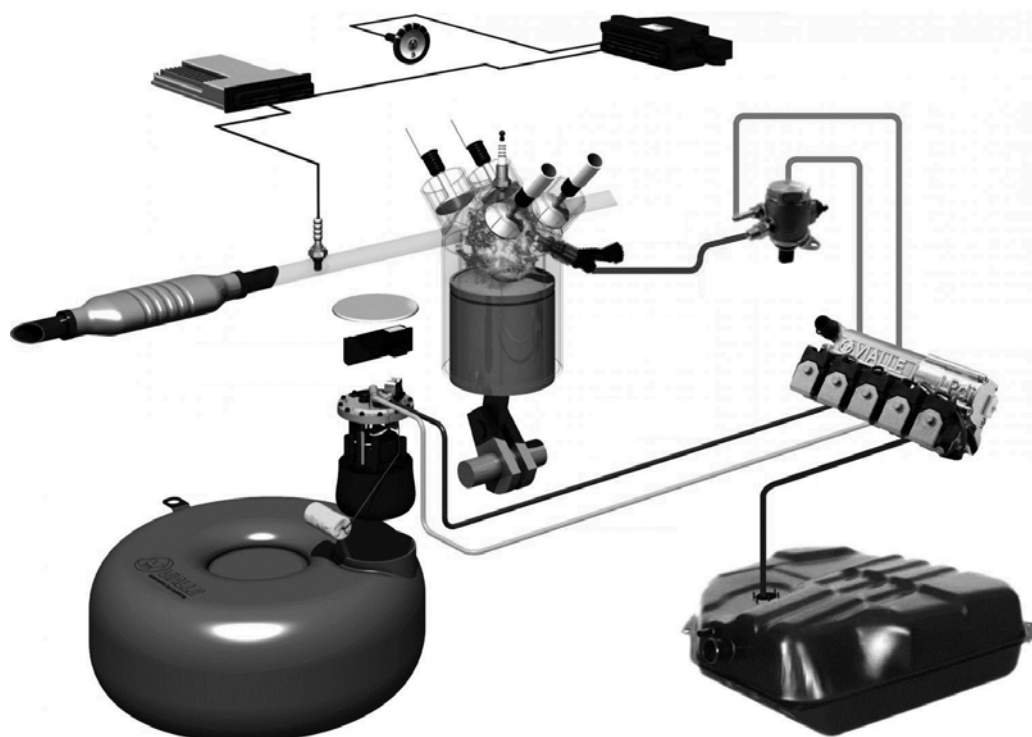


*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобили»

## **СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы  
для студентов специальностей 190109, 23.05.01,  
направлений подготовки 190100, 190600, 190700,  
23.03.01, 23.03.02, 23.03.03



Курган 2015

Кафедра: «Автомобили»

Дисциплины: «Конструкция двигателей»  
(специальности 109109.65, 23.05.01,  
направления подготовки 190100.62, 23.03.02);  
«Конструкции и эксплуатационные свойства транспортных и  
транспортно-технологических машин и оборудования»  
(направления подготовки 190600.62, 23.03.03);  
«Техника транспорта»  
(направления подготовки 190700.62, 23.03.01).

Составили: канд. техн. наук, доцент А.В. Зайцев,  
канд. техн. наук, доцент А.Л. Сергеев.

Работа выполнена при равноценном участии авторов.

Составлены на основе переработанных и дополненных методических указаний  
«Система питания газобаллонных автомобилей» / А. В. Зайцев, А. Л. Сергеев. –  
Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2002.

Утверждены на заседании кафедры «27» июня 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета «30» декабря 2013 г.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить конструкцию, принцип действия и работу системы питания газобаллонных автомобилей (ГБА), разобраться с назначением, классификацией ГБА, ознакомиться с различными схемами, расположением и взаимодействием основных элементов системы питания ГБА, проанализировать достоинства и недостатки, конструктивные особенности и технические параметры газобаллонного оборудования (ГБО).

**ОБОРУДОВАНИЕ:** узлы и разрезы газобаллонной аппаратуры, плакаты, макеты, схемы, раздаточный материал с описанием газотопливных систем для автомобилей.

## 1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Из-за повышения экологических требований к автомобилю все чаще на смену бензиновому топливу приходит газовое топливо. Газ, используемый как автомобильное топливо, применяется в сжиженном состоянии при давлении 1,6 МПа (пропано-бутановая смесь) – сжиженный нефтяной газ (СНГ) и сжатом состоянии при давлении 20 МПа (метан) – сжатый природный газ (СПГ). Сравнительная характеристика газового и бензинового топлива приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики топлив

Компоненты	Метан CH <sub>4</sub>	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Бензин C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> (АИ-93)
Молекулярная масса, кг/моль	16	44	58	114
Октановое число	110	105	95	93 (теоретич.)
Теплота сгорания объемная, МДж/м <sup>3</sup>	34	85	111	213
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг	17,2	15,8	15,6	14,9
Максимальная скорость распространения фронта пламени, м/с	0,77	0,810	0,825	0,850
Предел воспламенения объемный, %	5,0	2,4	1,8	1.5
Плотность газовой фазы при нормальных условиях, кг/м <sup>3</sup>	0.717	2,019	2,703	5,18

