

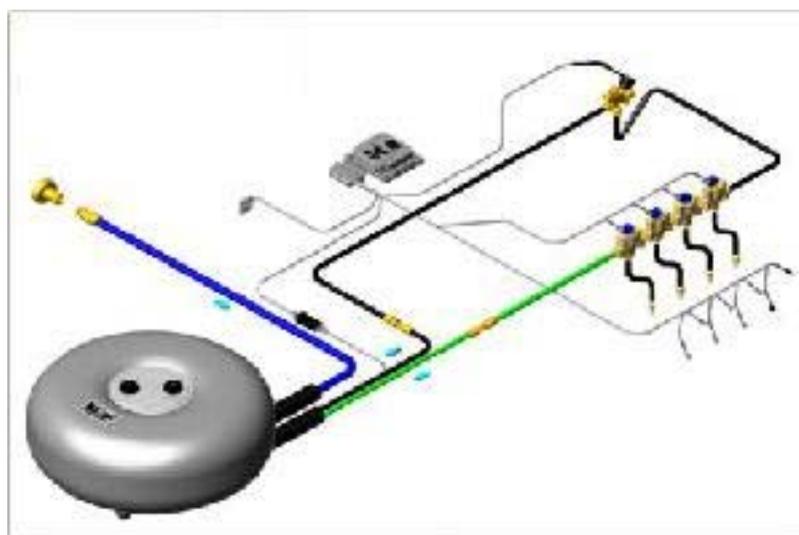
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобили и автомобильный транспорт»

**ГАЗОВАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ  
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Методические указания  
к проведению лабораторных занятий  
для студентов специальности 23.05.01,  
направления подготовки 23.03.03



Курган 2024

Кафедра: «Автомобили и автомобильный транспорт»

Дисциплины: «Конструкция двигателей», «Конструкция автомобилей и тракторов» (специальности 23.05.01, направления подготовки 23.03.03).

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

Составлены на основе переработанных и дополненных методических указаний «Система питания газобаллонных автомобилей» / А. В. Зайцев, А. Л. Сергеев. – Курган : КГУ, 2015.

Утверждены на заседании кафедры «07» февраля 2024 г.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным методическим советом университета «25» декабря 2023 г.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить конструкцию, принцип действия и работу современных системы питания газобаллонных автомобилей (ГБА), разобраться с особенностями, классификацией новых ГБА, ознакомиться с различными схемами, расположением и взаимодействием основных элементов систем питания, проанализировать достоинства, недостатки и технические параметры новых поколений газобаллонного оборудования (ГБО).

**ОБОРУДОВАНИЕ:** Раздаточный материал, плакаты, схемы, макеты, узлы и разрезы газобаллонной аппаратуры, стенд-установка ГБО 4.

## 1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Использования газа как топлива для двигателя внутреннего сгорания известно еще с XIX века, так англичанин Самуэль Браун построил газовый двигатель внутреннего сгорания на светильном газе в 1823 г. Спустя сто лет появились газогенераторные установки профессора Наумова В.С. в России. В качестве топлива использовался газ, полученный в газогенераторах из древесных чурок, угольных брикетов, торфа. Газогенераторные установки были громоздкими и тяжелыми, их масса доходила до шестисот кг. Розжиг газогенератора занимал более 10 минут, расход древесных чурок равнялся около 50 кг/100 км пути и запас хода составлял 70 км.

В конце 30-х годов с конвейеров советских автозаводов начали сходить газобаллонные грузовики ЗИС и ГАЗ, в двигателях которых применялся газ, вырабатываемый не газогенераторами, а подаваемый из баллонов, заправленных на газонаполнительной станции. Фактически – это начало использования газобаллонного оборудования – ГБО. Лишь в начале 50х годов в Европе появилась первая итальянская система для бензиново-карбюраторных моторов. В России на газе работало более сорока пяти тысяч автомобилей, большинство из которых были грузовыми (ЗИС, ГАЗ, ЗИЛ, ММЗ). Для них построили большое количество газовых заправочных станций. С начала 80х у нас в стране запустили государственную программу по развитию ГБО для автотранспорта.

