

УЧЕБНИК

СУЕНОД

ГОРЕЛКИ

ГЛАВА 1

ВИДЫ ТОПЛИВА

1.1 История различных видов топлива

С незапамятных времен античные народы использовали битум для строительства и освещения, центрального отопления и нагрева воды, которая служила для нужд публичных терм (римских бань). Естественно, это вид топлива был необходим и военным.

В XVIII веке, с началом промышленного развития, как основной вид топлива используется уголь. Ламповый газ появился в 1832 году путем перегонки битумных производных, (метод, запатентованный двумя дижонскими промышленниками); он использовался для освещения до конца XIX-го века. С появлением керосина (топлива, производимого путем перегонки нефти), который использовался сначала для приготовления пищи, а затем и для отопления.

В конце XIX-го века американцы были единственными производителями керосина в мире (он продавался в баррелях); и оставались таковыми до начала XX века. Основными региональными центрами производства керосина в США были Техас, Калифорния и Пенсильвания.

С начала XX-го века промышленность развивается ускоренными темпами, вследствие чего значительно возрастает потребность в дополнительных источниках энергии. Тогда появляются новые ее виды: электроэнергия (гидроэлектростанции, в настоящее время атомные станции) и газ. Относительная простота производства и передачи электроэнергии привела к тому, что сегодня она используется повсеместно.

Твердые виды топлива, которые долгое время использовались для отопления, несмотря на невысокую цену, утратили свою актуальность из-за сложностей с их добычей, транспортировкой, складированием, и особенно с автоматизацией процесса обработки (загрузка топлива и вывоз отходов).

Газ - топливо с относительно низким содержанием примесей, который также получил широкое применение. Газы, полученные при добычи нефти, требуют особого хранения и транспортировки.

Жидкие виды топлива - удобные в применении, транспортировке и хранении.

В этой инструкции мы расскажем об особенностях горелок, работающих на газе и жидком топливе, не забывая при этом про электроэнергию, которая является одной из движущих сил всей системы отопления.

1.2. Жидкие виды топлива

В основном речь идет о нефти.

1.21 Вид

Сырая нефть представляет собой тягучее непрозрачное вещество, цвет которого изменяется от темно-красного до черного битумного, иногда с флуоресцентными отблесками.

Слово "нефть" происходит от латинского "petroleum" ("petrus" - скала и "oleum" - масло). Нефть образуется в скальных породах и имеет осадочный характер.

Нефть - очень сложное соединение атомов углерода, водорода, продуктов на основе серы и азота, которые иногда окисляются.

1.22 Происхождение

Нефть образуется в результате трансформации растительных остатков (морских водорослей) и останков животных доисторического периода (более 600 миллионов лет тому назад).

Их постепенное накопление, которое сопровождалось оседанием грязи, ила в результате эрозии земной коры, происходило на дне морских лагун и заливов, на которые не влияли течения.

Будучи погребенными под значительным массивом осадочных пород, органические вещества со временем подвергались химической трансформации под воздействием тепла, давления и бактерии под названием "десульфо вибрио".

Месторождения углеводородов не обязательно находятся там, где они сформировались. В течение периода геологических преобразований неимоверные внутренние толчки сжимали наиболее глубокие осадочные породы, которые содержали нефть и газ.

Нефть, имеющая меньшую плотность, нежели вода, поднималась через трещины и расщелины породы на поверхность. Тогда, сгущаясь и окисляясь, она превращалась в битум.

1.23 Добыча

За основу разработки нефтяных скважин взята технология бурения артезианских скважин. Поиск нефти способствовал усовершенствованию техники бурения земной коры, которая в некоторых случаях может достигать 9 километров (иногда бурение на глубину 8000 метров приводит к обнаружению нефти).

Используются три метода:

- Самый старый - ударное бурение.
- Наиболее распространенный - метод "ротари": используется бур в зависимости от типа породы, которую необходимо пройти.
- Наиболее современным методом является технология бурения турбинного типа, который требует меньшей мощности, чем метод "ротари".

Вот уже несколько лет широко распространена подводная разведка нефти ("offshore"), иногда сопровождающаяся техническими трудностями. Бурение в море осуществляется с платформ, которые в зависимости от глубины морского дна бывают фиксированными, подвижными или плавающими.

1.24 Нефтедобывающие страны

Регионы, имеющие богатые запасы нефти, немногочисленны:

- Средний Восток
- Северная Америка
- Восточная Европа и Китай
- Африка (Нигерия, Габон и т.д.)
- Латинская Америка (Мексика, Венесуэла)
- Дальний Восток и Океания (Индонезия)
- Западная Европа (в основном в море)

1.25 Классификация видов сырой нефти

Происхождение и разнообразный состав сырой нефти позволяет выделить пять основных классов вещества:

- Парафиновые - используются в производстве топлива (бензин и дизтопливо с высоким октановым и цетановым числом) и высококачественные смазочные материалы.
- Нафтенy - используются в производстве смазочных масел низкой вязкости и натуральных моющих средств.
- Ароматические - встречаются редко; повышают химические показатели керосина (авиационное топливо).
- Олефиновые - используются в производстве тяжелых масел и смазок.
- Смешанные - это сырая нефть Среднего Востока, которая представляет собой смесь всех предыдущих типов.

1.26 Рафинирование

Сырая нефть практически не используется в своем природном состоянии. Ее необходимо обрабатывать различными методами, чтобы извлечь при возможности "конечные продукты" в количестве, удовлетворяющем потребностям рынка.

Существует много способов отделения горючих материалов от смазочных.

1.261 Дистилляция

Это тепловая обработка, при которой различные составляющие сырой нефти отличаются друг от друга по точкам кипения. Операция осуществляется в колонне, где из нефти извлекаются субпродукты по различной высоте (срезы). Простая дистилляция дает в среднем следующие продукты в таких пропорциях:

- 5 % газ (пропан, бутан)
- 26 % бензины (автомобили, авиация)
- 9 % растворители, ламповый керосин
- 20 % легкие виды топлива и газойль
- 40 % тяжелые мазуты, смазки и битум

1.262 Крекинг

Простая дистилляция дает грубые "срезы", из которых все еще можно извлечь продаваемые продукты.

Данные продукты были подвергнуты и другим операциям, главным образом химическим, для улучшения характеристик углеводородов.

Речь идет о:

- термическом крекинге (он используется все реже); он заключается в принципе разложения углеводородов, подогретых приблизительно до 700°C под давлением порядка 50 бар.
- каталитическом крекинге: химическая реакция может быть ускорена при более благоприятных температурных условиях и давлении посредством субстанции, которая называется катализатор (без трансформации).
- полимеризации и гидрогенизации, которые позволяют получить новые продукты из уже выделенных веществ.

Таким образом, нефтеперегонные заводы способны производить в большей пропорции бензины и легкие виды топлива (легкий мазут), которые наиболее востребованы на рынке.

1.27 Характеристики жидких видов топлива:

1.271 Бытовой мазут (f.o.d)

Это относительно чистый, бесцветный продукт. Ему придают розовый оттенок, дабы уменьшить налогообложение (чтобы отличался от газойля, который является автомобильным топливом). Такой оттенок достигается путем добавления красного красителя (в основном, орто-толуола). Чтобы исключить возможность подделки к нему также добавляются определенные химические вещества, которые не ухудшают качества продукта (дифениламин: 5г/гл и фурфурол : 1г/гл)

1.271.1 Физические характеристики

Необходимо хорошо знать топливо, поскольку это позволяет понять химическую природу его горения, физические свойства хранения и доведения до точки горения.

1.271.11 Масса на единицу объема

Масса мазута (выраженная в килограммах) на единицу объема (выраженную в метрах кубических) при температуре 15°C: 880кг/м³ максимум. Тем не менее, эта величина нас мало интересует сама по себе.

1.271.12 Плотность

Основополагающая величина представлена через плотность. Это коэффициент, который без определенного размера определяет объемную массу мазута по отношению к объемной массе воды (мазут при 15°C, а вода при 4°C). Именно по этому ее и называют относительная плотность.

плотность мазута: $d = 880/100 = 0,88$

Эта величина представляет собой максимум, по которому сверяют свои нормы нефтепроизводители. Среднее значение этой величины заключено между 0,84 и 0,86; мы берем для всех наших расчетов $d = 0,84$

Это число представляет собой интересный феномен: удобное разделение мазута и воды, исходя из того, что существует значительное различие между двумя плотностями; плотность воды составляет 1. В цистерне хранения конденсированная и отфильтрованная вода всегда находится внизу, под мазутом (рисунок 1).

