

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Кузьменко И.В.

## **СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВС**

Учебно-методические указания для выполнения  
лабораторной работы  
по дисциплине: «Тракторы и автомобили»  
студентами инженерно-технологического факультета  
по направлению подготовки:  
35.03.06 Агроинженерия  
профиль: Технические системы в агробизнесе  
профиль: Технический сервис в АПК  
по направлению подготовки:  
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы  
профиль: Машины и оборудование природообустройства и  
дорожного строительства

Брянская область 2021

УДК 621.433 (076)

ББК 39.35

К 89

Кузьменко, И. В. Система питания газовых ДВС: учебно-методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили» студентами инженерно-технологического факультета по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия; профиль «Технические системы в агробизнесе»; профиль «Технический сервис в АПК» по направлению подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»; профиль «Машины и оборудование природообустройства и дорожного строительства» / И. В. Кузьменко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - 25 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению систем питания газовых поршневых двигателей внутреннего сгорания. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: к.т.н., доцент Будко С.И.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института, протокол №5 от 26 февраля 2021 года.

© Брянский ГАУ, 2021  
© Кузьменко И.В., 2021

## СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВС

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с назначением, устройством, принципом действия систем питания газовых двигателей, деталей из которых они состоят, особенностями их конструкций.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:** изучить вышеуказанные системы питания двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающих видеофильмов, рассмотреть детали системы и их расположение на разрезах макетов ДВС.

### **ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:**

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали системы питания, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

*Газовыми* называются двигатели, работающие на газообразном топливе — сжатых и сжиженных газах. Кроме того, такие двигатели способны работать и на бензине.

### **Газообразное топливо**

В качестве газообразного топлива в двигателях внутреннего сгорания применяются природные газы, попутные газы, выделяющиеся при добыче и переработке нефти, попутные промышленные газы, а также газы, получаемые из твердых топлив путем их газификации.

Газообразное топливо является механической смесью различных горючих и инертных газов. В общем случае химическую формулу любого содержащего углерод С, водород Н и кислород О горючего или негорючего компонента, входящего в состав газообразного топлива, можно представить в виде  $C_nH_mO_r$ .

Наибольшее применение в качестве топлива получили природные газы и газы, сопутствующие добыче и переработке нефти. Основным компонен-

том природных газов является метан  $\text{CH}_4$ , содержание которого достигает 98 %. Нефтяные попутные газы состоят главным образом из пропана и бутана.

Газообразные топлива обладают такими же эксплуатационными свойствами, что и бензины. По сравнению с бензином процесс образования горючей смеси из газа и воздуха более совершенен, так как оба компонента находятся в одинаковом агрегатном состоянии. Это обеспечивает устойчивое более полное сгорание газозвушной смеси, меньшее в 3...5 раз содержание токсичных веществ в выпускных газах двигателя, а также уменьшение нагара на его деталях.

Газообразные топлива обладают высокой детонационной стойкостью (октановым числом, определяемым по моторному методу, равным 80...110), что позволяет использовать их в двигателях с более высокой степенью сжатия. Поэтому показатели мощности и экономичности двигателей, работающих на газообразном топливе, могут быть выше, чем у двигателей, работающих на бензине.

Газообразное топливо имеет более низкую объемную теплоту сгорания, чем жидкое нефтяное топливо. В связи с этим на транспортных средствах, работающих с газовыми двигателями для обеспечения их достаточного пробега необходимый запас газообразного топлива хранят в сжатом или сжиженном состоянии. Сжатый природный газ находится в баллонах под давлением до 20 МПа, а сжиженный — в криогенных сосудах при  $-162^\circ\text{C}$ ; при этом значении температуры он занимает в 640 раз меньший объем, чем в газообразном состоянии. Сжиженный нефтяной попутный газ (пропан-бутановая фракция) содержат в баллонах под давлением до 1,6 МПа.

Газообразное топливо используют в двигателях с принудительным зажиганием и в дизелях при газожидкостном цикле или при непосредственном впрыскивании сжиженного газа в цилиндр и воспламенением от сжатия.

Сжатый природный газ получил широкое применение в автомобильном транспорте, сжиженный природный газ — в мощных дизелях судов, а в перспективе — в дизелях большегрузных автомобилей и тепловозов.

Одним из перспективных видов топлива для транспортных двигателей является жидкий водород, который можно получать из воды с использованием ядерной энергии.

Ресурсы водорода практически неограниченны, а продукты его сгорания безвредны. В настоящее время водород используют как добавку в небольшом количестве в углеводородных топливах для интенсифицирования процессов его горения.

### **Система с внешним смесеобразованием на сжиженной смеси пропана-бутана**

Системы питания газовых двигателей с внешним смесеобразованием, работающих как на сжиженном, так и на сжатом газе предназначена для очистки газа и воздуха, приготовления газозвушной смеси требуемого качества, подачи ее в цилиндры двигателя в необходимо количестве и отвода из цилиндров отработавших газов.

