

***ТРЕБОВАНИЯ  
СОВРЕМЕННЫХ  
СТАНДАРТОВ ПО  
ЭКОЛОГИЧЕСКИМ  
ПОКАЗАТЕЛЯМ***

- *В настоящее время особое внимание уделяется уменьшению токсичности выбрасываемых в атмосферу вредных веществ и снижению уровня шума работы двигателей .*

- Специфика технологии производства двигателей и повышение требований к качеству двигателей при возрастающем объеме их производства , обусловили **необходимость создания** специализированных моторных заводов.
- Успешное применение двигателей внутреннего сгорания , разработка опытных конструкций и повышение мощностных и экономических показателей стали возможны в значительной мере **благодаря исследованиям и разработке** теории рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания .

- Выполнение задач по производству и эксплуатации транспортных двигателей требует от специалистов глубоких знаний рабочего процесса двигателей , знания их конструкций и расчета двигателей внутреннего сгорания .
  - В России с середины 2002 года действуют экологические нормы Евро 2. это означает, что с конвейера должны сходять машины только с **впрысковыми** моторами и **нейтрализаторами**.

- **Неотъемлемым элементом** устройства экологичного автомобиля является датчик кислорода отработавших газов. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. У всех этот вопрос на слуху, т.к. под этим флагом намечается провести повышение пошлин на ввоз подержанных иномарок из-за границы.

- В России, в соответствии с требованиями действующих ГОСТ'ов (17.2.2.03-87 и 21393-75), нормируется содержание в выхлопных газах (ВГ) автомобилей углерода оксида (СО) и углеводородов (С<sub>n</sub>Н<sub>m</sub>), а для дизельных автомобилей - ещё и дымность (сажа). Содержание этих веществ должно быть в пределах, установленных заводом-изготовителем.

- Здесь следует отметить некоторую неполноту нормируемых показателей. Так, содержание сернистого ангидрида в выхлопе не нормируется, а углеводороды нормируются суммарно, в то время как в ВГ их содержится более 40 видов (бензол, 3-метилгексан, толуол, этилбензол, n-пропилбензол, 3-метилбензол, метилэтилбензол, нафталин и др.), включая очень токсичные соединения и те, токсикологические свойства которых до сих пор не изучены.

- Ещё более сложный состав имеет **дымность**. Более чем на половину сажа состоит неполярных фракций органических соединений, остальное - **кетоны, карбоксильальдегиды, ангидриды, хиноны**. Не будем утомлять вас их названиями, но звучат они неприятно (например - **гидроксифлуорены или метилфторхинон**). Понятно, что здоровью от них **никакой пользы**.

- Согласно действующим **ГОСТам**, контроль за выбросами осуществляется не в целях улучшения экологических параметров автомобилей, а **для интегральной оценки степени исправности двигателя**. Обидно, не так ли, что существующие небольшие усилия - и те направлены не на защиту населения, а на улучшение технического состояния источников воздействия на его здоровье.

- Теперь сравним действующие в России и за рубежом нормы токсичности **ВГ**. Для примера возьмём автомобили с полной массой **менее 3.5 тонн** при испытаниях по ездовым циклам - **см. таблицу**.

# • Содержание вредных веществ ,гр/км

• Допустимое значение    Норма    Введение     $C_nH_m+NO_x$     Частицы

86				
Евро-1	1993	2.72	0.97	0.14 (дизель)
Евро-2	1996	2.2	0.5	0.1 (дизель)
Евро-3	1999	2.3	0.2 (СН) , 0.15 (NO <sub>x</sub> )	0.05 (дизель)
Евро-4	2004	1.0	0.1 (СН) , 0.08 (NO <sub>x</sub> )	0,025 (дизель)

- Как видно, отечественные требования значительно "мягче" требований ЕЭК ООН, а подержанные иномарки вряд ли можно назвать злостными загрязнителями атмосферы нашего города. Есть, правда, один подвох. Состоит он в том, что эти самые иномарки у нас должны быть отрегулированы "по-нашему".

- В Европе регулирование производится по **13 циклам работы двигателя**, у нас - по двум. От такой перерегулировки могут снижаться интегральные экологические параметры автомобилей, отвечающих жестким международным стандартам.

- Другой пример - **США**. Там государственный контроль за **токсичностью ВГ** осуществляется аж с **1968 года!** С **1974** года на все выпускаемые автомобили устанавливаются нейтрализаторы, разработана и действует целая федеральная программа в этом направлении. Их транспортная полиция вправе потребовать сертификат выбросов автомобиля при его ежегодной перерегистрации.

- Не прошедшие эту сертификацию автомобили не перерегистрируются, а владельцы платят штрафы и лишаются страхового полиса на своё транспортное средство. Другой экологический параметр (или – около экологический, т.к. находится в компетенции СЭС, а не департамента природопользования) - шумность двигателя.

- Тут по исходным техническим характеристикам дела обстоят примерно так же, как и по токсичности выбросов, но в процессе эксплуатации многое переходит в сферу ответственности авто владельца. Наши новые автомобили гораздо шумнее европейских. Наши самолёты туда уже не пускают; ждём, когда лопнет их терпение и по нашим автомобилям?!

- Очевидное отставание отечественных автомобилей от большинства иномарок происходит, в общем-то, не от хорошей жизни. **Российский автопром** еле дышит, отсутствует четкая долгосрочная государственная политика по его поддержанию и снижению воздействия на атмосферу. Всё это понятно, но нам-то от этого не легче!

- Поэтому, выбирая поддержанную иномарку (по крайней мере - моложе 1993 г), не бойтесь нанести ей какой-то особый ущерб атмосфере города или его акустической среде.

- Вероятно, что уже нынешнее поколение водителей станет свидетелем конца "традиционного" автомобиля, просуществовавшего весь двадцатый век. Двигатель внутреннего сгорания, конечно, еще не исчерпал своих возможностей, но цены на углеводородное топливо будут только расти: ведь добыча нефти и газа с каждым годом становится все более дорогой.