Особенностью сжиженного нефтяного газа (СНГ) является образование газообразной и жидкой фазы в процессе наполнения баллона. Первые порции сжиженного газа быстро испаряются, заполняя весь объем баллона. Испарение сжиженного газа в баллоне продолжается до тех пор, пока образовавшиеся пары сжиженного газа не достигнут насыщения. К концу заполнения баллона сжиженный газ в жидком состоянии заполняет лишь 80-85% объема. Плотность жидкой фазы СНГ составляет 560-600 кг/м<sup>3</sup> при 0° С и нормальном атмосфер-

ном давлении. Плотность паровой фазы при тех же условиях колеблется от 2,0 до 2,7 кг/м<sup>3</sup>. Сжиженный нефтяной газ тяжелее воздуха в 1,5-2 раза, что указывает на свойство этих газов скапливаться внизу, на поверхности земли или в различных углублениях, образуя взрывоопасную смесь с воздухом (в количестве 1,8-9,5%). Для обнаружения газа в воздухе при утечке из газовой системы в газ вводят в определенной концентрации специальные вещества – одоранты. Сжатый природный газ метан благодаря низкой плотности в два раза легче воздуха и в случае утечки устремляется вверх, что обеспечивает большую безопасность при эксплуатации автотранспорта.

Преимуществом СНГ по сравнению с СПГ являются большая концентрация тепловой энергии в единице объема, значительно меньшее рабочее давление в баллонах и газовой арматуре, их меньшая масса и стоимость. Один баллон ГСН рассчитан на 500 км пробега, а баллон СПГ – только на 100 км. СНГ и СПГ обладают значительно лучшей антидетонационной стойкостью, чем бензины, так как октановое число у них больше ста. Газ превосходит бензин по теплотворной способности, однако в смеси с воздухом его энергетические показатели снижаются, что является одной из причин уменьшения мощности газобаллонных автомобилей на ГСН до 7% и на СПГ до 20% по сравнению с бензиновым двигателем и ухудшения тягово-динамических и эксплуатационных характеристик. Высокие октановые числа требуют увеличения угла опережения зажигания. Раннее зажигание может привести к перегреву деталей двигателя. При эксплуатации газобаллонных автомобилей наблюдаются случаи прогорания днищ поршня и клапанов при слишком раннем зажигании и работе одновременно на бедных смесях.

Газообразные углеводородные топлива относятся к наиболее чистым в экологическом отношении моторным топливам. Выбросы токсичных веществ с отработавшими газами газобаллонных автомобилей по сравнению с бензиновыми значительно ниже. Стандартами предусматривается две марки сжиженных нефтяных газов: ПБА – пропан-бутан автомобильный, применяемый при температуре от +45° до –20° С; ПА – пропан автомобильный, применяемый зимой при температуре от –20° до –35° С.

## **2 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО КОМПЛЕКТА ГБО**

Все газобаллонные установки, предназначенные для работы на сжиженном нефтяном газе, принципиально похожи, отличаются лишь технической реализацией отдельных узлов. Основными элементами комплекта ГБО являются (рисунок 1):

- баллон автомобильный газовый (1);
- мультиклапан (блок арматуры) (2);
- система вентиляции блока арматуры (3);
- выносное заправочное устройство ВЗУ (4);
- клапан электромагнитный газовый (газовый клапан) (5);

- редуктор-испаритель (6);
- трубопроводы высокого давления (7);
- дозатор газа (8);
- трубопроводы низкого давления (9);
- смеситель (10);
- блок (пульт) управления (11);
- клапан электромагнитный бензиновый (бензоклапан) (12);

Первое поколение ГБО имеет механические системы с вакуумным управлением, в которых газ подается в двигатель через впускной (воздушный) коллектор посредством разряжения, создаваемого двигателем. Недостатком этих систем было нарушение стабильности подачи газозоудной смеси, неустойчивый холостой ход, частые ручные регулировки.

Второе поколение ГБО для автомобилей с карбюраторами и инжекторной системой питания сохраняет те же схемы установки газового оборудования (рисунок 2). Отличие – в управлении электронным блоком управления электромеханическим шаговым дозатором подачи газа, которое частично компенсирует неточность работы редуктора. Дозатор подачи газа должен поддерживать постоянное стехиометрическое соотношение топливозоудной смеси. Так же как и на системах первого поколения, для установки на автомобиль с инжекторной системой питания дополнительно устанавливаются реле отключения топливного насоса и эмулятор работы форсунок. Электрический редуктор и электронное дозирующее устройство опираются на сигналы датчика содержания кислорода в выпускном коллекторе двигателя, датчика положения дроссельной заслонки и датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Третье поколение ГБО обеспечивает распределенный синхронный (нефазированный) впрыск газа с дозатором-распределителем, который управляется электронным блоком. Газ подается во впускной коллектор с помощью механических форсунок, которые открываются за счет избыточного давления в магистрали подачи газа. При такой схеме подачи газа впускной коллектор заполнен воздухом, а не газозоудной смесью, как в случае работы обычного редукторного оборудования, вследствие чего практически исключены тяжелые последствия от «хлопков» во впускном коллекторе при нарушении состава рабочей смеси особенно в переходных режимах. Кроме того, при использовании такой системы динамические характеристики автомобиля при работе на газе еще более приближаются к тем же параметрам автомобиля, работающего на бензине, достигается пониженный расход газа по сравнению с системами предыдущих поколений.

