

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
“Оренбургский государственный университет”

Кафедра автомобильного транспорта

С.В. ГОРБАЧЕВ, И.И. ЛЮБИМОВ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ГАЗОТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ СЖИЖЕННЫМ НЕФТЯНЫМ ГАЗОМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
“Оренбургский государственный университет”

Оренбург 2007

УДК 621.433(07)
ББК 31.365 я 7
Г-67

Рецензент
кандидат технических наук А.А. Филиппов

Горбачев, С.В.
Автомобильные газотопливные системы питания
сжиженным
Г-67 **нефтяным газом: методические указания к лабораторной**
работе / С.В. Горбачев, И.И. Любимов. – Оренбург: ГОУ
ОГУ,
2007. - 41 с.

Методические указания содержат методику проведения лабораторной работы по устройству автомобильных газотопливных систем, работающих на сжиженном газе.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по учебным курсам “Автомобили (Часть 1 Конструкция автотранспортных средств)”, “Конструкция, расчёт и потребительские свойства изделий (Часть 1 Конструкция автотранспортных средств)”, “Техническая эксплуатация автомобилей”, “Основы технологии производства и ремонта автомобилей” и “Техника транспорта, обслуживание и ремонт (Часть 1 Конструкция автотранспортных средств)” для студентов специальностей 19.06.01, 19.06.03 и 19.07.02 всех форм обучения.

© Горбачев С.В., 2007
Любимов И.И.
© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

Введение.....	7
1 Классификация газовых систем питания.....	7
2 Термины и определения.....	7
3 Устройство и работа газотопливных систем работающих на сжиженном газе.....	9
3.1 Механические системы с вакуумным управлением.....	9
3.1.1 Основные элементы и узлы.....	9
3.2 Механические системы с электронным управлением.....	12
3.2.1 Основные элементы и узлы.....	13
3.3 Системы впрыска газа.....	21
3.3.1 Система IGS.....	21
3.3.2 Система MEGI.....	22
3.4 Устройство элементов газотопливных систем.....	26
3.4.1 Газовый баллон.....	26
3.4.2 Электромагнитный клапан.....	28
3.4.3 Электромагнитный бензиновый клапан.....	29
3.4.4 Смеситель газа.....	29
3.4.5 Дозирующее экономайзерное устройство.....	30
3.4.6 Электронный блок управления электромагнитными клапанами.....	32
3.4.7 Переключатель вида топлива.....	33
3.4.8 Газовые редукторы-испарители.....	33
4 Ход выполнения лабораторной работы.....	42
5 Содержание отчёта о выполненной работе.....	42
6 Контрольные вопросы.....	42
Список использованных источников.....	44

Введение

При нынешнем положении дел в России «нейтрализация» автомобилей возможна только при установке на них газобаллонных систем второго и третьего поколений.

Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт» (ФГУП НАМИ) 30 декабря 1999 года утвержден и введен в действие отраслевой стандарт ОСТ 37.001.653-99 на газобаллонное оборудование для транспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива. Однако в третий раздел этого документа включены не все термины, определения и сокращения по второму поколению автомобильного газобаллонного оборудования - механическим системам с электронным управлением, и полностью отсутствуют подобные сведения по третьему поколению - системам с впрыском газа.

1 Классификация газовых систем питания

Все конструкции газовых систем питания можно условно разбить на три поколения: первое - механические системы с вакуумным управлением; второе - механические системы с электронным управлением; третье - системы впрыска газа.

2 Термины и определения

Инжектор – производное от английского глагола «to inject» - впрыскивать.

Окисляющий каталитический нейтрализатор - устройство, предназначенное для конечного окисления (дожигания) продуктов неполного сгорания топлива. Обычно используется на автомобилях с двигателями, работающими на обедненной горючей смеси.

Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор - химический реактор с катализатором, содержащим благородные металлы (платина, палладий, родий). Нейтрализатор окисляет (дожигает) продукты неполного сгорания топлива - углеводороды (CH) и окись углерода (CO) и восстанавливает чрезвычайно токсичные оксиды азота (NO_x), разлагая их на безвредные исходные составляющие. Каталитические нейтрализаторы, в которых одновременно идут обе химические реакции, называют **бифункциональными**. Полноценная работа бифункционального каталитического нейтрализатора возможна только при строго стехиометрическом составе горючей смеси. Трехкомпонентный нейтрализатор обычно работает в системе с обратной связью,

контролируемой лямбда-зондом (датчиком кислорода), но иногда используется и в системах без обратной связи.

Лямбда-зонд - датчик, показывающий содержание несгоревшего кислорода в отработавших газах. Устанавливается в системе выпуска перед каталитическим нейтрализатором (обычно в приемной трубе). По информации от лямбда-зонда электронный блок управления (ЭБУ) двигателем поддерживает стехиометрический состав горючей смеси.

Стехиометрическое соотношение - это количественное соотношение воздух-топливо, при котором коэффициент концентрации кислорода в отработавших газах $\lambda=1$ (такая смесь называется нормальной). Если $\lambda < 1$ (недостаток воздуха), смесь называют богатой; при $\lambda > 1$ (избыток воздуха) смесь называют бедной. Нормальный стехиометрический состав смеси ($\lambda=1$) достигается при соотношении поданных в двигатель 16 частей воздуха и 1 части сжиженного нефтяного газа (16:1).

Управление с обратной связью - принцип управления системой (от отработавших газов - к составу смеси), при котором кислородный датчик определяет состав отработавших газов и на основании полученных от него данных ЭБУ поддерживает нормальный ($\lambda=1$) стехиометрический состав горючей смеси, поступающей в двигатель.

Управление без обратной связи - принцип управления системой, осуществляемый механически без контроля конечного результата процесса сгорания по составу отработавших газов.

Электрический дозатор газа - устройство, работающее по принципу шагового электродвигателя. Изменение положения его поршня по сигналам от ЭБУ обеспечивает оптимальный состав газовой смеси, подаваемой в цилиндры двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ) - самонастраивающееся электронное устройство, управляющее подачей газа на автомобилях, оборудованных лямбда-зондом и каталитическим нейтрализатором. Обеспечивает стехиометрический состав смеси на всех режимах работы двигателя. Кроме того, ЭБУ автоматически закрывает запорные клапаны в случае аварийного повреждения газовой магистрали или при остановке двигателя.

Эмулятор - электронное устройство, имитирующее работу бензиновых форсунок при переводе двигателя на газовое топливо.

Эффект хлопка - воспламенение рабочей смеси во впускной трубе двигателя или в корпусе воздушного фильтра. Хлопок может возникнуть при неисправности системы зажигания или при чрезмерном обеднении горючей смеси на переходных режимах работы двигателя.

Предохранительный обратный клапан - устройство, сбрасывающее излишнее давление во впускной трубе в момент хлопка газовой смеси.

3 Устройство и работа газотопливных систем работающих на сжиженном газе

3.1 Механические системы с вакуумным управлением

В значительной части изданных у нас книг по газовым системам питания описаны газотопливные системы, применяемые на автомобилях с карбюраторными двигателями. Принцип их работы основан на механическом регулировании количества газовой смеси, подаваемой в двигатель, с пневматическим (вакуумным) управлением ее составом.

Преимуществами этих систем по сравнению с бензиновыми системами питания являются:

- увеличение ресурса двигателя;
- снижение ударных нагрузок на цилиндропоршневую группу двигателя;
- мягкая работа двигателя со снижением уровня его шума;
- полное отсутствие детонационных процессов в двигателе на всех режимах его работы.

К бесспорным достоинствам механических систем с вакуумным управлением можно отнести и доступную по сравнению с другими газотопливными системами цену.

В то же время нельзя не отметить и ряд недостатков этих систем. Поскольку количество газа, подаваемого в двигатель, дозируется вручную регулировочными винтами, иногда при регулировке нарушается стабильность подачи газовой смеси. Водитель вынужден постоянно следить за процессом подачи газа в соответствии с режимом работы двигателя. В некоторых случаях количество вредных веществ в отработавших газах, образующихся после эксплуатационных регулировок, сделанных водителем, может превышать допустимое значение.

В странах, где действуют нежесткие требования к количеству вредных веществ в выбросах, до сих пор с успехом применяются эти системы первого поколения. Благодаря невысокой стоимости, простоте установки на автомобиль, пониженному по сравнению с бензином содержанию токсичных веществ в отработавших газах газобаллонную аппаратуру первого поколения охотно приобретают и успешно эксплуатируют российские автомобилисты.

В странах Евросоюза, где действуют более жесткие нормы по токсичности, такие системы не применяются.

3.1.1 Основные элементы и узлы

Рассмотрим схему соединения газовой аппаратуры «Бедини», представленную на рисунке 1.

Сжиженный нефтяной газ под давлением 1,6 МПа из баллона 22 по гибкому газопроводу высокого давления 14 поступает в фильтр

электромагнитного газового клапана 13, где подвергается очистке от смолистых веществ и механических примесей. Очищенный газ по трубопроводу проходит в первую ступень двухступенчатого редуктора-испарителя 11, где его давление понижается до 0,2 МПа, а затем во вторую ступень, где его давление становится близким к атмосферному. Под действием разрежения, создаваемого во впускной трубе 17 работающего двигателя, газ из полости второй ступени редуктора-испарителя поступает в дозирующее устройство, а затем по шлангу низкого давления 12 через тройник-дозатор 16 - в карбюратор 18 через смесительное устройство (проставку) 21. После перемешивания газа с воздухом образуется горючая смесь, которая попадает в цилиндры двигателя.

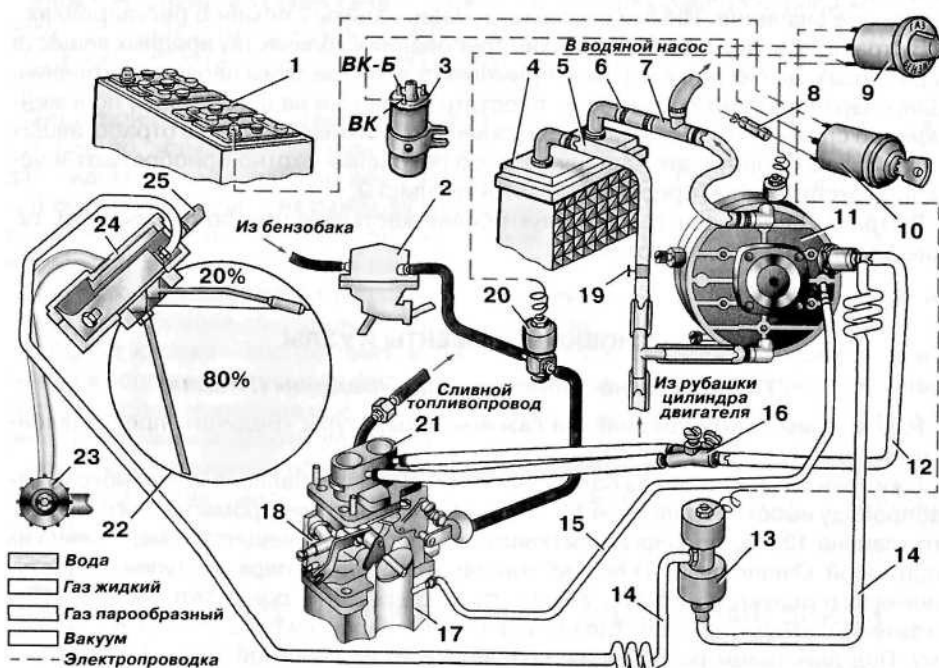
Подогретая жидкость из системы охлаждения двигателя через тройник подается в нижний патрубок редуктора-испарителя и по шлангу 5 через кран 19 - в радиатор 4 отопителя салона. Далее жидкость проходит из верхнего патрубка редуктора-испарителя через тройник 7 во всасывающую полость водяного насоса (циркуляция теплоносителя параллельна движению охлаждающей жидкости в двигателе).

Чтобы обеспечить высокую надежность, безопасность в эксплуатации, исключить возможность нарушения герметичности газовых баллонов, установленных на автомобилях, на обечайке баллона установлен компактный блок 24 запорно-предохранительной арматуры (мультипликатор). Он состоит из датчика-указателя уровня сжиженного газа (контрольная арматура), мультиклапана, ограничивающего уровень заправки баллона (предохранительная арматура) и срабатывающего при заполнении баллона на 80 %, а также вентилей - расходного магистрального и наполнительного, открывающих подачу газа в баллон на автомобильной газозаправочной станции. Раздаточную аппаратуру станции подключают к выносному заправочному устройству 23, расположенному за пределами багажного отделения.

