

Занятие 29-30.

Система питания двигателя сжиженным газом. Система питания двигателя сжатым газом

Автомобиль на природном газе.

Природный газ является самым экологичным ископаемым топливом. Использование природного газа в автомобилях позволяет снизить содержание в выхлопе углекислого газа на 25%, угарного газа на 75%. Основным компонентом природного газа выступает метан. Природный газ хранится под давлением 200 бар, поэтому другое его название – сжатый (компримированный) природный газ (Compressed Natural Gas, CNG). В настоящее время свыше 15 миллионов автомобилей в мире эксплуатируются на природном газе.

Другим преимуществом природного газа является его низкая цена (метан в 2-3 раза дешевле бензина). К недостаткам использования природного газа можно отнести падение мощности автомобиля (до 20% в зависимости от конструкции), неразвитая сеть заправочных станций в России, повышенный износ клапанов при работе двигателя на газе, высокая стоимость газобаллонного оборудования.

Отдельно необходимо сказать о безопасности автомобилей на природном газе. Исследования немецкого автомобильного клуба (ADAC) показали, что риск возникновения пожара при лобовом и боковом ударе транспортного средства не увеличивается. То есть при аварии автомобиль, работающий на природном газе, ведет себя как обычный автомобиль.

Различают следующие виды автомобилей на природном газе:

- серийные автомобили (выпущенные серийно на заводах автопроизводителей);
- модифицированные автомобили (переоборудованные на специализированных предприятиях).

Серийные автомобили на природном газе.

Серийные автомобили на природном газе выпускаются в двух вариантах исполнения: двухтопливные (газ и бензин используются на равных правах, имеется возможность переключения режимов) и монотопливные (основное топливо газ, имеется аварийный бензобак, автоматическое переключение на бензин). Монотопливные автомобили лучше приспособлены для работы на природном газе, у них оптимальный расход топлива и низкий уровень вредных выбросов.

Для перевода на природный газ автопроизводители используют имеющиеся бензиновые двигатели (двигатели с искровым зажиганием). Наилучшим образом для перевода на газ приспособлены двигатели с турбонаддувом. Адаптация работы турбокомпрессора (большее сжатие, дополнительное давление наддува) позволяет добиться одинаковой для газа и бензина характеристики мощности и крутящего момента двигателя.

Особенностями сжатого природного газа являются повышенная детонационная стойкость (октановое число 130) и отсутствие смазывающих свойств, что приводит к повышенным нагрузкам на двигатель. Для противодействия перечисленным факторам в механическую часть двигателя вносятся различные изменения, повышающие прочность отдельных элементов и узлов (поршневых пальцев и колец, шатунных вкладышей, направляющих и седел клапанов). При необходимости повышается теплопроводность

бензиновых форсунок, увеличивается производительность водяного и масляного насосов, заменяются свечи зажигания.

Серийные автомобили на природном газе предлагают большинство автопроизводителей, в том числе Audi, BMW, Citroen, Chevrolet, Fiat, Ford, Honda, Hyundai, Mercedes-Benz, Opel, Peugeot, Seat, Skoda, Toyota, Volkswagen, Volvo. Автомобили реализуются в регионах, где использование природного газа наиболее распространено.

Модифицированные автомобили на природном газе.

Теоретически все автомобили с бензиновым двигателем могут быть переоборудованы для работы на природном газе. Специализированные центры предлагают установку газобаллонного оборудования на природном газе от различных производителей. В результате вы получаете двухтопливный автомобиль, способный работать на газе и бензине. Ввиду высокой стоимости газобаллонное оборудование на природном газе устанавливается, в основном, на коммерческий транспорт (такси, автобус, грузовые автомобили), где оно быстрее окупается и позволяет получить существенную выгоду.

Дизельные двигатели также могут быть переведены на природный газ. Здесь реализуется два подхода: принудительное воспламенение топливно-воздушной смеси (установка системы зажигания вместе с газобаллонным оборудованием); самовоспламенение топливно-воздушной смеси (работа двигателя на смеси дизельного топлива и природного газа). Ввиду высокой стоимости на природный газ переводятся дизельные двигатели автобусов и грузовиков.