- Случайно, что ли, сведения о разведанных нефтяных запасах вдруг объявляют секретными. При таком развитии ситуации позарез нужно **альтернативное топливо**, особенно в тех странах, которым уже не обойтись без импорта нефтепродуктов. В первую очередь, речь, конечно, о США. Похоже, за нас уже все давно решили.

- Да, **водород** - один из самых неудобных "энергоносителей": занимает много места, сжижается при **-253°C**, его заправка и хранение создают серьезные проблемы... Но только он способен сгорать без вредных примесей, превращаясь в воду. И только он легко получается электролизом из этой самой воды. Иными словами, для производства водорода **нужна только энергия**. А уж откуда ее взять -это совсем другой вопрос. Хотя тоже не последний.

# КАЧЕСТВО БЕНЗИНОВ И ДЕТОНАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ

- О том, что такое октановое число (ОЧ), знает, наверное, каждый. Это настолько важный параметр, что именно по нему классифицируют топливо. Нефть в каждой скважине разная и при ее перегонке бензин получается тоже разный. В нем **сотни видов** молекул в различных пропорциях. Стремясь упростить задачу для пользователей, химики призвали на помощь два углеводорода: **изооктан и гептан.**

- **Изооктан** мало поддается детонации, горит горячо и долго. Его **ОЧ** принято за **100%**. Гептан - настоящий детонатор: вспыхивает и горит почти мгновенно. **Антидетонационную стойкость** его приняли за ноль. Если **ОЧ** бензина равно **91**, это значит, что он сдетонирует при той же степени сжатия, что и изооктан, на **9%** разбавленный гептаном.

- **Октановое число** бензина зависит от условий его измерения. Обычно используют два метода - исследовательский и моторный. Принято считать, что **первый** определяет **ОЧ** при работе двигателя на **переходных** режимах (так называемый городской стиль), а **второй** - при продолжительной работе в режиме **номинальных** нагрузок. Чтобы не путать, в название бензина ввели дополнительную букву.

- Так, у **АИ-92** ОЧ равно **92** **единицам** по исследовательскому методу, а у **А-76** оно составит **76 единиц** по моторному. Чаще всего **92** исследовательские единицы (**АИ-92**) соответствуют **83** моторным (**А-83**).

- Однако напрямую переводить величины нельзя, поскольку у каждого бензина собственная характеристика, и тот же **АИ-92** может показать при моторных испытаниях **80-85 единиц**. И разность между **ОЧ** по этим методам - наилучшая характеристика стабильности поведения бензина при различных режимах работы двигателя.

- Еще в **двадцатые годы** американцы начали добавлять в бензин присадки, **замедляющие горение**.  
Так появились **кислородсодержащие** (например, метилтрибутиловый эфир или МТБЭ), железосодержащие (ферроцен), марганцевые (автовэм) и прочие присадки.

- *Самым эффективным подавителем детонации оказался тетраэтилсвинец (ТЭС). Им пользовались, пока тревогу не заби́ли экологи - свинец вреден! От ТЭС пришлось отказаться.*

- В России нефтеперерабатывающие заводы перестраиваются на ходу. Сегодня у нас действует два стандарта: старый **ГОСТ 2084-77** и новый **ГОСТ Р51105-97**, разработанный в соответствии с европейскими экологическими требованиями. Действуют и другие, более жесткие к экологичности топлива стандарты (например, **ТУ 38.401-58-171-96**).

- Пока заводы не смогут перейти на новый **ГОСТ** полностью, существовать будут оба. На **НПЗ** налажен строгий контроль за технологическим процессом и качеством топлива, но мы-то покупаем бензин на заправке. А путь к ней от завода длинный и не всегда прямой.

- Торговцы порой смешивают дешевый прямоугонный бензин с товарным, а чтобы **ОЧ** не упало ниже нормы, добавляют присадки. И если для введения **10-15% МТБЭ** требуются специальная емкость и миксер, то железосодержащие присадки можно прямо засыпать в бензовоз - речь идет о граммах на тонну.

- Так можно довести "92-й" бензин до "95-го" или даже до "98-го". Не будем касаться всех последствий такого способа "улучшения" бензина, перейдем к другому.

# ЭКОЛОГИЧНОЕ ТОПЛИВО

- Известно, что Россия отстала от Европы по многим показателям. В том числе и по стандартам качества, применяемым к бензинам и дизтопливу (за **последние 15 лет** там вводят уже четвертый евростандарт - один жестче другого). Что мешает России пойти по этому же пути? - Мешает многое. Если говорить упрощенно, то суть повышения «экологичности» бензина заключается в основном в увеличении в нем доли спирта.

- Чем больше спирта, тем полнее и эффективнее идет процесс сгорания, тем меньше вредных выбросов и тем, кстати, выше октановое число бензина.

В столице **Финляндии**, например, содержание спирта в топливе довели чуть ли не **до 80 процентов**. На Украине целую программу приняли: «**Горилку - в топливо!**». Бразилия, Мексика, Европа, Америка - те давно уже.

- А мы все только собираемся эксперименты проводить, кому-то что-то доказывать, разрабатывать **ГОСТы...**

- А в чем, собственно, заключается технологическая **проблема**? Например, обычный спирт («крепостью» **96,5%**) в бензин не зальешь. При отрицательных температурах такое топливо не работает - вода выпадает в осадок. Но есть технологии получения так называемого абсолютированного спирта, концентрацией в **99,5%**. Вот его то и добавляют.

- Проблема заключается в том, что всех российских мощностей по производству технического спирта едва ли хватит для обеспечения потребностей одного лишь города Москвы. Если в США в прошлом году произвели 2 миллиарда 630 миллионов декалитров, то в России (вместе с питьевым спиртом) - около 100 миллионов.

