПа).

Для правильной установки фильтра в топливную магистраль на корпусе фильтра рисуют стрелку, указывающую направление тока топлива. В случае неверной установки фильтра фильтрующая сетка окажется на входе топлива, что недопустимо. Периодичность замены топливного фильтра регламентируется производителем и зависит от объёма фильтра и некоторых других факторов. Средний срок службы составляет порядка 30 тыс. км.

Дозатор-распределитель топлива системы KE – Jetronic и расходомер воздуха.

В отличие от более поздних и современных систем впрыска бензина механические и электромеханические системы с дозатором – распределителем и дисковым расходомером воздуха не располагают возможностью цикловой подачи топлива.

Распыливание бензина в таких системах осуществляется непрерывно, как только давление топлива в системе превысит величину давления открытия форсунок (300 – 450 кПа).

В системах впрыска *L – Jetronic* и её аналогах с полностью электронным управлением применяются регуляторы рабочего давления топлива мембранного типа. Регулятор обычно монтируется на конце топливной рейки (топливного распределителя), но может располагаться и на топливопроводе. Количество подаваемого через форсунку топлива в рассматриваемой системе должно зависеть только от времени впрыска. Для этого разница между давлением топлива на входе в инжектор (в топливном распределителе) и давлением воздуха во впускном трубопроводе должна быть постоянной.

Рабочие форсунки обеспечивают подачу и распыление топлива во впускной трубопровод двигателя. В системах впрыска *K – Jetronic*, *KE – Jetronic* и их модификациях применяются механические клапанные форсунки. Открывание форсунок происходит, как только давление топлива в системе достигнет определённого значения. Давление «начала открытия» для форсунок разных производителей и разных типов двигателей варьируют от 2,5 до 5,5 технических атмосфер. Форсунки конструируются под конкретный двигатель и предназначаются только данной модели. Помимо величины давления «начала открытия», важным показателем является давление «закрытого состояния», находясь под воздействием которого форсунка должна быть полностью герметичной (т.е., не должна пропускать топливо). Для форсунок различных конструкций величина давления «закрытого состояния» составляет примерно 2,0 – 2,5 атм. Проверяемая форсунка, находящаяся под давлением «закрытого состояния», в течение одной минуты может пропускать не более одной капли топлива. Срок службы механической форсунки достаточно большой и в среднем составляет 150 – 200 тысяч км. пробега автомобиля. Неисправная форсунка подлежит замене.

Электромагнитные форсунки системы *L – Jetronic* и её аналогов с дискретным и фазированным впрыском управляются ЭБУ. При подаче напряжения на обмотку соленоида форсунки, его сердечник намагничивается и притягивает якорь клапанной иглы. Игла преодолевает усилие запорной пружины, и приоткрывает выпускное отверстие. Топливо через распылитель форсунки под давлением распыливается во впускной тракт двигателя. В зависимости от способа впрыска, частоты вращения коленчатого вала двигателя и степени открытия дроссельной заслонки время работы форсунки составляет 1,5 – 1,8 мс при частоте срабатывания от 3 до 125 Гц. В зависимости от сопротивления обмотки электроклапана форсунки делятся на низкоомные (1 – 7 Ом) и высокоомные (14 – 17 Ом).

Тема 7. Топливная аппаратура газовых двигателей

1. Требования к системам питания двигателей работающих на газе

Система редуцирования и испарения (подогрева) давления газа должна быть предпочтительно выполнена в одном агрегате.

Конструкция системы питания двигателей с принудительным зажиганием и газодизелей по основным параметрам должна соответствовать параметрам двигателя, для которого она предназначается, ее регулировочные параметры должны обеспечивать получение задних выходных характеристик (мощностных, экономических, динамических) при минимально возможной токсичности и дымности отработавших газов.

Система питания газобаллонных автомобилей должна содержать устройства, обеспечивающие автоматическое прекращение выхода газа в случае обрыва газовой магистрали или остановки двигателя.

Газовая система питания должна обеспечивать быстрый и надежный пуск холодного двигателя на СНГ и СПГ без предварительного его разогрева при температурах

окружающего воздуха выше минус 10°C.

Газовая система питания должна обеспечивать бесперебойную подачу газа в двигатель при температурных условиях в соответствии с п. 1.2.

Конструкция, размещение (компоновка) и крепление узлов и агрегатов газовой аппаратуры и баллонов на автомобиле должны обеспечивать свободный доступ и удобство при проведении ТО, ТР и диагностирования технического обслуживания.

В конструкции газобаллонных автомобилей должны быть предусмотрены устройства для отключения газовых баллонов от газовой аппаратуры при проведении ТО или регулировочных работ по системе питания.