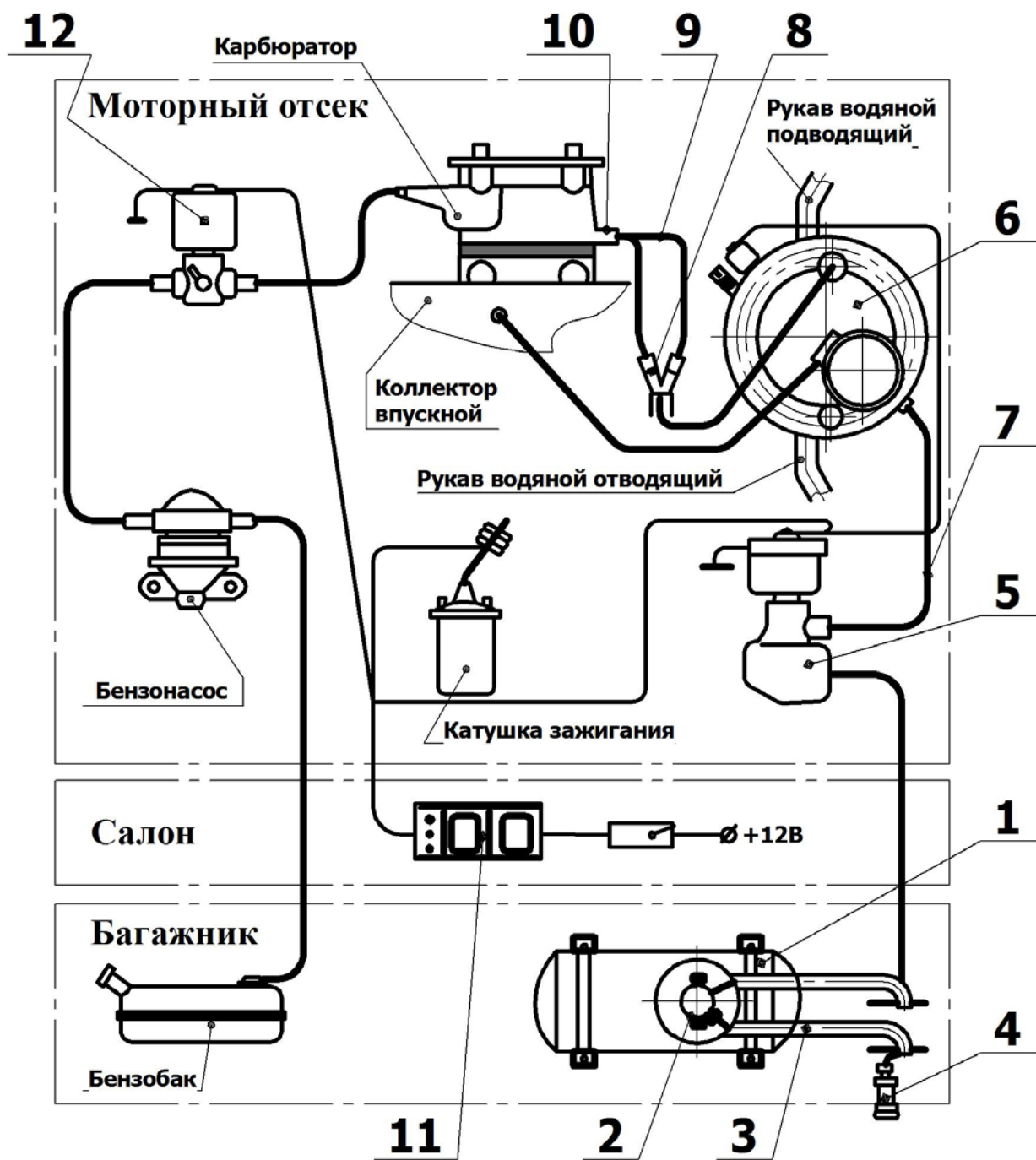


Рисунок 1 – Схема газобаллонной установки первого поколения, работающей на сжиженном нефтяном газе