- Во сем мире **газ** признан как дешевое, экологически чистое топливо, по многим свойствам превосходящее бензин. Немаловажно, что использование **сжиженного нефтяного газа** не требует изменения конструкции автомобиля, оставляя возможность использования как бензина, так и горючего газа в качестве топлива.

- **Сжиженный нефтяной газ** обладает всеми качествами полноценного топлива для двигателей внутреннего сгорания, однако, газ обладает некоторыми физико-химическими свойствами, которые необходимо учитывать для достижения максимального экономического и эксплуатационного эффекта.

# СЖИЖЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ - КАК АЛЬТЕРНАТИВА БЕНЗИНУ

- Нефтяной газ представляет собой смесь пропана, бутана и незначительного количества (около 1%) непредельных углеводородов. Фактически на автомобильные газонаполнительные станции поступают две марки газа, регламентируемые соответствующими ГОСТами: зимняя (85-95% пропана) и летняя (45-55% пропана).

- Такое сочетание учитывает свойства **сжиженного нефтяного газа** в зависимости от окружающей температуры и позволяет круглый год эксплуатировать автомобиль на газе.
- **Смесь пропана и бутана**, получаемая при перегонке сырой нефти или ее соединений на нефтеперерабатывающих заводах, образует сжиженный нефтяной газ, используемый как автомобильное топливо. Сравнительные характеристики пропана, бутана и бензина приведены в **табл. 1**.

Параметры	Пропан	Бутан	Бензин
Химическая формула	$C_2H_8$	$C_4H_{10}$	$C_8H_{17}$
Молекулярная масса	44	58	114
Плотность жидкой фазы при температуре С и атмосферном давлении, кгм/м3	510	580	730
Теплота сгорания в газообразном состоянии МДж/м	85	111	213
Температура кипения при атмосферном давлении, С	-43	-0,5	Не ниже 35

Пределы воспламеняемости в смеси с  
воздухом при нормальных атмосферных  
условиях, % объема:

Нижний	2,4	1,8	1,5
--------	-----	-----	-----

Верхний	9,5	8,5	6,0
---------	-----	-----	-----

Октановое

число	110	95	92
-------	-----	----	----

Степень

сжатия	10...12	7,5...8,5	8,2
--------	---------	-----------	-----

Теоретически необходимое

количество воздуха для сгорания 1 кг

топлива, кг

15,8	15,6	14,7
------	------	------

- Из данных таблицы видно, что свойства бензина **отличаются** от свойств сжиженного нефтяного газа (пропана и бутана) **углеродным числом**, представляющим собой более благоприятное соотношение молекулярных масс углерода и водорода. Углеродное число у бензина - **8**, у пропана - **3**, а у бутана - **4**

- Плотность жидкой фазы, как следует из таблицы, зависит от температуры, с увеличением которой плотность уменьшается в результате теплового расширения, а при атмосферном давлении и температуре **15 С** плотность жидкой фазы пропана составляет **510 кг/м<sup>3</sup>**, бутана - **580 кг/м<sup>3</sup>**. Сжиженный газ тяжелее воздуха (пропан в **1,5 раза**, бутан в **2 раза**). Температура кипения у бензина выше температуры окружающей среды, а сжиженный нефтяной газ закипает при более низких температурах.

- Это означает, что **бензин** может быть в баке в жидком состоянии при атмосферном давлении, а **сжиженный газ** находится в баллоне при давлении, равном давлению его насыщенных паров при данной температуре. Хотя теоретически температура кипения бензина выше температуры окружающей среды, он также подвержен испарению, создавая в баке автомобиля повышенное давление.

- **Теплота сгорания газа** - это важный количественный показатель, определяющий количество теплоты, выделяемое при полном сгорании **1 м<sup>3</sup>** газа. Нижний предел воспламеняемости газа составляет **1,8 - 2,4%**, а бензина - **1,5%**. И это настораживающий фактор. Ведь при такой воспламеняемости газа возрастает возможность возникновения взрыва и пожара.

- Поэтому при эксплуатации, техническом обслуживании и хранении газобаллонного автомобиля нужно тщательнейшим образом выполнять все предписываемые меры предосторожности.

- Из **октанового числа** очевидно, что **сжиженный нефтяной газ** обладает значительно лучшей антидетонационной способностью, чем высококачественный бензин. Это позволяет увеличить степень сжатия у двигателей и тем самым улучшить топливно-экономические показатели.

- Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания **1 кг топлива** показывает, какое количество воздуха необходимо для полного сгорания **1 кг газа**. Для газа этот показатель выше, чем для бензина.

- Как видно **из таблицы** свойства компонентов сжиженного нефтяного газа отличаются от свойств бензина. Газ находится в баллоне под давлением собственных насыщенных паров при данной температуре, которое практически **не зависит от количества газа в баллоне**. Это свойство позволяет израсходовать практически полностью содержимое баллона.

# Классификация систем питания двигателей и принципы их действия

- Поршневые и вообще, объемные двигатели внутреннего сгорания, в зависимости от применяемого топлива, делятся на две основные группы - бензиновые и дизели. Особенностью применяемого топлива определяется способ смесеобразования и воспламенения.

- **Дизели** - двигатели с внутренним смесеобразованием и воспламенением от сжатия. В дизелях смесь образуется в процессе впрыскивания топлива в цилиндр, и тут же самовоспламеняется под воздействием высокой температуры сжатия.

- **Бензиновые двигатели** - двигатели с внешним смесеобразованием и принудительным воспламенением.

Прибор, в котором происходит распыление жидкого топлива (не обязательно бензина), испарение части его и устанавливается необходимое соотношение между количеством топлива и воздуха, называется **карбюратором**.