Долговечность основных узлов и приборов газовой системы питания должна соответствовать ресурсу двигателя до капитального ремонта.

Газовая система питания в эксплуатационных условиях не должна требовать дополнительного технического воздействия или обслуживания в промежутках между плановыми ТО и ТО-2.

Универсальная система питания газобаллонных автомобилей должна иметь устройства для предотвращения расхода бензина из поплавковой камеры карбюратора-смесителя при переключении вида топлива (с бензина на газ).

Для газобаллонных автомобилей, предназначенных для работы в условиях Крайнего Севера, в жарко-пустынной и тропической местностях, пределы температур и влажности воздуха, при которых должна быть обеспечена надежная длительная работа газовой системы питания, должны быть установлены специальные технико-эксплуатационные требования к этим автомобилям.

Для таких автомобилей допускается применение специальных дополнительных устройств.

Системы питания двигателей газобаллонных автомобилей, предназначенные для работы в высокогорных условиях (выше 1500 м над уровнем моря) должны иметь специальную высотную регулировку или высотный корректор состава горючей смеси. На таких двигателях возможна установка нагнетателя воздуха или горючей смеси.

Бензиновая система двигателей по основным выходным параметрам должна удовлетворять требованиям базовых бензиновых модификаций. Вместимость топливного бака резервной системы питания должна быть в пределах 15 - 20 л. Вместимость бензинового бака газобаллонных автомобилей с универсальной системой питания должна быть на уровне базовых бензиновых модификаций.

Все элементы и узлы газовой аппаратуры и системы питания в сборе должны проверяться на герметичность на заводе-изготовителе в соответствии с действующими техническими условиями.

Габариты газобаллонной установки не должны изменять допустимые размеры автотранспортных средств, регламентируемых действующими стандартами и нормативно-технической документацией.

Газовая аппаратура и система зажигания должны иметь элементы электронного управления процессами топливоподачи и зажигания с целью обеспечения:

- оптимального состава газозоудшной смеси на различных режимах работы двигателя;

- оптимального угла опережения зажигания с автоматической коррекцией в зависимости от вида потребляемого топлива;

- выдачу данных на эконометр, сигнализирующих об экономичном управлении работой двигателя (автомобиля);

- надежного пуска на газовом топливе двигателя при температуре выше -10 °С.

Баллон должен быть оснащен устройством для дистанционного замера запаса газа в баллоне в процессе движения газобаллонного автомобиля.

Газобаллонный автомобиль должен быть оснащен устройством для контроля герметичности всех узлов и соединений.

Замену резинотехнических изделий (РТИ) газовой аппаратуры необходимо проводить не реже чем через 35,0 тыс. км. В состав газовой аппаратуры входит дополнительный комплект РТИ.

Разовая оперативная трудоемкость автомобилей с двухтопливной системой питания должна соответствовать трудоемкости, отвечающей ГОСТ.

Удельная оперативная трудоемкость технического обслуживания автомобилей с двухтопливными системами питания не должна превышать 0,8 чел./ч тыс. км.

2. Система питания двигателей работающих на сжиженном газе

В газовом двигателе работающем на сжиженном газе в систему питания входят газовый баллон низкого давления 3 (рисунок 1) с блоком арматуры и системой вентиляции, магистральный вентиль 1, испаритель 14, газовый редуктор 13, смеситель 11, манометры 2 и 8 и другие детали.