Стандарт ГБО первым появился в Италии: именно там зародилось оборудование LOVATO, разработчики LOVATO придумали мультиклапан – новейшее по инновации направление современных технологий. Технологии в этой сфере стремительно развиваются, на сегодняшний день уже существуют более 6 поколений. Первый двигатель внутреннего сгорания работал на светильном газе. Затем стали использовать бензин, дизельное топливо и мазут. Через сто с лишним лет инженеры снова вернулись к идее применять газ – метан (сжатый газ) и пропан-бутановые смеси (сжиженный газ). Если конструкция двс, в целом, особо не изменилась за последнее время, то система подачи горючей смеси в камеру сгорания, организация самого процесса горения постоянно совершенствуются. Конструкторы двс прошли

путь от простого карбюратора до фазированного распределенного впрыска. Изменение системы подачи топлива в камеру сгорания двс привело к изменению конструкции газобаллонного оборудования, сегодня известны семь поколений газобаллонного оборудования.

Слабая технологичность первых поколений ГБО не дает нужной экономичности и комфорта на новых автомобилях. Принцип работы первых ГБО 1 и ГБО 2 изложен в методическом указании [5], популярные сегодня ГБО 4 и ГБО 5 представлены в данном методическом указании. Главное отличие новых систем ГБО в циклической подаче газа, а первые поколения ГБО использовали непрерывный способ подачи газа. Фазированный впрыск газа позволил уменьшить расход топлива, снизить количество вредных выбросов в окружающую среду, повысить динамические качества.

## **2 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ ГБО**

**В 4 поколении ГБО** функциональные блоки управления подачей газа. подключаются параллельно с бензиновыми и считывают с форсунок информацию. Отличие 4 и 5 поколения от 1, 2 и 3 – в наличии форсунок (в первых системах газ подавался напрямую) и наличием электронных блоков управления. После настройки ГБО электронный блок передает данные в систему подачи топлива. Схематично процесс работы ГБО 4 выглядит так: газ из баллона подается на редуктор, в котором производится нагрев газа, снижается давление, газ испаряется и проходит через фильтр к электромагнитным форсункам, открытие которых регулируется электронным блоком управления импульсного воздействия. Из форсунок газ поступает во впускной коллектор перед впускными клапанами. Газобаллонные установки комплекта ГБО 4 включают следующие основные элементы (рисунок 1):

1. Выносное заправочное устройство ВЗУ;
2. Газовый баллон со встроенным многофункциональным клапаном (мультиклапаном);
3. Переключатель вида топлива с указателем запаса;
4. Рампа с газовыми форсунками и электронным блоком управления ими;
5. Газовый фильтр;
6. Редуктор-испаритель с электромагнитным клапаном и датчиком температуры и давления;
7. Электронный блок управления подачи газа;
8. Трубопровод высокого и низкого давления.



Рисунок 1 – Упрощенная схема четвертого поколения ГБО

Поколение ГБО 4 может использовать в качестве топлива как метан, так и пропан-бутан. При работе газовой установки блок управления подключается к проводке управления штатной топливной системы и бензиновыми форсунками. Переход с бензина на газ происходит автоматически, как только редуктор разогреется до необходимой температуры. Переход обратно с газа на бензин осуществляется, когда давление в магистрали снижается. В четвертом поколении, как и во всех предыдущих поколениях газ переходит из жидкого состояния в газообразное прежде чем попасть в цилиндр двигателя внутреннего сгорания.