Конструкция и принцип действия расходного и наполнительного вентилей одинаковы: они должны надежно перекрывать газовую магистраль при неработающем двигателе, обеспечивать плотное, прочное соединение и герметичность в положении полного закрытия.

Блок запорно-предохранительной арматуры закрыт вентилируемым кожухом, сообщаемым с атмосферой через два вентиляционных рукава 25.

Система питания бензином работает следующим образом. Из топливного бака с помощью топливного насоса 2 бензин подается в карбюратор 18 через бензиновый электромагнитный клапан 20. Клапаном можно управлять дистанционно и вручную рукояткой, нижним или боковым вентилем (в зависимости от варианта исполнения). Ручным управлением пользуются при подкачке бензина в карбюратор рычагом топливного насоса в холодное время года или после длительной стоянки автомобиля, а также при выходе из строя электрической цепи газового оборудования.



1 - аккумуляторная батарея; 2 - топливный (бензиновый) насос; 3 - катушка зажигания; 4 - радиатор отопителя салона; 5 - шланг подачи жидкости из системы охлаждения двигателя; 6 - хомут; 7 - тройник; 8 - предохранитель; 9 - переключатель вида топлива; 10 - замок зажигания; 11 - редуктор-испаритель низкого давления (газоредуцирующий аппарат); 12 - шланг низкого давления; 13 - магистральный газовый запорный клапан; 14-гибкий газопровод высокого давления; 15 - вакуумный шланг; 16 - тройник-дозатор; 17 - впускная труба; 18 - карбюратор; 19 - кран отопителя; 20 - бензиновый электромагнитный клапан; 21 - газосмесительное устройство; 22 - баллон для сжиженного газа; 23 - выносное заправочное устройство; 24 - блок запорно-предохранительной арматуры (мультипликатор); 25 - вентиляционный рукав

Рисунок 1 - Схема соединения газовой аппаратуры «Бедини»:

В этом случае рукоятку (или вентиль) переводят в положение «Открыто». После подкачки бензина рукоятку (или вентиль) переводят в постоянное положение «Закрыто», иначе двигатель будет работать и на бензине, и на газе одновременно даже при отключенном переключателе вида топлива, что недопустимо.

Принцип работы электрической системы газобаллонной установки следующий. В универсальной системе питания двигателя есть два электромагнитных клапана: клапан 20, отключающий подачу бензина при работе двигателя на газе, клапан 13, отключающий подачу газа при работе на бензине. Переключатель вида топлива 9 установлен в удобном месте под панелью приборов и соединен через замок зажигания 10 с электрической цепью катушки зажигания 3. Питание в электрическую цепь газового оборудования подается только при включенном зажигании.

Переключатель 9 обеспечивает возможность работы двигателя на выбранном топливе и переход с одного вида топлива на другой без его остановки.

3.2 Механические системы с электронным управлением

Газотопливные системы второго поколения представляют собой усовершенствованный вариант систем первого поколения. Благодаря управлению системами с помощью микропроцессорных устройств они имеют следующие преимущества: устойчивая работа двигателя на холостом ходу; точное и стабильное дозирование газа; оптимальный состав горючей смеси на всех режимах работы двигателя.

Десять лет назад в индустриально развитых странах был осуществлен переход от карбюраторных систем питания автомобильных двигателей к инжекторным, механическим и электронным. В России с недавних пор также налажено производство автомобилей с системами впрыска бензина, что позволило повысить мощность двигателей, снизить расход топлива и выброс вредных веществ. Появление на российских дорогах усовершенствованных моделей отечественных автомобилей и огромного количества инжекторных иномарок как подержанных, так и новых вызвало необходимость перехода к газобаллонному оборудованию (ГБО) второго поколения, которое можно было бы устанавливать и на эти автомобили.

На автомобилях с инжекторной системой питания сохраняются те же схема установки газового оборудования и цепочка: заправочное устройство-баллонная арматура-газовый баллон-магистральный запорный клапан-газорегулирующая аппаратура (редуктор)-газосмесительное устройство-система подогрева.

Отличие - в управлении (электронным блоком, а не механическим способом) и наличии дополнительных устройств.

В автомобилях с инжекторной системой питания для подачи бензина используется электрический насос, поэтому в системах с механическими форсунками дополнительно устанавливают реле отключения топливного насоса при переходе на газ. В системах, оснащенных электрическими форсунками, при переходе на газ отключается не насос, а форсунки. При этом они замещаются эмуляторами - устройствами, имитирующими работу форсунок. Необходимость применения эмуляторов обусловлена тем, что электронный блок управления двигателем, не получая информации о срабатывании форсунок, отключает всю систему в целом (в том числе, и цепь зажигания), предполагая, что произошло повреждение электрической цепи. Датчик расхода воздуха защищают «хлопушкой», т.е. устройством, предотвращающим повреждение датчика и воздушного фильтра при возможной обратной вспышке газа из впускной трубы. Дополнительно устанавливают датчики количества газа, поступающего в двигатель, и подбирают подходящее газосмесительное устройство.

Таким образом, установка ГБО на инжекторный автомобиль не намного сложнее, чем на карбюраторный.

3.2.1 Основные элементы и узлы

3.2.1.1 Система «САГА-6»

Эта система создана научно-производственной фирмой «САГА» совместно с Пермским агрегатным объединением «Инкар» с учетом жестких условий эксплуатации и недостатков газобаллонной аппаратуры других производителей.

Система «САГА-6» обеспечивает работу на сжиженном нефтяном газе (пропан-бутане) как карбюраторных двигателей внутреннего сгорания, так и с системой впрыска топлива. Ее можно установить на легковые и грузовые автомобили, а также автобусы отечественного и иностранного производства.

Аппаратура позволяет формировать оптимальный состав газозодушнoй смеси на всех режимах работы двигателя благодаря высокой точности редуцирования и регулирования давления газа на выходе редуктора-испарителя. Это обеспечивает стабильность работы двигателя на холостом ходу, высокую топливную экономичность и снижение токсичности отработавших газов.

Конструктивные особенности системы и высокое качество ее изготовления в производственных условиях авиационного завода обеспечивают безопасность, высокую надежность и простоту эксплуатации. Технический уровень системы соответствует международным требованиям ЕЭК ООН.

Нами рассмотрен вариант системы для карбюраторного двигателя. Система для инжекторного двигателя отличается газосмесительным устройством, которое устанавливают на дроссельный узел. В общем виде устройство представляет собой распылитель, выполненный по типу трубки Вентури. Этот вариант предназначен для работы в инжекторной системе питания без обратной связи. Кроме того, как уже упоминалось, в систему управления двигателем дополнительно подключаются эмуляторы или реле отключения топливного насоса и «хлопушка».

В комплект газовой аппаратуры «САГА-6» входят редуктор-испаритель 1 (рисунок 2) и электромагнитные клапаны отключения газа 3 и бензина 8, отличающиеся от аналогичных элементов других систем повышенной надежностью, уменьшенными током и напряжением срабатывания. Фильтры клапанов рассчитаны на длительный срок эксплуатации без какого-либо обслуживания или замены.

Трехпозиционный переключатель 2, который может занимать три положения (газ-нейтральное положение-бензин), отвечает за подачу нужного вида топлива и контролирует его уровень в баллоне. Обычно его встраивают в панель приборов автомобиля. Переключатель снабжен индикатором, который двумя светодиодами показывает выбранный вид топлива, а пятью светодиодами - уровень газа в баллоне. По мере расходования газа светодиоды по порядку, один за другим гаснут - таким образом водитель может определять уровень газа в баллоне и его резервный остаток.

карбюратор

ключ зажигания

+12 V

предохранитель

8

2

3

4

5

6

7

бензобак

Рисунок 2 – Схема соединения газовой аппаратуры «САГА-6»:

Заполняют баллон, не открывая крышку багажного отделения, через выносную заправочную горловину 7, обеспечивающую ускоренную (за 2-3 мин) заправку газом. Вентиль для соединения паровой фазы газа в баллоне с атмосферой позволяет заполнить баллон на 80 % даже при отсутствии компрессора на заправочной станции.

Газосмесительное устройство 9 устанавливают над карбюратором в полости воздушного фильтра или в воздушном канале между двигателем и карбюратором. Смеситель вместе с редуктором-испарителем 1 формирует

оптимальный состав газовой смеси. Форма и размеры смесителя подобраны так, чтобы он не влиял на показатели двигателя при его работе на бензине. Для разных марок карбюраторов и двигателей разработаны соответствующие модели смесителей.

В комплект оборудования входят также газопроводы, выполненные из нержавеющей стали, шланги из специальной резины и крепежные детали.

В конструкции системы «САГА-6» устранены недостатки газобаллонной аппаратуры других производителей. В частности, исключено попадание газа в салон автомобиля, чем обеспечивается безопасность водителя и пассажиров. Достигается это следующим образом:

- традиционные резиновые уплотнительные кольца заменены латунными, обеспечивающими герметичность на весь эксплуатационный период;
- диафрагмы редуктора-испарителя повышенного качества разработаны и произведены совместно с фирмой EFFBE (Франция);
- в газовой магистрали применены трубы из нержавеющей стали с заводской развальцовкой, гайки и ниппели «авиационной» конструкции;
- предусмотрено надежное разгрузочное устройство с вакуумным управлением для предотвращения выхода газа в подкапотное пространство после остановки двигателя;
- при повреждении диафрагмы первой ступени редуктора-испарителя газ также не поступает в подкапотное пространство.

Кроме того, исключено попадание газа в систему охлаждения двигателя.

Все механические системы, которые выпускали ранее и выпускают сейчас другие фирмы, созданы по карбюраторному принципу. Они включают системы пуска, холостого хода, экономайзер, дозатор и предназначены прежде всего для установки на автомобили с карбюраторными двигателями.

При разработке системы «САГА-6» было учтено, что главным параметром газа в отличие от бензина является давление. Поэтому была разработана конструкция редуктора-испарителя с одной системой - подачи топлива, без остальных систем, которыми оснащен карбюратор. Редуктор поддерживает на выходе постоянное давление независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки. Этого оказалось вполне достаточно для работы двигателя в любом режиме. Кроме того, отсутствие дополнительных систем позволило повысить надежность конструкции, а самое главное, дало возможность устанавливать эту систему и на автомобили с инжекторными двигателями.

Для автомобилей, оборудованных инжекторными системами, созданы разнообразные газосмесительные устройства, облегчающие их индивидуальный подбор для любой модели двигателя отечественного и иностранного производства.

Сочетание редуктора «САГА-6» и специально подобранного смесителя (трубка Вентури) обеспечивает подачу газовой смеси, состав которой

близок к оптимальному на всех режимах работы двигателя.

По конструкции аппаратура «САГА-6» не повторяет ни одну из существующих зарубежных или отечественных систем, прошла испытание временем и стала сейчас популярной. Она легко поддается электронной коррекции и может работать с учетом сигналов лямбда-зонда при установке на автомобиль каталитического нейтрализатора отработавших газов. При использовании системы выбросы вредных веществ соответствуют не только требованиям ЕВРО-2 и нормам ЕВРО-3.

Фирма «САГА» и ПО «Инкар» разработали инструкцию по дооборудованию автомобильной газовой системы «САГА-6» для применения на автомобилях с инжекторными двигателями, в которой указаны порядок и способы выполнения операций по демонтажно-монтажным и регулировочным работам при установке ГБО на конкретные автомобили.

Дооборудование автомобилей газовой топливной системой и получение российских сертификатов соответствия ГБО конкретным автомобилям следует производить в соответствии с техническими условиями, установленными Министерством транспорта РФ, ТУ 152-12-008-99 «Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженных нефтяных газах. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газобаллонных систем». Работы по переоборудованию нужно выполнять только в специализированных мастерских.

3.2.1.2 Система «Скиф»

Московская фирма «Скиф Сервис Газ» предлагает систему подачи газа для любого автомобиля с инжекторным двигателем.