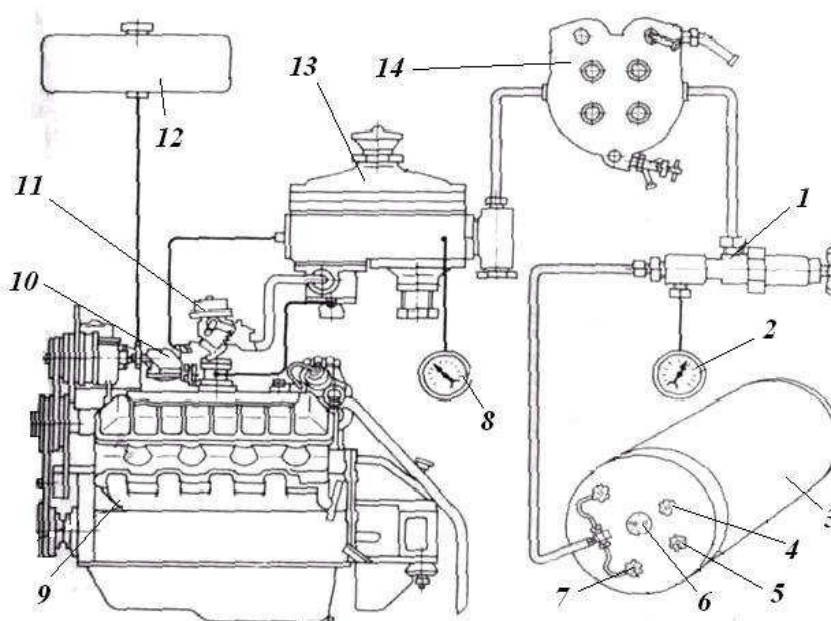


Рисунок 1 - Схема газобаллонной установки для сжиженного газа: 1 - магистральный вентиль; 2 - манометр баллона; 3 - баллон для сжиженного газа; 4 - контрольный вентиль; 5 - наполнительный вентиль баллона; 6 - указатель уровня сжиженного газа; 7 - жидкостный вентиль; 8 - манометр редуктора; 9 - двигатель; 10 - карбюратор; 11 - смеситель газа; 12 - бак для бензина; 13 - газовый редуктор; 14 - испаритель сжиженного газа

Сжиженный газ перед использованием испаряют, т. е. переводят в газообразное состояние. Для этого из баллона 3 жидкость при открытом вентиле 7 поступает через магистральный вентиль 1 к испарителю 14, подогреваемому горячей водой из системы охлаждения двигателя. Сжиженный газ испаряется и в парообразном состоянии поступает в фильтр, а затем в двухступенчатый редуктор 13, где давление газа снижается до 100 кПа. Далее газ проходит через дозирующее устройство, смеситель 11 газа и при такте впуска поступает в цилиндры двигателя. Работу газобаллонной установки контролируют по манометрам 2 и 8. Первый показывает давление газа в баллоне, а второй - в редукторе.

Для заправки баллона 3 служит наполнительный 5. Баллон нельзя наполнять сжиженным газом полностью, так как с увеличением температуры окружающего воздуха газ расширяется и давление в баллоне повышается. Поэтому баллон наполняют сжиженным газом только на 90% объема, а 10% объема оставляют для пара. Давление в баллоне зависит не от количества находящегося в нем сжиженного газа, а лишь от давления его паров, на которое оказывают влияние температура окружающей среды и состав газа.

3. Система питания двигателей работающих на сжатом газе

В газовом двигателе работающем на сжатом газе в систему питания входят стальные баллоны 1 (рисунок 2) для сжатого газа; наполнительный 3, расходный 4 и магистральный 14 вентили; подогреватель 13 сжатого газа; манометры 6 и 7 соответственно высокого и низкого давления; редуктор 9 с фильтром 8 и дозирующим устройством 10; газопроводы 2 и 11 соответственно высокого и низкого давления; карбюратор-смеситель 12.

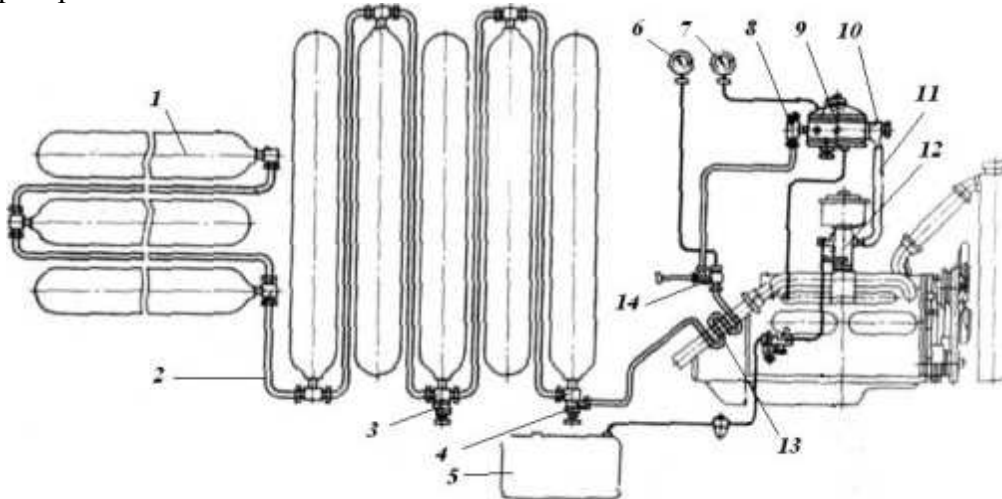


Рисунок 2 - Схема газобаллонной установки для сжатого газа: 1 - баллон; 2 - газопровод высокого давления; 3 - наполнительный вентиль; 4 - расходный вентиль; 5 - топливный бак; 6 и 7 - манометры соответственно высокого и низкого давления; 8 - газовый фильтр; 9 - двухступенчатый газовый редуктор; 10 - дозирующее устройство газового редуктора; 11 - газопровод низкого давления; 12 - карбюратор-смеситель; 13 - подогреватель сжатого газа; 14 - магистральный вентиль