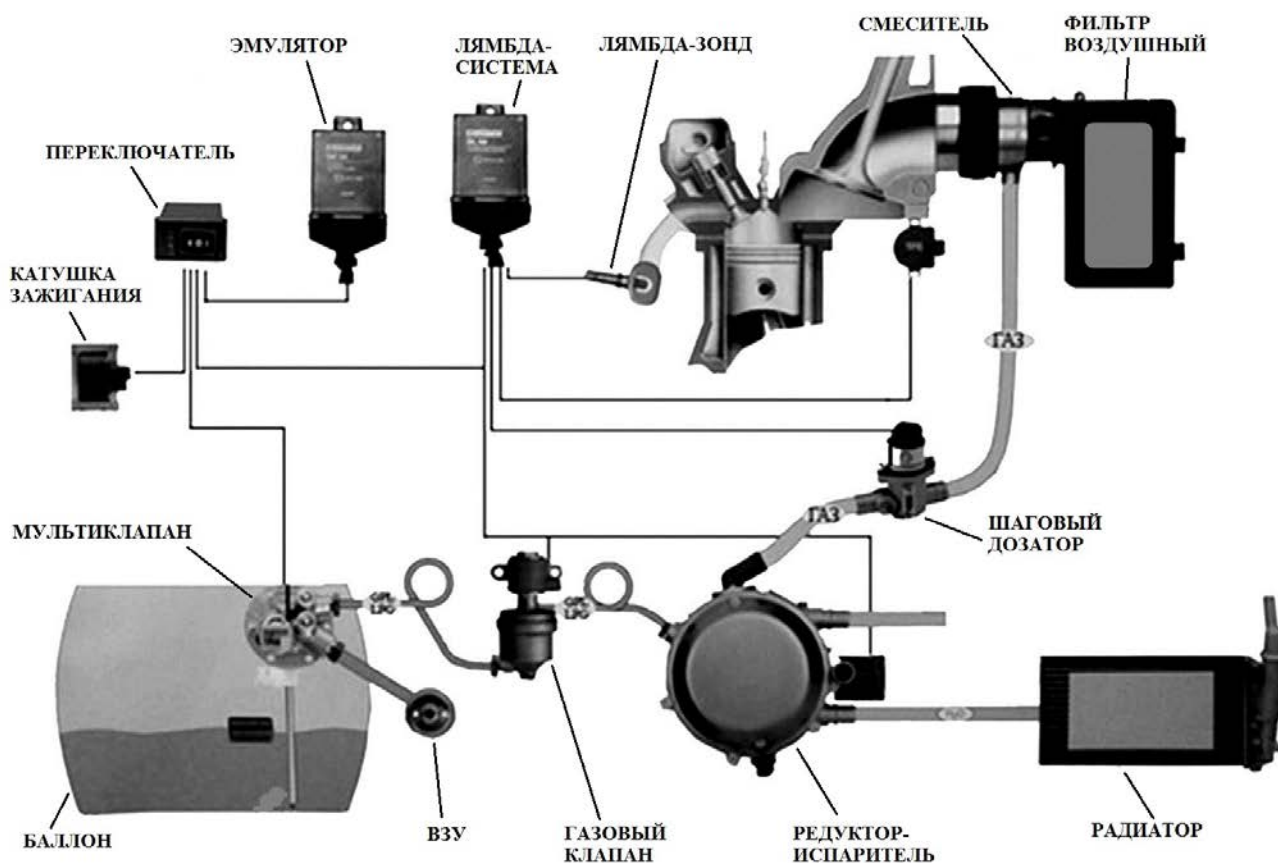


Рисунок 2 – Упрощенная схема второго поколения ГБО, работающего на сжиженном нефтяном газе

Четвертое поколение ГБО – системы распределенного последовательного (фазированного) впрыска газа с электромагнитными форсунками, которые управляются более совершенным электронным блоком. Как и в системе предыдущего поколения ГБО, газовые форсунки устанавливаются на коллекторе непосредственно у впускного клапана каждого цилиндра, но управляются блоком ЭБУ каждая в отдельности, используя для расчета длительности впрыска газа информацию от штатного бензинового контроллера, корректируя ее информацией дополнительных датчиков давления газа и воздуха во впускном коллекторе, чем достигается высочайшая точность состава газозвушной смеси. Автоматически сохраняется стратегия топливоподачи распределенного впрыска (попарно параллельный впрыск, фазированный впрыск или любой другой, использованный в штатном бензиновом алгоритме), исключена возможность сжечь нейтрализатор, т.к. не требуется отключение или эмулирование штатных датчиков – они при работе на газе работают в штатном режиме.

Пятое поколение ГБО. Основное отличие систем пятого поколения состоит в том, что в этих системах осуществляется распределённый впрыск жидкой фазы пропан-бутановой смеси. Таким образом, отпадает необходимость в наиболее уязвимом узле газового оборудования – в редукторе. Все остальное аналогично системам четвертого поколения. Впрыск газа производится электромагнитными форсунками, которые управляются самообучаемым электрон-

ным блоком управления подачи газа совместно с штатным блоком управления двигателем автомобиля. Жидкая фаза пропан-бутановой смеси постоянно циркулирует внутри системы через рампу газовых форсунок с клапаном обратного давления обратно в баллон во избежание образования паровых пробок. Для этого в баллоне находится газовый насос, который и обеспечивает циркуляцию жидкой фазы газа из баллона и обратно. Система ГБО впрыска жидкого газа предназначена для инжекторных автомобилей с катализатором и совместима с экологическими требованиями Евро 3 и Евро 4. Основным преимуществом систем ГБО пятого поколения является отсутствие потери мощности и отсутствие повышенного расхода при работе на газе. К тому же, ввиду отсутствия необходимости испарять газ перед подачей в двигатель запуск на газе возможен при любых отрицательных температурах. К недостаткам систем ГБО пятого поколения можно отнести высокую чувствительность к загрязнениям газа.