Газобаллонное оборудование.

Газобаллонное оборудование (ГБО) для работы на сжатом природном газе объединяет систему питания газом и электронную систему управления. Состав газобаллонного оборудования для серийных и модифицированных автомобилей в основном идентичен и может иметь конструктивные различия в зависимости от конкретного производителя ГБО.

Система питания природным газом включает запорную горловину, газовые баллоны, газовую магистраль высокого давления, регулятор давления газа, газовую распределительную магистраль и клапаны подачи газа.

Запорная горловина (газозапорный штуцер) располагается рядом с заливной горловиной топливного бака. Через нее при заправке газ под давлением поступает в газовые баллоны. В зависимости от объема двигателя, конструкции автомобиля устанавливается один или несколько толстостенных газовых баллонов различной емкости. В серийных автомобилях баллоны размещаются, как правило, под днищем автомобиля, в модифицированных автомобилях – в багажном отсеке. Баллоны крепятся к корпусу хомутами.

Из баллонов газ по магистрали высокого давления поступает в регулятор давления газа, который обеспечивает снижение давления газа до номинального рабочего давления (7-9 бар). В газобаллонном оборудовании используются регуляторы давления диафрагменного или плунжерного типа. Снижение давления (расширение) газа сопровождается его сильным охлаждением. Для предотвращения замерзания корпус регулятора давления газа включен в систему охлаждения двигателя.

Газ номинального рабочего давления поступает в газовую распределительную магистраль и далее к клапанам подачи газа во впускном коллекторе. Клапан подачи газа (в некоторых источниках – газовая форсунка) представляет собой электромагнитный клапан. При подаче тока на катушку электромагнита, поднимается якорь и открывается дозирующее отверстие. Газ в импульсном режиме поступает во впускной коллектор и смешивается с воздухом. При отсутствии тока, пружина удерживает клапан в закрытом положении.

Электронная система управления подачей газа включает входные датчики, блок управления и исполнительные устройства. Для серийных автомобилей система управления подачей газа является расширением системы управления двигателем. Модифицированные автомобили имеют отдельную систему управления.

К входным датчикам относятся датчик давления в баллоне и датчик давления в газовой распределительной магистрали. Датчик давления в баллоне располагается на регуляторе давления. Он определяет запас газа в баллоне (баллонах) величину заправки газом, а также герметичность баллона (баллонов). Датчик давления в газовой распределительной магистрали определяет давление газа в контуре низкого давления, на основании которого определяется продолжительность открытия клапанов подачи газа.

Сигналы от датчиков поступают в электронный блок управления. В своей работе блок управления использует информацию от других датчиков систему управления двигателем: частоты вращения коленчатого вала, положения дроссельной заслонки, кислородного датчика и др. В соответствии с заложенным алгоритмом блок управления выполняет ряд функций:

- управление впрыском газа (в зависимости от числа оборотов двигателя, нагрузки, качества и давления газа);
- лямбда-регулирование работы на газе (обеспечение работы на гомогенной смеси, адаптация качества газа);
- холодный пуск двигателя (при температуре воздуха ниже 10°C запуск двигателя производится на бензине);
- аварийный пуск двигателя (если в течение нескольких секунд не производится запуск на газе, производится запуск на бензине).

Перечисленные функции реализуются с помощью исполнительных устройств: клапанов подачи газа, запорных клапанов на баллонах, клапане высокого давления в регуляторе давления.

Автомобиль на сжиженном газе.

Сжиженный нефтяной газ (Liquefied Petroleum Gas, LPG) является самым распространенным альтернативным топливом в мире и третьим после бензина и дизельного топлива. Сжиженный газ получается при добыче и переработке нефти в качестве побочного продукта.

Сжиженный газ, используемый для моторного топлива, состоит из смеси газов пропана и бутана. Количественный состав смеси зависит от сезонности применения топлива (зимой в смеси больше пропана). Сжиженный нефтяной газ обладает высокой детонационной стойкостью (105-115, в зависимости от состава смеси).