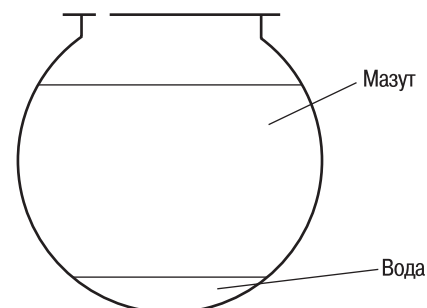


Рисунок 1
Положение воды в цистерне с мазутом

1.271.13 Вязкость

Мы знаем, что вязкость определяет сопротивление вытекания продукта: ее называют кинематической вязкостью (п. 11.442.2). Вследствие фундаментальной роли, которую она играет в операциях по перекачиванию и распылению, вязкость является одной из наиболее важных характеристик мазутов

Это величина, которая изменяется вместе с температурой. Для мазутов, чем больше температура, тем меньше вязкость, что способствует более быстрой перекачке и распылению.

Единица измерения кинематической вязкости измеряется в системе S.I, метр квадратный в секунду (обозначение: $\text{м}^2/\text{с}$), но чаще употребляется обозначение, выраженное в сентистоках (обозначение: cSt; $1 \text{ cSt} = 1 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) или градусах Энглера (обозначение: °E).

Измерение вязкости осуществляется при помощи вискозиметра Энглера и проводится довольно просто: сравнивают время вытекания через калиброванное отверстие 200 см^3 мазута (при 20°C для бытового мазута и 50°C для тяжелых мазутов) при том же количестве дистиллированной воды (рисунок 2).

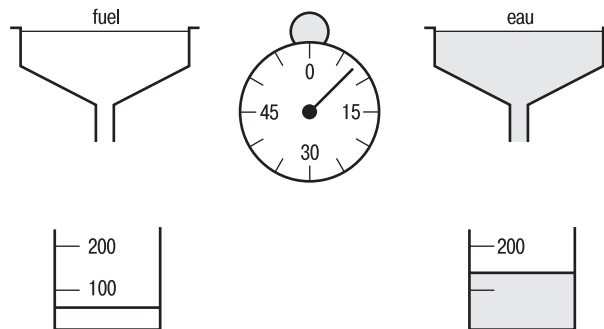


Рисунок 2
Пример вискозиметра Энглера.

Естественно, когда речь идет о наиболее популярном продукте, нефтепереработчики пытаются "вытянуть" из сырой нефти максимум мазута, но при этом увеличивается средняя вязкость.

Для стабильной работы и снижения загрязнений окружающей среды, административные нормы ограничивают вязкость бытового мазута максимум до 9,5 cSt (при 20°C).

При этом межпрофессиональная палата нефтепереработчиков самостоятельно установила ограничение вязкости до 7,5 cSt (приблизительно $1,6^\circ\text{E}$). На рисунке 3 представлено изменение вязкости бытового мазута в зависимости от температуры.

1.271.14 Точка помутнения (P.T.)

Охлаждение бытового мазута позволяет выявить помутнение массы жидкости. Точкой помутнения является критическая температура, при которой кристаллы парафина начинают формироваться в мазутную массу. Эта температура представляет собой первый сигнал тревоги. Межпрофессиональные спецификации подают в качестве предельной величины: $+2^\circ\text{C}$.

1.271.15 Предельная температура фильтрования (T.L.F.)

В условиях, определенных нормами (NF T60.105), тест на фильтруемость указывает на температуру, которая приводит к значительному уменьшению текучести через фильтр тонкой очистки.

Если температура мазута продолжает снижаться, кристаллы парафина слипаются и могут засорить фильтры, а также трубки, через которые топливо не сможет больше циркулировать.

Это вторая критическая точка, показывающая реальные практические условия протекания, ниже которых появляются сложности с нормальным питанием топливом отопительных установок. Нефтепереработчики подают как T.L.F. максимум: -4°C .

1.271.16 Точка протекания (P.E.) или точка замерзания

Это наиболее низкая температура, при которой жидкость протекает еще без перемешивания. От этой величины она полностью застывает и перекачка посредством всасывания становится невозможной. Административный предел установлен на -6°C (с 1 октября по 31 марта) и -3°C (с 1 апреля по 30 сентября), в то время как нефтепереработчики гарантируют надлежащую эксплуатацию бытового мазута на целый год при P.E. меньшей или равной -9°C .

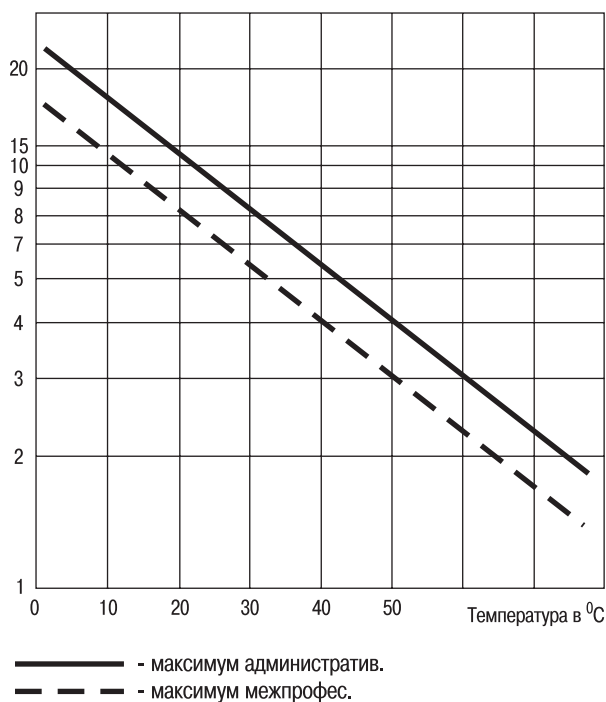


Рисунок 3
Диаграмма вязкости бытового мазута в зависимости от температуры.
Кинематическая вязкость в cSt

1.271.17 Точка вспышки или точка воспламенения

Это наиболее низкая температура, при которой нагретая жидкость освобождает достаточное количество возгораемых паров для контакта с существующим пламенем. Точка вспышки определяет предел безопасности использования жидкого топлива.

Законодательством определено минимальное значение температуры на уровне 55°C. Ниже этой температуры мазут не представляет никакой опасности при работе, транспортировке и хранении.

Из этого следует, не допускать нагрева трубопроводов и цистерн с мазутом выше 55°C (например, при сварочных работах), даже при низкой температуре окружающей среды.

Характеристики	Административ.спецификации	Межпрофес. спецификации
Плотность при 15°C (NFT 60.101)		$\leq 0,88$ кг/л
Вязкость при 20 °C(NFT 60.100)	$\leq 9,5$ cSt	$\leq 7,5$ cSt
Температура помутнения (NFT 60.105)		$\leq + 2^{\circ}\text{C}$
Температура потока (NFT 60.105)	$\leq -6^{\circ}\text{C}$ от 1.10 до 31.03 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ от 1.04 до 30.09	$\leq -9^{\circ}\text{C}$
Граничная температура фильтрации (NF M 07. 042)		$\leq -4^{\circ}\text{C}$
Температура вспышки (NFT 60.103)	$\geq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} \leq \text{P.E.} \leq 120^{\circ}\text{C}$
Содержание серы (NFT60.142)	$\leq 0,3$ % в массе	
Содержание воды (NF 60.113)	$\leq 0,1$ % в массе	
Содержание воды и осадка (NF M 07. 020)	$< + 0,1$ % в массе	
Цетановое число (NF M 07.035)	≥ 40	
Добавки	Добавление в бытовой мазут небольшого количества веществ, предназначенных для улучшения его качества, может проводиться только с разрешения Министерства промышленности	

Таблица 1. Характеристики бытового мазута (взяты из CSR 10 K июнь 1985г.)

1.271.18 Температура воспламенения

Это температура, до которой следует нагреть мазут для того, чтобы после воспламенения сгорание происходило само по себе, по цепной реакции. Температура воспламенения выше температуры вспышки приблизительно на 20 К (20°C).

1.271.2 Тепловые свойства

1.271.21 Удельная теплоемкость

Количество тепла, которое необходимо сообщить телу для повышения его температуры на 1 К (1°C).

Примечание: Определения "удельная теплота" и "удельная теплоемкость" используются часто, но следует помнить, что эти термины некорректные.

Теплоемкость воды составляет: 1,16 Вт·ч/кг·К (она равна 1, когда выражается в ккал/кг·°C, но эта единица ныне запрещена).

Удельная теплоемкость f.o.d. составляет 0,58 Вт·ч/кг·К.

Это означает, что для мазута нужно в два раза меньше энергии для доведения его до температуры, равной температуре воды.

ВОДА:
1,16 Вт·ч/кг·К

F.O.D :
0,58 Вт·ч/кг·К

Примечание: вода является соединением, которое требует наибольшего количества тепла для увеличения своей температуры (таким образом, это жидкость, способная передать наибольшее количество тепла).