# Топливо для двигателей внутреннего сгорания

- Физико-химические свойства топлив, применяемых в автотракторных двигателях, должны отвечать определенным требованиям, зависящим от типа двигателя, особенностей его конструкции, параметров рабочего процесса и условий эксплуатации. Для современных автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с принудительным зажиганием горючей смеси в основном применяются **бензины прямой перегонки и крекинг-процесса или их смеси.**

- В табл. 1 приведены в соответствии с ГОСТ 2084-77 основные показатели автомобильных бензинов. Кроме того, в ряде стран ведутся достаточно широкомасштабные эксперименты с топливами на основе спиртов растительного происхождения. Такое топливо представляет собой либо чистый этанол (спирт), либо спирт в смеси с бензином. Например, автомобильное топливо E-85, которое можно приобрести на шведских автозаправочных станциях, представляет собой смесь из 85% этанола и 15% бензина.

- Использование такого топлива на приспособленных автомобилях **многократно снижает выбросы** вредных продуктов сгорания и несколько увеличивает мощность двигателя. Такие же опыты проводятся также и в Бразилии.

# Показатели автомобильных бензинов

Показатели	Нормы по маркам бензина		
	А-76	АИ-93	АИ-98
Детонационная стойкость:  октановое число, определяемое по  моторному методу, не менее октановое число, определяемое по	76	85	89
исследовательскому методу, не менее	80	93	98
Содержание тетраэтилсвинца в г на 1 кг бензина, не более	0,41	0,82	0,82

- **Основным** показателем автомобильных бензинов является **октановое число**, характеризующее способность бензина противостоять детонации и в основном определяющее максимально допустимую степень сжатия.

- Для **карбюраторных** двигателей без наддува ориентировочно можно принять следующую взаимосвязь допустимой степени сжатия и необходимого октанового числа топлива:

- **Степень сжатия** ....5,5-7,0    7,0-7,5    7,5-8,5    8,5-10,5
- **Октановое число** ....66-72    72-76    76-85    85-100

- При использовании наддува необходимо применять топливо с **повышенным** октановым числом.

- Для двигателей с воспламенением от сжатия применяют более тяжелые фракции нефти - **дизельное топливо**, получаемое прямой перегонкой или смешением продуктов прямой перегонки с каталитическим газойлем (не более **20%** в составе смеси). В соответствии с **ГОСТ 305-73** и **ГОСТ 4749-73** дизельное автотракторное топливо выпускается следующих марок:

- **А** - арктическое дизельное автотракторное топливо, рекомендуемое для дизелей, работающих при температуре **-50°C** и выше;
  - **З** - зимнее дизельное автотракторное топливо, рекомендуемое для дизелей, работающих при температуре **-30°C** и выше;
  - **Л** - летнее дизельное автотракторное топливо, рекомендуемое для дизелей, работающих при температуре **0°C** и выше;
- **С** - специализированное дизельное топливо.

- **Дизельное топливо должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.**

# Показатели марок дизельного топлива

	Нормы по маркам топлива							
Показатели	А	З	Л	ЗС	ДА	ДЗ	ДЛ	ДС
Цетановое число, не менее	45	45	45	45	45	45	45	50
Фракционный состав:								
50% перегоняется при температуре, °С, не выше	240	250	280	280	255	280	290	280
90% перегоняется при температуре, °С, не выше	330	340	360	340	330	340	360	340
Фактические смолы на 100 мл топлива, мг, не более	30	30	40	30	30	30	50	50
Сера, %, не более	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
Водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствуют							
Механические примеси и вода	Отсутствуют							

- **Основным** показателем дизельного топлива является цетановое число, которое в первую очередь определяет способность топлива к самовоспламенению, что является **необходимым** условием работы двигателя с воспламенением от сжатия. В некоторых случаях повышение цетанового числа топлива достигается добавлением в него специальных присадок (**нитраты и различные перекиси**) в количестве **0,5-3,0%**.

- Кроме указанных топлив, для автомобильных и тракторных двигателей применяют различные виды природных и промышленных горючих газов. Газообразные топлива транспортируют в баллонах в сжатом или сжиженном состоянии, а подаются непосредственно в двигатель через **подогреватель** (или теплообменник-испаритель), **редуктор и смеситель**.

Таким образом, независимо от агрегатного состояния транспортируемого газа в двигатель поступает газозвдушная смесь

- Все виды топлив, используемых в автомобильных и тракторных двигателях, представляют собой смесь различных **углеводородов** и отличаются элементарным составом.
- Элементарный состав жидких топлив (**бензин, дизельное топливо**) обычно выражается в единицах массы (**кг**), а газообразных - в объемных единицах (**м<sup>3</sup> или моль**).

- Для **жидких топлив**
- $C + H + O = 1$ , (1.1)
- где  $C$ ,  $H$  и  $O$  - массовые доли углерода, водорода и кислорода в 1 кг топлива.
  - Для **газообразных топлив**
  - $O_2 + N_2 = 1$ , (1.2)
- где  $C_n H_m O_z$  - объемные доли каждого газа, входящего в **1 м<sup>3</sup>** или в **1 моль** газообразного топлива;  $N_2$  - объемная доля азота.

- Средний элементарный состав бензинов и дизельных топлив в массовых долях представлен в **табл. 3**, а газообразных топлив в объемных долях - в **табл. 4**.

# Состав жидкого топлива

Жидкое топливо	Содержание, кг		
	С	Н	О
Бензин	0,855	0,145	-
Дизельное топливо	0,870	0,126	0,004

# Состав газообразного топлива

	Содержание, м или моль								
Газообразное топливо	Метан $CH_4$	Этан $C_2H_6$	Пропан $C_3H_8$	Бутан $C_4H_{10}$	Тяжелые Углев-ды $C_xH_y$	Водород $H_2$	Окись углерод а $CO$	Углекислы й газ $CO_2$	Азот $N_2$
Природный газ	90,0	2,96	0,17	0,55	0,42	0,28		0,47	5,15
Синтез газ	52,0	-	-	-	3,4	9,0	11,0	-	24,6
Светильный газ	16,2	-	-	-	8,6	27,8	20,2	5,0	22,2

- Если дизельное топливо - это хоть и маловязкое, но все же **масло**, то бензин имеет **кинематическую вязкость**, вдвое меньшую, чем вода.