Использование сжиженного нефтяного газа на автомобилях дает ряд преимуществ:

- сжиженный газ в 1,5-2 раза дешевле бензина;

- при работе на сжиженном газе выбросы углекислого газа на 15-20% меньше в сравнении с бензином;
- установка газобаллонного оборудования на сжиженном газе не требует механического изменения двигателя;

- развитая сеть заправочных станций, в том числе и в Беларуси.

Вместе с тем, автомобиль на сжиженном газе не лишен недостатков:

- расход сжиженного газа на 20-30% больше чем расход бензина (данный недостаток компенсируется низкой ценой на газ);
- снижение мощности двигателя при работе на сжиженном газе до 5%;
- уменьшение объема багажного отсека, связанное с установкой газового баллона.

Сегодня в мире свыше 16 миллионов автомобилей работают на сжиженном нефтяном газе, половина из них находятся в Турции, Южной Корее, Польше, Италии и Австралии. В России сжиженный нефтяной газ широко используется на коммерческом транспорте.

Производители из Италии, Нидерландов, Польши, России, Турции и др. стран разрабатывают различные системы питания сжиженным газом. Данные системы в виде комплектов газобаллонного оборудования (ГБО) устанавливаются на автомобили серийно на заводах или индивидуально в специализированных организациях. После установки ГБО автомобиль становится двухтопливным, то есть может работать на бензине и газе.

В зависимости от конструкции и области применения газобаллонное оборудование на сжиженном газе условно разделяют на поколения. Всего различают 6 поколений ГБО. Технологичным, экономичным, безопасным и потому востребованным является газобаллонное оборудование 4, 5 и 6 поколений.

Газобаллонное оборудование 4 поколения обеспечивает распределенный впрыск испаренного газа. Газобаллонное оборудование 5 поколения отличает впрыск во впускной коллектор жидкого газа. Непосредственный впрыск жидкого газа в камеру сгорания реализуется с помощью газобаллонного оборудования 6 поколения.

Газобаллонное оборудование 4 поколения.

Газобаллонное оборудование 4 поколения обеспечивает распределенный последовательный впрыск газа с помощью отдельных газовых форсунок. В состав ГБО 4 поколения входят газозаправочный штуцер, газовый баллон, преобразователь газа, газовый фильтр, газовая распределительная магистраль с форсунками, газопроводы и электронная система управления.