При работе двигателя сжиженный газ в жидком виде из баллона 10 (рис.1) через жидкостный 11 и магистральный вентиль 7 поступает в испаритель 1, обогреваемый горячей жидкостью системы охлаждения. Из испарителя 1 газ в парообразном виде поступает в фильтры 3 и 4, а затем в газовый редуктор 2, в котором давление газа снижается до атмосферного. Из редуктора газ поступает в смеситель 15, где смешивается с воздухом, поступающим через воздухоочиститель. Образовавшаяся газозвушная смесь поступает в цилиндры.

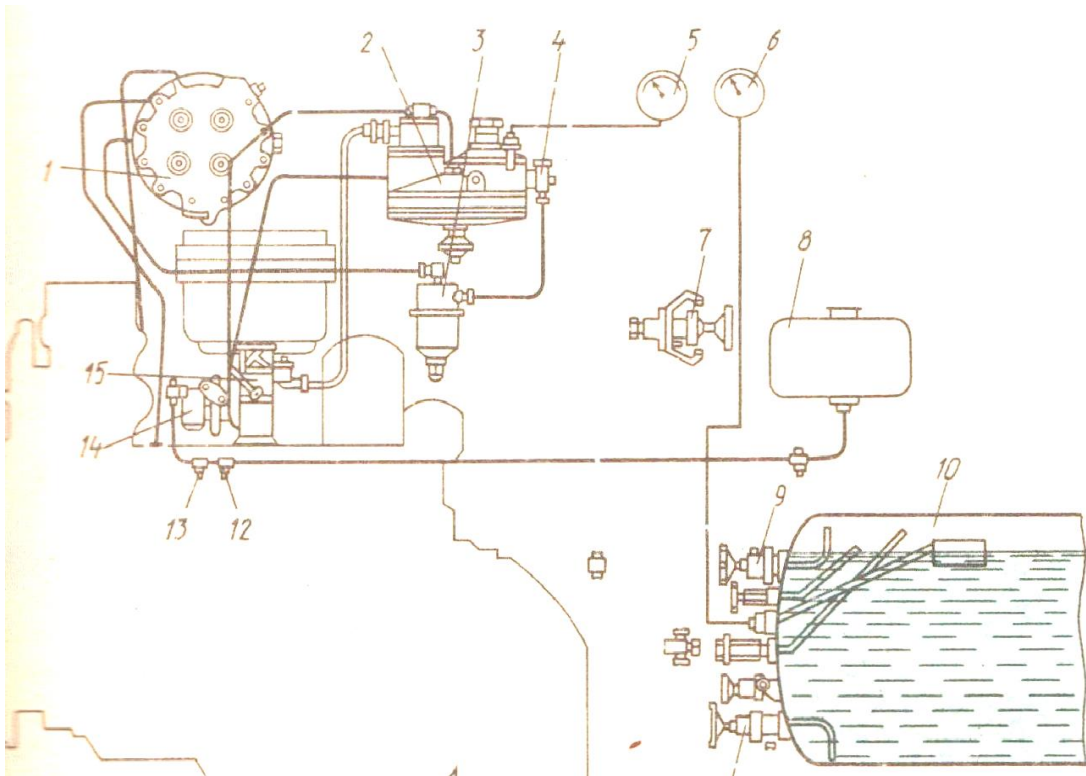


Рисунок 1 – Система питания двигателя сжиженным газом

**Баллон** предназначен для хранения сжиженного газа под давлением 1,6 МПа.



а



б

Рисунок 2 – Резервуары для хранения газа

На рисунке 2 представлены цилиндрический (а) и тороидальные (б) газовые баллоны. Ёмкости производятся в соответствии с ГОСТ 33986-2016. Толщина стенки варьируется от 2.5 до 3.5 мм. Эти виды используются для пропан-бутановой топливной смеси. Размеры этих баллонов для ГБО почти не ограничены. Тороидальные баллоны хорошо подходят для легковых автомобилей. Их размещают в нишах запасных колес. Цилиндрические чаще устанавливают на автобусы и грузовики. У производителей можно найти надежные конструкции объемом до 200 литров. Устанавливать можно как внутри авто, так и снаружи. Последний вариант встречается чаще на больших транспортных средствах.

**Электромагнитный клапан с фильтрующим элементом.** К этому элементу газ поступает по топливопроводу (19) от резервуара при открытом магистральном вентиле баллона. При включении зажигания напряжение подается на электромагнитный клапан 17 (рис. 3). Клапан открывает впускное отверстие 18 и газ через фильтрующий элемент 16 продолжает двигаться к испарителю.

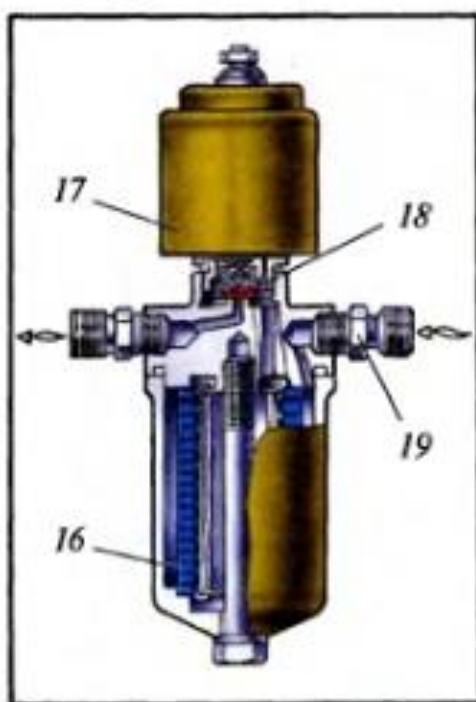


Рисунок 3 – Газовый клапан с фильтром

При выключении зажигания напряжение перестаёт поступать на катушку и клапан под действием пружины закрывает канал поступления газа в систему.