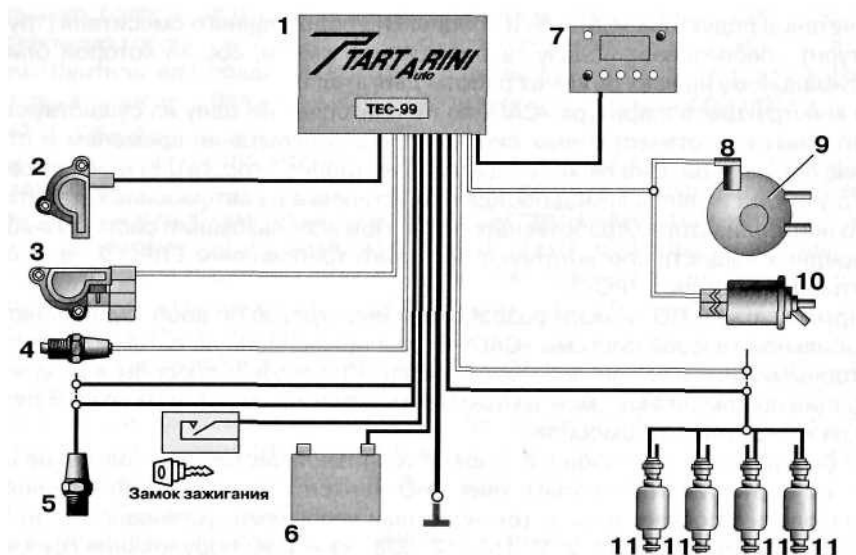
В типовой комплект газобаллонного оборудования, предназначенный для установки, например на семейство вазовских «десяток» с каталитическим нейтрализатором и лямбда-зондом, входят: газовый редуктор «Скиф-2Э» собственной разработки с электромагнитным клапаном и комплектующими производства итальянской фирмы «Тартарини»; электронный блок управления (ЭБУ) ТЕС-99 той же фирмы; электрический дозатор газа с шаговым электродвигателем; электромагнитные форсунки и другие необходимые детали.

Функциональную связь всех перечисленных элементов на автомобиле можно проследить на электрической схеме (рисунок 3) подключения газового оборудования к ЭБУ, оснащенного системой диагностики с обратной связью.

Электронный блок управления 1 подает газ и регулирует его количество на основе данных, поступающих от лямбда-зонда 5, датчика 3 положения дроссельной заслонки и датчика 4 частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Каждый цилиндр инжекторного двигателя снабжен форсункой (инжектором) с электромагнитным управлением, обеспечивающей

дозированную подачу бензина во впускную трубу перед впускным клапаном. Впрыск топлива согласован с частотой вращения коленчатого вала двигателя и объемом проходящего воздуха, определяемым в данной системе по положению дроссельной заслонки (в других системах для этой цели могут применяться специальные расходомеры).



1 - блок управления и диагностики; 2 - электрический дозатор газа с шаговым электродвигателем; 3 - датчик положения дроссельной заслонки; 4 - датчик частоты вращения коленчатого вала; 5 - лямбда-зонд; 6 - аккумуляторная батарея; 7 - переключатель вида топлива; 8 - электромагнитный клапан редуктора; 9 - редуктор-испаритель «Скиф-2Э»; 10 - газовый электромагнитный клапан; 11 - форсунки

Рисунок 3 - Электрическая схема подключения газового оборудования «Скиф» к электронному блоку управления «Тартарини ТЕС-99»



Рисунок 4 - Внешний вид и схема подключения эмулятора форсунок



Рисунок 5 - Внешний вид и схема подключения эмулятора лямбда-зонда

Для отключения подачи бензина при переходе на питание двигателя газом, как правило, отключают форсунки, реже - топливный насос. Отключать топливный насос не рекомендуется, так как желательно, чтобы в

системе оставалось соответствующее давление бензина, что позволит без помех перейти с газа на бензин. Отключать насос следует только в системе с механическими форсунками.

Непосредственно отключать форсунки можно с помощью реле с нормально замкнутыми контактами, размыкающего общий провод питания форсунок, и с использованием эмулятора, имитирующего работу форсунки. Последний способ более предпочтителен, так как в некоторых системах управления двигателем электронный блок управления, не получая информации о работе форсунок, отключает и систему зажигания. Эмулятор форсунок (рисунок 4) при переходе на газ прерывает идущий от электронного блока управления к форсунке сигнал, создавая при этом эквивалентную нагрузку в цепи. При этом красный светодиод на корпусе эмулятора указывает на его рабочий режим.

Реле для отключения топливного насоса или эмуляторы форсунок выбирают в зависимости от марки автомобиля и конструкции его системы питания.

Поскольку при переводе двигателя с бензина на газ блок управления все еще действует в режиме работы на бензине, при эксплуатации автомобилей, оснащенных нейтрализатором отработавших газов и лямбда-зондом, возникают трудности, связанные с разницей показаний λ (коэффициент концентрации кислорода) при работе автомобиля на бензине и на газе. Следствием несовпадения показаний может стать индикация ошибки блоком управления и его переход на работу по аварийной программе, что, естественно, отрицательно скажется на общей работе системы. Чтобы избежать этого, достаточно установить эмулятор лямбда-зонда (рисунок 5), который при работе на газе имитирует для блока управления сигнал, характерный для работы на бензине. При этом зеленый светодиод на корпусе эмулятора указывает на его рабочий режим, а красный - сигнализирует об оптимальности состава газовой смеси.

3.2.1.3 Система Vialle AMS

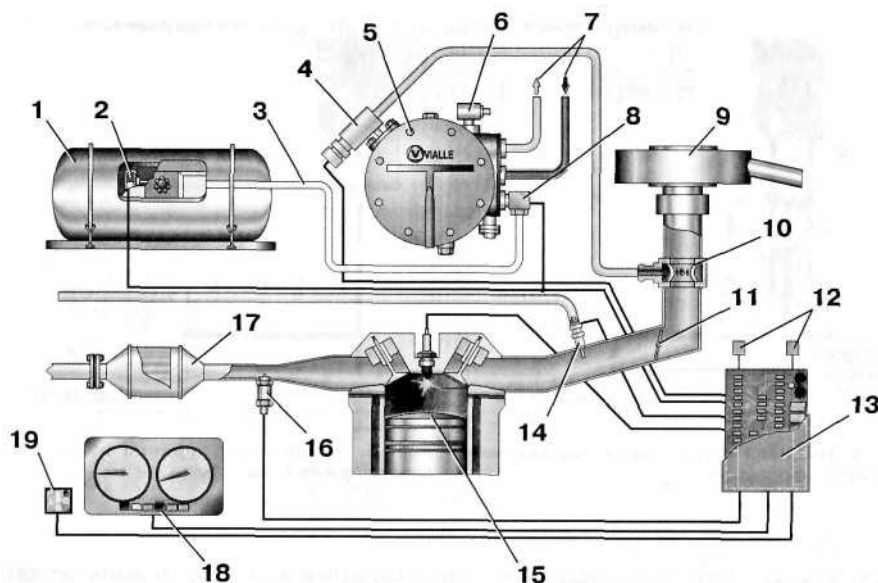
Голландская фирма Vialle Autogas Management Sistem, хорошо известная на российском рынке, и представляющая ее в Москве фирма «Метринц» предлагают автомобилистам газовую топливную систему Vialle для установки на все марки легковых, малотоннажных автомобилей и микроавтобусов отечественного и иностранного производства с двигателями рабочим объемом до 4,5 л, а также на грузовые автомобили и автобусы с двигателями объемом до 10 л. Система обеспечивает работу на сжиженном нефтяном газе.

В механической системе Vialle, как и в описанной системе «САГА-6», топливо дозируется газоредуцирующим устройством и газосмесительной аппаратурой, однако управляется система электронным блоком, благодаря чему были решены некоторые проблемы по дозировке.

Газобаллонное оборудование системы Vialle состоит в основном из тех

же элементов, что и механические системы с вакуумным управлением, но дополнено рядом элементов, что несколько повысило ее стоимость по сравнению с другими системами.

Схема соединения газовой аппаратуры Vialle представлена на рисунке 6. В отличие от привычной газобаллонной аппаратуры баллон 1 снабжен отдельным расходным клапаном без механического вентиля. Выносное заправочное устройство присоединяют при помощи упругого армированного шланга диаметром 16 мм, что значительно увеличивает скорость заправки баллона.



1 - газовый баллон с запорной арматурой; 2 - расходный клапан; 3 - газопровод высокого давления; 4 - электрический дозатор газа; 5 - редуктор-испаритель; 6 - клапан холостого хода; 7 - шланги подвода и отвода теплоносителя; 8 - магистральный электромагнитный газовый клапан; 9 - воздушный фильтр; 10 - газосмесительное устройство; 11 - дроссельная заслонка; 12 - переключатели; 13 - электронный блок управления; 14 - форсунка; 15 - цилиндр двигателя; 16 - лямбда-зонд; 17 - каталитический нейтрализатор; 18 - панель приборов; 19 - переключатель вида топлива с индикацией

Рисунок 6 - Схема соединения газовой аппаратуры Vialle AMS

Изменения коснулись и газоредуцирующей аппаратуры. Редуктор-испаритель 5 электрического типа оснащен автономной системой холостого хода. Вместо пускового клапана, используемого в других системах, установлен электромагнитный клапан холостого хода 6. Магистральный электромагнитный клапан 8 вмонтирован непосредственно в корпус редуктора-испарителя. На выходе газа из редуктора установлен электрический дозатор 4, заменяющий обычный механический.

Общий принцип работы газобаллонного оборудования системы Vialle тот же, что и у систем первого поколения.

При пуске холодного двигателя после установки переключателя вида

топлива в положение «Газ» и включения зажигания газ из баллона 1 по газопроводу высокого давления 3 при открытом магистральном клапане 8 поступает в полость первой ступени редуктора-испарителя 5 и испаряется в нем под действием теплоносителя, поступающего по шлангам 7 из системы охлаждения двигателя. Уже в парообразной фазе газ под давлением 0,22-0,25 МПа из полости первой ступени поступает в автономную систему холостого хода и частично в полость второй ступени. Под действием разрежения во впускной трубе двигателя газ из полости второй ступени проходит в электрический дозатор 4, управляемый двухполусным шаговым электродвигателем. Механическая часть дозатора представляет собой конусный клапан, соединенный резьбовым штоком с сердечником электродвигателя. Клапан расположен в канале, по которому газ низкого давления подается в газосмесительное устройство и далее - во впускную трубу двигателя. По сигналам блока управления изменяется положение клапана в канале и, следовательно, количество газозооушной смеси, поступающей в двигатель. Дозатор остается в фиксированном положении до прогрева лямбда-зонда 16. Состав смеси на этом режиме блоком управления 13 не регулируется. После прогрева датчика до рабочей температуры блок управления начинает работать в режиме обратной связи (от состава отработавших газов - к составу газозооушной смеси). По сигналам лямбда-зонда блок с помощью дозатора обеспечивает оптимальный (стехиометрический) состав газозооушной смеси, при котором эффективность каталитического нейтрализатора 17 максимальна. Таким образом, электронный блок управления газотопливной системой на автомобилях с инжекторными двигателями выполняет следующие функции:

- обеспечивает пуск двигателя на бензине с последующим автоматическим переходом на газ;
- автоматически переключает двигатель на питание бензином, перекрывая его подачу с помощью магистрального клапана 8, когда в баллоне кончается газ;
- регулирует состав газозооушной смеси, приближая его к оптимальному (стехиометрическому), обеспечивающему $\lambda=1$;
- отключает питание форсунок при работе двигателя на газе;
- прерывает подачу газа при остановке двигателя;
- управляет установленным на панели приборов 18 светодиодным указателем вида применяемого топлива с индикацией объема заполнения баллона газом и его резервного остатка.

«Газовую» электронику устанавливают на инжекторных автомобилях без вмешательства в штатную электронику - ее лишь подключают к некоторым цепям.

3.3 Системы впрыска газа

3.3.1 Система IGS

Система IGS с впрыском газа - разработка итальянской фирмы Landi Renzo - отличается пониженным расходом газа по сравнению с системами предыдущих поколений. Ее без особых затруднений можно смонтировать на автомобиле с инжекторными двигателями. Кроме того, при использовании такой системы динамические характеристики автомобиля при работе на газе максимально приближаются к тем же параметрам автомобиля, работающего на бензине. По принципу подачи газа система IGS наиболее близка к современным бензиновым системам.

Система постоянного впрыска газа в испаренной фазе обеспечивает эффективную подачу топлива, контролирует смесеобразование и тем самым оптимизирует расход газа на всех режимах работы двигателя. Все ее элементы адаптированы для совместной работы с современными бензиновыми системами питания. Базой для определения блоком управления точного количества газа, который через распределитель и специальные газовые форсунки подается непосредственно к впускному клапану каждого цилиндра, служат частота вращения коленчатого вала и абсолютное давление во впускной трубе.

IGS - самообучающаяся система, которая отслеживает, запоминает и контролирует различные параметры двигателя без внешних регулировочных устройств.