1.271.22 Теплота сгорания

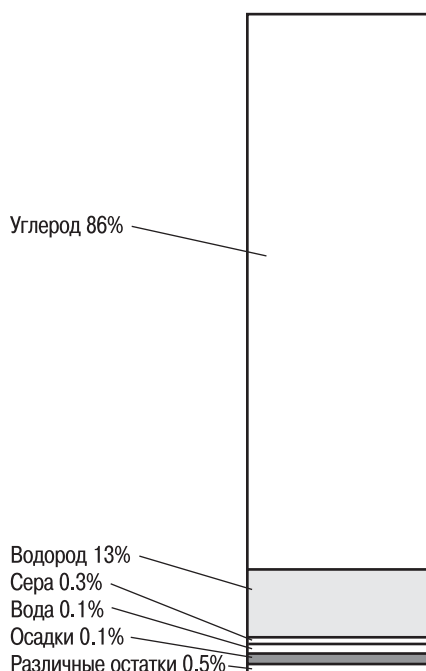
Это количество тепла, выделенного при полном сгорании 1 кг мазута. Мы рассмотрим это явление далее.

Запомните, что существует теплота сгорания по низшему пределу (P.C.I.) и теплота сгорания по высшему пределу (P.C.S.).

Для бытового мазута мы возьмем следующие средние значения:

PCS прибл. 12,8 кВт·ч/кг

PCI прибл. 12,0 кВт·ч/кг



1.271.3 Химический состав F.O.D.

Мазут состоит главным образом из углерода и водорода. К ним добавляются продукты, оставшиеся после очистки (рисунок 4).

1.3 Газообразное топливо

Существует несколько типов этого топлива:

1.31 Природные газы

1.311 Характер

Это легковоспламеняющиеся газы, бесцветные, иногда без запаха, содержащие смесь насыщенных углеводородов (молекулы, состоящие из атомов углерода и водорода), а также небольшую долю азота. Некоторые газы содержат немного двуокиси углерода (CO₂)

1.312 Происхождение

Это "неконденсированные пары" того же органического происхождения, что и нефть, их добывают па-

Рисунок 4. Химический состав бытового мазута.

раллельно с нефтью.

В залежах угля также существует природный газ, называемый метаном (уголь - это твердое топливо, происходящее от анаэробной трансформации растений).

1.313 Добыча

Способы бурения идентичны бурению для добычи нефти: станки вращательного бурения и турбины.

1.314 Газодобывающие страны

Франция является газодобывающей страной с месторождением в Лаке (Атлантические Пиренеи).

Практически во всех нефтедобывающих странах добывается также и природный газ.

Во Францию газ поставляется из:

- АЛЖИРА
- РОССИИ
- НОРВЕГИИ И СЕВЕРНОГО МОРЯ
- НИДЕРЛАНДОВ.

1.315 ОБЕССЕРИВАНИЕ

Одной из процедур, которой подвергают природный газ, является обессеривание. После очистки содержание серы в газе составляет приблизительно 10 миллиграмм на кубический метр.

1.316 ТРАНСПОРТИРОВКА

Природный газ поступает на территорию Франции:

- в жидком виде (G.N.L) - алжирский газ из АССИ - Р'МЕЛЬ, который сжижают в СКИКДЕ или в АРЗЕВЕ и транспортируют танкерами в ФОС/МЭР, в ГАВР и в МОНТУАР ДЭ БРЕТАНЬ, где он проходит процесс регазификации и складировается.
- в газообразном состоянии - российский и норвежский газ, а также газ из СЕВЕРНОГО МОРЯ, откуда он поступает по газопроводам под очень высоким давлением (фото 1).



Фото 1
Сеть европейской транспортировки природного газа. (Док.GdF)

Распределение по городам и промышленным зонам производится после первого понижения давления, составляющего 4 - 19,2 бар (МРС), потом 0,4 - 4 бар (МРВ) для потребления крупными промышленными предприятиями. Для средних и мелких потребителей снижение давления осуществляется до 50 - 400 мбар (МРА) и 9 - 50 мбар (ВР) (фото 3).

1.317 Одоризация газа

1.318 Характеристики природных газов

1.318.11 Плотность

1.318.12 Концентрация

1.318.13 Температура воспламенения

1.318.14 Пределы воспламеняемости воздушно-газовых смесей

- Φοτο 2**

10

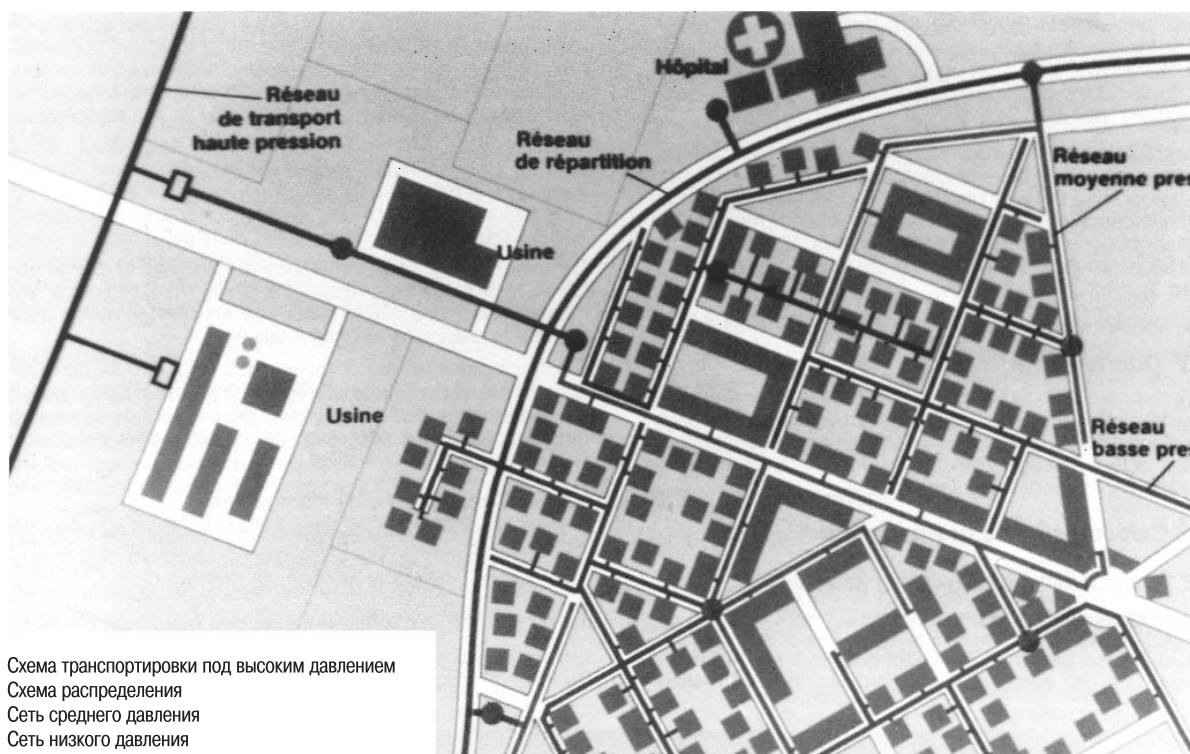


Фото 3. Схемы распределения природного газа. (Док. GdF)

Ограничения воспламеняемости указаны в объемном соотношении. Обратите внимание, что диапазон воспламенения увеличивается при увеличении температуры смеси.

Температура смеси в °C	Содержание газа	
	Низшее ограничение смеси в %	Высшее ограничение смеси в %
0	5,2	13,4
100	4,7	13,7
200	4,2	14,7
300	3,7	15,9
400	3,1	17,3

Таблица 2. Изменения диапазона воспламеняемости чистой воздушно-метановой смеси в зависимости от температуры.

Пример для чистого метана - основного природного газа (таблица 2).

1.318.15 Скорость быстрого сгорания

В действительности это скорость распространения пламени.

Для воздушно-метановой смеси эта скорость составляет 0,38 метров в секунду (1,37км/ч).

Далее мы рассмотрим последствия этой характеристики

1.318.2 Тепловые характеристики

Единственной характеристикой, интересующей нас, является, как для мазута, теплота сгорания газов. Мы рассмотрим ее в разделе "Сгорание". Запомните, что существует теплота сгорания по низшему (P.C.I.) и высшему (P.C.S) пределу (таблица 4).

Происх. природного газа	Плотность кг/м³	Концентрация	Ограничение смеси %		Содерж. серы макс. мг/м³
			Низшее	Высшее	
Алжир-Гавр	0,82	0,64	4,7	13,8	10
Алжир-Мотуар	0,78	0,64	4,7	13,8	10
Алжир-Фос/Мэр	0,78	0,60	4,9	13,9	10
Лак	0,74	0,57	5,1	14,0	10
Россия	0,78	0,60	5,2	14,3	10
Северное море	0,81	0,62	5,2	14,5	10
Гроненг	0,83	0,65	5,7	15,6	10

Таблица 3. Физические свойства природных газов.