### **3 РАБОТА КОМПЛЕКТА ГБО**

При заправке газом наконечник заправочного шланга подсоединяется к ВЗУ. Газ через открытый заправочный вентиль на мультиклапане заполняет баллон под давлением максимум 1,6 МПа (16 атм). Заправка производится до уровня 0,8-0,9 полного литража баллона. При достижении этих показателей подачу газа прекращает отсечной клапан на мультеклапане. Попадая в баллон, жидкий газ начинает испаряться, по окончании заправки в свободном от него пространстве образуется паровая подушка, необходимая для компенсации увеличения объема жидкости (и как следствие – давления) при изменении температуры. В момент отсоединения заправочного пистолета выброс газа из заправочного устройства предотвращает обратный запорный клапан.

При работе двигателя на газовом топливе газ через открытый расходный вентиль мультиклапана и газовый электромагнитный клапан поступает в редуктор-испаритель, где происходит снижение давления до близкого к атмосферному и переход газа от жидкого состояния к газообразному. При расширении газа происходит поглощение тепла (охлаждение), для компенсации тепловых потерь и замерзания редуктора в него подается горячая жидкости из системы охлаждения двигателя, которая циркулирует в полости испарителя газового редуктора. Из редуктора газ, проходя через дозатор, регулирующий количество поступающего в двигатель газа в зависимости от разрежения во впускном коллекторе, поступает в смеситель. Смеситель располагается над карбюратором в корпусе воздушного фильтра или в карбюраторе до дроссельных заслонок. У двигателей с впрыском топлива смеситель располагают в патрубке подвода воздуха перед дроссельной заслонкой. В смесителе газ смешивается с воздухом, и газоздушная смесь всасывается в цилиндры двигателя.

При работе двигателя на газе бензоклапан, расположенный между бензонасосом и поплавковой камерой карбюратора, закрыт. При работе на бензине газовый клапан закрыт, бензоклапан открыт. В автомобилях с впрыском дополнительных бензоклапанов не ставят, а снимают электрическое питание с топ-



ливных форсунок, при этом топливный насос не отключается. На мощные двигатели с большой степенью сжатия устанавливаются дополнительный электронный блок и специальную аппаратуру для точной дозировки газа.

## **4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГБО**

### **4.1 Мультиклапан**

Мультиклапан представляет собой блок запорно-предохранительной арматуры, установленной на баллоне. Он предназначен для автоматического контроля уровня и прекращения заправки и подачи ГСН в магистраль. Мультиклапан обеспечивает герметичность баллона в случае аварийного обрыва трубок, а при повышении давления в баллоне выше рабочего (1,6 МПа) стравливает газ, предотвращая взрыв баллона. Основными элементами мультиклапана являются (рисунок 3):

- корпус мультиклапана (блока арматуры) (3);
- заправочный штуцер, соединяющий магистраль от ВЗУ с полостью баллона; оснащен шариковым обратным клапаном (4);
- заправочный вентиль, перекрывающий поступление газа в баллон (5);
- расходный штуцер жидкой фазы (6), соединяющий полость баллона с магистралью, идущей в подкапотное пространство; оснащен шариковым скоростным клапаном, отключающим баллон при обрыве магистрали;
- расходный вентиль жидкой фазы, перекрывающий выход газа из баллона (7);
- предохранительный клапан, настроенный на давление 2,5 МПа (2);
- ограничитель степени заполнения баллона газом (80%), управляемый поплавком, расположенным в баллоне.

Дополнительно блок арматуры (мультиклапан) может быть оснащен:

- клапаном или вентилем отбора паровой фазы (1);
- клапаном сброса паровой фазы;
- указателем уровня топлива.

Мультиклапан помещён в вентиляционную коробку с крышкой, которая через вентиляционные шланги соединяется с атмосферой. При закрытой крышке система полностью исключает попадание газа в салон автомобиля при нарушении герметичности элементов блока арматуры (мультиклапана).