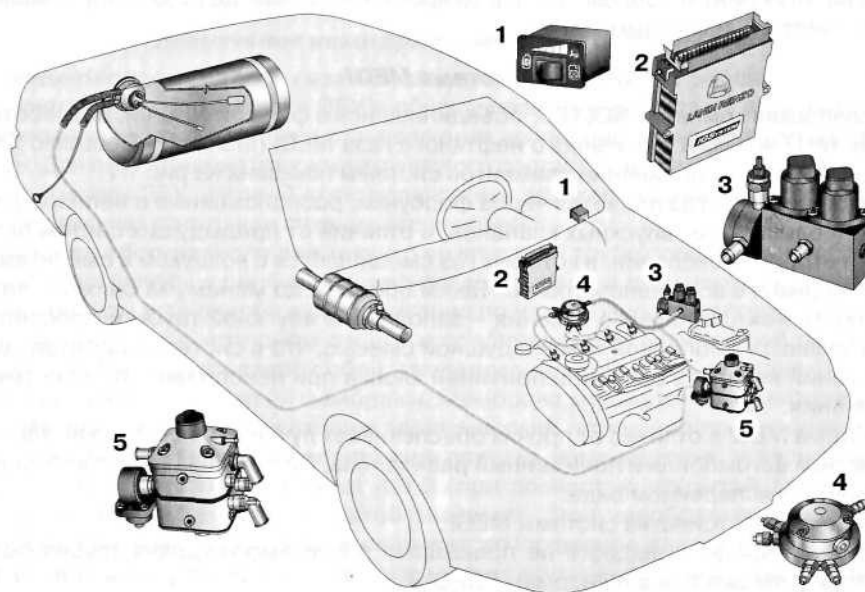
3.3.1.1 Назначение некоторых устройств системы IGS

Электронный блок управления (ЭБУ) 2 (рисунок 7) анализирует состав отработавших газов, получая от лямбда-зонда информацию о полноте сгорания газозвушной смеси, и в соответствии с полученными данными корректирует подачу газа в двигатель.

ЭБУ использует также сигнал датчика положения дроссельной заслонки для обогащения смеси на переходных режимах и отключения подачи газа на режиме торможения двигателем. В сферу внимания ЭБУ входят сигналы датчиков абсолютного давления во впускной трубе и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Получив всю необходимую информацию, ЭБУ определяет требуемую позицию открытия дозирующего узла и положение блокирующего клапана.

Дозирующий узел 3 по сигналам ЭБУ открывается на определенную величину, увеличивая количество газа при повышении частоты вращения коленчатого вала. И наоборот, при уменьшении частоты блокирующий клапан устройства уменьшает подачу газа для усиления эффекта торможения двигателем и уменьшения количества вредных выбросов.



1 - переключатель вида топлива с указателем уровня газа в баллоне; 2 – электронный блок управления; дозирующий узел; 4 – распределитель; 5 – редуктор-испаритель

Рисунок 7 - Расположение элементов системы IGS на автомобиле:

Распределитель 4 подает газ в каждый цилиндр двигателя через специальные форсунки, установленные во впускной трубе вблизи впускных клапанов.

Редуктор-испаритель 5 оснащен датчиком температуры теплоносителя, определяющим момент переключения питания двигателя с бензина на газ. Двигатель всегда пускают и прогревают на бензине, и как только запрограммированная температура будет достигнута, ЭБУ переводит двигатель на питание газом.

Газ поступает из баллона в редуктор-испаритель 5, который устанавливает величину давления газа в зависимости от величины разрежения во впускной трубе. Далее газ поступает в дозирующий узел 3, который по сигналу электронного блока управления 2 мгновенно определяет и выдает необходимое для двигателя количество газа, поступающего затем к распределителю 4. Распределитель не только разделяет поток газа по цилиндрам, но и поддерживает на постоянном уровне его оптимальное давление в участке системы после дозирующего узла. При увеличении нагрузки на двигатель редуктор увеличивает давление газа на входе в дозирующий узел, чтобы гарантированно обеспечить подачу требуемого на этом режиме объема газа, в то время как на выходе из дозатора давление остается неизменным.

3.3.2 Система MEGI

Голландская компания KOLTEC, объединившись с фирмой NECAM, разработала систему впрыска сжиженного нефтяного газа MEGI (Multipoint

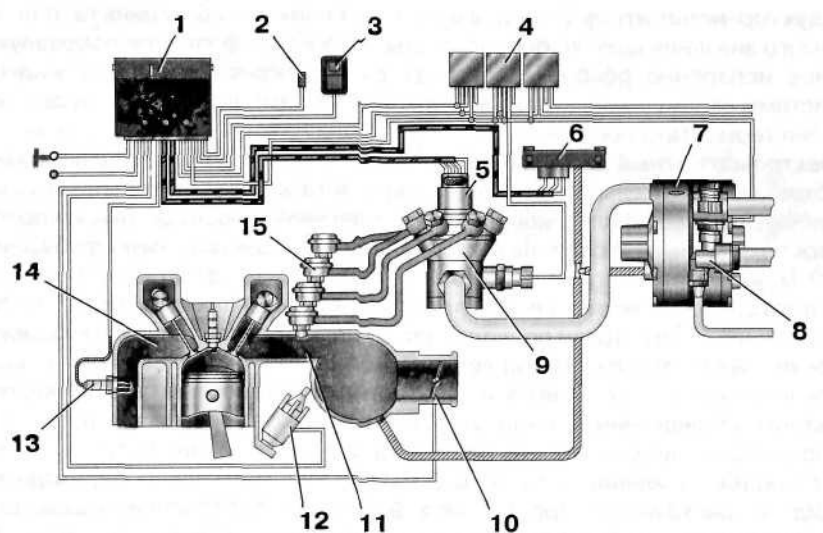
Electronic Gas Injection). Схема соединений элементов системы показана на рисунке 8.

В этой системе газ подается через форсунки, расположенные в непосредственной близости от впускных клапанов, в отличие от предыдущих систем первого и второго поколений, в которых газ смешивается с воздухом в смесителе, находящемся в воздушном тракте. Таким образом до минимума снижена возможность нежелательного явления - заполнения впускной трубы и дроссельного узла взрывоопасной газозвушной смесью, что в системах предыдущих поколений являлось основной причиной хлопка при неисправности в системе зажигания.

Система MEGI в отличие от прочих обеспечивает лучшие динамические характеристики автомобиля и пониженный расход газа. Подача газа (впрыск) осуществляется в испаренном виде.

Основные достоинства системы MEGI:

- выброс вредных веществ не превышает допустимого уровня токсичности отработавших газов по нормам ЕВРО-3;
- отсутствие эффекта хлопка;
- точное дозирование газа;
- высокая надежность и экономичность.



1 - электронный блок управления; 2 - диагностический разъем; 3 - переключатель вида топлива; 4 - блок реле; 5 - электрический дозатор с шаговым электродвигателем; 6 - датчик абсолютного давления во впускной трубе; 7 - редуктор-испаритель; 8 - электромагнитный газовый клапан; 9 - блок-распределитель газа; 10 - датчик положения дроссельной заслонки (штатный); 11 - впускная труба; 12 - датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя (штатный); 13 - лямбда-зонд (штатный); 14 - выпускной коллектор; 15 - механические форсунки (инжекторы)

Рисунок 8 - Схема соединений системы MEGI;

3.3.2.1 Назначение некоторых элементов системы MEGI

Блок-распределитель газа 9, оснащенный дозатором 5 с шаговым электродвигателем, управляется ЭБУ и обеспечивает подачу газа во впускную трубу двигателя через форсунки, установленные непосредственно у впускных клапанов. Для поддержания стехиометрического состава газовой смеси (16:1) по сигналам ЭБУ шаговый электродвигатель дозатора соответствующим образом изменяет проходное сечение его клапана.

Датчик абсолютного давления 6 во впускном трубопроводе предоставляет ЭБУ одну из составляющих информации о расходе воздуха и служит для регулирования блоком угла опережения зажигания по нагрузочной характеристике. Датчик установлен в моторном отсеке и соединен с впускной трубой резиновой трубкой. Он представляет собой вакуумную камеру, одна из стенок которой выполнена в виде упругой мембраны. Мембрана кинематически связана с пьезоэлементом, вырабатывающим электрический потенциал при механическом воздействии. Выходное напряжение датчика изменяется в зависимости от давления во впускной трубе от 4,5 В (при полностью открытой дроссельной заслонке) до 0,3 В (при закрытой заслонке). При неработающем двигателе ЭБУ по напряжению датчика определяет атмосферное давление и адаптирует параметры регулирования впрыска к конкретной высоте над уровнем моря. Значения атмосферного давления, хранящиеся в памяти, периодически обновляются при равномерном движении автомобиля и во время полного открытия дроссельной заслонки.

Редуктор-испаритель 7 предназначен для снижения давления газа до необходимого значения и для преобразования его жидкой фазы в газообразную. Надежное испарение обеспечивается за счет обогрева редуктора жидкостью из системы охлаждения двигателя (теплоносителем), независимо от положения клапана термостата последнего.

Электромагнитный газовый клапан 8 объединен с фильтром тонкой очистки. Необходимость замены фильтрующего элемента зависит от степени его загрязнения. Как правило, фильтрующий элемент заменяют после 30 тыс. км пробега.

Форсунка механическая (инжектор) 15 подает газ во впускную трубу двигателя как можно ближе к впускному клапану. Форсунка диафрагменного типа работает в пассивном режиме, т.е. не управляется ЭБУ. Она поддерживает избыточное давление в магистрали подвода газа от блока-распределителя к форсунке.

Сжиженный нефтяной газ под давлением 1,6 МПа из баллона по газопроводу высокого давления поступает в электромагнитный запорный газовый клапан 8 с фильтром, установленный на двухступенчатом редукторе-испарителе 7. Затем газ поступает в первую ступень редуктора. В полости первой ступени происходит снижение давления газа до 0,2 МПа с одновременным переходом газа из жидкого состояния в парообразное. В

полости второй ступени завершается переход газа в парообразное состояние и на выходе из нее создается рабочее давление. Для обеспечения испарения газа и компенсации при этом тепловых потерь в редуктор подается жидкость из системы охлаждения двигателя, которая циркулирует в специальной полости, выполненной в виде теплообменника.

Блок-распределитель газа 9 с помощью дозатора 5, оснащенного шаговым электродвигателем, подает к каждому цилиндру двигателя равные порции испаренного газа. Через механические форсунки (инжекторы) 15 газ поступает во впускную трубу 11 непосредственно в зону перед впускными клапанами каждого цилиндра.

Пуск двигателя автоматически происходит на бензине, даже если переключатель вида топлива 3 находится в положении «Газ». Затем система плавно переводится на питание газом.

В электронный блок управления (ЭБУ) 1 от штатных датчиков системы управления двигателем поступает следующая информация:

- частота вращения коленчатого вала двигателя (датчик 12);
- положение дроссельной заслонки (датчик 10);
- концентрация кислорода в отработавших газах (датчик 13).

Абсолютное давление во впускной трубе и температуру жидкости, поступающей в редуктор-испаритель, контролируют датчик 6 и датчик температуры, установленный на редукторе.

ЭБУ считывает информацию от датчиков и в соответствии с поступающими сигналами приводит в действие исполнительный механизм (шаговый электродвигатель), управляющий дозатором.

В результате такой коррекции двигатель при любом режиме работает на газозоудшной смеси оптимального состава, что не только повышает топливную экономичность, но и снижает количество токсичных веществ в отработавших газах.

ЭБУ может работать в двух основных режимах - без обратной связи и с обратной связью. В первом режиме ЭБУ рассчитывает величину проходного отверстия дозатора на основе главных параметров – частоты вращения коленчатого вала двигателя и давления во впускной трубе. На диаграмме (рисунок 9) показан диапазон работы шагового электродвигателя дозатора в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и давления. Диапазон составляет 256 шагов, что соответствует 100 % открытия проходного сечения отверстия дозатора. За нулевое положение принято полностью закрытое отверстие для прохода газа из редуктора через дозатор.

Давлением газа, подаваемого из редуктора в блок-распределитель в зависимости от нагрузки, управляют вакуумным способом - прямым соединением редуктора с впускной трубой. При увеличении нагрузки давление газа увеличивается и в двигатель поступает большее количество газа даже при неполном открытии дозатора.