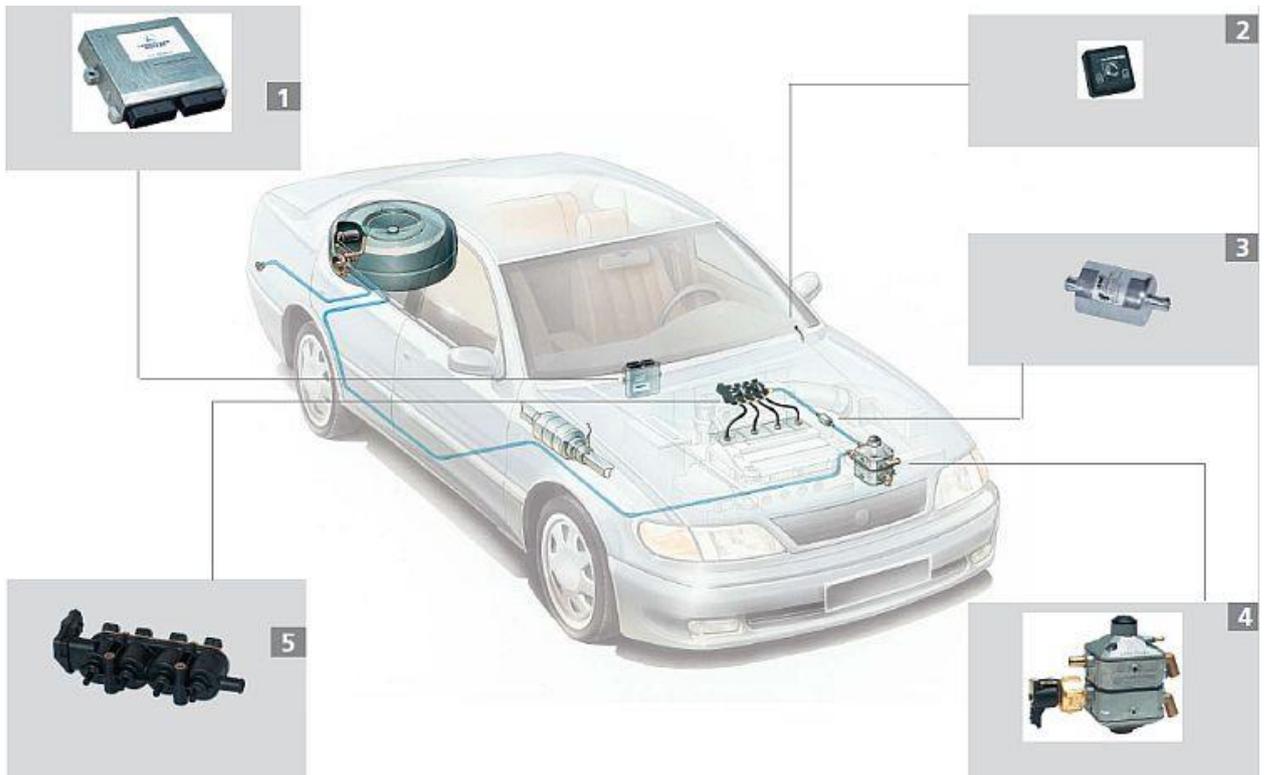


Рисунок 1 Схема газобаллонного оборудования 4 поколения

1. газовый блок управления;
2. переключатель режимов работы;
3. газовый фильтр;
4. преобразователь;
5. распределительная магистраль с газовыми форсунками.

Газозаправочный штуцер располагается рядом с заливной горловиной топливного бака. В него встроен обратный клапан, обеспечивающий движение газа при заправке только в одном направлении. На штуцер навинчивается адаптер (переходник). В разных странах применяются три разновидности адаптера.

Сжиженный газ поступает в баллон, в котором храниться под давлением 8-10 бар. По форме различают баллоны цилиндрической и тороидальной формы. На коммерческом транспорте используются, как правило, цилиндрические баллоны, так как они вмещают больше газа. Тороидальный баллон устанавливается на легковых автомобилях в нише запасного колеса в багажном отсеке.

В баллоне установлен блок клапанов (обиходное название – мультиклапан), который объединяет запорный клапан, клапан контроля максимального наполнения и предохранительный клапан. Запорный клапан служит для прерывания подачи газа при переключении на питание бензином, выключении двигателя, неисправности газовой системы, аварии автомобиля. По конструкции это электромагнитный клапан, входящий в состав электронной системы управления.

Клапан контроля максимального наполнения поплавкового типа обеспечивает наполнение газового баллона на 80% от максимальной емкости. При заполнении баллона происходит отсечка подачи газа. Предохранительный клапан предотвращает разрушение газового баллона при значительном повышении давления. При достижении опасного давления в баллоне он открывается и стравливает газ.

Кроме блока клапанов в баллоне устанавливается датчик запаса газа поплавкового типа. Он входит в состав электронной системы управления и через блок управления связан с указателем запаса газа на приборной панели.

Из баллона по трубопроводу сжиженный газ поступает в преобразователь, объединяющий испаритель и редуктор. В испарителе газ переводится из жидкого в газообразное состояние. В редукторе происходит снижение давления газа до 1 бар. Редуктор может иметь одну или две ступени. Для предотвращения избыточного охлаждения, вызванного понижением давления, корпус преобразователя включен в контур системы охлаждения двигателя. На преобразователе установлен запорный электромагнитный клапан, аналогичный по функциям запорному клапану газового баллона.

За преобразователем устанавливается газовый фильтр, который задерживает твердые частицы, и тем самым, защищает газовые форсунки от износа. Газовая распределительная магистраль (обиходное название - газовая рампа) размещается на впускном коллекторе. В нее встроены газовые форсунки (другое название - электромагнитные клапаны подачи газа).

Для измерения температуры и давления в магистраль встроены соответствующий датчик. Сигналы датчика используются для расчета времени впрыска газа, автоматического перехода с газа на бензин (при отсутствии газа в системе, падении давления, засорении фильтра).