Происх. природного газа	Теплота сгорания по низш. пред. в кВт*ч/м ³	Теплота сгорания по высш. пр. в кВт*ч/м ³
Алжир-Гавр	12,4	11,2
Алжир-Мотуар	12,3	11,1
Алжир-Фос/Мэр	11,8	10,6
Лак	11,3	10,2
Россия	11,2	10,1
Северное море	11,2	10,1
Гроненг	10,1	9,1

Таблица 4. Теплота сгорания природных газов. (Док. GdF)

Примечание: имея меньшую теплоту сгорания, газ Гроненга распространяется компанией "Gaz de France" при низком давлении в 25 мбар (вместо 20 мбар для газов с более высокой теплотой сгорания), но его использование ограничено в некоторых северных департаментах Франции, в которых от него постепенно откажутся; иногда его смешивают с более насыщенными природными газами.

1.318.3 Химический состав природных газов

Природные газы состоят из углеводородов, то есть из молекул водорода и углерода. Количество основных молекул то же, что и в метане (CH₄) (таблица 5).

1.32 Нефтяные газы (G.P.L.)

Это конденсируемые газы, получаемые в результате перегонки нефти, а также извлекаемые прямо из залежей сырой нефти и природного газа (перед извлечением нефти или природного газа).

1.321 Свойства

Нефтяные газы состоят из простой смеси молекул, содержащих атомы углерода и водорода. В процессе очистки выявляется незначительная доля легких неконденсированных масел и небольшое количество серы (от 10 до 40 мг/м³).

1.322 Происхождение

Его происхождение, как практически любого натурального второстепенного продукта сырой нефти, является идентичным.

1.323 Перегонка

Нефтяные газы добываются из сырой нефти путем перегонки, крекинга, уменьшения вязкости и флексикрекинга, при этом две последние технологии предназначены для максимального извлечения продукта.

Это действительно высококалорийное топливо, а также горючее, использующееся в жидком виде различными транспортными средствами.

1.324 Распределение

Сжиженные нефтяные газы транспортируются и хранятся в жидком виде, поскольку в этом состоянии их объем невелик (запомните: 1 литр жидкого пропана дает приблизительно 250 литров газообразного пропана).

Они поставляются или в баллонах:

БУТАН: 13 кг

ПРОПАН: 13 и 35 кг,

или навалом в специальном грузовике-цистерне, который сливает свое содержимое в цистерну, установленную снаружи, закопанную или расположенную на безопасном расстоянии согласно конструкции.

Бутан и пропан поставляется в некоторые регионы, не подключенные к потребительской сети. В этом случае они транспортируются не в чистом виде, а смешиваются с большим количеством воздуха. Полученные смеси называют пропановым и бутановым воздухом.

Происх. природного газа	Углеводороды в %					Инертные в %	
	Метан CH ₄	Этан C ₂ H ₆	Пропан C ₃ H ₈	Бутан C ₄ H ₁₀	Пентан C ₅ H ₁₂	Азот N ₂	Двуокись углерода CO ₂
Алжир-Гавр	87,0	9,4	2,6	0,6	-	0,4	-
Алжир-Мотуар	87,1	8,8	2,5	0,8	-	0,8	-
Алжир-Фос/Мэр	91,2	6,5	1,1	0,2	-	1,0	-
Лак	97,3	2,1	0,2	0,1	-	0,3	-
Россия	92,3	3,2	0,8	0,2	0,1	3,0	0,4
Северное море	88,6	4,6	1,1	0,3	0,1	3,9	1,4
Гроненг	82,9	3,2	0,6	0,2	0,1	12,0	1,0

Таблица 5. Химический состав природных газов. (Док. GdF)

1.325 Характеристики нефтяных газов

1.325.1 Физические характеристики

1.325.11 Плотность

Она значительнее, чем плотность природных газов, и составляет, приблизительно, 2 кг/м³ для пропана и 2,6 кг/м³ для бутана (1,5 кг/м³ для смесей AIR/GPL).

1.325.12 Концентрация

Как и для природного газа, речь идет об относительной концентрации по отношению к воздуху. Концентрация G.P.L. и их смесей с воздухом выше 1.

Это тяжелые газы, при использовании которых следует соблюдать технику безопасности. В случае утечки их тяжело обнаружить.

1.325.13 Давление пара

Если мы частично наполняем резервуар с нефтяным газом, определенное количество этого газа превращается в пар и занимает верхнюю часть резервуара; парообразование прекращается естественным образом с увеличением давления, вызванного температурой установки. Это уравненное давление называется давлением пара, и оно пропорционально температуре.

Когда откачивают газ (в газообразной форме) из резервуара, часть жидкого газа снова испаряется для восстановления равновесия. Если температура резервуара снижается, давление пара также понижается. Таким образом, при достижении температуры (между 0 и +5°C для бутана) давление пара равно атмосферному давлению, и газ больше не будет вытекать из резервуара.

Относительные давления пара (то есть, по отношению к атмосферному давлению) даны для двух температур: + 5°C и + 15°C (таблица 6).

Тип газа	Давление пара в барах	
	при + 5°C	при + 15°C
Коммерческий бутан	0,8	1,7
Коммерческий пропан	5,2	7,5

Таблица 6. Давления пара коммерческого бутана и пропана

Заключение: Эти показатели означают, что бутан, хранящийся в наружном резервуаре, больше не испаряется при температуре приблизительно 0°C, в то время как пропан может беспрепятственно испаряться при более низких температурах (приблизительно - 40°C).

1.325.14 Температура воспламенения, пределы воспламеняемости

Из этих определяющих характеристик, идентичных характеристикам природного газа, следуют немного иные значения.

Ознакомимся с результатами в таблице 7.

1.325.2 Тепловые характеристики

Единственной интересующей нас характеристикой, является теплота сгорания, элементы которой представлены в таблице 8.

Тип газа	Плотность кг/м ³	Концентрация	Предел воспламеняемости в %		Содержание серы мг/м ³
			Высший	Низший	
Коммерческий пропан	1,98	1,53	2,4	9,3	от 10 до 40
Коммерческий бутан	2,60	2,00	1,8	8,8	от 10 до 40
Пропановый воздух 7,5	1,47	1,14	8,7	33,8	от 10 до 40
Пропан. воздух 15,6	1,68	1,30	4,2	16,5	от 10 до 40
Бутановый воздух 7,3	1,55	1,20	10,5	37,7	от 10 до 40

Таблица 7. Физические характеристики G.P.L.

Тип газа	Высшая теплота сгорания в кВт.ч/ м ³	Низшая теплота сгорания в кВт.ч/ м ³	Высшая теплота сгорания в кВт.ч/ кг	Низшая теплота сгорания в кВт.ч/ кг
Коммерческий пропан	27,5	25,4	13,9	12,8
Коммерческий бутан	35,6	32,9	13,7	12,7
Пропановый воздух 7,5	7,5	6,9	-	-
Пропан. воздух 15,6	15,6	14,4	-	-
Бутановый воздух 7,3	7,3	6,7	-	-

Таблица 8. Тепловые характеристики G.P.L.

Тип газа	Углевод. в %							Другие в %	
	Этилен C ₂ H ₄	Этан C ₂ H ₆	Пропен C ₃ H ₆	Пропан C ₃ H ₈	Бутен C ₄ H ₈	Бутан C ₄ H ₁₀	Пентан C ₅ H ₁₂	Кислород O ₂	Азот N ₂
Коммерческий пропан	0,5	2,0	30,0	65,5	-	2,0	-	-	-
Коммерческий бутан	3,2	-	-	6,1	21,8	68,6	0,3	-	-
Пропановый воздух 7,5	0,2	0,5	8,3	18,2	-	0,5	-	15,2	57,1
Пропан. воздух 15,6	0,3	1,1	17,2	37,6	-	1,1	-	9,0	33,7
Бутановый воздух 7,3	0,7	-	-	1,3	4,6	14,5	0,1	16,6	62,2

Таблица 9. Химический состав G.P.L.

1.325.3 Химический состав

G.P.L. также состоят из углеводородов, за исключением метана (CH₄) (таблица 9).

1.33 Стандартные названия газов

Типы газов классифицированы, а их названия закодированы:

Произведенные газы: газы 1-ой семьи: G1..

Природные газы: газы 2-й семьи: G2..

- газы с повышенной теплотой сгорания, названные тип H (от английского "высокий"): G20

- газы со слабой теплотой сгорания тип L (от английского "низкий"): G25

Сжиженные нефтяные газы: газы 3-й семьи: G3..

- бутан: G30

- пропан: G31

1.4 Другое топливо

Защита окружающей среды, энергетическая независимость европейских стран, побудили правительства искать новые виды топлива на смену энергии, вырабатываемой от сжигания полезных ископаемых. Результатом этих поисков стало использование новых видов жидкого и газообразного топлива.