**В пятом поколении ГБО** газовый редуктор отсутствует, в баллон устанавливается насос, который обеспечивает необходимое давление в магистрали (1,5–1,6 МПа). Топливо подается в жидкой фазе к электромагнитным форсункам, преобразование в газообразную фазу осуществляется в коллекторе. 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. Метановое горючее не подходит к этой системе из-за долгого горения такой газовой смеси. Появление ГБО 5 связано с оснащением автомобилей современными электронными системами, которые не совмещались с ГБО 4. Как и в четвертом поколении количество форсунок на двигатели удваивается. Газовое оборудование 5 поколения характеризуется более скоростными форсунками, значительно улучшенными магистралями, использованием газа в жидкой форме. Более эффективное сжигание газовой смеси увеличивает мощность двигателя и снижает расход газа. Увеличение мощности ДВС на 10 % в сравнении с 4-м поколением. Стал возможным сразу запуск двигателя на газу, нет необходимости прогревать двигатель на бензине.

Основными элементами газобаллонной установки 5 поколения являются (рисунок 2):

1. Баллон для сжиженного газа;
2. Насос высокого давления с мультиклапаном);
3. Стыковочный модуль;
4. Высокоскоростные форсунки;
5. Электронный блок ГБО;
6. Переключатель газ/ бензин;
7. Газовые трубопроводы (подающий, возвратный);

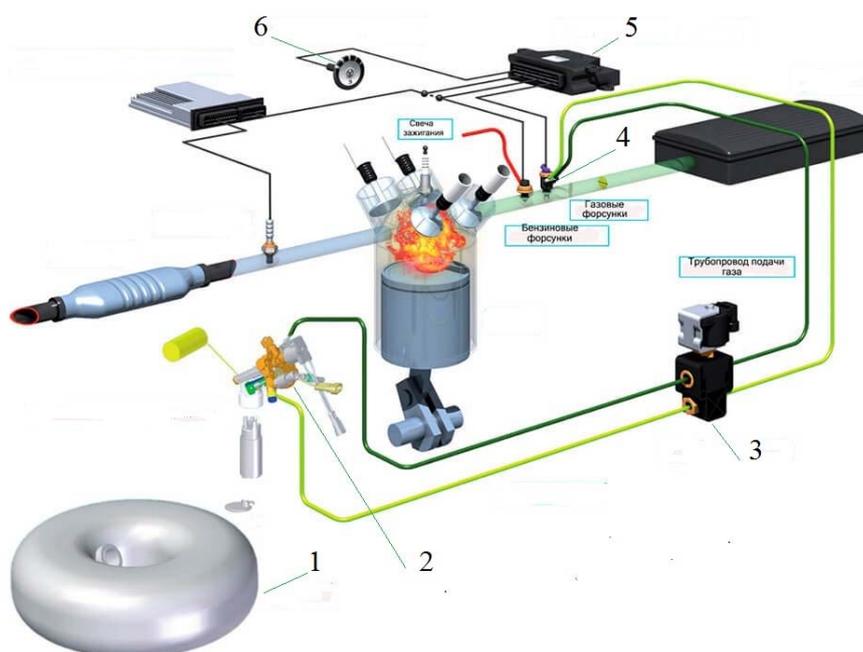


Рисунок 2 – Упрощенная схема пятого поколения ГБО

Электронный блок ГБО имеет свою топливную карту, поэтому корректировка работы системы зажигания и питания не влияет на бензиновый блок управления мотором. Корректировки подачи топлива происходит по массе, поэтому стабильность работы пропанового топлива не зависит от температуры среды и качественных характеристик газовой смеси. Газобаллонное оборудование присоединяется к электросхеме управления двигателя, обмен информацией происходит по высокоскоростному кабелю. Рампа с форсунками работает в режиме, как и при бензине, поэтому различия в работе двигателя не ощущается. Газ по магистралям циркулирует постоянно: выходит по одной магистрали, заходит через другую. Сами трубопроводы отличаются хорошей выносливостью, могут выдержать давление в 20 раз большее рабочего. Однако очень строгие требования к чистоте газовой смеси.