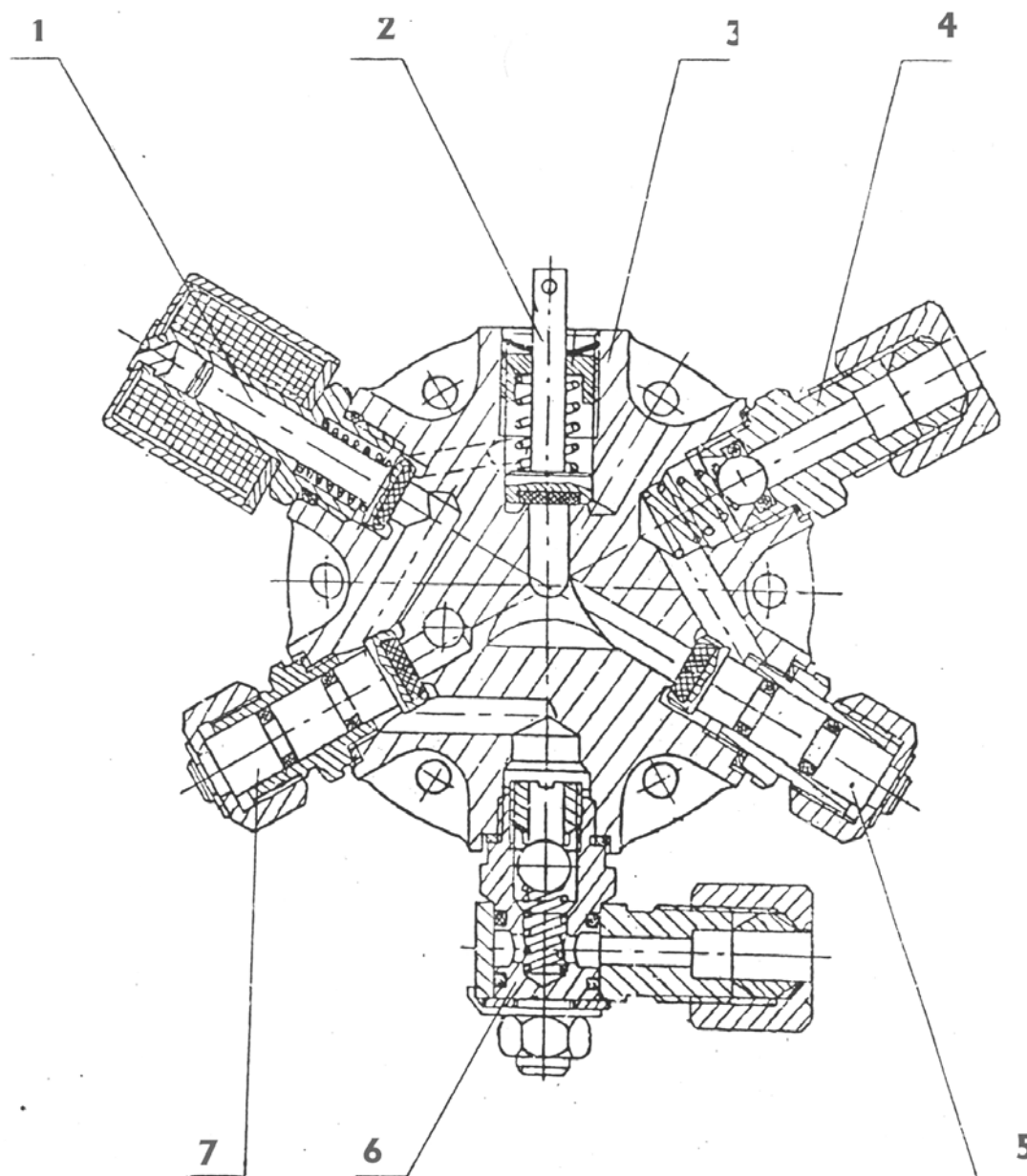


Рисунок 3 – Схема мультиклапана

#### 4.2 Редуктор-испаритель

Универсальный автомобильный газовый редуктор-испаритель низкого давления осуществляет переход сжиженной пропан-бутановой смеси в газообразное состояние, автоматически снижает ее давление до рабочего, близкого к атмосферному, обеспечивает дозировку подачи газа в смеситель и четкий переход двигателя с одного режима работы на другой, предотвращает подачу газа при остановке двигателя.

Редуктор-испаритель применяется во всех системах ГБО начиная с 1-го по 4-е поколение, за исключением систем жидкого впрыска газа. Газовые редукторы отличаются друг от друга количеством ступеней регулирования, устройством систем пуска и холостого хода, а так же разделяются на вакуумные и

электронные. Вакуумные – для карбюраторных автомобилей без катализатора. Электронные – для карбюраторных и инжекторных систем питания без катализатора. Принципиальное различие вакуумного редуктора от электронного заключается в запорном элементе разгрузочной камеры. В вакуумном редукторе эту функцию выполняет вакуумная мембрана, к которой подаётся разрежение от впускного коллектора: двигатель работает – есть вакуум – редуктор открыт, двигатель заглушен – вакуума нет – редуктор закрыт.

В электронном редукторе эту функцию выполняет электромагнитный клапан, управляемый от электронного блока безопасности, который при работающем двигателе открывает его, обеспечивая подачу газа из 1-ой ступени редуктора во 2-ю. При прекращении работы двигателя, электронный блок безопасности перекрывает подачу газа. Многие электронные редукторы, в отличие от вакуумных, имеют двойную регулировку холостого хода – динамическую и статическую, что позволяет точнее отрегулировать и более стабильно удерживать холостой ход. Для инжекторных автомобилей применяют защитный клапан обратного хлопка.

Двухступенчатый редуктор-испаритель включает следующие обязательные элементы.

**Первая ступень.** Здесь происходит снижение высокого давления с 1,6 до 2 МПа с одновременным переходом газа из жидкого состояния в парообразное.

**Вторая ступень** снижает давление на выходе из редуктора до близкого к атмосферному.

**Разгрузочное устройство** снижает нагрузки, действующие на диафрагму второй ступени, и исключает подачу газа при неработающем двигателе.