**Испаритель** предназначен для превращения сжиженных газов в газообразное состояние перед поступлением их в редуктор. Испаритель (рис.4) состоит из металлического корпуса, связанного с системой охлаждения двигателя внутри которого проходит трубчатый змеевик. Сжиженный газ, проходя по змеевику, испаряется в нем. Полученный газ поступает через фильтры к разовому редуктору.

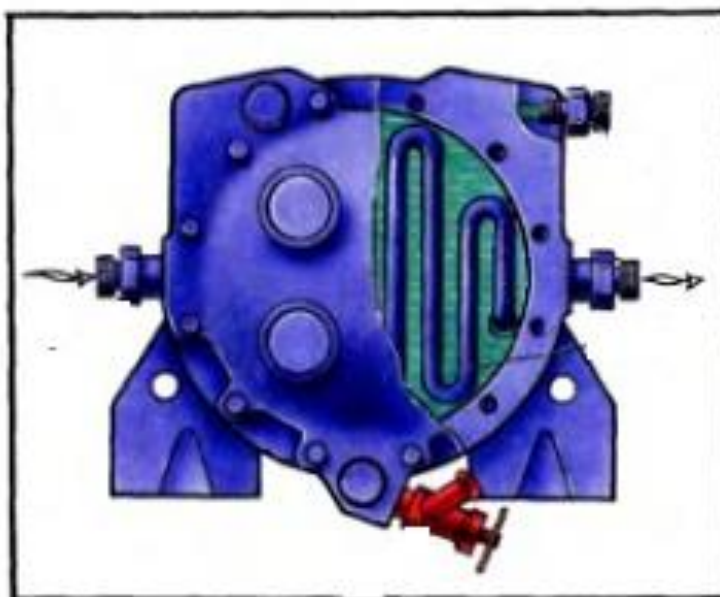


Рисунок 4 - Испаритель

**Газовый редуктор** предназначен для снижения давления газа, поступающего из баллона, для автоматического изменения количества и состава газа, подаваемого в смеситель и для мгновенного прекращения подачи газа при остановке двигателя. В большинстве случаев устанавливают двухступенчатые редукторы мембранно-рычажного типа (рис.5). Чаще всего в современном ГБО применяются редукторы – испарители в которых два элемента размещают в одном корпусе.



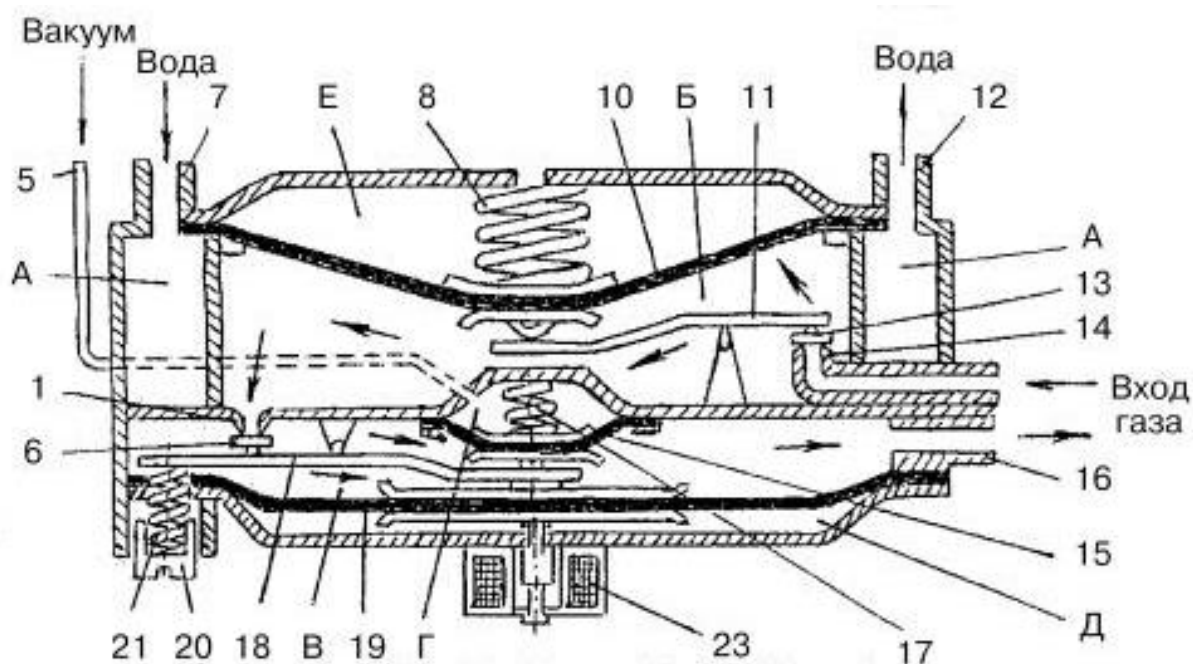


Рисунок 5 – Двухступенчатый газовый редуктор – испаритель.