Сравнивая две газовых системы ГБО 4 и ГБО 5, следует отметить самые важные различия (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение систем ГБО 4 и ГБО 5

п/п	Наименование	ГБО 4	ГБО 5
1	Впрыск	Газообразный	Жидкая фаза
2	Переключение с бензина на газ	После прогрева	Моментальное
3	Задействование системы охлаждения	Да	Нет
4	Редуктор-испаритель (наличие)	Есть	Нет
5	Холодный запуск	Нет	Да
6	Газовый топливный насос	Нет	Есть
7	Нормы по выбросам	Евро 3 и Евро 4	Евро 5 и Евро 6
8	Чувствительность к качеству топлива	Нет	Есть
9	Вид топлива	Метан, пропан-бутан	Пропан-бутан

**В 6 поколении систем ГБО** для впрыска бензина и газа используются обычные бензиновые форсунки. В бензиновую магистраль врезан специальный согласующий модуль, который ускоряет процесс перехода с газа на бензин и обратно. Оба вида топлива идут по одним магистралям. Дополнительный электронный блок управления для ГБО 6 поколения не нужен. Все операции (регулировку клапанов, угла опережения зажигания и другие важные функции) выполняются за счет заводской электроники автомобиля.

Основными элементами газобаллонной установки 6 поколения являются (рисунок 3):

1. Баллон со встроенным газовым насосом;
2. Согласующий модуль;
3. Топливный насос высокого давления;
4. Электронный блок ГБО;
5. Переключатель газ/бензин;
6. Газовые трубопроводы (заправочный, подающий, возвратный);
7. Датчики давления, температуры, газовый фильтр.

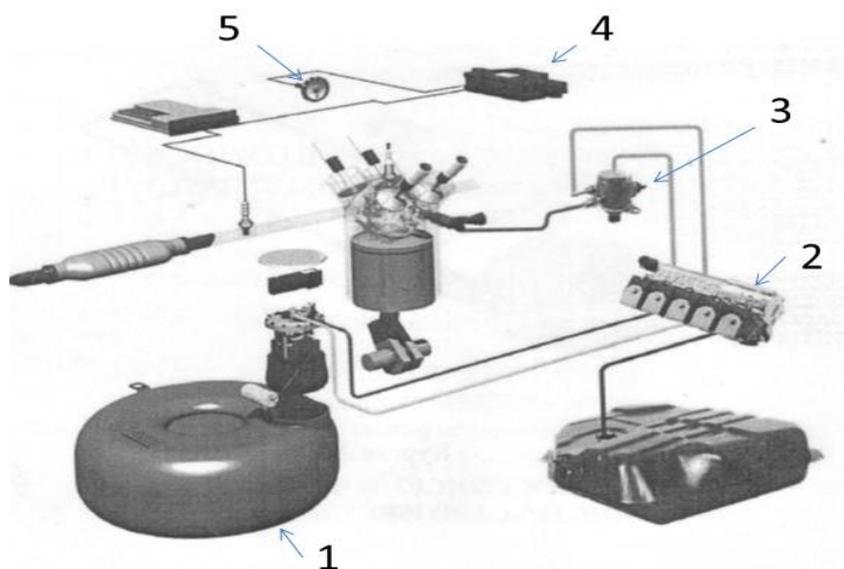


Рисунок 3 – Упрощенная схема шестого поколения ГБО

Топливо в виде жидкого газа перекачивается в согласующий модуль, где автоматически происходит блокировка подачи бензина, далее газовое топливо движется к форсункам по бензиновой магистрали, проходит через бензиновый насос высокого давления и впрыскивается теми же форсунками что и бензин. Неиспользованное газовое топливо возвращается в баллон за счет обратного клапана, установленного в топливном насосе высокого давления. Подача сжиженного газа из баллона в топливную магистраль и включение газового насоса осуществляется по сигналу электронного блока управления при срабатывании датчика открытия водительской двери и двигатель сразу готов к старту на газе даже при отрицательной температуре.