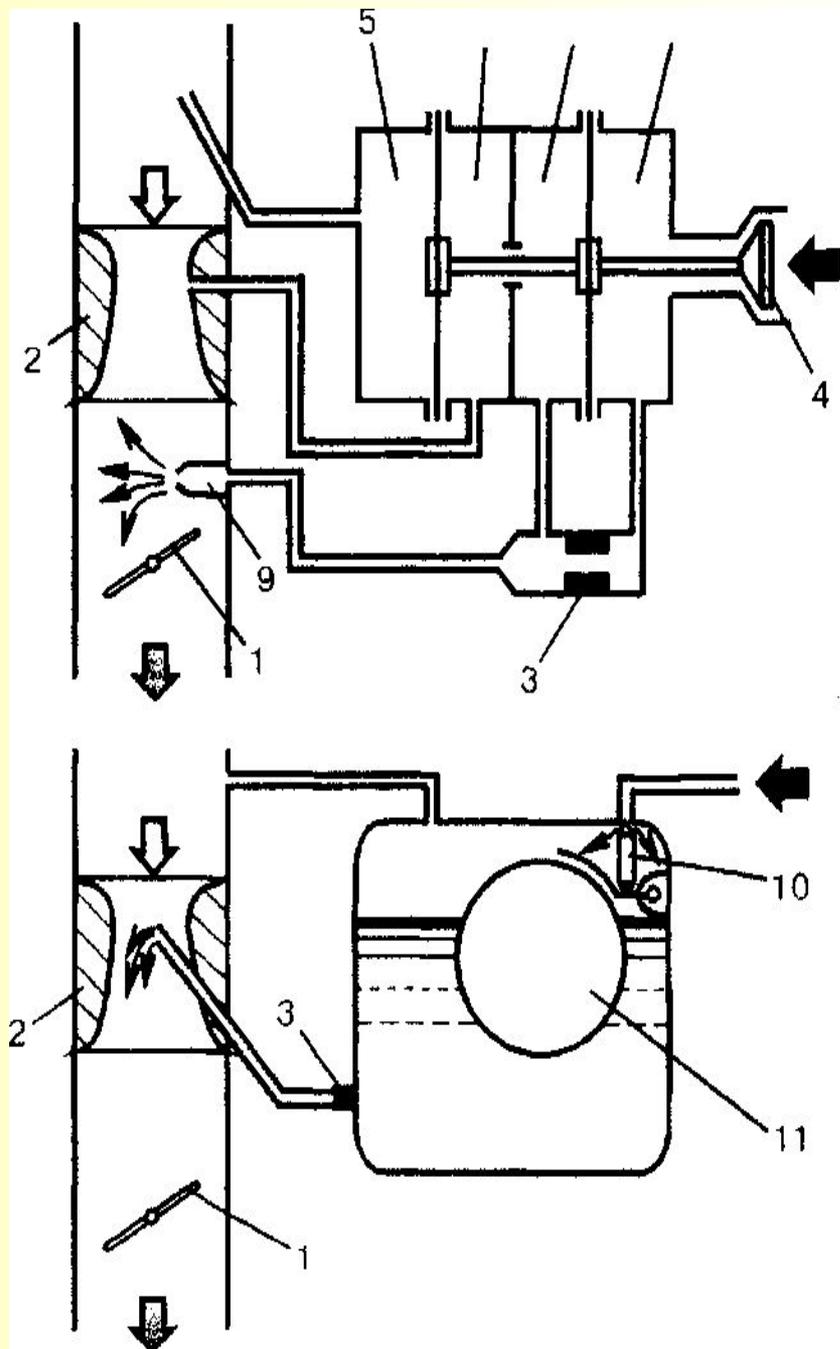
# Вязкость жидкостей в сантистоксах (мм<sup>2</sup>/с) при 20°С

<b>Дизельное ТОПЛИВО</b>	<b>Керосин</b>	<b>Вода</b>	<b>Бензин</b>
<b>1,5-6,0</b>	<b>2,0-3,5</b>	<b>1,01</b>	<b>0,52-0,63</b>

- Поэтому **для регулирования** и дозирования подачи бензина требуется большое число прецизионных подвижных и электронных элементов. Кроме того, для гидросистем, работающих с бензином, решение проблемы предотвращения негерметичности и утечек должно быть существенно более надежным и осуществляется более сложно, чем для гидросистем, например, на масле. По этой причине системы питания бензиновых двигателей на основе впрыска появились **значительно позднее** карбюраторных.

# *Системы питания двигателей внутреннего сгорания на основе карбюратора*

- Если обратиться к истории техники, то можно обнаружить карбюраторы трех типов (рис. 1.1):  
испарительный, впрыскивающий и поплавковый всасывающий.



**Рис. 1.1.** Схемы карбюраторов:

- А** - испарительный, **Б** - впрыскивающий, **В** - всасывающий;
- 1** - дроссельная заслонка,
- 2** - диффузор,
- 3** - жиклер,
- 4** - клапан,
- 5,6,7,8** - камеры,
- 10** - клапан,
- 11** - поплавков

- Испарительные или барботажные карбюраторы (рис. 1.1, а) предназначались для работы на легкоиспаряющемся топливе (узкого фракционного состава). Воздух, проходя над поверхностью топлива, насыщался его парами и образовывал **горючую смесь**. Дроссельная заслонка определяла количество подаваемой смеси. Качество смеси, т.е. концентрация паров, регулировалось **путем изменения объема** пространства между поверхностью бензина и крышкой карбюратора.