**Пусковое устройство** (электромагнитное или ручное) обеспечивает подачу порции газа, необходимую для запуска двигателя.

Такие редукторы работают совместно с дозаторами, установленными на шланге между редуктором и смесителем. Более сложные редукторы имеют систему холостого хода и устройства, обеспечивающие четкое дозирование газа на всех режимах работы двигателя.

Вакуумный редуктор-испаритель (рисунок 4) Новогрудского завода работает следующим образом. Полости Е и Д сообщаются с атмосферой. Газ от газового клапана поступает через клапан первой ступени в полость Б первой ступени. Здесь газ переходит в паровую фазу, за счет расширения газа происходит поглощение тепла (охлаждение). Для компенсации тепловых потерь в редуктор параллельно двигателю подается горячая охлаждающая жидкость, циркулирующая в полости А. Как только давление в полости Б достигает требуемой величины, диафрагма первой ступени перемещается и закрывает клапан первой ступени.

При неработающем двигателе диафрагма разгрузочного устройства удерживает клапан второй ступени в закрытом положении. Газ в двигатель не поступает. Перед пуском двигателя водитель кнопкой на пульте управления крат-

ковременно открывает электромагнитный пусковой клапан. Пусковая порция газа поступает в полость В и далее всасывается в цилиндры двигателя. У многих редукторов пусковой клапан воздействует на шток диафрагмы второй ступени и кратковременно открывает клапан второй ступени.

После запуска двигателя во впускной системе создается разрежение, которое из зоны до дроссельных заслонок передается в полость Ж системы холостого хода. Диафрагма системы холостого хода открывает клапан холостого хода. Газ из полости Б по каналу, сечение которого регулируется винтом холостого хода, поступает в полость В и далее в цилиндры двигателя.

При разгоне автомобиля с увеличением оборотов двигателя разрежение в полости Г разгрузочного устройства перемещает диафрагму разгрузочного устройства, открывая клапан второй ступени. Газ из полости Б через полость В поступает в двигатель. Диафрагма второй ступени отслеживает степень открытия клапана второй ступени в зависимости от давления в полости В. Чем сильнее водитель нажимает на педаль акселератора, тем больше открываются дроссельные заслонки карбюратора, тем больше газа расходуется через вторую ступень, тем сильнее диафрагма второй ступени открывает клапан второй ступени, поддерживая постоянным давление в полости В и увеличивая расход газа.

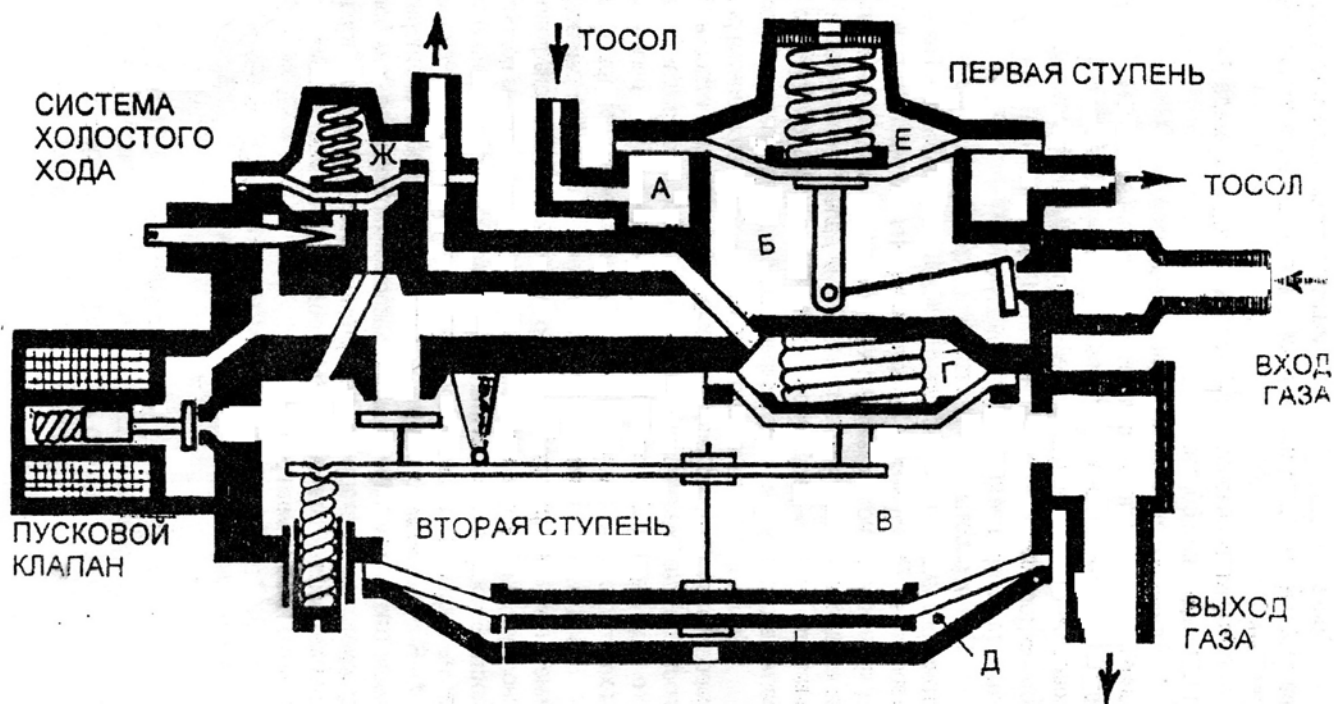


Рисунок 4 – Схема редуктора Новоградского завода

## 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1 Уяснить назначение и классификацию систем питания газобаллонных автомобилей [1, с. 71; 2, с. 6; 3, с. 5].