1 – седло клапана второй ступени; 2 – регулировочный винт системы холостого хода; 3 – клапан холостого хода в сборе с диафрагмой; 4 – пружина клапана холостого хода; 5 – штуцер вакуумного канала; 6 – клапан второй ступени; 7, 12 – патрубки ввода и вывода охлаждающей жидкости; 8 – пружина первой ступени; 9 – регулировочная шайба; 10 – диафрагма первой ступени; 11 – рычаг клапана первой ступени; 13 – клапан первой ступени; 14 – седло клапана; 15 – диафрагма разгрузочного устройства; 16 – канал выхода газа; 17 – пружина разгрузочного устройства; 18 – рычаг клапана второй ступени; 19 – диафрагма второй ступени; 20 – винт регулировки давления во второй ступени; 21 – регулировочная пружина второй ступени; 22 – клапан; 23 – электромагнитное пусковое устройство; А – полость для теплоносителя в испарителе; Б – полость первой ступени; В – полость второй ступени; Г – полость разгрузочного устройства; Д, Е – полости атмосферного давления.

Работает редуктор следующим образом:

*1. Двигатель еще не работает, зажигание включено, электромагнитный клапан газа открыт.*

Газ, поступающий в редуктор по магистрали через открытый клапан (13), заполняет полость (Б) первой ступени, в которой создается избыточное давление. В результате перепада давлений в полостях (Б) и (Е) (полость (Е) всегда сообщается с атмосферой) на диафрагме (10) возникает усилие, уравновешивающее усилие пружины (8) и давление газа, поступившего через клапан (13) со стороны магистрали. Диафрагма (10) начинает перемещаться вверх, преодолевая усилие пружины (8), и закрывает связанный с ней через рычажную передачу клапан (13), герметично прижимая его к седлу. Герметичность обеспечивается кольцевым выступом седла и резиновым уплотнителем клапана. Дальнейшее поступление газа в полость (Б) прекращается. Диафрагма в этом случае выполняет функцию автоматического вентиля.

При снижении давления в полости (Б) до определенного значения давление газа на диафрагму (10) становится недостаточным для удержания клапана (13) в закрытом положении. Под действием суммарного усилия от пружины (8) и давления газа во входной газовой магистрали клапан (13) открывается, и давление в полости (Б) возрастает. Вновь поднимается вверх диафрагма (10), преодолевая усилие сжимающейся пружины (8), и клапан (13) закрывается – в полости (Б) устанавливается постоянное избыточное давление.

Давление в первой ступени редуктора можно отрегулировать с помощью регулировочной прокладки под пружиной (8), изменяющей её усилие.

Разгрузочное устройство удерживает клапан второй ступени (6) под действием пружины (17) в закрытом положении, и клапан оказывается плотно прижатым к седлу (1) дополнительной пружиной (21) регулировочного винта (20).

*2. Перед пуском двигателя.*

Клапан (6) открывается под действием электромагнитного пускового устройства (23), управляемого переключателем вида топлива. После этого газ

поступает в полость В второй ступени и через выходной патрубок (16) подается в смеситель.

### *3. При пуске двигателя.*

Во впускной системе двигателя увеличивается разрежение, которое передается через вакуумный штуцер (5) в полость (Г) разгрузочного устройства. Увлекаемый упорным диском рычаг (18) приподнимается, частично открывая клапан (6) второй ступени, вследствие чего газ начинает понемногу поступать через полость (В) на выход к смесителю.

### *4. Двигатель работает на холостом ходу.*

Через патрубок (16) отвода газа и тройник-дозатор, установленный за пределами редуктора, газ подается в смеситель, где формируется газоздушная смесь, которая проходит по впускному трубопроводу в двигатель.

### *5. Двигатель работает с малой и средней нагрузкой.*

По мере открытия дроссельной заслонки первой камеры карбюратора и при относительно небольшой частоте вращения коленчатого вала двигателя расход воздуха, поступающего через всасывающий коллектор, возрастает, разрежение в диффузоре карбюратора усиливается и, как следствие, в полости В понижается давление газа и увеличивается разрежение, которое воздействует на диафрагму (19). Диафрагма прогибается вверх и открывает клапан (6), увеличивая расход газа.

В то же время вследствие разрежения в полости (Г) происходит изгиб диафрагмы (15), поднятие рычага (18), а также открытие клапана (6) на величину, необходимую для впуска небольшого количества газа. Одновременно клапан (13) первой ступени все больше открывается под действием пружины (8), и через него пропускается необходимое количество газа.

Диафрагмы (19) и, частично, (15) автоматически регулируют подачу газа в соответствии с разрежением во впускном коллекторе. Из редуктора через патрубок (16) газ поступает в двигатель.

*б. Двигатель работает при полной нагрузке.*

Дроссельная заслонка приближается к положению полного открытия. Разрежение в полости (В) возрастает. Это увеличивает перепад давлений в полостях (В) и (Д), (В) и (Б), что в свою очередь приводит к возникновению дополнительных усилий, действующих на диафрагму (19) и клапан (6). По мере открытия клапана (6) увеличивается расход поступающего через него газа.