ГБО 6 поколения характеризуется точной дозировкой топлива, гарантируя минимальный расход и максимальную экономию. Работа на двух типах топлива происходит без падения мощности двигателя и динамических характеристик автомобиля. Комплект оборудования занимает меньше места, чем предыдущие поколения ГБО. Срок службы форсунок увеличился, за счет единой магистрали для бензина и газа. Эта газовая система питания не работает на метане и в сравнении с предыдущими ГБО в 3–5 раз дороже.

**7 поколение ГБО** – это система для двигателей с прямым типом впрыска газа. Впрыск выполняется в жидкой фазе через бензиновые форсунки непосредственно в камеру сгорания. В системе питания ГБО 7 газовое топливо практически полностью заменяет бензин, 70% смеси пропан-бутана поступает через газовые форсунки в парообразном состоянии, а 30% – в жидком. ГБО 7 поколения ещё не устанавливается на серийные автомобили, проходит сертификацию и в настоящее время не поступало в продажу.

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

### **2.1 Газовый баллон**

Газовые баллоны под сжиженный газ различаются по конструкции, способу крепежа, месту установки, углу монтажа мультиклапана в горловину, размерам. По форме наиболее распространены баллоны цилиндрические и тороидальные (внутренние, наружные, полнотелые). Устанавливаются баллоны как внутри салона автомобиля, так и. Баллон изготавливается из углеродистого листового металла толщиной 2,5–3,5 мм, имеет повышенный запас по прочности и по давлению. Тороидальные баллоны имеют ёмкость от 27 до 107 литров и диаметр 520-720 мм. Цилиндрические баллоны изготавливаются вместимостью от 10 до 210 литров и диаметром 200-498 мм. Угол фланца под мультиклапан может быть 0°, 30°, 90°. Особенность баллонов 5-6 поколения в конструкции горловины под арматуру с погружным насосом.

### **2.2 Мультиклапан**

Мультиклапан устанавливают на горловину газового баллона. Он выполняет следующие функции исполнительную, контролирующую,

запорную и предохранительную. Основными элементами мультиклапана являются (рисунок 4):

1. Входной канал с обратным клапаном;
2. Температурный клапан;
3. Скоростной клапан;
4. Заборная трубка;
5. Поплавок;
6. Клапан отсечки;
7. Аварийный клапан избыточного давления;
8. Датчик уровня;
9. Электромагнитный клапан перекрытия подачи газа;
10. Выходной канал (запорный вентиль).