1.41 Жидкости

Долгое время были попытки заменить дизельное топливо маслом растительного происхождения. Но эти вещества оказались очень вязкими и требовали бы изменений в конструкции двигателей. В результате проведенных десятилетних исследований было предложено химически преобразовать это масло в сложный эфир, физико-химические особенности которого, схожи с дизтопливом, что дало сложный эфир масла рапса, так называемый диэфир. Другим направлением исследований была возможность использования диэфира для отопления. Полученные результаты считаются удовлетворительными, поскольку он не содержит ни серы (что исключает SO_2 и, как следствие, серную кислоту), ни несгораемых минеральных частиц (которые способствуют образованию сажи и пыли).

Но производство диэфира остается дорогостоящим, к тому же для широкого внедрения этого вида топлива нужно создать конкурентоспособный продукт. Также это топливо при для продаже облагается достаточно высокими налогами.

1.42 Газы

Человечество имеет большой опыт в области добычи и использования газа, поскольку на протяжении долгих лет мы сжигаем газы, полученные в результате распада органических и растительных веществ (например, из жижи от брожения хозяйственного мусора). Эти газы, в зависимости от их химической агрессивности, сжигаются специальными горелками. В действительности, некоторые из них содержат хлорные вещества или много влаги, что требует соответственного обращения и/или использования специфических материалов и оборудования. Такие горелки изготавливаются исходя из характеристик газа, который они будут сжигать, а их обслуживание должно быть особым.

Эти газы практически всегда используются их производителем; это "бесплатное" топливо сегодня не облагается никакими налогами.

ГЛАВА 2

НОРМЫ И НОРМАТИВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Введение

Поскольку техника и технологии отопления чрезвычайно разнообразны, существует большое количество нормативных документов.

Постановлением от 7 мая 1985 года "О новом подходе в области техники и нормализации" Совет Европы определил новые более эффективные методы унификации технических регламентаций государств-членов ЕС. Начиная с этой даты, было принято около двадцати европейских директив, отвечающих новым принципам, с тех пор именуемых "директивами нового подхода".

В директивах нового подхода больше нет подробных технических спецификаций, а только основные правила, необходимые для достижения намеченной цели (в основном, соблюдения правил безопасности).

Тем не менее, чтобы позволить промышленности располагать подробными и признанными техническими спецификациями для разработки и производства продукции, директивы нового подхода предусматривают факультативное использование европейских норм, именуемых сейчас унифицированными нормами. Соблюдение норм дает презумпцию соответствия необходимым требованиям директивы и, таким образом, является для производителей привилегированным средством для доказательства соблюдения требований директивы. Эти унифицированные нормы подготовлены по приказу Комиссии европейских сообществ согласно обычным методам разработки всех остальных европейских норм. Для того чтобы европейская норма была неофициально признана унифицированной, необходимо, чтобы ее ссылки были опубликованы в официальной газете европейского содружества (JOCE).

2.2 АФНОР (AFNOR) и уведомляющие органы

Во Франции надзор за соблюдением норм занимается АФНОР (AFNOR) (французская ассоциация по вопросам нормализации). Именно она принимает решение под контролем CEN (CEN) (европейского комитета по нормализации) и в условиях, определенных ее внутренним регламентом, касательно придания европейской норме положения национальной нормы, и, в случае необходимости, исключения существующих национальных норм, которые ей противоречат.

2.3 Маркировка CE

Соблюдение положений директив удостоверяется маркировкой CE. Это означает, что изделие соответствует необходимым требованиям, оно прошло необходимые процедуры оценки соответствия. Эта маркировка состоит из двух стилизованных букв С и Е. При необходимости может сопровождаться идентификационным номером уведомляющего органа, принимавшего участие в контроле над соответствием.

Примечание: CE означает Соответствие всем необходимым требованиям ЕС.

2.4 Национальные нормы и специальные товарные знаки

Несмотря на эти предписания, относительно свободного оборота товара и безопасности, некоторые страны требуют соблюдения собственных национальных норм. Если производители хотят продать свою продукцию, они должны подчиняться этим дополнительным правилам.

К тому же в большинстве случаев речь идет о защите окружающей среды, проблемы которой, по мнению некоторых стран, недостаточно оговорены в нормативных актах европейского содружества.

2.5 Регламентации для горелок

2.5.1 Жидкотопливные горелки

Маркировка CE, согласно EN 267, еще не является обязательной.

При этом жидкотопливные горелки должны строго соответствовать:

- условиям СЕМ (электромагнитная совместимость);
- и условиям инструкции по низкому давлению.

2.52 Газовые и универсальные горелки

Для них также обязательна маркировка CE.

Чтобы ее получить, газовые горелки должны отвечать:

- норме NF EN 676;
- условиям СЕМ;
- инструкции по низкому давлению.

2.53 Нормативные акты для горелок

Коротко об этих актах:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- требования по конструкции и работе;
- методы проверки;
- маркировку устройства, его упаковки и деталей.

Полная информация по каждой норме находится в АФНОР (Paris La Defense).

ГЛАВА 3

ТЕХНОЛОГИЯ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГОРЕЛОК

3.1 Введение

Перед изучением технологии горелок следует напомнить несколько важных функций, которые выполняют. Мы также напомним несколько элементарных понятий физики.

3.2 Важные функции горелки

3.21. Розжигать пламя

Для розжига пламени необходимо:

- топливо: газ или жидкое топливо, распыленное как можно тоньше;
- окислитель топлива: кислород;
- энергия для активации процесса: искра для розжига.

Задачей горелки является смешивание в правильном соотношении топлива и его окислителя, затем зажигание этой смеси и поддержание горения на нужном уровне.

3.22. Обеспечивать теплопроизводительность

Тепловая мощность горелки должна соответствовать мощности котла, включая его теплопотери.

Горение должно происходить в нормальном режиме, несмотря на возможное сопротивление топки прохождению газов ("герметичные" котлы). Для предотвращения этого явления созданы горелки, аэродинамические характеристики турбины которых, обеспечивают достаточное количество и давление поступающего воздуха.

3.23. Обеспечивать безопасность

В зависимости от потребности тепловой энергии системы программирования и управления вышеупомянутыми операциями должны обеспечивать безопасность работы установки в целом. Особенно, в опасных ситуациях система безопасности немедленно остановит горелку и укажет на неисправность.

3.3 Напоминание некоторых понятий

Для получения огня и управления его положением необходимо вспомнить некоторые простые правила.

3.31 Воспламенение

Для получения огня следует объединить несколько условий:

3.311 Температура воспламенения

Это минимальная температура, необходимая жидкому топливу для того, чтобы выделенные газы воспламенились, и горение продолжалось само по себе.

Для газа: воздушно-газовая смесь должна быть доведена до минимальной температуры, необходимой для того, чтобы топливо воспламенилось и началось горение: таким образом, будет достаточно довести до нужной температуры лишь определенную часть смеси.

На большинстве автоматических горелок эта температура достигается электрической дугой, проходящей между двумя электродами. В этом месте температура составляет приблизительно 450 - 650°C, которой достаточно для розжига совокупности воздушно-углеводородных смесей.

3.312 Пределы воспламеняемости

Они определяют соотносительный диапазон воздушно-углеводородной смеси, в котором горение может начаться и продолжаться.

Каждый знает, что воздух сам по себе не горит, а углеводороды не воспламеняются в отсутствие воздуха. Поэтому утечки на газовой магистрали (по ней циркулирует газ под высоким давлением и смесь воздуха с пропаном и бутаном там очень насыщена, что исключает возгорание в трубопроводах) можно устранить с помощью автогена.

Для газов диапазон воспламеняемости составляет приблизительно (и в среднем) 5,5 % - 13 % в объеме смеси.

Из этого следует, что замена воспламеняющих электродов положительно сказывается на качестве розжига.

3.313 Скорость распространения

Или скорость дефлаграции. Это свойства пламени, которое легко продемонстрировать, поджигая обычный лист бумаги. Подожженный и удерживаемый в горизонтальном положении лист бумаги указывает на то, что огонь распространяется с определенной скоростью, которая соответствует температуре воспламенения листа и определенному количеству воздуха для продолжения горения.

Если лист удерживать в вертикальном положении, а огонь будет находиться сверху, скорость горения уменьшается, поскольку лист нагревается не так быстро (тепло всегда поднимается вверх).

И наоборот, если перевернуть лист вертикально, пламенем вниз, огонь будет распространяться намного быстрее, поскольку тепло быстро передается всему листу снизу вверх.

Теперь, если подуть на огонь:

- умеренно: процесс сгорания листа ускоряется;
- интенсивно: горение замедляется или листок бумаги потухает вообще.

В горелке огонь развивается в головке горения.

Пламя неподвижно, и к нему с помощью вентилятора с определенной скоростью подводят воздух.

"Отражатель", задачей которого является создание на своей поверхности области пониженного давления, служит пламени точкой пигментирования. Позже станет понятно, что эта область пониженного давления следствие скорости воздуха, который обходит отражатель, точно так же, как во время движения по трассе с большой скоростью одна машина может "втягивать" другую машину, которая едет за ней на близком расстоянии.