Электронная система управления включает входные датчики, блок управления и исполнительные устройства. К входным датчикам относятся датчик запаса газа, датчик температуры и давления в газовой магистрали, переключатель режимов работы на приборной панели. Кроме указанных датчиков в работе системы питания сжиженным газом используются сигналы датчиков системы управления двигателем (числа оборотов коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости, давления во впускном коллекторе и др.)

Блок управления обеспечивает запуск двигателя на бензине, работу системы на газе в различных режимах движения (лямбда-регулирование), переключение между видами топлива. К исполнительным устройствам относятся запорные клапаны газового баллона и преобразователя, газовые форсунки, а также указатель запаса топлива.

Газобаллонное оборудование 4 поколения, которое устанавливается на двигатели с непосредственным впрыском топлива, имеет особенности. Для предотвращения обгорания бензиновых форсунок вместе с впрыском газа производится впрыск бензина в камеру сгорания (бензиновые форсунки всегда работают и поэтому не обгорают). В зависимости от производителя ГБО объем впрыскиваемого бензина составляет 10-20% от общих затрат топлива.

Газобаллонное оборудование 5 поколения.

Газобаллонное оборудование пятого поколения является дальнейшим развитием систем питания газовым топливом. Ее отличает впрыск газа во впускной коллектор в жидком состоянии.

Испарение газа во впускном коллекторе сопровождается охлаждением, что увеличивает объем топливно-воздушной смеси и приводит к лучшей наполняемости цилиндров, соответственно, более высокой мощности двигателя. С ГБО 5 поколения динамические характеристики автомобиля одинаковы при работе на газе и бензине.

Разработчиком газобаллонного оборудования 5 поколения является голландская компания Vialle. Ее система Liquid Propane Injection (LPI) устанавливается на атмосферные и форсированные двигатели, оснащенные системой распределенного впрыска топлива. Система соответствует нормам токсичности Евро 5 и Евро 6.