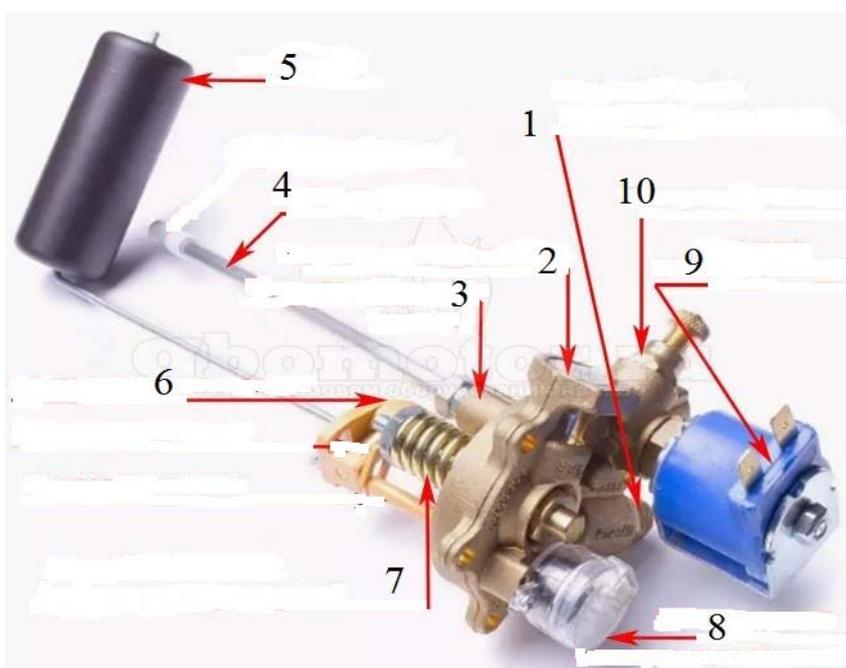


Рисунок 4 – Упрощенная схема мультиклапана ГБО

Благодаря мультиклапану газ поступает в баллон в количестве 80% от его объёма за счет срабатывания клапана отсечки (6). Поплавок (5) и датчик уровня (8) контролируют заполнение газового баллона. При отключении заправочного пистолета обратный клапан (1) под давлением газа предотвращает утечку топлива. Если создается избыточное давление, то аварийный клапан (7) выпускает излишек газовой смеси через вентиляционный канал. Скоростной клапан (3) устроен так, чтобы не допускать утечки газа, если его скорость повышается хотя бы на 1 м/сек, это возможно при разрывах трубопровода. Этот клапан контролирует скорость, с которой газ подается в моторный отсек. Электромагнитный клапан (9) работает дистанционно, он перекрывает канал подачи газовой смеси к двигателю при остановке автомобиля. Ручное перекрытие подачи газа предусмотрено специальными вентилями на входе (1) и выходе (10) мультиклапана.

## 2.3 Редуктор-испаритель

Редуктор-испаритель имеет следующее назначение: сброс давления до рабочего, перевод сжиженного топлива в газообразное состояние и стабилизацию давления газа независимо от давления в топливной магистрали. Редукторы четвертого поколения ГБО характеризуются наличием электромагнитного клапана, управляемым электронным блоком. Электронные редукторы, в отличие от вакуумных, позволяют точнее отрегулировать и удерживать необходимую подачу газа на различных режимах работу двигателя, обеспечивая хорошую экономичность и динамику автомобилю. Он имеет более простое устройство за счет разделенной системы впрыска индивидуально в каждый цилиндр и не требует большого количества высокочувствительных мембран, этим и отличается от вакуумного вариант прежних ГБО. С другой стороны количество датчиков в механизме увеличилось, появился ещё фильтр высокой очистки газа. Как и в прежних конструкциях редуктор имеет две камеры, в которых переход газового топлива из 1-й ступени редуктора во 2-ю происходит с помощью электронного клапана и состоит из следующих элементов (рисунок 5):

1. Входной штуцер;
2. Электромагнитный клапан;
3. Винт регулировки давления;
4. Патрубки для жидкости из системы охлаждения;
5. Выходной штуцер;
6. Датчик температуры.

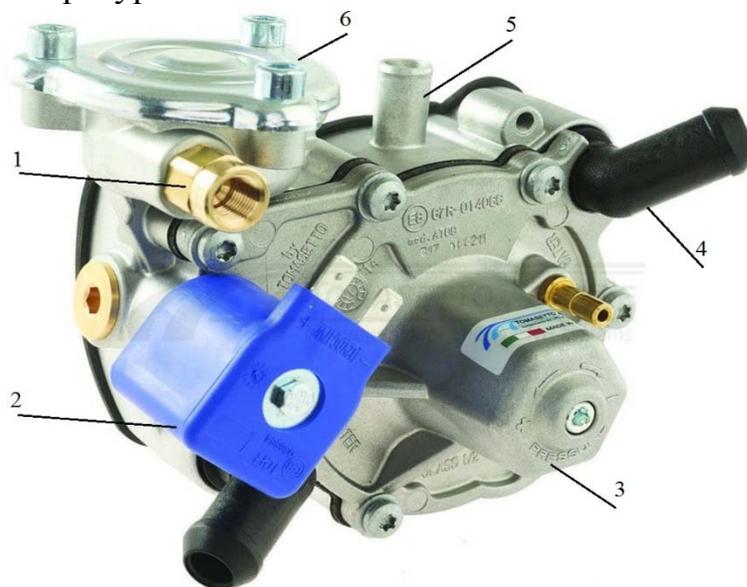


Рисунок 5 – Редуктор-испаритель четвертого поколения ГБО

Работа газового редуктора возможна только после хорошего прогрева машины. Жидкий газ с давлением 1.6 МПа подходит к электромагнитному клапану (2), который подаёт или прерывает газовый поток в первую ступень редуктора. Электромагнитный клапан управляется электронным блоком. Попав под давлением в камеру, газ расширяется и переходит в газообразную