Во время работы двигателя вентили 4 и 14 открыты. Сжатый газ под большим давлением проходит в подогреватель 13 и через фильтр 8 поступает в двухступенчатый газовый редуктор 9. По пути к редуктору сжатый газ должен быть подогрет, так как иначе может замерзнуть вода, выделяющаяся при снижении давления газа. В редукторе давление газа снижается примерно до 100 кПа. Затем газ, пройдя дозирующее устройство 10, по газопроводу 11 поступает к карбюратору-смесителю 12, где образуется газоздушная смесь. Разрежение, создаваемое в цилиндре при такте впуска, передается к карбюратору-смесителю, и горючая смесь поступает в цилиндры двигателя.

Наполнение газобаллонной установки газом происходит через вентиль 3. Для работы на жидком топливе (бензине) газобаллонный автомобиль имеет топливный бак 5, фильтр-отстойник, топливный насос и топливопроводы.

Газовые двигатели имеют повышенную, по сравнению с карбюраторными, степень сжатия.

4. Комбинированная (двухтопливная) система питания

В России широко используются карбюраторные бензиновые двигатели, конвертированные для работы на газообразном моторном топливе: сжиженном нефтяном газе или сжатом природном газе. Для этого автомобили дополнительно оснащаются комплектом газобаллонной аппаратуры. Возможность полноценной работы ДВС на бензине при этом сохраняется.

Принцип работы такой комбинированной (двухтопливной) системы питания рассмотрим на двигателе, работающем на сжиженном нефтяном газе.

Сжиженный газ из баллона 1 (рисунок 3) под давлением около 1,6 МПа поступает по газопроводам 6 и 8 через газовый электромагнитный клапан 7 к редуктору-испарителю

9 и далее по трубопроводу 10 в смеситель 11 и камеру сгорания.

Для отключения подачи бензина при работе на газе служит бензиновый электромагнитный клапан 14, установленный между бензонасосом 12 и карбюратором 13. Для подогрева и испарения газа в редукторе он подключен рукавами 15 к жидкостной системе охлаждения двигателя. Положение клапана редуктора зависит от командных сигналов блока управления газовым клапаном.

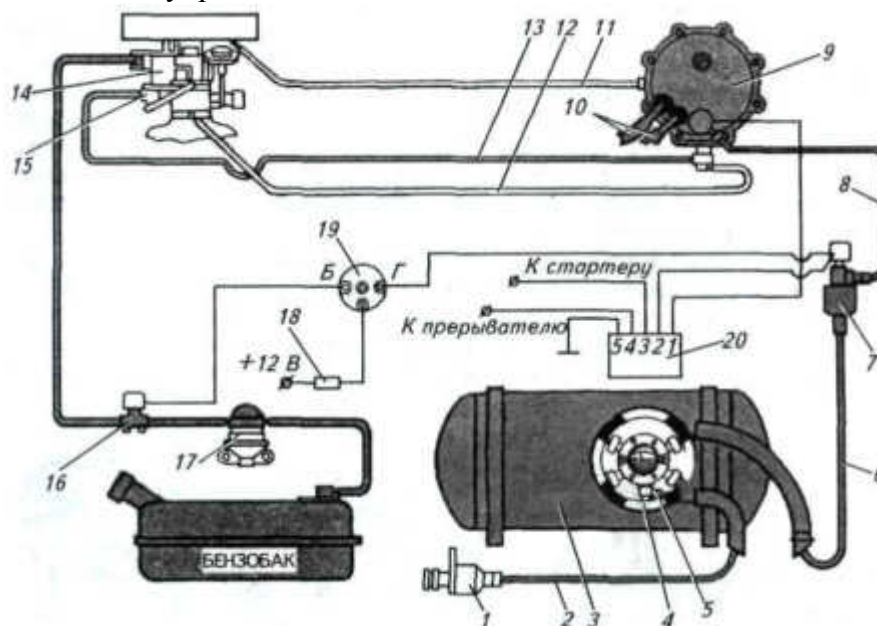


Рисунок 3 – Схема комбинированной (бензиновой и газовой) системы питания двигателя: 1 – газовый баллон; 2,6,8,10,16 и 17 – газопроводы; 3 – выносное заправочное устройство; 4 – блок арматуры; 5 – система вентиляции; 7 и 14 электромагнитные клапаны; 9 – редуктор-испаритель; 11 – смеситель; 12 – бензонасос; 13 – карбюратор; 15 – рукава; 18 – электронный блок управления газовым электромагнитным клапаном; 19 – переключатель вида топлива; 20 – предохранитель

Водитель переводит двигатель без его остановки с одного вида топлива на другой при помощи переключателя 19, подключенного к источнику тока через предохранитель 20. При этом бензиновый электромагнитный клапан 14 отключает подачу бензина, а газовый клапан 7 обеспечивает подачу газа, и наоборот.