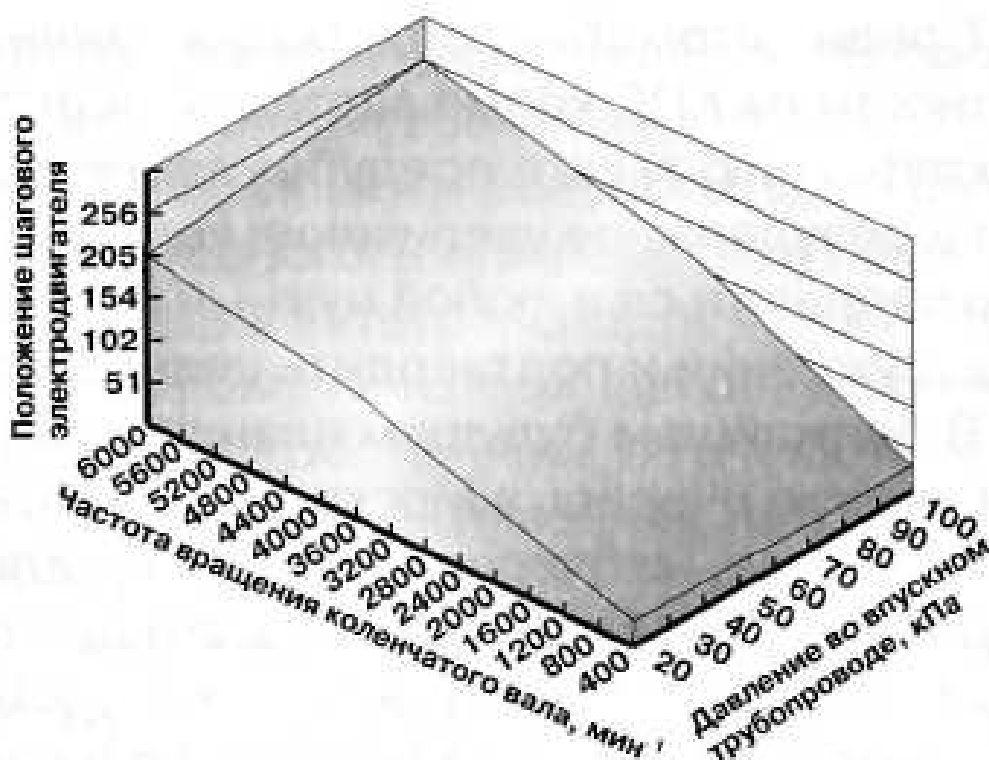


Рисунок 9 - Диаграмма показателей работы ЭБУ без обратной связи

Во втором режиме двигатель начинает работать с обратной связью после прогрева лямбда-зонда 13 (рисунок 8) до температуры 300-350 °С. При этом газ дозируется и с учетом состава отработавших газов.

В ЭБУ встроена диагностическая система. При возникновении неисправности в газовой системе или при выходе из строя какого-либо датчика загорается контрольная лампа на блоке и код ошибки заносится в его память. Информацию о неисправности можно получить при помощи специального тестера через диагностический разъем 2 или определить ее вид по миганию индикатора в переключателе вида топлива 3. Для каждой неисправности существует свой код, который выдается в виде различных комбинаций погашенного и зажженного состояний индикатора.

3.4 Устройство элементов газотопливных систем

3.4.1 Газовый баллон

Количество газовых баллонов, устанавливаемых на автомобиль, не ограничивается. Каждый баллон должен быть оснащен запорным вентилем. У каждого газового баллона должен быть паспорт (специальная металлическая пластина с паспортными данными, закреплённая на баллоне). В легковом автомобиле баллон обычно устанавливают в багажном отделении. Крепление баллона должно предотвращать его смещение или появление остаточной деформации в узлах крепления в результате резкого торможения (ускорения) или при резких поворотах автомобиля.

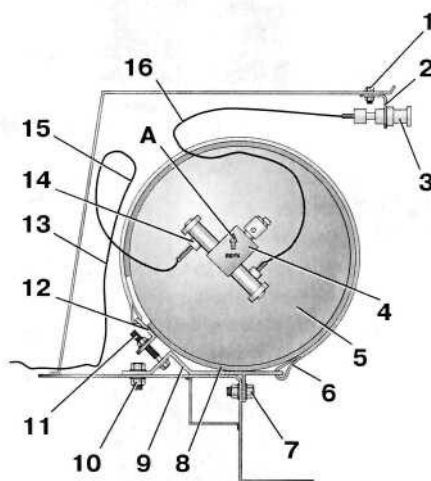
Таблица 1 - Типы и характеристики применяемых газовых баллонов

Обозначение баллона	Масса, кг не более		Вместимость, л	
	баллона	крепления	полная	полезная
ГБА 01.00.00.00	22	1,2	50	45
АГ-50	22	1,2	50	40
АГ-65	25	3,5	65	52
АГ-76	40	10	76	60
АГ-90	47	10	90	72
АГ-103	54,5	10	103	83

Баллон должен быть правильно сориентирован согласно метке А на корпусе блока контрольно-запорной арматуры.

Выносное заправочное устройство 3 устанавливают на заднем бампере легкового автомобиля или на раме грузового снаружи автомобиля с правой стороны по направлению движения. Оно не должно выступать за пределы кузова и служит для предотвращения скопления газа при заправке и отсоединении заправочного устройства.

Блок контрольно-запорной арматуры 4 (рисунок 10) установлен непосредственно на обечайке баллона 5.



1, 7, 10 - болты крепления, 2 - кронштейн, 3 - выносное заправочное устройство; 4 - блок контрольно-запорной арматуры; 5 - газовый баллон ГБА 01 00 00.00, 6 - лента крепления баллона, 8 - прокладка, 9 - кронштейн (ложемент) крепления баллона; 11 - стяжной болт, 12 - скоба; 13 - трубопровод высокого давления; 14 - переходник со скоростным клапаном, 15 - компенсационный изгиб трубопровода; 16 - заправочный трубопровод; А - метка для правильной ориентации баллона

Рисунок 10 - Крепление газового баллона в багажном отделении

Его корпус соединен с корпусом баллона шестью винтами через резиновую прокладку (кроме баллона ГБА 01.00.00.00) или посредством конической резьбы в штуцере баллона (ГБА 01.00.00.00). Блок арматуры содержит дополнительный вентиль, с которым соединено заправочное устройство

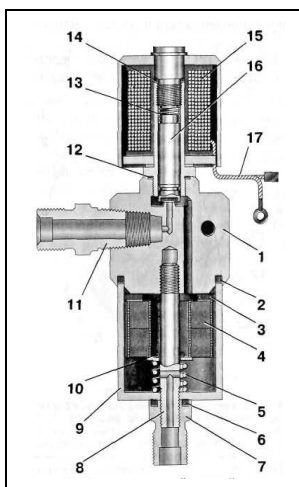
(выносное или закрепленное непосредственно на баллоне). В блок арматуры входит также предохранительный клапан (обязателен только для баллонов вместимостью 100 л и более), объединенный с вентилем контроля наполнения баллона в общее контрольно-предохранительное устройство 3. Предохранительный клапан настраивают на начало срабатывания при давлении в баллоне 1,67 МПа и пломбируют при освидетельствовании баллона или при испытании газовой системы автомобиля на герметичность. С газовой магистралью автомобиля баллон соединен через расходный вентиль 5. К расходному вентилю изнутри баллона присоединена трубка отбора жидкой фазы газа, а к предохранительному - отбора паровой фазы.

Кроме того, внутри баллона расположен поплавок с запорным устройством автоматического ограничителя наполнения и указателем уровня газа (кроме баллона ГБА 01.00.00.00).

3.4.2 Электромагнитный клапан

Электромагнитный газовый клапан с фильтром предназначен для прекращения подачи газа к редуктору-испарителю при работе двигателя на бензине или в случае остановки двигателя (по любой причине), работающего на газе, а также для очистки газа от механических примесей.

К корпусу 1 (рисунок 11) клапана шпилькой 8 прикреплен стакан 9 с фильтрующим элементом 4 и входным штуцером 7. В верхней части корпуса установлен электромагнит 15 соленоидного типа, управляющий открытием клапана-якоря 16. Клапан-якорь нормально закрытый, прижат к седлу клапана давлением подводимого газа и усилием пружины 13. Центральное отверстие седла клапана сообщается с выходным штуцером 11, расположенным сбоку корпуса 1. На корпусе маркировкой нанесено направление выхода газа.

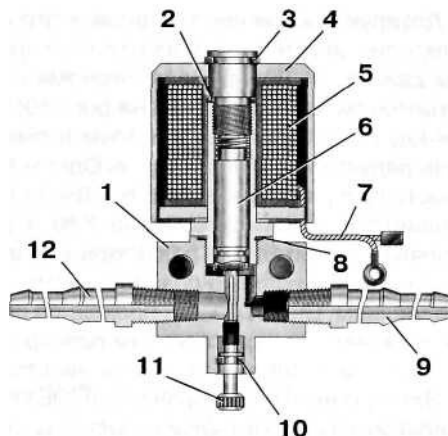


1 - корпус; 2, 3, 6, 10, 12, 14 - уплотнительные резиновые кольца; 4 - фильтрующий элемент; 5, 13 - пружины; 7 - входной штуцер; 8 - шпилька; 9 - стакан; 11 - выходной штуцер; 15 - электромагнит; 16 - клапан-якорь; 17 - выводы обмотки электромагнита

Рисунок 11 - Электромагнитный газовый клапан:

3.4.3 Электромагнитный бензиновый клапан

Электромагнитный бензиновый клапан предназначен для перекрытия бензиновой магистрали карбюраторного двигателя при работе на газовом топливе.



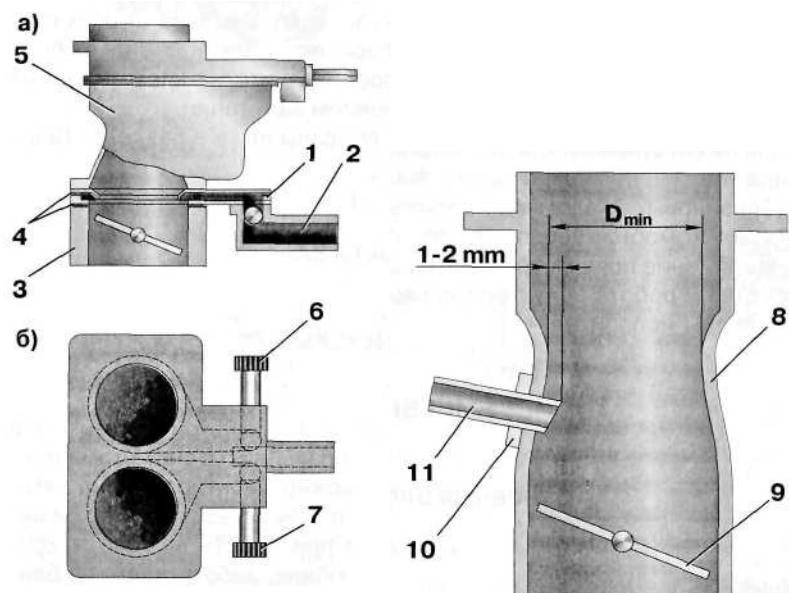
1 - корпус; 2, 8, 10-уплотнительные резиновые кольца, 3 - стопорное кольцо электромагнита; 4 - электромагнит; 5 - обмотка электромагнита; 6 - клапан-якорь; 7 - выводы обмотки электромагнита; 9 - входной штуцер; 11 - винт принудительного механического открытия клапана; 12 - выходной штуцер

Рисунок 12 - Электромагнитный бензиновый клапан

Клапан устанавливают в бензиновой магистрали между топливным насосом и карбюратором. Он состоит из корпуса 1 (рисунок 12), электромагнита с запорным элементом - клапаном-якорем 6, входного 9 и выходного 12 штуцеров и винта принудительного механического открытия. Принудительно клапан открывают при отказе электромагнита ввертыванием винта 10 до упора. Для возврата клапана в рабочее положение необходимо вывернуть винт на 2,5 оборота. На корпусе 1 клапана нанесена маркировка, показывающая направление потока бензина.