Разрежение в полости (Б) первой ступени редуктора также возрастает, растет перепад давлений в полостях (Б) и (Е). Под влиянием усилий, действующих на диафрагму (10), открывается клапан (13), через который устремляется газ. Чем больше становится нагрузка на двигатель, тем шире открываются клапаны (6) и (13), увеличивая подачу газа, что приводит к обогащению газозоудшной смеси, обеспечивая работу двигателя на полную мощность.

**Смеситель** предназначен для приготовления необходимого количества газозоудшной смеси требуемого качества. На современных газовых двигателях применяют смесители двухкамерные, с одновременным открытием дроссельных заслонок, с системой холостого хода и с экономайзерным устройством.

Основным показателем совершенства работы газового смесителя является обеспечение необходимого коэффициента избытка воздуха в зависимости от режима работы двигателя. Законы приготовления газозоудшной и бензозоудшной горючей смеси аналогичны.

Для лучшего перемешивания газа с воздухом и получения более равномерного состава смеси в цилиндрах в некоторых конструкциях газосмесительных устройств газовый поток разделяют на отдельные струи с помощью отверстий в диффузоре б (рис. б).

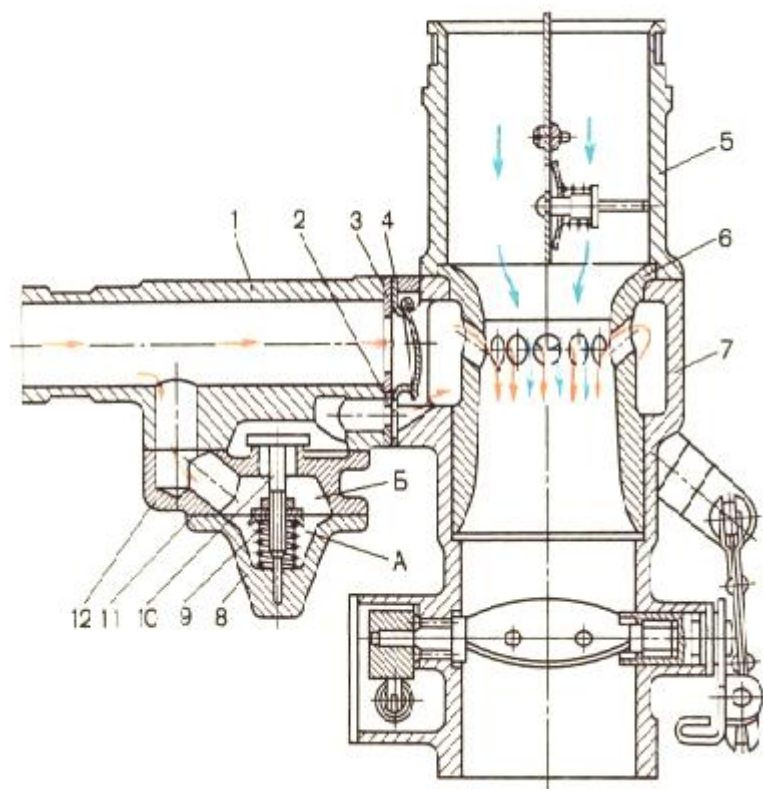


Рисунок 6 - Газовоздушный смеситель автомобильного типа:

*A* — вакуумная полость экономайзера; *B* — газовая полость экономайзера;  
*1* — входной патрубок для газа; *2* — дозирующая шайба; *3* — дозирующая шайба для режимов частичных нагрузок; *4* — обратный клапан; *5* — корпус воздушной горловины; *6* — диффузор с отверстиями для выхода газа; *7* — корпус смесительной камеры; *8* — крышка экономайзера; *9* — пружины; *10* - клапан экономайзера; *11* — мембрана; *12*— корпус экономайзера.

Качественное и количественное регулирование горючей смеси в газовоздушном смесителе осуществляется воздушной и газовоздушной заслонками.

Для обогащения горючей смеси, необходимого при работе двигателя с полной (номинальной) нагрузкой, в конструкции смесителя имеется дозирующее обогатительное устройство. Вакуумная полость *A* экономайзера соединена с впускным трубопроводом двигателя за газовоздушной заслонкой (на рис. 6 не показано). При работе на частичных

нагрузках, когда при прикрытой газовой заслонке создается относительно высокий вакуум во впускном трубопроводе, мембрана 11 вследствие разности давлений в полостях *A* и *B* сжимает пружину 9 и удерживает клапан 10 экономайзера в закрытом положении. Газ поступает в диффузор смесителя через отверстие, соответствующее экономичной регулировке шайбы 3. При полном открытии газовой заслонки, когда вакуум во впускном трубопроводе относительно низкий, пружина 9 отжимает мембрану 11 вверх и открывает клапан 10 экономайзера. В диффузор поступает дополнительное количество газа через отверстие, соответствующее мощностной регулировке шайбы 2.