Заполняется баллон газом на газонаполнительной станции через заправочное устройство 3. Контроль за заполняемостью баллона ведут по стрелочному указателю уровня газа, смонтированного в блоке арматуры 4.

Редуктор-испаритель снижает давление газа до атмосферного, регулирует расход газа в соответствии с режимом работы двигателя и обеспечивает испарение сжиженного газа (рисунок 4).

Во время пуска двигателя стартером в его впускном трубопроводе создается разрежение, которое через шланг передается в полость 3 разгрузочного устройства. Под действием перепада давлений возникающая на диафрагме 2 разгрузочного устройства сила сжимает пружину 4, освобождая рычаг 7 клапана 9 второй ступени.

Разрежение воздействует на диафрагму 6 второй ступени. Газ из полостей 19 первой ступени поступает в полость 5 второй ступени, где его давление снижается до величины 0,04 МПа и поддерживается на этом уровне на всех режимах работы двигателя.

Применение обратной связи между полостями 5 и 19 позволяет обеспечить устойчивую и экономичную работу двигателя на переходных режимах, т.е. при резком открытии и закрытии дроссельных заслонок карбюратора.

В зависимости от мощности двигателя автомобиля подбирают редуктор, обеспечивающий соответствующую подачу.

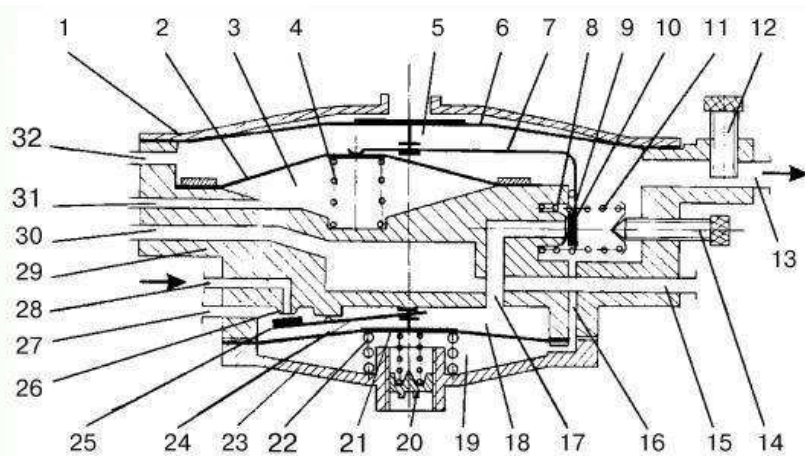


Рисунок 4 – Схема редуктора-испарителя «САГА-6»: 1 – крышка второй ступени; 2 – диафрагма разгрузочного устройства; 3 – полость разгрузочного устройства; 4, 8, 11, 22 – пружины; 5 – полость второй ступени; 6 – диафрагма второй ступени; 7, 24 – рычаги; 9, 25 – клапаны; 10 – седло клапана второй ступени; 12 – дозатор; 13 – канал выхода газа; 14 – регулировочный винт холостого хода; 15, 30 – каналы соответственно подвода и отвода теплоносителя; 16 – канал обратной связи; 17 – канал, соединяющий полости высокого и низкого давления; 18 – полость первой ступени; 19 – подпружиненная полость первой ступени; 20 – винт регулировки давления первой ступени; 21 – диафрагма первой ступени; 23 – крышка первой ступени; 26 – седло клапана первой ступени; 27 – канал слива конденсата из полости первой ступени; 28 – канал подвода газа; 29 – корпус редуктора; 31 – канал для подсоединения к впускному трубопроводу двигателя или задрессельному пространству карбюратора; 32 – канал слива конденсата из полости второй ступени

Газовый смеситель представляет собой проставку, устанавливаемую между корпусом дроссельных заслонок и корпусом поплавковой камеры карбюратора взамен штатной теплоизоляционной прокладки.

Антон Алексеевич Хохлов
Алексей Леонидович Хохлов
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ:

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Дмитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 33 с.