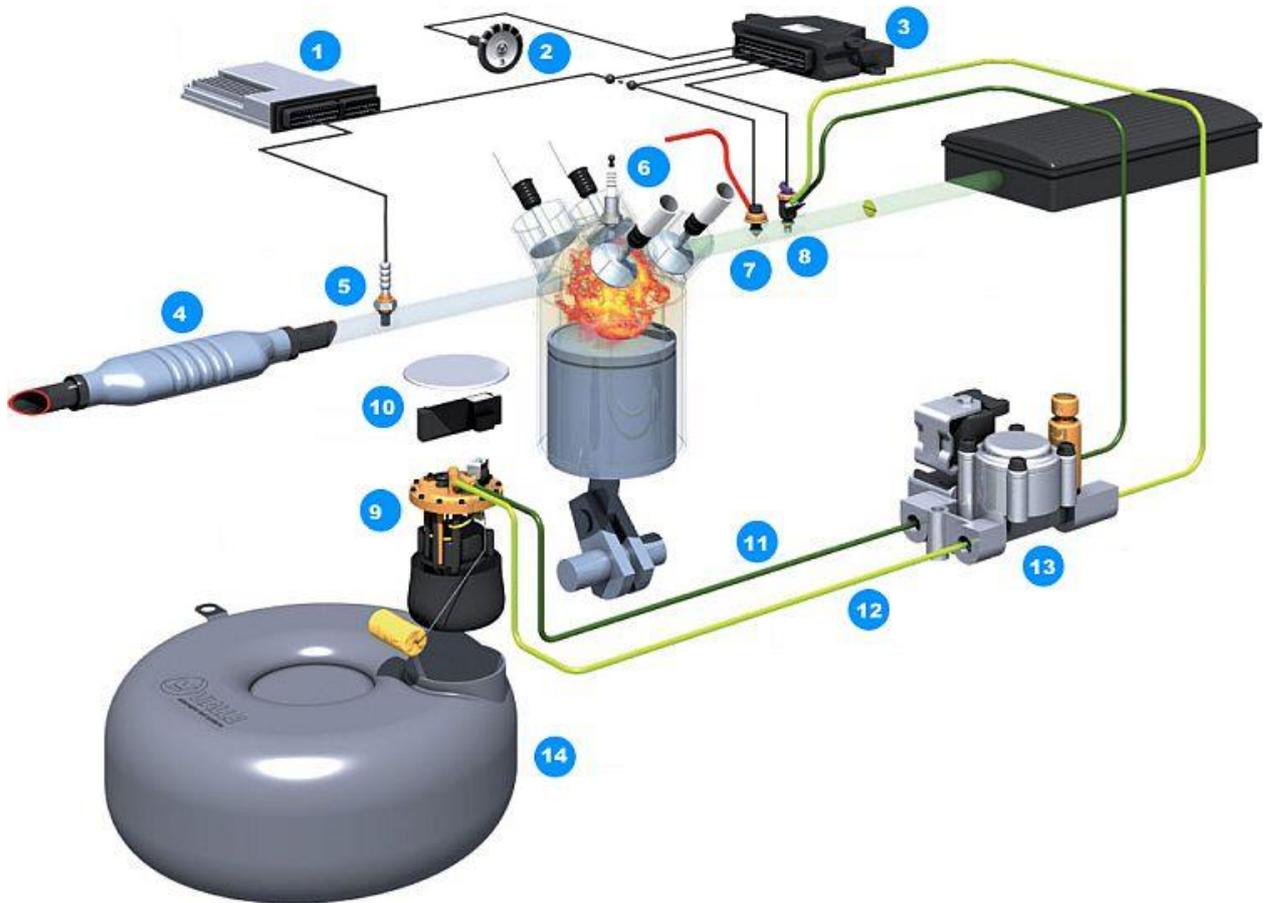


Рисунок 2 Схема газобаллонного оборудования 5 поколения

1. блок управления двигателем;
2. переключатель режимов работы;
3. газовый блок управления;
4. катализатор;
5. кислородный датчик;
6. свеча зажигания;
7. бензиновая форсунка;
8. газовая форсунка;
9. газовый насос;
10. блок управления насосом;
11. трубопровод подачи газа;
12. обратный трубопровод;
13. регулятор давления;
14. газовый баллон.

Система впрыска жидкого газа включает газовый баллон, газовый насос, регулятор давления, газовые форсунки и систему управления. Газовый насос мембранного типа размещается в газовом баллоне. Он обеспечивает повышение давления в системе на 5 бар,

при котором газ остается всегда в жидком состоянии. Регулятор давления контролирует давление в системе.

Регулятор оснащен электромагнитным запорным клапаном, который открывается при переходе с бензина на газ. Газ в жидком состоянии подается в газовые форсунки и по сигналу системы управления впрыскивается во впускной коллектор. Избыток сжиженного газа возвращается по обратному трубопроводу в газовый баллон.

Система управления впрыском газа синхронизирована со штатной системой управления двигателем. В работе используется оригинальный сигнал блока управления двигателем для бензиновых форсунок, который адаптируется для впрыска газа.

Газобаллонное оборудование 6 поколения.

Газобаллонное оборудование шестого поколения является продолжением системы впрыска жидкого газа, в которой газ впрыскивается непосредственно в камеру сгорания цилиндра. Поэтому другое название – система непосредственного впрыска жидкого газа. В данной системе устранен недостаток ГБО 4 поколения для двигателей с непосредственным впрыском топлива – необходимость впрыска порции бензина для сохранения бензиновых форсунок.

Газобаллонное оборудование 6 поколения является разработкой голландской компании Vialle. Система Liquid Propane Direct Injection (LPDi) обеспечивает непосредственный впрыск жидкого газа с помощью стандартных бензиновых форсунок. Аналогичное оборудование предлагают итальянские фирмы ICOM, BRC.

Преимуществами системы непосредственного впрыска жидкого газа являются:

- сокращение вредных выбросов в отработавших газах на 20% в сравнении с бензином;
- оптимальный расход топлива, связанный с его точным дозированием;
- возможность работы в монотопливном режиме (запуск двигателя, в том числе холодный пуск на газе).

ГБО 6 поколения включает баллон для хранения сжиженного газа, интегрированный в баллон газовый насос, модуль выбора топлива, модифицированный топливный насос высокого давления, форсунки впрыска, трубопровод подачи, обратный трубопровод, электронную систему управления.