3.4.4 Смеситель газа

Смеситель газа устанавливают на штатный карбюратор с образованием комплексного узла, называемого карбюратором-смесителем. Карбюратор-смеситель предназначен для приготовления и регулирования количества газозоудной смеси, подаваемой в цилиндры двигателя. Смеситель газа может быть выполнен в различных вариантах. В общем случае смеситель представляет собой диффузор, установленный до дроссельной заслонки в потоке воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, с подводом газа от редуктора-испарителя в зону максимального разрежения диффузора. Конструктивно смеситель может



а — вариант смесителя в виде проставки; б — вариант смесителя в виде штуцера-форсунки; 1 - смеситель-проставка; 2 - газоподводящий штуцер; 3 - корпус дроссельных заслонок карбюратора; 4 - уплотнительные прокладки; 5 - корпус карбюратора, 6, 7 - регулировочные винты; 8 - диффузор карбюратора; 9 - дроссельная заслонка; 10 - контргайка; 11 - штуцер-форсунка

Рисунок 13 – Смеситель газа

быть выполнен в виде проставки, установленной между корпусом карбюратора и корпусом дроссельных заслонок взамен штатной теплоизоляционной прокладки (рисунок 13, а). Другой вариант конструктивного исполнения смесителя - штуцеры-форсунки, выполненные в виде трубок с косыми срезами на концах (рисунок 13, б). Эти форсунки вворачивают в специально изготовленные резьбовые отверстия, выполненные в начале расширяющейся части диффузора карбюратора (сразу за самой его узкой частью), при этом срез форсунки направляют по направлению движения воздушного потока (к дроссельной заслонке) для создания разрежения в форсунке проходящим мимо нее потоком воздуха. Еще одним вариантом смесителя газа является так называемый адаптер. Он представляет собой переходник между воздушным фильтром и карбюратором или между фильтром и корпусом дроссельной заслонки (у инжекторных двигателей). Конструктивно адаптер - дополнительный диффузор, устанавливаемый в воздушном потоке между фильтром и карбюратором (корпусом дроссельной заслонки) с подводом газа от редуктора в зону максимального разрежения диффузора.

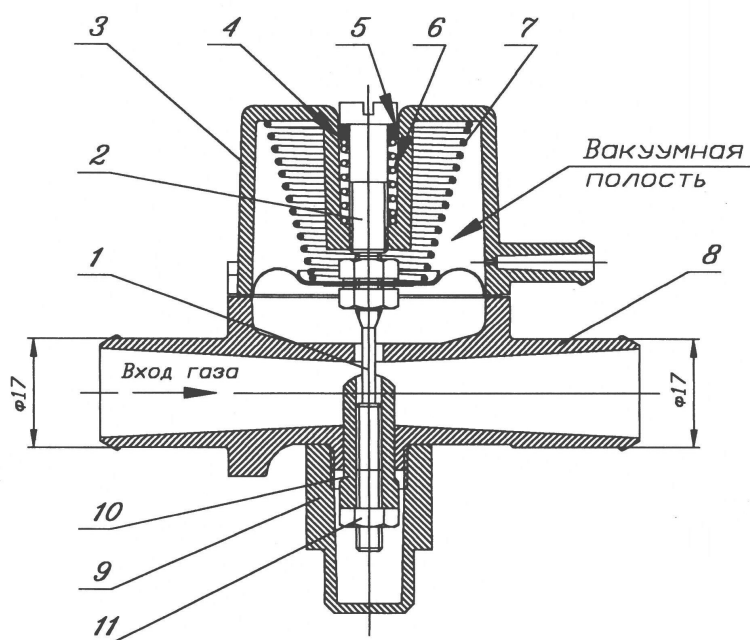
3.4.5 Дозирующее экономайзерное устройство

Дозирующее экономайзерное устройство (рисунок 14) предназначено для согласования характеристик смесителя газа и редуктора-испарителя на различных режимах работы двигателя. Дозирующее экономайзерное

устройство может быть выполнено отдельным узлом, который устанавливают в газовый канал между редуктором-испарителем и смесителем, или совмещено со смесителем или редуктором-испарителем. Одним из вариантов дозирующего устройства являются регулировочные винты, дросселирующие газоподводящие каналы смесителя газа. Кроме регулировочных винтов в газоподводящих каналах смесителя, на редукторе-испарителе или в газопроводе к смесителю может быть установлено дозирочно-экономайзерное устройство с вакуумным управлением. Оно изменяет проходное сечение для газа в зависимости от значения разрежения в задрессельном пространстве двигателя. Величина хода клапанов дозирующего элемента ограничивается регулировочными винтами.

В состав дозирующего экономайзерного устройства входят:

- вакуумная полость с формованной мембраной 1, соединенную с патрубком впускного коллектора двигателя;
- винт 2 регулировки экономичной подачи газа;
- плунжер 10 регулировки мощностной (максимальной) подачи газа с контргайкой 11.



1 – мембрана со штоком; 2 – винт; 3 – крышка; 4 – шайба пружинная; 5 – кольцо уплотнительное; 6 – пружина прижимная; 7 – пружина дозирующая; 8 – корпус; 9 – пробка; 10 – плунжер; 11 – контргайка

Рисунок 14 – Дозатор газа

Дозирующее экономайзерное устройство имеет малую массу и устанавливается непосредственно на резиновых шлангах (без кронштейна).

Из дозирующего экономайзерного устройства газ по шлангу поступает в смеситель.

3.4.6 Электронный блок управления электромагнитными клапанами

Электронный блок управления (ЭБУ) (рисунок 15) предназначен для управления работой электромагнитных газового клапана 16 и установленного на редукторе-испарителе клапана холостого хода.

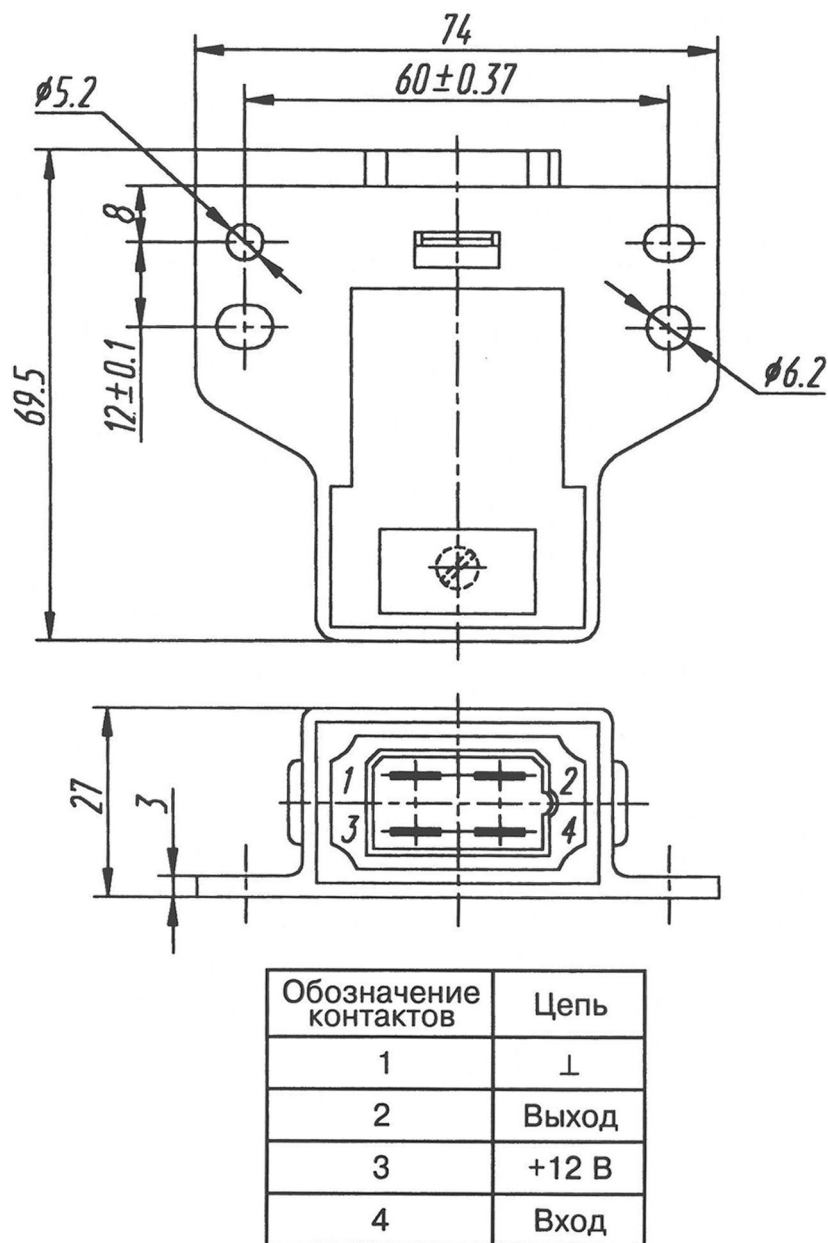


Рисунок 15 – Блок управления электромагнитными клапанами 74.3710 000-10

ЭБУ обеспечивает включение электромагнитных газовых клапанов на 1-2 с. для предпускового заполнения системы питания газом. ЭБУ также обеспечивает открытие газовых клапанов при пуске и работе двигателя на газовом топливе и их автоматическое закрытие при остановке двигателя. Сигналом для ЭБУ, подтверждающим работу двигателя, служат

электромагнитные импульсы с проводов высокого напряжения, улавливаемые витками специального провода-датчика.

3.4.7 Переключатель вида топлива

Переключатель вида топлива предназначен для переключения напряжения питания на электромагнитный бензиновый клапан при работе двигателя на бензине (при этом на ЭБУ электропитание не подается) или на электромагнитные газовые клапаны (через ЭБУ) при работе двигателя на газовом топливе (при этом на бензиновый клапан питание не подается). Кроме того, переключатель вида топлива позволяет полностью отключить электропитание от всех клапанов (бензиновых и газовых). Напряжение на переключатель подается от бортовой сети автомобиля через дополнительный предохранитель с клеммы, на которой напряжение появляется только при включенном зажигании.

3.4.8 Газовые редукторы-испарители

Газовое топливное оборудование начинается с редуктора-испарителя, по устройству которого можно судить об уровне совершенства всей системы в целом.

Редуктор-испаритель представляет собой автоматический регулятор давления диафрагменного типа с рычажной передачей от диафрагмы к клапанам.

Редуктор предназначен в первую очередь для ступенчатого снижения давления газового топлива, поступающего из баллона к смесителю. Он поддерживает на выходе постоянное давление, близкое к атмосферному, а при работе на сжиженном газовом топливе (СНГ) преобразует жидкую газовую фазу в парообразное состояние для подачи газа в необходимом количестве в смеситель. Для компенсации тепловых потерь при испарении газа и предотвращения замерзания клапанов в редуктор подается горячая жидкость из системы охлаждения двигателя, которая циркулирует в специальной полости испарителя, выполненной в виде теплообменника. Чтобы дозировать выход газа, редуктор через вакуумную трубку и специальный штуцер соединяется с впускной трубой двигателя или задрессельным пространством карбюратора: разрежение в них управляет степенью открытия второй ступени редуктора.

Для автоматического отключения подачи газа при остановке двигателя и обеспечения его надежного пуска в ряде редукторов предусмотрено разгрузочное устройство. В некоторых конструкциях вместо него на входе в редуктор устанавливают электромагнитный запорный клапан, отключающий газовую магистраль при выключении зажигания.

3.4.8.1 Редуктор-испаритель VIALLE

Редуктор, изготовленный голландской фирмой Vialle Autogas Management Sistem, содержит два газовых электромагнитных клапана, работающих синхронно: основной магистральный 1 (рисунок 16) и клапан холостого хода 2.

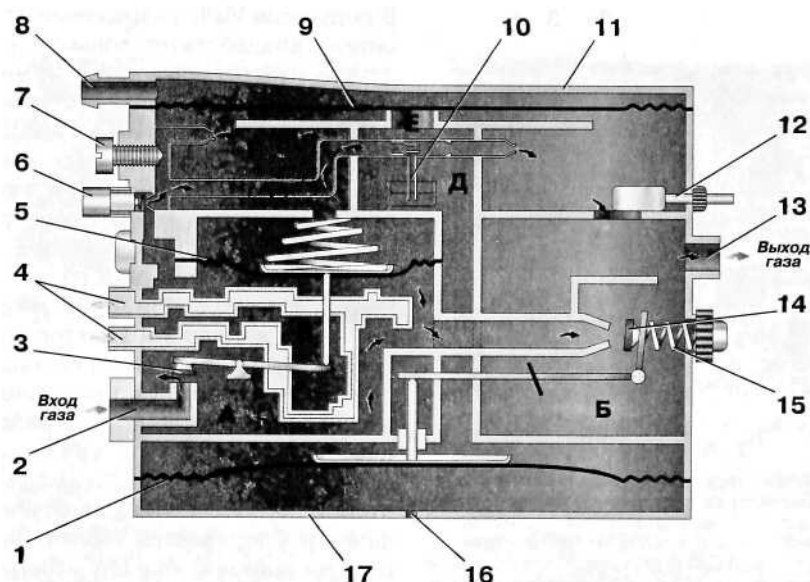
Штуцер подвода газа 4 соединен с топливной магистралью с развальцовкой трубки по «авиационному» типу. Крышка, в которую ввернут штуцер, оснащена фильтрующим элементом 5 для очистки газа от механических примесей.