### **Система с внешним смесеобразованием на сжатом метане**

Принцип работы газобаллонного оборудования на природном газе (метане) очень схож с работой на сжиженной смеси пропана-бутана. Метан – это природный газ, который не имеет запаха и является одним из простейших углеводородов. ГБО метан – одним из первых получило широкое распространение в нашей стране. Объяснялось это относительной простотой и дешевой заправкой автомобилей этим типом топлива, а также его доступностью. Метан, в отличие от бензина, не нужно подвергать дополнительной обработке после выработки. Достаточно компрессорной установки, которая способна сжать газ до уровня в 210 Па. После сжатия, с будущим топливом проводят подготовительные действия:

- Проводят очистку от примесей,
- Добавляют одорант для получения запаха,
- Немного высушивают.

Чтобы утечка газа была вовремя обнаружена, в него добавляют специальную присадку (одорант) этилмеркаптан. Именно благодаря ему, в случае утечки, мы чувствуем знакомый всем «запах газа».

К плюсам этого топлива относят:

1. Высокое октановое число (от 108 до 120). Это положительно влияет на динамику автомобиля и увеличивает срок эксплуатации двигателя.
2. Метан легче воздуха. Это значит, что при утечке газ будет испаряться в атмосферу, а не собираться под автомобилем, как пропанобутановая смесь.
3. Газ имеет постоянный и качественный состав, в отличие от пропанобутановой смеси, которая может быть летняя или зимняя, с большим либо меньшим преобладанием компонентов смеси.
4. Метан не подвержен влиянию температуры окружающей среды. Автомобиль работает стабильно и при температуре -30, и при температуре +40 градусов.
5. Считается, что взрывоопасная концентрация этого газа в воздухе достигается при величине более 5%, что вдвое больше, чем у пропана. Поэтому принято говорить о том, что метан более безопасное топливо в сравнении с пропаном.

Одним из минусов считается КПД такого вида топлива. В среднем двигатель автомобиля сжигает на 10-20% газа больше, нежели бензина, при этом потеря мощности автомобиля может составлять от 5 до 25-30 процентов. Связано это с тем, что метан имеет меньшую теплоотдачу, нежели бензин, а при попадании в цилиндры двигателя занимает там больший объем. Из первого минуса вытекает второй. В баллон помещается в среднем, около 15 кубометров газа, а по расходу топлива 1 кубометр газа примерно равен 1 литру бензина. В итоге получаем либо малый запас хода, либо громоздкую конструкцию из баллонов с газом. И заключительный минус vyplывает из пер-

вых двух. С увеличением количество баллонов возрастает и масса автомобиля, а следовательно, увеличивается и средний расход топлива авто. Баллоны для метана должны иметь более прочные стенки, нежели для пропановых резервуаров. Связано это с высоким давлением, под которым содержится природный газ. Давление в баллоне достигает порядка 220 атмосфер. Стенки баллона ГБО для метана должны иметь толщину 6 мм и выше. Коррозия и следы механического воздействия недопустимы!

Чтобы максимально увеличить прочность такого баллона используют бесшовную конструкцию. Зачастую вес баллона ГБО для метана начинается от 60 кг, а объем газа, который может быть размещен в резервуаре, находится в пределах от 11 до 15 кубометров. Еще одним отличием от привычного пропана является форма баллона – для метана баллон должен быть исключительно цилиндрический. Использование тороидальных баллоном в этом случае недопустимо.

## **Классификация газовых систем питания**

По принципу работы, применяемые в настоящее время газовые системы, можно разделить на четыре поколения:

### *ГБО 1 поколения.*

Механические системы с вакуумным управлением, которые устанавливаются на бензиновые карбюраторные автомобили.

### *ГБО 2 поколения*

Механические системы, дополненные электронным дозирующим устройством, работающим по принципу обратной связи с датчиком содержания кислорода (лямбда-зонд). Они устанавливаются на автомобили, оснащенные инжекторным двигателем и каталитическим нейтрализатором отработавших газов.



### *ГБО 3 поколения*

Системы, обеспечивающие распределенный синхронный 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.

### *ГБО 4 поколения*

Системы распределенного последовательного впрыска газа с электромагнитными форсунками, которые управляются более совершенным электронным блоком. Как и в системе предыдущего поколения, газовые форсунки устанавливаются на коллекторе непосредственно у впускного клапана каждого цилиндра.

### *ГБО 5 поколения*

Особенность в том, что горючка подается в жидком виде. Специально установлен газовый насос, нагнетающий и циркулирующий топливо по трубопроводу к форсункам под давлением. Отпала необходимость в охлаждении, а соответственно в редукторе-испарителе, так как были созданы специальные форсунки, позволяющие подавать жидкий газ в коллектор. То есть теперь, возможно запускать ДВС в любую погоду, непосредственно с газа.

### *ГБО 6 поколения*

Последняя ныне версия (рис.7) подойдет не для каждого ДВС, а только для тех, где инжектор оснащается насосом высокого давления (ТНВД), то есть это ДВС с непосредственным впрыском.

Из баллона газ под давлением насоса движется к регулятору давления, далее к фильтру первой очистки (грубой). Далее топливо проходит через второй фильтр и попадает на рампу форсунок. Какую именно порцию газа подать на форсунки, определяет ЭБУ ГБО согласно полученным данным с

датчиков. Для принятия «решений», принимаются к сведению показания датчиков и лямбда-зондов. Газовый блок управления направляет импульсы, по которым форсунки открываются в определенной последовательности или по времени. Таким образом, фазируя впрыск и порции газа. Из форсунок газ попадает во впускной коллектор.