- При множестве недостатков этого карбюратора (громоздкость, пожарная опасность, необходимость частой регулировки из-за повышенной чувствительности к изменениям условий внешней среды и т.д.) у него было одно существенное преимущество - однородная топливовоздушная смесь, так как воздух смешивался с парами топлива.

- Впрыскивающий (мембранный) карбюратор (рис. 1.1, б) имел уже довольно сложное устройство. Топливный клапан 4 перемещается под действием двух эластичных мембран. Первая мембрана разделяет воздушные камеры высокого 5 и низкого 6 давлений. Вторая разделяет топливные камеры 7 и 8, соответственно низкого и высокого давлений.

- **Дроссельной заслонкой** регулируется количество воздуха, а следовательно, и смеси, поступающей в двигатель. В **камере 5**, в результате скоростного напора воздуха, давление повышенное, а в **камере 6**, соединенной с горловиной диффузора, устанавливается разрежение (меньше сечение, больше скорость, меньше давление).

- Под действием разности давлений эластичная мембрана выгибается и открывает топливный **клапан 4**. Через открытый клапан в топливную **камеру 8** бензонасосом под давлением подается топливо. Из **камеры 8** топливо через **жиклер 3** и **форсунку 9** подается в смесительную камеру карбюратора, где оно распыливается и перемешивается с воздухом.

- Топливная **камера 7** заполняется топливом из топливного канала после **жиклера 3**. Поэтому давление в **камере 7** меньше, чем давление в **камере 8**. В результате этого эластичная мембрана **камер 7 и 8** прогибается и топливный **клапан 4** стремится закрыться. При равенстве усилий на мембранах топливный **клапан 4** находится в некотором определенном положении, что соответствует установившемуся режиму работы двигателя.

- Впрыскивающие карбюраторы работают точно и надежно при любом положении двигателя. Однако, из-за сложности регулировок и обслуживания в автомобильных двигателях не применяются.

- Наибольшее распространение получили **поплавковые всасывающие карбюраторы** с всасыванием топлива при разрежении, возникающем в суженной части воздушного канала **карбюратора - диффузоре** - вследствие местного повышения скорости потока воздуха (**рис. 1.1, в**).

- Современный поплавковый всасывающий карбюратор отличается от простейшего более чем десятком дополнительных устройств, кроме этого, он оснащен электронным управлением смесеобразованием. В результате получается система питания, включающая собственно карбюратор с сервоприводами, датчики и контроллер. Примером такой системы является "Ecotronic" («Экотроник»).

- Применение карбюраторов с электронным управлением смесеобразованием позволяет:
  - поддерживать оптимальный состав топливовоздушной смеси со стехиометрическим отношением (14,7 кг воздуха на 1 кг бензина) и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя; увеличить топливную экономичность и уменьшить содержание вредных соединений в отработавших газах; повысить надежность системы питания, а также облегчить обслуживание и диагностику.

- И все же любому карбюратору свойственен элемент «**СТИХИЙНОСТИ**» в смесеобразовании, кроме того, эта система имеет свой предел максимума адаптации к режимам работы двигателя. Совсем другое дело - **впрыск**. Он позволяет оптимизировать процесс смесеобразования в гораздо большей степени. Другими словами, впрыск может осуществляться более оптимально по месту, времени и необходимому количеству топлива.

- Двигатели с системами впрыска легкого топлива производятся в России, Германии, США, Англии, Японии, Франции, Италии. Из всех выпускаемых в 1995 году во всем мире легковых автомобилей, а это около 1800 моделей, впрыск применяется на 76%, а с учетом дизельных двигателей, на 90% машин. Если не принимать во внимание выпускаемые до сих пор устаревшие типы двигателей разработки 10-15-летней давности, а взять только самые новые, выйдет, что почти 100% современных автомобилей имеют либо моторы с впрыском бензина, либо дизели.

# Системы питания на основе впрыска топлива

- **Основная причина** повсеместного перехода на системы питания, базирующиеся на впрыске топлива, заключается в повышении топливной экономичности и в снижении токсичности отработавших газов.
- Так, например, средний расход топлива автомобиля **BMW 528i** с рабочим объемом двигателя **2,8 л** и мощностью **193 л.с.** равен **10-12 л/100 км**, т.е. примерно на уровне «Волги» **ГАЗ-3102**, имеющей двигатель в полтора раза меньшей мощности.

- Впервые система механического впрыска бензина была разработана компанией **Даймлер-Бенц**. Первый в мире серийный автомобиль с впрыском бензина - «**Мерседес-Бенц-3008Ь**», начало выпуска - **1954 год**.
- В **табл. 6** приведены данные по выпуску автомобилей с различными системами питания по состоянию на **1995 г.**

# Системы питания, %

D	V	ES	EM	I
14	10	11	65	100

- **Обозначения:** **D** - дизель (Diesel), **V** - карбюратор (Vergaser), **ES** - одноточечный, центральный моновпрыск (Einspritzanlage), **EM** - многоточечный, распределенный впрыск (Einspritzmotor).

- Из нашего краткого экскурса в историю систем питания **ДВС** очевидно, что идея впрыска не нова. В чем же дело, почему впрыск раньше широко не применялся? Причины этому **две**. **Первая** - системы впрыска первоначально были более сложными конструктивно и в эксплуатации, чем системы с карбюраторами. **Вторая**, и, может быть, главная причина, - технологическая.

- Суть технологической причины изложена в § 1.1.
- Системы впрыскивания бензина, как отмечалось, более сложны, чем карбюраторные из-за наличия большого числа прецизионных подвижных и электронных элементов и, кроме того, требуют более квалифицированного обслуживания при эксплуатации.