5.2 Изучить основные свойства, состав и отличительные особенности топлива газобаллонных автомобилей [1, с. 71; 2, с. 10; 3, с. 3-4].

5.3 Ознакомиться с конструкцией, расположением и взаимодействием основных элементов газобаллонной системы питания:

- газовый редуктор;
- баллон с мультиклапаном;
- газовые смесители;
- регулятор давления;
- электромагнитные клапаны [1, с. 72-73; 2, с. 19; 3, с. 5-11; 5, с. 31].

5.4 Изучить принцип действия и работу на различных режимах (пуск, холостые обороты, частичное и полное открытие дроссельной заслонки) системы питания на сжиженном нефтяном газе [1, с. 72; 2, с. 28; 3, с. 12-20; 5, с. 52].

5.5 Ознакомить с особенностями работы системы питания на сжатом природном газе [3, с. 55-57].

5.6 Составить отчет по лабораторной работе и ответить на нижеперечисленные вопросы.

## **6 ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ**

1 Какое топливо применяют для газобаллонной системы питания автомобилей?

2 Какое давление газа в баллонах для СНГ и СПГ системы питания газобаллонных автомобилей?

3 Какое топливо имеет более высокое октановое число?

4 Чем отличается система питания газобаллонных автомобилей с сжатым газом от системы с сжиженным газом?

5 Назвать основные части системы питания, находящиеся под высоким давлением.

6 Назвать основные части системы питания, находящиеся под давлением, близким к атмосферному.

7 Каково назначение газового редуктора современной системы питания газобаллонного автомобиля?

8 Перечислить основные элементы двухступенчатого газового редуктора-испарителя.

9 Назначение разгрузочного устройства второй ступени газового редуктора.

10 Где устанавливаются газовые смесители для карбюраторных и впрысковых бензиновых двигателей?

11 Назначение, место расположения и работа мультиклапана.

12 Какие регулировки предусмотрены в газовом редукторе для нормальной работы системы питания?

13 Назначение и принцип действия дозатора системы питания ГБА.

14 На сколько по объёму допустимо заполнять сжиженным газом баллон (60%, 80%, 100%)?

15 Каким образом контролируется уровень сжиженного газа в баллоне?

- 16 Назвать клапаны и вентили, которые входят в блок арматуры (мультиклапан), закреплённый на газовом баллоне.
- 17 Каково назначение скоростного клапана?
- 18 Каким образом происходит заполнение газового баллона сжиженным газом?
- 19 Какие элементы системы питания ГБА соединены трубопроводом высокого давления?
- 20 Какие элементы системы питания ГБА соединены трубопроводом низкого давления?
- 21 Достоинства и недостатки автомобиля с газобаллонным оборудованием.

## **7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Изобразить общую схему системы питания газобаллонного автомобиля, дать её описание. Сопоставить в виде таблицы основные параметры систем питания на сжатом и сжиженном газе (давление в баллоне, применяемое топливо, количество основных элементов, безопасность в эксплуатации).

Составить полный перечень деталей узла системы питания по указанию преподавателя. Дать письменный ответ на один-два вопроса из раздела 6 по выбору преподавателя.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Вахламов, В. К. Автомобиль: Основы конструкции [Текст] / В. К. Вахламов. – 4-е изд. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 529 с.
- 2 Лихачев, В. А. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования [Текст] : учебное пособие / В. А. Лихачев, Р. Р. Деветьяров. – Киров : Изд-во Вятской гос. с.-х. академии, 2006. – 183 с.
- 3 Золотницкий, В. А. Экономный автомобиль на газовом топливе [Текст] / В. А. Золотницкий. – М. : Ливр, 1999. – 64 с.
- 4 Золотницкий, В. А. Система питания газобензиновых автомобилей [Текст] / В. А. Золотницкий. – М. : Издательский Дом Третий Рим, 2001. – 80 с.
- 5 Певнев, Н. Г. Техническая эксплуатация газобаллонных автомобилей [Текст] / Н. Г. Певнев, А. П. Елгин, Л. Н. Бухаров. – Омск : Изд-во Сибирской гос. автомобильно-дорожной академии, 2010. – 183 с.

Зайцев Алексей Викторович  
Сергеев Александр Леонидович

## **СИСТЕМА ПИТАНИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы  
для студентов специальностей 190109, 23.05.01,  
направлений подготовки 190100, 190600, 190700,  
23.03.01, 23.03.02, 23.03.03

Редактор Е.А. Могутова

---

Подписано в печать 24.03.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,0	Уч-изд. л. 1,0
Заказ 75	Тираж 25	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.