Жидкий газ из баллона нагнетается топливным насосом в сторону модуля выбора топлива. Если модуль переключен для работы на газе, жидкое топливо поступает в топливный насос высокого давления, где его давление повышается до 150-200 бар. Под высоким давлением газ поступает к форсункам и впрыскивается непосредственно в камеру сгорания двигателя. Излишки газа от насоса высокого давления по обратному трубопроводу возвращаются в газовый баллон.

Сердцем системы непосредственного впрыска жидкого газа является модуль выбора топлива (Fuel Selection Unit, FSU). Он осуществляет переключение с одного топлива на другое. Сжиженный нефтяной газ имеет более высокое давление, чем бензин. Поэтому переключение с бензина на газ происходит быстро и без проблем.

При переключении с газа на бензин необходимо перейти от высокого давления газа к низкому давлению бензина. Модуль выбора топлива сначала уменьшает давление сжиженного газа, а затем производит его перемешивание с бензином. На такой смеси двигатель работает несколько минут, и только потом начинает работать на бензине.

Управление модулем выбора топлива осуществляет отдельный блок управления, входящий в состав системы управления впрыском.

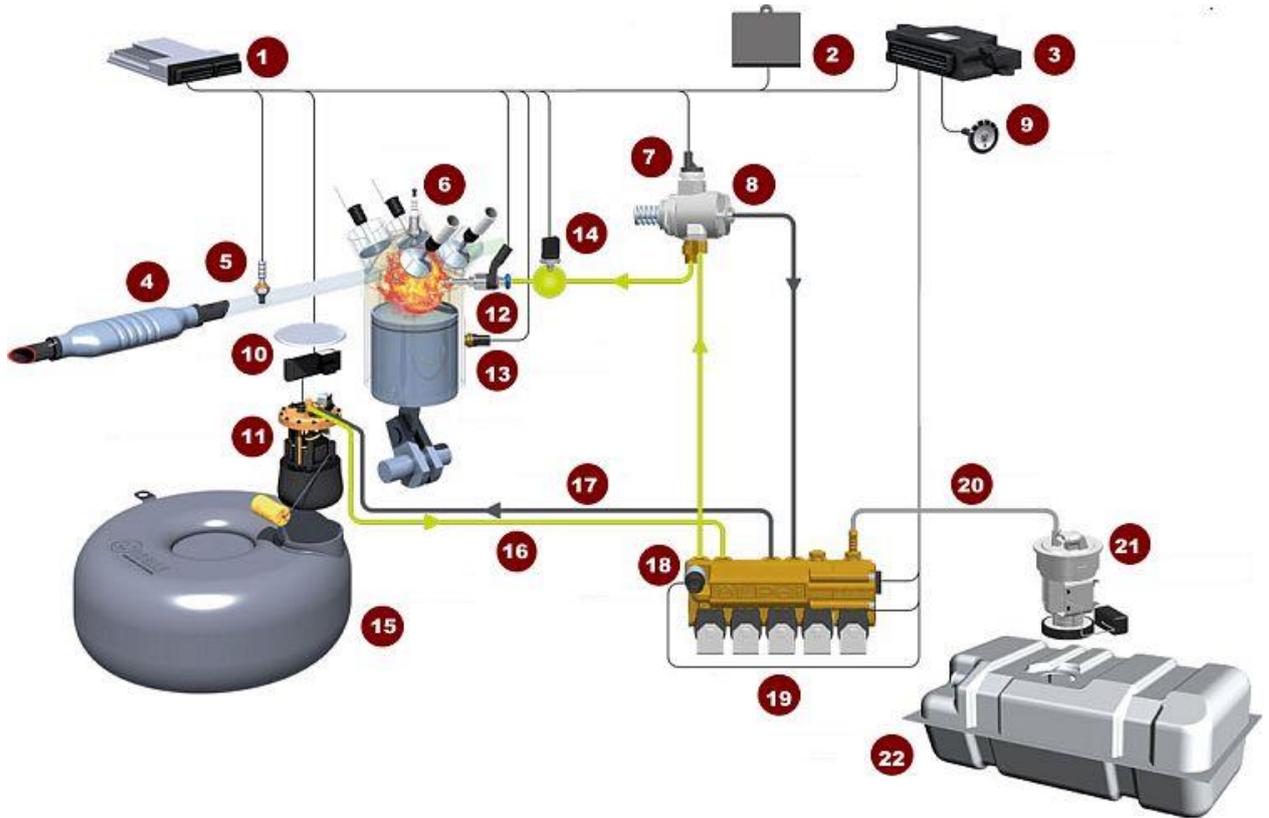


Рисунок 3 Схема газобаллонного оборудования 6 поколения

1. блок управления двигателем;
2. диагностический разъем;
3. газовый блок управления;
4. катализатор;
5. кислородный датчик;
6. свеча зажигания;
7. регулятор давления;
8. топливный насос высокого давления;
9. переключатель режимов работы;
10. блок управления насосом;
11. газовый насос;
12. форсунка;
13. датчик температуры охлаждающей жидкости;
14. датчик давления;
15. газовый баллон;
16. трубопровод подачи газа;
17. обратный трубопровод;
18. датчик давления;
19. модуль выбора топлива;
20. бензиновый трубопровод;
21. бензиновый насос;
22. топливный бак.

При длительной стоянке и воздействии высокой температуры окружающего воздуха газ, заполняющий систему, испаряется. Это приводит к задержке запуска двигателя, связанной с необходимостью прокачки системы. Для предотвращения данного недостатка газовый насос начинает работать уже при открытии водительской двери автомобиля.

В настоящее время газобаллонное оборудование 6 поколения доступно не для всех моделей автомобилей с непосредственным впрыском топлива. Доступные транспортные средства публикуются на сайте производителя соответствующего ГБО.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГАЗОБАЛЛОННЫМ АВТОМОБИЛЯМ.