- В **настоящее время** впрыскивающие топливные системы классифицируют по различным признакам, а именно: **по месту подвода топлива** (центральный одноточечный впрыск, распределенный впрыск, непосредственный впрыск в цилиндры); **по способу подачи топлива** (непрерывный и прерывистый впрыск); **по типу узлов, дозирующих топливо** (плунжерные насосы, распределители, форсунки, регуляторы давления); **по способу регулирования количества смеси** (пневматическое, механическое, электронное); **по основным параметрам регулирования состава смеси** (разрежению во впускной системе, углу поворота дроссельной заслонки, расходу воздуха).

- Итак, впрыск бензина позволяет более точно распределить топливо по цилиндрам. При распределенном впрыске состав смеси в разных цилиндрах может отличаться только на 6-7%, а при питании от карбюратора - на 11-17%.

- Отсутствие добавочного сопротивления потоку воздуха на впуске в виде карбюратора и диффузора и вследствие этого более высокий коэффициент наполнения цилиндров обеспечивает получение **более высокой литровой мощности**.
- При впрыске возможно использование большего перекрытия клапанов (когда открыты одновременно оба клапана) **для лучшей продувки** камеры сгорания чистым воздухом, а не смесью.

- Лучшая продувка и большая равномерность состава смеси по цилиндрам снижают температуру стенок цилиндра, днища поршня и выпускных клапанов, что, в свою очередь, позволяет снизить потребное октановое число топлива на **2-3 единицы**, т.е. поднять степень сжатия без опасности детонации. Кроме того, снижается образование окислов азота при сгорании и улучшаются условия смазки зеркала цилиндра.

- При всех этих преимуществах необходимо отметить, что состав смеси при впрыске топлива **должен быть связан** с режимом работы двигателя так же, как и при карбюраторном двигателе. Другими словами, **для оптимальной работы** двигателя стехиометрическое соотношение бензина и воздуха практически может выдерживаться только в определенном диапазоне частичных нагрузок, а при пуске, холостом ходе, малых и максимальных нагрузках, при резком открытии дроссельной заслонки необходимо обогащение смеси.

- Соотношение в топливной смеси бензина и воздуха принято оценивать коэффициентом избытка воздуха -  $\alpha$  (отношение действительного количества воздуха, участвующего в процессе сгорания, к количеству воздуха, теоретически необходимому для полного сгорания смеси).  
При стехиометрическом соотношении бензина и воздуха  $\alpha=1$ , при холостом ходе и малых нагрузках  $\alpha=0,6-0,8$  (богатая смесь), при частичных нагрузках  $\alpha=1,0-1,15$ , при максимальных (полных) нагрузках  $\alpha=0,8-0,9$ .

# Системы питания двигателей внутреннего сгорания на газе

- Использование газа в качестве автомобильного топлива позволяет существенно снизить стоимость автомобильных перевозок, а также уменьшить загрязнение окружающей среды. Стоимость литра сжиженного газа в два раза ниже, чем стоимость литра наиболее популярного бензина **АИ-93**.

- В качестве топлива для автомобилей на газе могут применяться **сжатые** (природные) и **сжиженные** (нефтяные) газы. Сжатые газы в основном состоят из метана, а сжиженные - из смеси пропана и бутана. При работе двигателя на газе происходит более совершенное смесеобразование, чем на бензине.
- Применение газа **уменьшает** нагарообразование, исключает возможность конденсации паров топлива на стенках цилиндров, смывание масляной пленки и разжижение масла снижает динамические нагрузки на элементы двигателя, что **увеличивает в полтора-два раза** срок службы двигателя и в такой же мере удлиняет периодичность смены моторного масла.

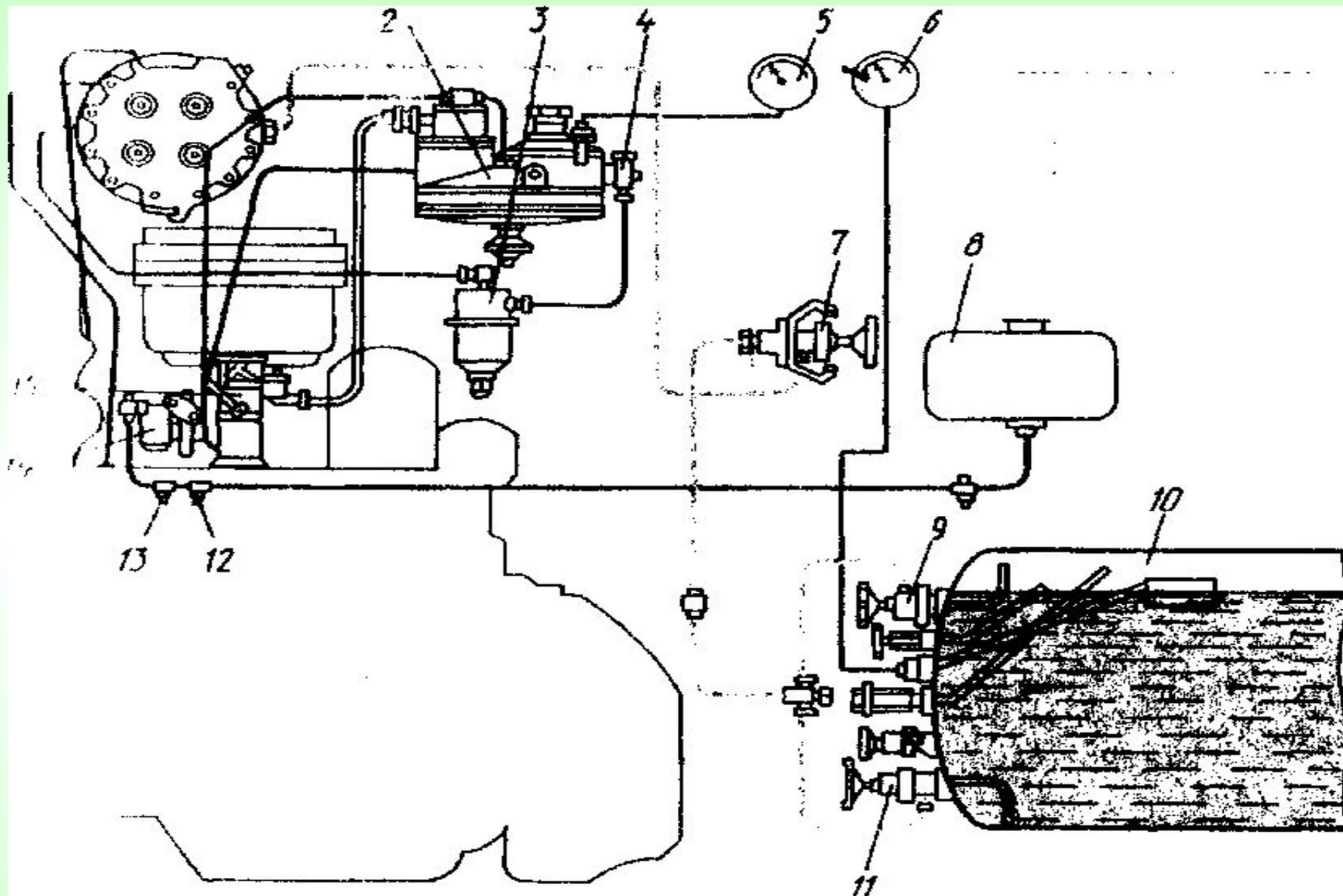
- Пропан и бутан являются основными компонентами сжиженного газа, которые обеспечивают оптимальное давление насыщенных паров в газовом баллоне.