Зато если скорость воздуха высокая, они могут превышать скорость дефлаграции, и огонь отдаляется от отражателя, а потом исчезает.

Эти несколько важных понятий, помогут нам разобраться с оборудованием и технологиями, про которое пойдет речь в следующем разделе.

РАЗДЕЛ 4

ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВЫХ И ЖИДКОТОПЛИВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГОРЕЛОК

4.1 Введение

На протяжении последних лет конструкция горелок была существенно усовершенствована. Модернизация коснулась автоматизации управления и работы, благодаря чему значительно снизилось потребление электроэнергии, повысились экологические показатели оборудования, увеличилась безопасность и срок службы котлов, горелок.

Из этого можно сделать выводы:

- технология смешивания топлива и окислителя ускоренно эволюционирует;
- детали горелок постоянно совершенствуются, проводятся разного рода исследования, дабы максимально автоматизировать работу оборудования;
- системы управления и безопасности полностью автоматизируются (время аварийной остановки оборудования должно быть минимальным).

В следующих разделах мы рассмотрим все элементы, входящие в состав газовых и жидкотопливных вентиляторных горелок.

Кроме этого, мы подробно изучим принципы работы автоматики управления горелочного и отопительного оборудования, поскольку благодаря хорошим знаниям в этой сфере техник быстро и эффективно сможет обслуживать и устранять неисправности горелки и котла.

4.2 Устройство горелки

Газовая и жидкотопливная горелка состоит из четырех блоков или систем:

- топливная система состоит из механизмов, необходимых для подачи горючего в переднюю часть горелки и для управления им;
- система окислителя топлива - это воздушная система, способствующая процессу горения;
- система смешивания топлива и окислителя находится в передней части горелки, то есть там, где непосредственно и происходит горение;
- электрическая система состоит из электрооборудования, электронной аппаратуры, соединительных кабелей и проводов.

Мы изучим особенности и функции всех этих систем для обоих видов горючего: газа и жидкого топлива.

4.3 Система подачи топлива

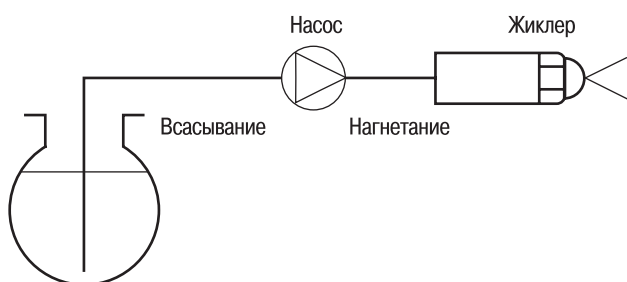
4.31 Жидкое топливо

Бытовой мазут является маловязкой жидкостью при температуре окружающей среды и может непосредственно всасываться насосом горелки.

В основном мазут хранится в стальных цистернах, емкостях из синтетического материала, закопанных или находящихся на открытом воздухе.

4.311 Насос для мазута

Насос для мазутной горелки можно сравнить с сердцем человека, при этом мазут рассматривается как кровь.



Цистерна для хранения

Рисунок 5. Схематические функции насоса для мазута

Насос выполняет две основные функции:

- функция всасывания: всасывать мазут из резервуара для хранения;
- функция нагнетания: нагнетать его под стабильным давлением до точки, где он воспламеняется (рисунок 5).

4.311.1 Функция всасывания

Эта функция прямо зависит от атмосферного давления; мы знаем, что если нужно переместить жидкость из резервуара в трубку (рисунок 6), необходимо попросту избавиться от атмосферного давления, оказывающего влияние на эту трубку (рисунок 7).

От атмосферного давления избавляются путем создания вакуума, то есть путем откачивания из трубки воздуха с помощью насоса (рисунок 8).

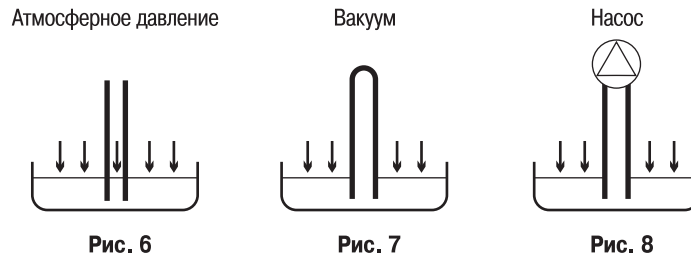


Рисунок 6. Действие атмосферного давления на поверхность жидкости и в трубке.

Рисунок 7. Подавление атмосферного давления в трубке.

Рисунок 8. Вакуум, созданный насосом.

Но атмосферное давление имеет свои естественные пределы. На уровне моря оно составляет в среднем 1013 мбар (или 10130 даПа).

Таким образом, жидкость поднимется максимально при значении атмосферного давления, разделенного на ее концентрацию.

Примеры: вода плотностью 1, высота 0 м (уровень моря):

$$10\,130/1 = 10\,130 \text{ мм} = 10,13 \text{ м}$$

мазут плотностью 0,84:

$$10\,130/0,84 = 12,05 \text{ м}$$

На высоте 400 м, где атмосферное давление составляет 966 мбар (или 9660 даПа), мазут достигнет только 11,5 м.

К примеру, возьмем идеально разработанный и изготовленный насос, исходя из того, что было доказано выше, он может всасывать мазут из цистерны, размещенной под ним на расстоянии больше 10 м. К сожалению, ни современные средства производства, ни другие помехи, связанные с потоком реального газа, ни физические характеристики мазута не позволяют это сделать.

4.311.11 Потери давления в трубопроводе

Первая помеха представлена потерей давления в трубопроводе. Эта потеря происходит вследствие сопротивления трубопровода расходу давления.

На практике она выражается потерей давления, которая является:

- пропорциональной трению мазута о стенку (следствие шероховатости поверхности трубы), вязкости мазута и запрашиваемой пропускной способности;
- обратно пропорциональной сечению трубопровода (точнее, четвертой мощности диаметра).

В теории известно, что во всасывающем трубопроводе расход мазута медленный, регулярный и равномерный; речь идет о ламинарном режиме, при котором шероховатость поверхности трубы не влияет на значение потери давления.

Зато вязкость мазута является важным фактором. Мы видели в разделе "Виды топлива" характеристики этой вязкости, и мы знаем, что происходит, когда мазут достигает низких температур (температура помутнения, расхода и замерзания).

Потеря давления пропорциональна пропускной способности и обратно пропорциональна сечению трубопровода: для циркуляции идентичного количества жидкости по трубопроводам с разными сечениями будет необходима разная энергия. Неполадки связаны с энергией, то

есть имеющееся давление всегда одно и то же: это атмосферное давление. Единственным выходом будет выбрать насос, адаптированный к запрашиваемой пропускной способности, и, как следствие, предусмотреть сечение трубопровода, соответствующее нормальной работе.

Таким образом, нужно выбрать один из двух вариантов:

- 1 - Сечение **очень малое**: мазут с трудом проходит по трубопроводу, насос должен работать вне физически возможных пределов: в действительности, бытовой мазут содержит небольшое количество растворимого воздуха и конденсированные газы, которые под воздействием разрежения вытекают из жидкости и всасываются на место мазута (рисунок 9). Это явление, названное кавитацией, характерно, когда всасывается топливо до 4 - 4,5 м и происходит увеличение с помощью температуры. Эта кавитация, будучи локализована в насосе, повреждает его зубчатые передачи путем вырывания металла вследствие разрежения.
- 2 - Сечение **очень большое**: пропускная способность насоса очень слабая по отношению к общей производительности трубопровода. Насос не будет работать и может заклинить из-за недостаточного количества смазки (поскольку в действительности, он смазывается мазутом, который он перекачивает).

4.311.12 Вспомогательное оборудование

Вторая помеха сократит производительность насоса.

Это, начиная от цистерны, следующее вспомогательное оборудование:

- **Всасывающий клапан** - так называемый опрытный клапан или головной клапан, он является абсолютно необходимым элементом, когда цистерна находится ниже горелки - или "в разрежении" - (рисунок 10). Он позволяет сохранить включение при остановке насоса, препятствуя возвращению мазута в цистерну. Он состоит из свободного шарика, масса которого достаточна для закрытия гнезда, которое он освобождает, когда мазут всасывается.
- **Экстренная заслонка** - это ручной затворный кран с дистанционным управлением, приводимым в действие в случае неисправности или аварии.
- **Ручной запорный клапан**, размещенный в нагревательном приборе, позволяет разомкнуть цепь питания при воздействии на горелку.
- **Фильтр** на внешней стороне насоса предназначен для сбора примесей и отходов.