форму за счет резкого расширения падает давление и поглощается большое количество теплоты. Охлаждающая жидкость двигателя в разогретом виде, циркулируя через корпус редуктора, не допускает обморожения его элементов. В редукторе предусматривается особый температурный режим: уровень температуры жидкости для прогрева не может быть меньше 40 С. Испаряясь и накапливаясь в 1 ступени, газ оказывает давление на мембрану первой ступени, которая связана с перепускным клапаном. Далее газ по каналу подходит к клапану второй ступени. Вторая ступень состоит из камеры, клапанного механизма и чувствительной мембраны, жестко связанной с клапаном. При работающем ДВС, открытом электромагнитном клапане, газ забирается из второй ступени, создавая в камере отрицательное давление. Вторая ступень редуктора служит дозатором газового топлива. Мембрана четко реагирует на изменения давления и работает на клапан с силой пропорциональной разрежению в камере, чем выше разрежение, тем больше открывается клапан и на более долгое время, изменяя количество газа, которое потребовалось двигателю автомобиля на любых оборотах. Из редуктора газ в паровой фазы устремляется к форсункам под рабочим давлением равным 0,1 – 0,14 МПа.

#### **2.4. Форсунки**

Форсунки бывают штоковые, игольчатые и мембранные. Основной функцией служит дозирование топлива, поступающего во впускной коллектор. В отличие от бензиновых форсунок газовые имеют дозирующие отверстия намного больше и объем подаваемого газа на много превышает количество бензина, требуемого для распыления. Газ лучше смешивается с воздухом чем бензина, поэтому давление в газовой форсунке ниже, чем в бензиновой. Рабочее давление газовых форсунок 0,06 -0,45 МПа. Они обычно устанавливаются в единой рейке/рампе, на некоторые типы форсунок могут устанавливаться по отдельности с разнесением друг от друга.

В ГБО 4 чаще всего используются штоковые форсунки, установленные в рейке/рампе (рисунок 6) и включают следующие элементы:

1. Катушка электромагнитная;
2. Гильза со штоком;
3. Жиклер (распылитель);
4. Рампа;
5. Уплотнительные кольца.



Рисунок 6 – Форсунки четвертого поколения ГБО

При подаче напряжения на обмотку катушки, закрепленной на гильзе, в ней возникает электромагнитное поле, которое втягивает запорный шток, открывая путь газу. При снятии напряжения запорный шток возвращается в посадочное место, толкаемый пружиной. Подача прекращается. От скорости срабатывания форсунок зависит точность подачи топлива и экономия. Обычно время срабатывания 2,8-3 миллисекунды и более. Игольчатые форсунки более скоростные (до 2 миллисекунд), точнее дозируют топливо, самоочищаются от отложений и засоров, работают бесшумно. Высокая скорость срабатывания характерна и для мембранных форсунок, которые не нуждаются в настройке, но чувствительны к примесям в газе и более шумная работа. У обычных форсунок сопротивление катушки составляет – 3 Ом, рабочее давление – от 0,05 до 0,2 МПа. Их устанавливают на двигатели не большой мощности, для двигателей с большим рабочим объемом и мощностью требуются скоростные форсунки.