Бутановая составляющая, которая включает в себя нормальный бутан, изобутан, бутилен, изобутилен, пропилен и другие изомеры, является наиболее калорийной составляющей сжиженных газов и легкосжимаемым компонентом. Наиболее целесообразно применять газ с большим содержанием бутановых фракций в летнее время и в районах с жарким климатом. Октановое число у сжиженных газов выше, чем у бензинов, и находится в пределах 95-120.

- Полученная **однородная** горючая смесь, состоящая из газа и воздуха, сгорая в цилиндрах двигателя, позволяет получить минимальное количество продуктов неполного сгорания, вредных для окружающей среды.
- К **недостаткам** применения газового топлива по сравнению с бензином относится недостаточное развитие сети газовых заправок, что требует наличия на автомобиле двух систем питания двигателя топливом - **газовой и бензиновой.**

- Кроме того, при работе двигателя на газе происходит снижение скорости горения заряда топлива в цилиндрах и меньшее выделение тепла при его сгорании. В результате **максимальная мощность** двигателя в зависимости от вида применяемого газа уменьшается на **7-12%** при одной и той же степени сжатия. Повышением степени сжатия, что возможно при большем октановом числе газа по сравнению с бензином, можно компенсировать потери мощности.

- **Газовые двигатели**, в которых в качестве топлива используют сжиженные и сжатые газы, обычно выполняются с внешним смесеобразованием. При работе двигателя на газе происходит более совершенное смесеобразование, чем на бензине. Применение газа **исключает** возможность конденсации паров топлива на стенках цилиндров и смывание масляной пленки, что **увеличивает** срок службы двигателя. Горючая смесь, состоящая из газа и воздуха, позволяет более полно использовать теплоту топлива и получить минимальное количество продуктов неполного сгорания, **вредных для окружающей среды**.



**Рис. 1.2. Система питания двигателя сжиженным газом**

- Система питания газовых двигателей с внешним смесеобразованием, работающим как на **сжиженном**, так и на **сжатом газе**, предназначена для очистки газа и воздуха, приготовления газозодушнoй смеси требуемого качества, подачи ее в цилиндры двигателя в необходимом количестве и отвода из цилиндров отработавших газов

- Система питания газового двигателя, работающего на сжиженном газе (рис. 1.2), состоит из баллона 10 с жидкостным 11 и паровым 9 расходными вентилями, магистрального вентиля 7, карбюратора 14, смесителя 15, испарителя 1, газового фильтра 3, сетчатого фильтра 4, газового редуктора 2, топливного бака 8, фильтра-отстойника 12, топливного насоса 13, манометра 5 и указателя уровня газа 6 в баллоне.

- При работе двигателя сжиженный газ в жидком виде из баллона 10 через жидкостный 11 и магистральный вентиль 7 поступает в испаритель 1, обогреваемый горячей водой из 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. Образованная газоздушная смесь поступает в цилиндры двигателя. Пуск и прогрев двигателя осуществляется на паровой фазе. Для этого открывают паровой 9 и магистральный 7 вентили.

- Баллон предназначен для хранения сжиженного газа под давлением **1,6 МПа**. Он представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с эллиптическим днищем. На днище баллона, кроме расходных вентилей, расположены предохранительный клапан, наполнительное устройство, вентиль максимального наполнения баллона и датчик уровня сжиженного газа.

- **Испаритель** предназначен для превращения сжиженных газов в газообразное состояние перед поступлением их в редуктор. Испаритель **состоит** из металлического корпуса, связанного с системой охлаждения двигателя, внутри которого проходит трубчатый змеевик. Сжиженный газ, поступающий от магистрального вентиля, проходит через змеевик и испаряется в нем. Полученный газ поступает через фильтры к газовому редуктору.

- **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. На двигателях, работающих как на сжиженном, так и на сжатом газе, устанавливают двухступенчатые редукторы мембранно-рычажного типа.

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

- **Фильтры служат** для очистки газа от механических примесей и состоят из корпуса и фильтрующего элемента. В качестве фильтрующего элемента используют мелкую медную сетку.
  - **Карбюратор** предназначен для кратковременной работы двигателя на бензине. Он представляет собой серийный карбюратор, устанавливаемый на современных двигателях.

- Система питания газового двигателя, работающего на сжатом газе, отличается от описанной системы питания двигателя сжиженным газом конструкцией баллонов, испарителя и наличием карбюратора-смесителя.