Для подогрева и испарения газа через расположенные над входом для газа тройник 6 и угловой штуцер 7 из системы охлаждения двигателя в редуктор подается теплоноситель.

На заднюю крышку редуктора устанавливают кронштейн 3 для крепления редуктора в подкапотном пространстве.

Отличительная особенность редуктора заключается в оригинальном устройстве для управления клапаном 14 (рисунок 17) - усилителе потока газа 10. В основе работы усилителя лежит принцип эжекции и чувствительности диафрагмы. Усилитель потока газа обеспечивает увеличение рабочего разрежения, управляющего клапаном второй ступени.

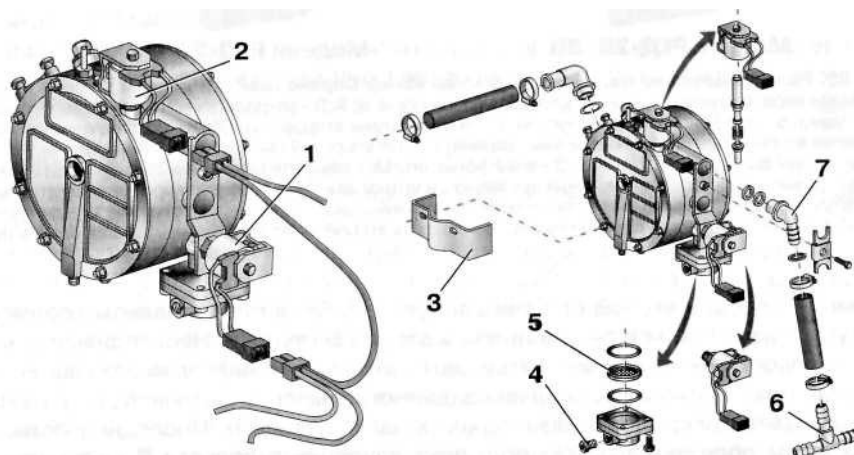
Кроме этого редуктор включает в себя отдельные системы: испаритель, в полости В которого в специальном контуре вокруг ребристой наружной поверхности



1 - диафрагма второй ступени; 2 - канал входа газа; 3 - клапан первой ступени; 4 - каналы подвода и отвода теплоносителя; 5 - диафрагма первой ступени; 6 - электромагнитный клапан холостого хода; 7 - регулировочный винт холостого хода; 8 - балансировочное отверстие; 9 - диафрагма чувствительности; 10 - усилитель потока газа, 11 - передняя крышка; 12 - балансировочный винт; 13 - канал выхода газа, 14 - клапан второй ступени; 15 - пружина клапана второй ступени; 16 - полость атмосферного давления;

17 - задняя крышка, А - полость первой ступени; Б - полость второй ступени; В - полость испарителя, Г - система холостого хода; Д - эжекторная система; Е - система чувствительности

Рисунок 16 – Принципиальная схема редуктора-испарителя Vialle:



1 - основной магистральный газовый клапан; 2 - газовый клапан холостого хода; 3 - кронштейн; 4 - штуцер подвода газа; 5 - фильтрующий элемент; 6 - тройник подачи теплоносителя для подогрева редуктора; 7 - угловой штуцер

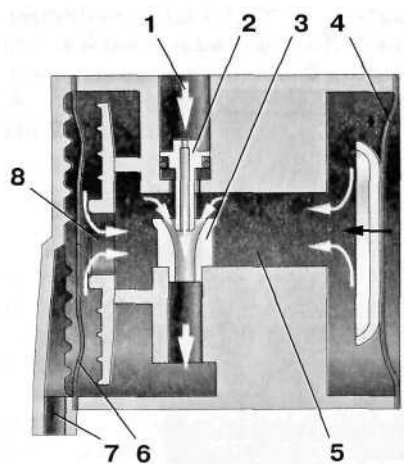
Рисунок 17 – Общий вид и схема подключения редуктора-испарителя Vialle

полости А первой ступени циркулирует теплоноситель; эжекторную систему Д, служащую для создания разрежения в полости Б второй ступени; систему холостого хода Г; систему чувствительности Е.

Газ в жидком виде поступает через входной канал 2 в полость А первой ступени редуктора, где испаряется и его давление понижается до 0,3 МПа. Из первой ступени испаренный газ поступает в смеситель через систему холостого хода и клапан 14 второй ступени.

Когда двигатель работает на режиме холостого хода, клапан второй ступени закрыт и газ поступает в смеситель только через систему холостого хода, включающую усилитель потока газа. Количество газа на этом режиме регулируют винтом 7. При остановке двигателя поток газа через усилитель отключается электромагнитным клапаном 6 холостого хода.

С увеличением нагрузки на двигатель требуется дополнительное количество газа, которое обеспечивается благодаря открытию клапана 14 второй ступени. Для управления работой клапана предусмотрены системы эжекции (усилитель потока газа) и чувствительности. В редукторах производства других фирм сила, необходимая для преодоления сопротивления пружины 15 клапана второй ступени, создается за счет силы всасывания газа двигателем через смеситель.



1 - входное отверстие для потока газа из первой ступени; 2 - жиклер холостого хода; 3 - эжектор; 4 - диафрагма второй ступени; 5 - центральное отверстие; 6 - диафрагма чувствительности, 7 - балансирующее отверстие; 8 - камера чувствительности

Рисунок 18 - Эжекторная система и система чувствительности редуктора-испарителя Vialle

В редукторе Vialle разрежение от смесителя воздействует только на диафрагму чувствительности 9, но не влияет на диафрагму 1 второй ступени.

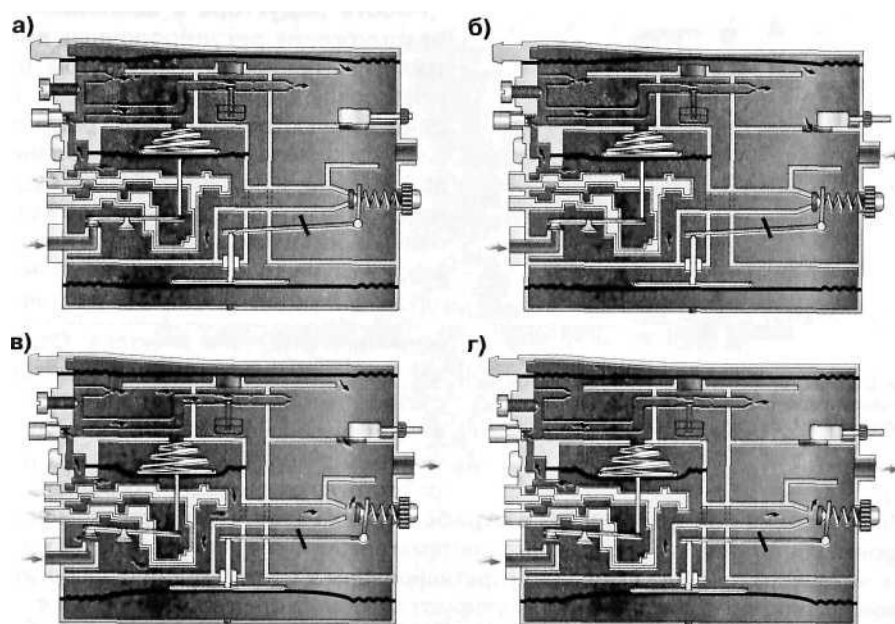
Эжекторная система (усилитель потока газа), состоящая из жиклера холостого хода 2 (рисунок 18) и эжектора 3, служит для создания разрежения в центральном отверстии 5 в результате истечения газа из жиклера. Часть газа из первой ступени проходит через жиклер 2 и эжектор 3 с высокой скоростью. Образовавшееся при этом в камере чувствительности 8 и центральном отверстии 5 разрежение вызывает перемещение диафрагмы чувствительности 6 и диафрагмы второй ступени 4. Перемещение диафрагмы 4 передается через рычаг (на рисунке не показан) клапану второй ступени, который открывается, обеспечивая дополнительное количество газа и компенсируя недостаток разрежения, создаваемого двигателем.

Система чувствительности определяет степень и длительность открытия клапана второй ступени, реагируя на изменение режима работы двигателя изменением величины разрежения, создаваемого эжектором. Работа редуктора на различных режимах показана на рисунке 19. Пуск двигателя на газе. При включении зажигания и нахождении переключателя вида топлива в положении «Газ» на электромагнитные газовые клапаны подается управляющее напряжение и они открываются на 1,5 с. При этом некоторое количество газа из полости первой ступени подается в двигатель. Для обеспечения надежного пуска во время работы стартера клапан холостого хода постоянно открыт.

Режим холостого хода (рисунок 19, а). Разрежение, создаваемое двигателем в смесителе на режиме холостого хода, низкое. Система чувствительности не работает, и клапан второй ступени закрыт. При этом открыт клапан первой ступени и газ поступает в двигатель через систему холостого хода. На этом режиме состав газозоудшной смеси можно

отрегулировать с помощью регулировочного винта холостого хода или балансировочного винта.

Ускорение. При нажатии на педаль акселератора разрежение, создаваемое двигателем, увеличивается. Оно воздействует на диафрагму чувствительности 6 (рисунок 18), которая, перемещаясь, закрывает центральное отверстие камеры чувствительности 8. Поток газа из первой камеры, проходя через эжектор 3, увеличивает разрежение перед диафрагмой 4 второй ступени. Диафрагма реагирует на перепад давления и перемещается. В результате ее перемещения открывается клапан второй ступени и в смеситель поступает дополнительное количество газа.



а - режим холостого хода; б - режим полной нагрузки; в, г - режимы регулировки

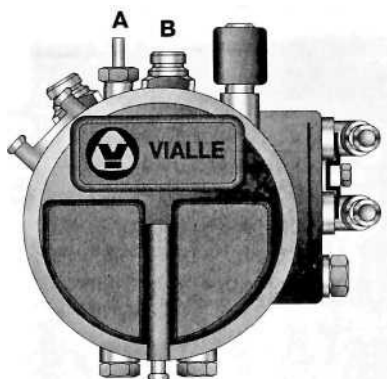
Рисунок 19 - Схемы работы редуктора-испарителя Vialle на различных режимах

Частичная нагрузка. В этом режиме разрежение, создаваемое двигателем, может изменяться. Поэтому положение диафрагмы и, следовательно, клапана второй ступени может также меняться. При этом количество подаваемого в двигатель газа напрямую зависит от разрежения в смесителе.

Полная нагрузка (рисунок 19, б). Двигатель развивает максимальное разрежение, и диафрагма чувствительности полностью перекрывает центральное отверстие камеры чувствительности. При этом клапан второй ступени открывается на максимально возможную величину, увеличивая подачу газа. Величина подачи определяется в основном величиной разрежения во впускной трубе двигателя.

Замедление. Дроссельные заслонки закрыты, и разрежение, создаваемое двигателем в смесителе, резко уменьшается. Клапан второй ступени закрывается, и газ поступает только через систему холостого хода.

Остановка двигателя. При выключении зажигания прекращается подача напряжения на электромагнитные газовые клапаны, и они закрываются. Газ не поступает из баллона в редуктор, а также из редуктора в смеситель. Дополнительно в данной газотопливной системе предусмотрено аварийное прекращение подачи газа при самопроизвольной остановке двигателя без выключения зажигания.



А - балансировочный винт; В - винт холостого хода

Рисунок 20 - Расположение регулировочных винтов редуктора-испарителя Vialle

Работа редуктора в зависимости от положения регулировочных винтов. При полностью завернутом балансировочном винте (рисунок 19, в) на режиме холостого хода газ из редуктора не подается, так как давление за чувствительной диафрагмой будет повышенным и диафрагма второй ступени перемещаться не будет. Клапан второй ступени останется закрытым.

При полностью ввернутом регулировочном винте холостого хода (рисунок 19, г) поток газа будет проходить только через маленькое отверстие эжектора. Создаваемого при этом разрежения будет достаточно, чтобы переместить диафрагму второй ступени. Клапан второй ступени частично откроется, и двигатель будет работать на режиме холостого хода.