Техническое состояние и эксплуатация газобаллонных автомобилей должны соответствовать требованиям технических условий и инструкций заводов-изготовителей.

Аппаратура, трубопроводы, магистральные и расходные вентили должны быть герметичными, исключающими проникновение газа в кабину, кузов, а также в атмосферу.

Герметичность газового оборудования на автомобиле должна проверяться в сроки, предусмотренные руководствами по техническому обслуживанию и эксплуатации газобаллонных автомобилей в соответствии с Руководством по техническому обслуживанию газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженных нефтяных газах и сжатых природных газах, РТМ-200-РСФСР-12-011-82, утвержденным постановлением Министерства автомобильного транспорта РСФСР от 29 ноября 1982 г. № 29 "Об утверждении Руководства по техническому обслуживанию газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженных нефтяных газах и сжатых природных газах".

Баллоны для сжатого природного газа должны отвечать требованиям, предусмотренным ГОСТ 949-73 "Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на Рр 20 МПа \geq 20 (200 кгс/кв.см)", утвержденным постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 19 декабря 1973 г. № 2717, и Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденным приказом-постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерства труда Республики Беларусь от 30 апреля 1998 г. № 33/45 "Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

Баллоны, установленные на автомобиле, должны окрашиваться в красный цвет, иметь нанесенные на них паспортные данные в соответствии с действующими правилами и надпись белой краской: "Пропан" или "Метан".

Не допускается эксплуатировать автомобили, на баллонах которых:

- отсутствуют паспортные данные;
- истек срок освидетельствования;
- имеются наружные повреждения (коррозия, трещины, выбоины, раковины и тому подобное);
- неисправны переходники и вентили;
- окраска и надписи не соответствуют требованиям.

Баллоны с газом должны быть надежно закреплены на автомобиле.

Выбракованные баллоны должны иметь надпись: "Брак"; кроме того, на резьбе горловины должны быть нанесены насечки, исключающие дальнейшую эксплуатацию этих баллонов.

Трубки газопровода высокого давления должны быть окрашены в красный цвет.

Не допускается эксплуатация газобаллонных автомобилей с неисправной газовой аппаратурой.

Автомобили с неисправной аппаратурой должны храниться на открытых, специально отведенных для этой цели площадках, без газа в баллонах.