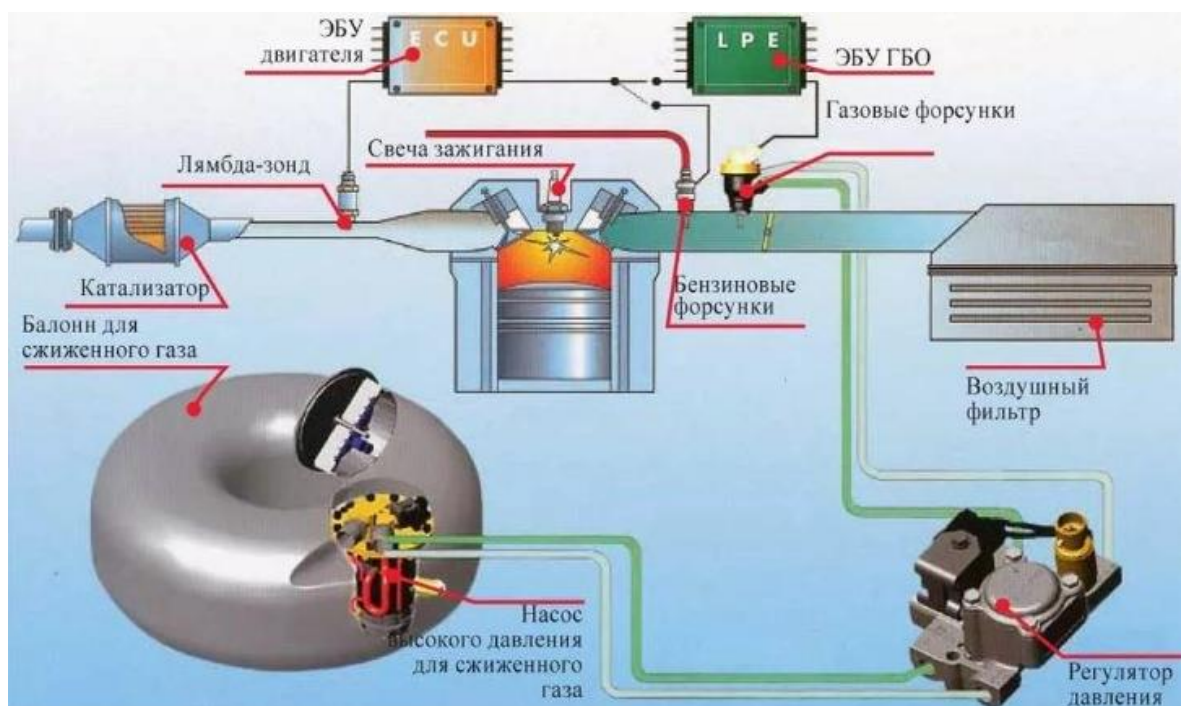


Рисунок 7 – ГБО 6-го поколения.

Системы первого и второго поколений имеют ряд недостатков, и не отвечают действующим в настоящее время стандартам ЕЭК ООН. Токсичность отработавших газов (ОГ) автомобилей, оснащенных такими системами, как правило, находится на уровне норм ЕВРО-1, которые действовали в Европе до 1996 года, и лишь в отдельных случаях приближаются к нормам ЕВРО-2. В связи с этим производители газового оборудования разработали системы третьего и четвертого поколений, которые находят все большее распространение.

Системы с распределенным впрыском газа конструктивно сложнее, а значит дороже. Вместе с этим, по сравнению с механическими системами они имеют ряд преимуществ:

- точное дозирование подачи газа;
- меньший расход топлива;
- снижение мощности двигателя только на 2-3% (у систем 1-2 поколений — 5-7%);
- снижение токсичности отработавших газов до норм ЕВРО-4 и ЕВРО-5;
- отсутствие режимов обеднения смеси, которые приводят к резкому повышению температуры впускных и выпускных клапанов и выходу их из строя;
- исключение «хлопков» — эффект возникающий при воспламенении топливной смеси во впускном коллекторе, разрушающий датчики массового расхода воздуха, корпуса воздушных фильтров и другие элементы.

### Газовые установки на дизельных ДВС

В случае с дизелем за основу выбирается схема 4 или 5 поколений ГБО, позволяя современному [турбодизелю](#) работать на сжиженном газе. В результате такой мотор часто называют *газодизелем* благодаря установленному ГБО. При этом важно понимать, что сам процесс установки и настройки сильно отличается от аналогичной процедуры на бензиновых моторах. Другими словами, поставить ГБО на дизель является более сложной задачей, которая требует значительных доработок.

На сегодняшний день существует два принципиальных способа установки газового оборудования (ГБО) на дизель.

Первый — полное переоборудование на стопроцентное питание газом, для чего двигатель подвергается основательной модернизации. Так как октановое число метана, к примеру, достигает 120, то штатная степень сжатия дизельного двигателя для него слишком высока, и чтобы избежать детонации и, как следствие, быстрого разрушения агрегата, ее необходимо снизить до

12:1-14:1. Кроме того, температура самовоспламенения газа составляет около 700°C против 320-380°C у дизтоплива, потому воспламениться от сжатия он не может и для его поджига цилиндры необходимо оснастить системой искрового зажигания, как на бензиновых моторах. Разумеется, обратной переделке под дизтопливо такой агрегат не подлежит.