Форсунки 5 и 6 поколения более сложные и устроены как бензиновые. Жидкий газ подается к электромагнитным форсункам, по одной на каждый цилиндр двигателя, так же как и в бензиновых топливных системах. Фазу и дозировку впрыска жидкого газа через форсунки определяет штатный бензиновый процессор в согласовании с газовой системой. Форсунки имеют ультра короткое время открытия, время срабатывания 0,7 – 1,2 миллисекунды. Избыточный жидкий газ, подаваемый по магистрали в форсунке, возвращается в баллон посредством шланга обратной подачи. Газовые форсунки работают в режиме бензиновых. При этом они все скоростные и работают с большим давлением до 0,45 МПа.

### **3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

3.1 Уяснить назначение и классификацию систем питания газобаллонных автомобилей [1], [2], [3], [5]

3.2 Изучить основные свойства, состав и отличительные особенности ГБО 4, 5, и 6 поколения [1], [2], [4].

3.3 Ознакомиться с конструкцией и взаимодействием основных элементов газобаллонной системы питания (баллон с мультиклапаном, газовый редуктор, форсунка, согласующий модуль) [2], [3], [4].

3.4 Разобраться с принципом действия системы питания на сжиженном газе при различных режимах работы и мощности двигателя) [3], [4], [5].

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

### **4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ.**

1. Какое топливо применяют для газобаллонной системы питания автомобилей
2. Какое давление газа в баллонах системы питания газобаллонных автомобилей.
3. Какое октановое число имеет топливо газобаллонных автомобилей.
4. Чем отличается система питания газобаллонных автомобилей 4 и 5 поколения ГБО.
5. Назвать основные части системы питания, находящиеся под высоким давлением ГБО 4.
6. Назвать основные части системы питания, находящиеся под давлением близким к атмосферному.
7. Каково назначение газового редуктора современной системы питания газобаллонного автомобиля.
8. Назвать основные части системы питания, находящиеся под высоким давлением ГБО 5.
9. Чем отличается система питания газобаллонных автомобилей 5 и 6 поколения ГБО.
10. Где и как устанавливаются газовые форсунки бензиновых двигателей.
11. Назначение, место расположение и работа мультиклапана.
12. В какие системы ГБО устанавливают насос высокого давления.
13. Назначение и принцип действия согласующего модуля системы питания ГБО.
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 и клапана отсечки.
18. Каким образом происходит заполнение газового баллона сжиженным газом.
19. Какие элементы системы питания ГБО 6 соединены трубопроводом высокого давления.
20. Каким двигателям внутреннего сгорания необходимы высокоскоростные форсунки.
21. Достоинства и недостатки автомобиля с газобаллонным оборудованием.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Нарисовать общую схему системы питания газобаллонного автомобиля (по выбору), дать её описание. Сопоставить в виде таблицы основные параметры систем питания 5 и 4 поколения (давление, состояние применяемое топливо, количество основных элементов, безопасность в эксплуатации, топливная экономичность, особенности эксплуатации).

Составить полный перечень деталей узла системы питания по указанию преподавателя. Дать письменный ответ на один-два вопроса по п.4 по выбору преподавателя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотницкий В.А. Автомобильные газовые топливные системы. – М.: Издательство «АСТ», 2007. – 128 с.
2. Лиханов В.А., Девятьяров Р.Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования. Учебное пособие. – Киров: Изд-во Вятская ГСХА, 2006. – 183 с.
3. Золотницкий В.А.. Система питания газобензиновых автомобилей. – М.: Издательский Дом Третий Рим, 2001. – 80 с.
4. Золотницкий В.А. Новые газотопливные системы автомобилей. – М.: Издательский Дом Третий Рим, 2005. – 64 с.
5. Зайцев А.В., Сергеев А.Л. Системы питания газобаллонных автомобилей. Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Курган: КГУ, 2015. – 15 с.

Сергеев Александр Леонидович  
Зайцев Алексей Викторович

## **ГАЗОВАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Методические указания  
к проведению лабораторных занятий  
для студентов специальности 23.05.01,  
направления подготовки 23.03.03

Авторская редакция

---

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага 80 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,0	Уч.-изд. л. 1,0
Заказ	Тираж 25	

---

Библиотечно-издательский центр КГУ.  
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.