Регулировка содержания СО в отработавших газах. Перед началом регулировки убедитесь, что все штатные системы автомобиля (карбюратор, зажигание, механизм привода клапанов) отрегулированы в соответствии с заводским руководством по эксплуатации. Регулируют систему в следующем порядке.

1. Пустите двигатель и прогрейте его на бензине до рабочей температуры.
2. Переключите питание двигателя на газ.
3. Введите в отверстие выхлопной трубы шуп газоанализатора на глубину не менее 200 мм и прогрейте его при работе двигателя на режиме холостого хода в течение 30 мин.
4. Полностью отверните балансировочный винт А (рисунок 30).
5. Винтом В регулировки холостого хода установите содержание СО в отработавших газах (4 %).
6. Вверните балансировочный винт А до упора и дождитесь момента

стабилизации показаний газоанализатора.

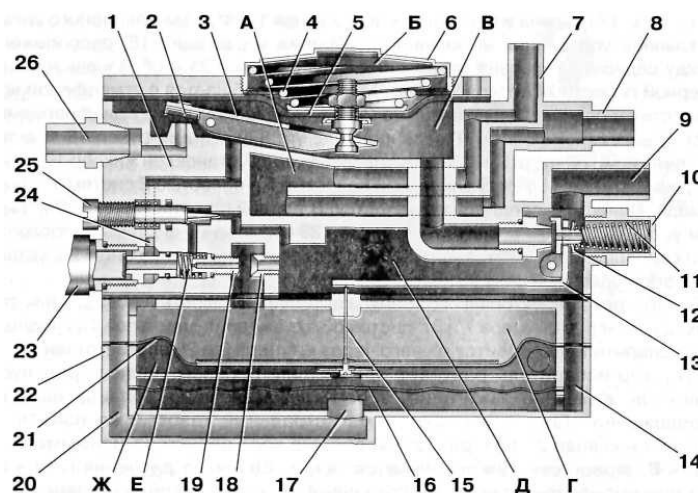
7.С помощью винта В отрегулируйте содержание СО до $(1 \pm 0,5)\%$.

8.Полностью выверните балансировочный винт А и дождитесь момента стабилизации показаний газоанализатора. Сначала содержание СО может несколько возрасти, затем должно вернуться в допустимые пределы.

9.Если содержание СО после стабилизации показаний превышает допустимое значение ($3,5\%$), для его снижения вворачивайте балансировочный винт А.

3.4.8.3 Редуктор-испаритель «PEGAS»

Двухступенчатый редуктор-испаритель, используемый в системе «ЭКОГАЗ», обеспечивает стабильную работу газотопливной системы на сжиженном нефтяном газе и благодаря особенностям конструкции может быть использован в системах питания как карбюраторных, так и инжекторных двигателей.



1 - корпус редуктора-испарителя; 2 - клапан первой ступени; 3 - рычаг клапана первой ступени; 4 - пружина диафрагмы первой ступени; 5 - диафрагма первой ступени; 6 - крышка первой ступени; 7 - штуцер отвода теплоносителя; 8 - штуцер подвода теплоносителя; 9 - штуцер отвода газа; 10 - колпачок пружины клапана второй ступени; 11 - пружина клапана второй ступени; 12 - клапан второй ступени; 13 - рычаг клапана второй ступени; 14, 20 - периферийные каналы; 15 - толкатель сервопривода; 16 - диафрагма управления; 17 - седло клапана управления; 18 - диффузор эжектора; 19 - жиклер эжектора; 21 - диафрагма второй ступени; 22 - разделительное кольцо; 23 - электромагнитный клапан отключения системы холостого хода и сервопривода; 24 - соединительный канал; 25 - регулировочный винт холостого хода; 26 - штуцер подвода газа; А - полость испарителя; Б - атмосферная полость первой ступени; В - полость первой ступени; Г - вакуумная полость; Д - полость второй ступени; Е - полость системы холостого хода; Ж - атмосферная полость сервопривода

Рисунок 21. Принципиальная схема редуктора-испарителя PEGAS

Все системы редуктора диафрагменно-рычажного типа с сервоприводом клапана второй ступени смонтированы в едином корпусе 1 (рисунок 21).

В первой ступени редуктора установлены клапан 2, диафрагма 5, рычаг 3 клапана первой ступени, шарнирно связывающий клапан 2 с диафрагмой 5. Между диафрагмой 5 и корпусом 1 редуктора образована полость В первой ступени. Пружина 4 диафрагмы первой ступени поджата крышкой 6.

Вторая ступень редуктора-испарителя имеет клапан 12, диафрагму 21, установленную в разьеме корпуса сервопривода с образованием вакуумной полости Д сервопривода, рычаг 13, связанный с клапаном 12, толкатель 15, установленный подвижно во втулке перегородки вакуумной полости Д, между диафрагмой 21 и рычагом 13.

На клапан 12 со стороны полости Д установлена пружина 11, поджатая колпачком 10 с наружной стороны. Через колпачок 10, расположенный в самой нижней точке редуктора-испарителя, сливают конденсат. Вакуумная полость Г сервопривода сообщена с полостью Д второй ступени через периферийный канал 20, а с седлом 17 клапана управления - через канал 14. Функцию запорного элемента клапана управления выполняет диафрагма управления 16, расположенная между седлом 17 клапана управления и диафрагмой 21 с образованием атмосферной полости Ж сервопривода. Полость Ж сообщается с атмосферой через отверстия в разделительном кольце 22, установленном между диафрагмами 16 и 21. В вакуумной полости Г сервопривода установлен диффузор 18 эжектора, соединяющий полости Г и Д. Напротив диффузора установлен жиклер 19 эжектора, расположенный между вакуумной полостью Г и полостью Е системы холостого хода. Полость Е соединена с полостью В первой ступени каналом 24, в котором установлен электромагнитный клапан 23 отключения системы холостого хода и сервопривода. Также в канале 24, последовательно с клапаном 23, установлен регулировочный винт 25 холостого хода.

Для обогрева редуктора в его корпусе выполнена полость А испарителя, сообщающаяся через штуцера 7 и 8 с системой охлаждения двигателя. Газ подводится в испаритель и отводится из него через штуцера 9 и 26 соответственно.

Редуктор-испаритель работает следующим образом. Если перед пуском двигателя включено зажигание, а переключатель вида топлива находится в положении «Газ», открываются магистральный газовый клапан и клапан 23 (рисунок 21) холостого хода редуктора-испарителя. Полость В первой ступени заполняется газом. Величина давления газа в этой полости определяется усилием пружины 4. Клапан 12 второй ступени остается закрытым. Газ поступает через регулируемое винтом 25 сечение канала 24 в полость Е и далее, через жиклер 19 и диффузор 18, в полость Б, затем через штуцер 9 - в смеситель. Этим обеспечивается предпусковое заполнение системы газом. Через 1-2 с электронный блок управления закрывает электромагнитные клапаны. Клапан 23 перекрывает канал 24, и подача газа

из редуктора-испарителя прекращается.

При пуске двигателя стартером на электронный блок управления подаются импульсы от датчика в системе зажигания, дающие блоку сигнал на включение газовых клапанов, в результате чего начинается непрерывная подача газа, двигатель пускается и начинает работать на режиме холостого хода. При этом клапан 12 второй ступени остается закрытым и газ, проходящий через жиклер 19 и диффузор 18 эжектора, поступает в двигатель только в количестве, ограниченном винтом 25 холостого хода.

При нажатии на педаль акселератора дроссельная заслонка карбюратора-смесителя открывается, поток воздуха, проходящий через газовый смеситель, увеличивается, вызывая возрастание разрежения в полости Д второй ступени редуктора. Разрежение передается по каналу 14 к диафрагме управления 16. Под действием разрежения диафрагма 16 перемещается к седлу 17 клапана управления и закрывает его. В изолированной таким образом полости Г возникает разрежение, создаваемое в результате эффекта эжекции потоком газа, проходящего из жиклера 19 через диффузор 18. Под действием этого разрежения диафрагма 21 второй ступени перемещается, воздействует на толкатель 15, который в свою очередь перемещает рычаг 13, открывающий клапан 12 второй ступени, преодолевая усилие пружины 11. Газ из полости Б первой ступени через клапан 12 поступает в полость Д второй ступени.

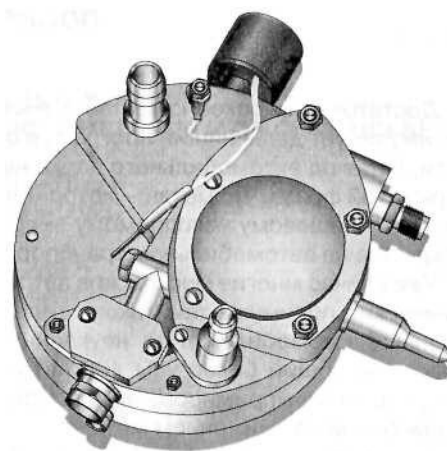


Рисунок 22 - Общий вид редуктора-испарителя PEGAS

Как только поступление газа через клапан 12 второй ступени становится больше расхода газа через отводящий штуцер 9, давление в полости Д второй ступени повышается. Под действием избыточного давления диафрагма управления 16 перемещается, открывая седло 17. Газ из полости Д поступает через каналы 14, 20 и седло 17 в полость Г сервопривода, снижая там величину разрежения. Усилие на диафрагме 21 второй ступени снижается. Клапан 12 под действием пружины 11 начинает закрываться, уменьшая количество газа, поступающего через него из полости В в полость Д.

Когда поступление газа через клапан 12 становится меньше расхода газа через штуцер 9, вновь появляется разрежение в полости Д и процесс

подачи газа из полости Б в полость Д повторяется. Описанные процессы происходят циклически, в результате чего на выходе из редуктора-испарителя поддерживается некоторое среднее постоянное давление, не зависящее от расхода газа, проходящего через редуктор, и от давления газа в полости В первой ступени.

В данном редукторе подвод теплоносителя выполнен наиболее оптимально (подвод и первое изменение направления потока теплоносителя находятся в зоне расположения штуцера подвода газа и регулировочного винта холостого хода), что обеспечивает устойчивую работу двигателя даже при неполном его прогреве. Общий вид редуктора-испарителя показан на рисунке 22.

4 Ход выполнения лабораторной работы

1 Разработать инструкцию по эксплуатации газобаллонного автомобиля, работающего на ГСН.

2 Изучить классификацию газотопливных систем

3 Изучить устройство и принцип работы газотопливных систем первого и второго поколения.

4 Изучить и детально разобрать устройство и принцип работы газотопливных систем третьего поколения.

5 Составить отчёт.

5 Содержание отчёта о выполненной работе

Конспект, отражающий следующие основные моменты:

1) назначение газового редуктора-испарителя «НЗГА»;

2) разборка газового редуктора-испарителя «НЗГА»;

3) описание составных частей газового редуктора-испарителя «НЗГА»;

4) принципиальная схема газового редуктора-испарителя «НЗГА»;

5) схема взаимодействия газового редуктора-испарителя «НЗГА» с элементами газотопливной системы;

6) сборка газового редуктора-испарителя «НЗГА»;

6 Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов и деталей состоит ГБО для работы на ГСН?

2. Каким образом осуществляется питание двигателя сжиженным нефтяным газом?

3. Опишите устройство, работу и особенности монтажа основных узлов и деталей ГБО.

4. Опишите порядок пуска холодного двигателя на газе.
5. Опишите порядок пуска горячего двигателя на газе.
6. Каким образом осуществляется перевод питания двигателя с газа на бензин?
7. Каким образом осуществляется перевод питания двигателя с бензина на газ?
8. Опишите порядок заправки баллона газом.
9. Какие требования техники безопасности необходимо соблюдать при эксплуатации газобаллонных автомобилей?

Список использованных источников

1. Золотницкий, В.А. Новые газотопливные системы автомобилей / В.А. Золотницкий; под научн. ред. С.Н. Погребного. – М.: «Издательский Дом Третий Рим», 2003. – 64 с.,табл., ил.
2. Инструкция по эксплуатации легковых автомобилей и автобусов для работы на сжиженном нефтяном газе 13.4400000 ИЭ. – Рязань: ОАО «Рязанский завод автомобильной аппаратуры», 2002. – 44 с.
3. Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе. Руководящий документ РД 03112194-1094-03. – Москва: Министерство транспорта Российской Федерации Департамент автомобильного транспорта ФГУП НИИАТ, 2002. – 105 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей / под ред. Кузнецова Е.С. – М.: Наука, 2004. – 535с.