Но есть и более простой и дешевый вариант установки ГБО на дизель, основанный на комбинированном режиме питания, собственно газодизель. Основным топливом здесь по-прежнему является дизельное, однако часть его замещается газом — метаном или пропаном. Дизельное топливо при этом выполняет запальную функцию топливовоздушной смеси — ведь для воспламенения газа необходим искровой или запальный разряд. Степень же замещения основного топлива дополнительным зависит от нагрузки на двигатель и, собственно, самой топливной аппаратуры — оригинальной дизельной и устанавливаемой газовой. В настоящее время системы ведущих мировых производителей позволяют замещать до 50% дизтоплива в случае с метаном и до 30% — в случае с пропаном. В остальном газодизельные системы мало отличаются от ГБО 4 поколения для бензиновых моторов. Отсюда и их основные преимущества.

#### Преимущества газодизельных систем

1) Простота монтажа: комплекты оборудования универсальны, подходят для всех типов дизельных двигателей с электрооборудованием как 12V, так и 24V, включая самые современные, и не требуют разборки и модификации силового агрегата, а переход на исходный дизельный режим возможен в любой момент времени простым нажатием на кнопку переключателя в кабине водителя.

2) Увеличение КПД и ресурса. Добавка дозы газа повышает мощность и крутящий момент двигателя — с турбонаддувом рост показателей может достигать 30%. При этом двигатель работает заметно тише и эластичнее, а

благодаря снижению нагрузки на систему подачи дизельного топлива увеличивается срок службы ее элементов, особенно в случае с непосредственным впрыском Common Rail, работающим с переменным высоким давлением в зависимости как раз от нагрузки.

3) Экономика и экология. Замещение части дизтоплива газом позволяет до 20% снизить стоимость эксплуатации автомобиля по отношению к стоимости эксплуатации его только на дизельном топливе. А изменение состава и существенное снижение объема отработавших газов улучшает экологические показатели двигателей, уменьшает токсичность и дымность выхлопа и содержание в нем твердых частиц (сажи) настолько, что позволяет отказаться от использования раствора мочевины на агрегатах, отвечающих нормам Евро-4 и Евро-5.

Таким образом, модификация дизельного двигателя в газодизель позволяет одновременно решить следующие задачи:

1. снизить расходы на 10-30%;
2. увеличить мощность и крутящий момент на 20-30%;
3. увеличить срок службы элементов системы подачи топлива (прежде всего систем Common Rail) и ресурс двигателя в целом;
4. снизить содержание CO, CH и твердых частиц в выхлопе.

И если для легковых дизелей с их небольшим расходом топлива и умеренными суточными и годовыми пробегами тема газодизеля — это скорее чисто академический интерес, то для интенсивно эксплуатирующихся грузовых автомобилей и магистральных тягачей, ежедневно покрывающих внушительные расстояния, установка газодизельного ГБО более чем оправдана с любой точки зрения. И с ростом цен на дизтопливо будет лишь прибавлять в актуальности.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы питания ДВС?
2. Перечислите известные Вам системы питания двигателей работающих на газе. Дайте им сравнительную характеристику.
3. Поясните общее устройство системы на сжиженном газе и принцип ее работы.
4. Поясните общее устройство системы на сжатом газе и принцип ее работы.
5. Каково назначение электрического газового клапана?
6. Расскажите о принципе работы двухступенчатого газового редуктора диафрагменного типа.
7. С какой целью в ГБО устанавливают испаритель?
8. Каково назначение и принцип действия смесителя?
9. Чем отличаются резервуары хранения сжиженного и сжатого газа?
10. Приведите классификацию газовых систем различных поколений. Чем они отличаются друг от друга?
11. Расскажите принцип действия ГБО 5 и 6-го поколений.
12. Что вам известно про ГБО дизельных ДВС?
13. Какой модернизации может быть подвергнут дизельный двигатель для монтажа на нем газодизельной установки?

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Болотов А.К., Лопарев А.А., Судницин В.И. Конструкция тракторов и автомобилей. М.: КолосС, 2007. 28.
2. Конструкция тракторов и автомобилей / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Ворохобин, О.С. Ведринский. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 288 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.

## Содержание

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВС.....	3
ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	3
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	3
ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ.....	3
Газообразное топливо.....	3
Система с внешним смесеобразованием на сжиженной смеси пропана-бутана.....	5
Система с внешним смесеобразованием на сжатом метане.....	14
Классификация газовых систем питания.....	16
Газовые установки на дизельных ДВС.....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	22
ЛИТЕРАТУРА.....	23



Учебное издание

Кузьменко Игорь Владимирович

## **СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВС**

Учебно-методические указания для выполнения  
лабораторной работы  
по дисциплине: «Тракторы и автомобили»  
студентами инженерно-технологического факультета  
по направлению подготовки:  
35.03.06 Агроинженерия  
профиль: Технические системы в агробизнесе  
профиль: Технический сервис в АПК  
по направлению подготовки:  
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы  
профиль: Машины и оборудование природообустройства и  
дорожного строительства

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 08.04.2021 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,45. Тираж 25 экз. Изд. № 6897.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