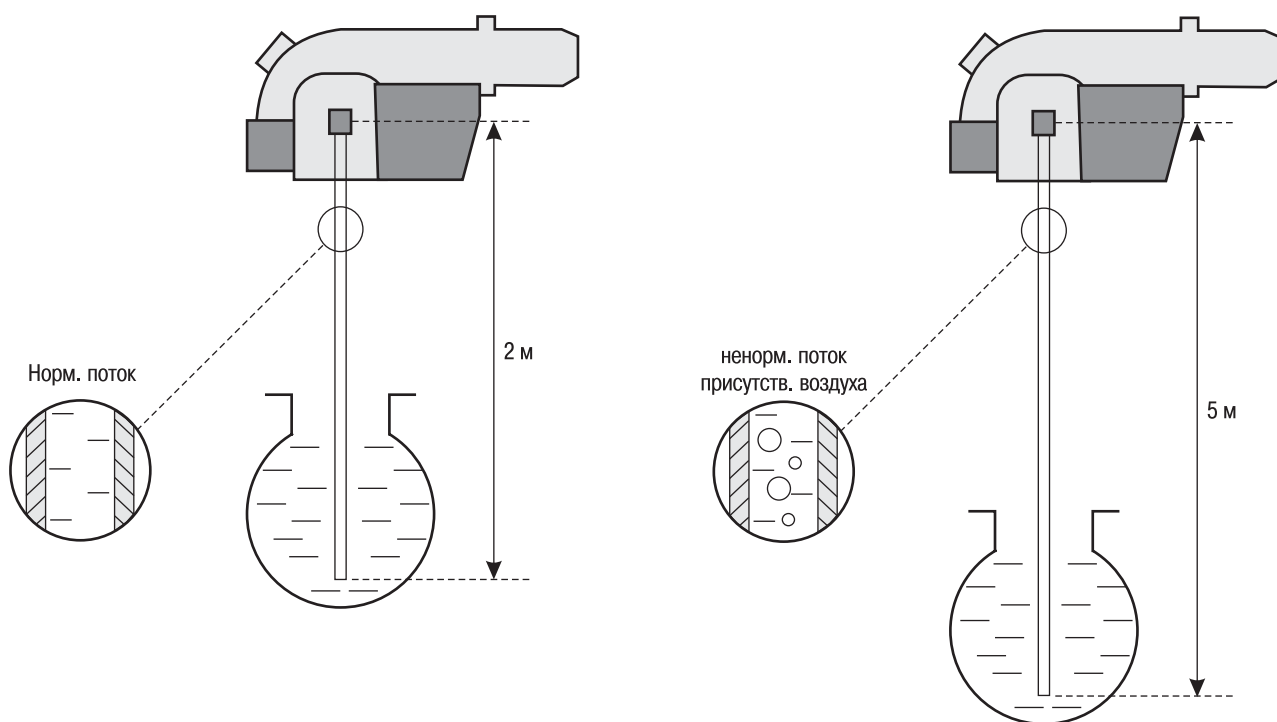


Рисунок 9. Газификация разрежением растворимого воздуха в мазуте.

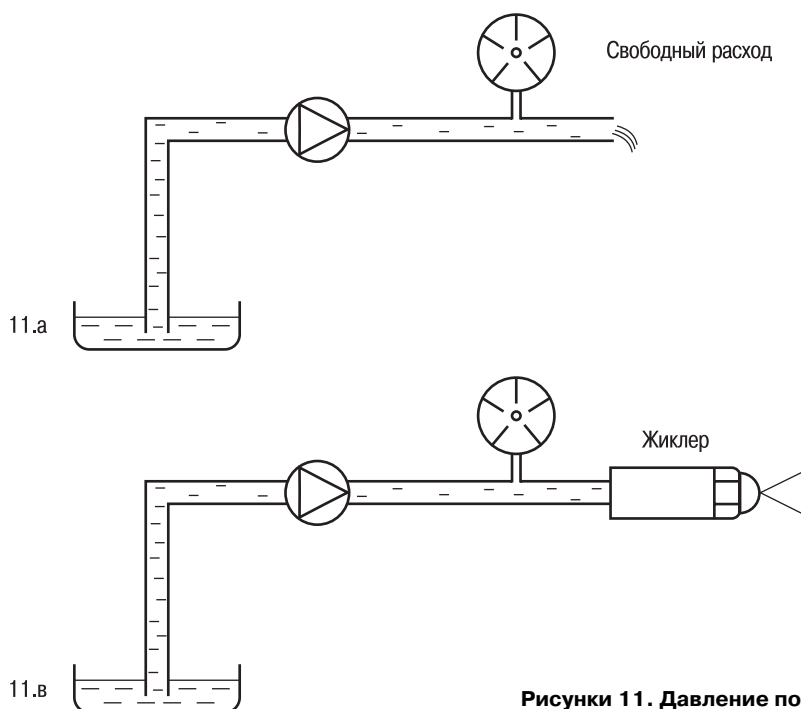
- в случае груженной цистерны (выше горелки) есть два дополнительных элемента: антисифонный клапан и клапан безопасности используются в случае повреждения трубопровода, дабы не допустить утечки топлива из резервуара.

Эти элементы, плюс дорожные неровности и различные аварии на трубопроводах, влекут за собою увеличение потери давления. В этом случае необходимо руководствоваться требованиями проектной документации насоса, в которой подаются таблицы длины и диаметров трубопроводов, предвидятся определенные препятствия и трудности в работе оборудования. В определенных случаях следует произвести расчет с уточнениями для определения размеров трубопровода и вспомогательного оборудования.

4.311.2 Функция нагнетания

На выходе из насоса наблюдается определенный расход мазута, а если такой расход происходит без единого сопротивления, то в этом случае практически нет давления (рисунок 11.а). Необходимо иметь достаточное давление для того, чтобы жиклер распылял мазут на мелкие капельки (смотрите дальше раздел "Жиклеры"). Это давление получают просто из-за того, что мощность насоса больше мощности жиклера, то есть отверстия, через которое она переходит в камеру генератора (рисунок 11.б).

Это означает, что для жиклеров разных калибров (разных мощностей) будет нужен насос, идеально адаптированный к каждой установке, для получения давления, необходимого для хорошего распыления мазута. Это еще нужно и из-за того, что другие факторы (переменчивая вязкость мазута, дополнительное оборудование на трубопроводе, идущее к жиклеру и т.д.) будут увеличивать давление или уменьшать расход. В этом случае будет необходимо регулировать этот расход посредством утечки. Это основная функция насоса.



Рисунки 11. Давление подачи мазутного насоса.

4.311.3 Семейства насосов

Перед тем, как анализировать второстепенные функции мазутных насосов, следует определиться с типом насоса, который обеспечил бы выполнение двух основных функций, а именно закачки и нагнетания:

- хорошая способность закачки;
- повышения давления;
- расход равномерный и непульсирующий;
- уменьшенные перегрузки и шумы.

Имеется выбор между разными типами, объединенные в три семейства.

4.311.31 Поршневые насосы

Они используются для перекачки жидкостей под большим давлением, для которых равномерность расхода не является основной характеристикой.

Чаще всего их ставят на установках по производству пара для водоснабжения котельной.

Принцип их работы схематически показан на рисунках 12 и 13.

Мы сразу представляем форму производительности насоса (рисунок 14).

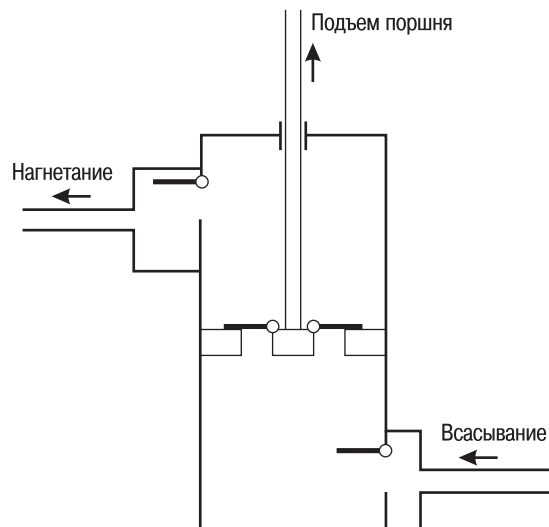


Рисунок 12.
Первая фаза: подъем поршня, одновременные всасывание и нагнетание.



Рисунок 13.
Вторая фаза: опускание поршня, переход предварительно всосанной жидкости на нагнетание

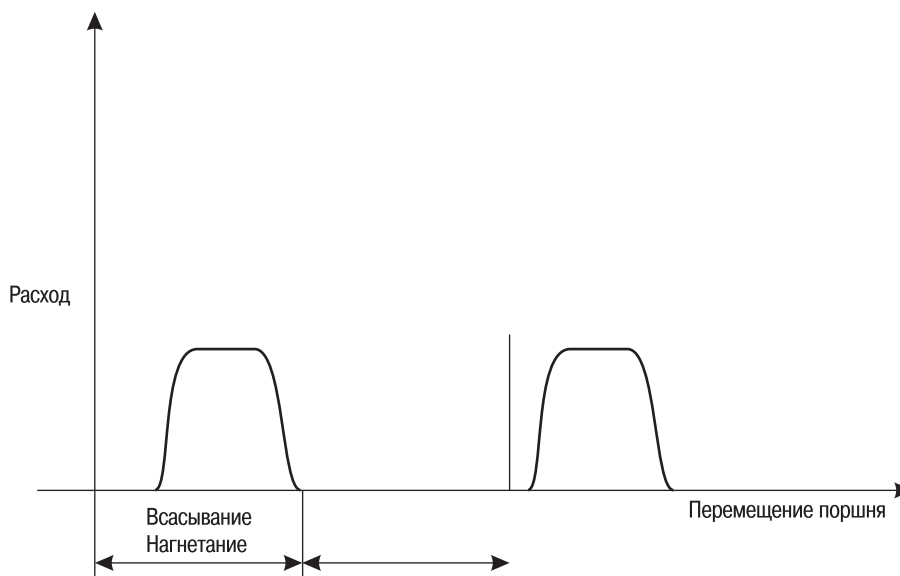


Рисунок 14. График работы объемного насоса.

Преимущества

- простота конструкции,
- прочность,
- возможное высокое давление нагнетания.

Неудобства

- пульсирующий расход, несовместимый с хорошей стабильностью пламени,
- в основном слабая мощность, значит повышенная перегрузка,
- значительный шум,
- привод альтернативного типа (коленчатый вал).

Примечание: Для улучшения их работы используются два, три, четыре (или больше) поршней, которые работают со смещенными тактами: получается практически постоянная мощность, но это за счет перегрузок и стоимости.

4.311.32 Центробежные насосы

Они используются для подачи жидкости под низким давлением, но для которых важен равномерный расход. Их можно увидеть, среди других, на отопительных установках для циркуляции воды по системе. Принцип их работы немного сложнее за принцип работы поршневого насоса (рисунок 15).

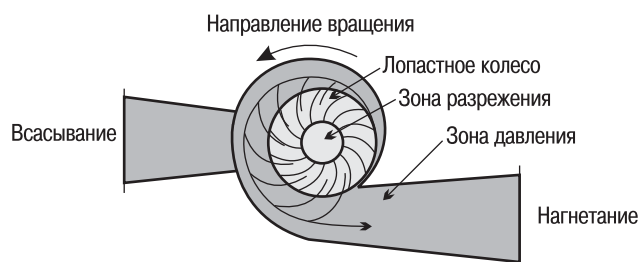


Рисунок 15. Центробежный насос.

Благодаря центробежной силе, выбрасывание жидкости, находящейся между лопастями колеса, вызывает относительное снижение давления в центре последнего: немедленным следствием этого является всасывание жидкости на этом месте. Центробежные насосы имеют равномерный и постоянный расход, но влекут за собою только слабое увеличение давления.

4.311.33 Шестеренчатые насосы

В своей самой простой форме, насос с внешними шестернями состоит из двух зубчатых колес одинаковых размеров, которые зацепляются друг с другом. Одно из двух колес приводится в движение ведущим валом, в то время, как другое колесо приводится в движение первым (рисунок 16). В своем вращении два колеса захватывают между своими лопастями небольшой объем мазута (2) и (4). Такое изменение объема выражается в части (1) разрежением, которое в этом случае всасывает эквивалентный объем жидкости. Попад в камеру (3), мазут выходит из впадины зуба, затем нагнетается поступлением других идентичных объемов. Зубья зацепляются, мешая своим соприкосновением связи камер (1) и (3) (всасывание - нагнетание).

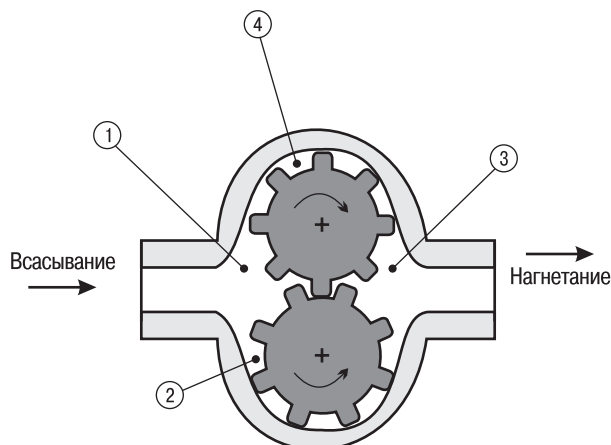


Рисунок 16. Шестеренчатый насос.

Преимущества

Вращение на фиксированной скорости, передаваемый объем постоянный и равномерный. Характеристики всасывания и нагнетания превосходные, давление высокое.

Их следует использовать очень аккуратно, чтобы получить как можно лучшие всасывание и повышение давления.

4.311.331 Насосы с "полумесяцем"

Мы рассмотрели работу насоса, зубчатые передачи которого находятся рядом.

Чтобы максимально уменьшить перегрузки, проектировщики насосов предлагали разместить зубчатые передачи друг на друге.

Первое предложение состоит в том, чтобы разделить зубчатые передачи с помощью полумесяца на уровне цепи передачи (фото 4):

Запомните четыре участка предыдущего насоса:

- всасывание,
- передача,
- нагнетание.

4.311.332 Насосы с трохoidalными зубчатыми передачами

Они практически идентичны насосам с "полумесяцем", но рисунок зубчатых колес исключает этот элемент.

Это приводит к:

- еще более уменьшенные перегрузки,
- уменьшение износа,
- улучшение акустических характеристик (фото 5).

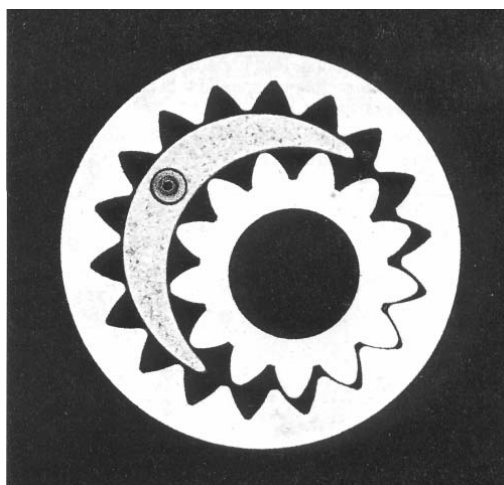


Фото 4.
Деталь зубчатого зацепления насоса с полумесяцем (Док. Cuenod).

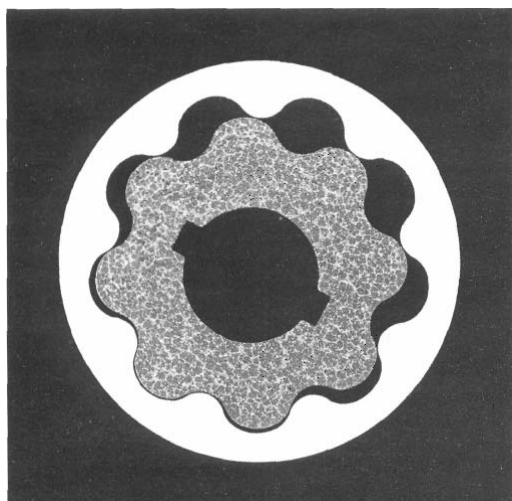


Фото 5.
Детальное изображение зубчатых передач
трохоидального насоса (Док. Cuenod)

Вал насоса приводит в движение центральную шестерню, которая в свою очередь приводит в движение коронную шестерню. Каналы, рассчитанные на плотность смазывающего вещества (всасывание), собирают (нагнетание) мазут: их называют полумесяцами.

На схемах, изображенных дальше, будет использовано графическое изображение рисунка 17.

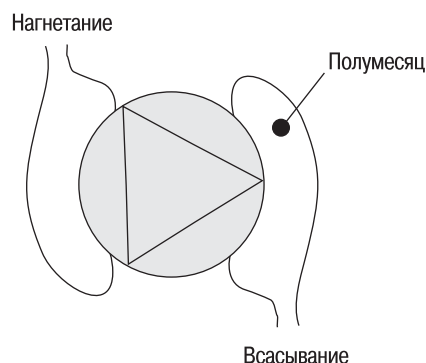


Рисунок 17.
Схематический чертеж шестеренчатого насоса.

4.311.4 Второстепенные функции насоса

4.311.41 Регулирование мощности/давления

Поскольку шестеренчатый насос (с полумесяцем или трохоидаальный) имеет все преимущества, требуемые для его использования на горелке, то именно его мы и будем рассматривать.

Добавим, что его мощность прямо пропорциональна:

- размерам зубьям зубчатых колес, а именно толщине комплекта колесо - зубчатое колесо,
- скорости вращения.

Теперь остается обеспечить регулирование и поддержание устойчивого давления мазута, а также направить избыточное количество мазута в цистерну.

Для этого используется регулятор давления, который, в своей самой простой разработке, состоит из поршня, напорной пружины и исправительного винта (рисунок 18).

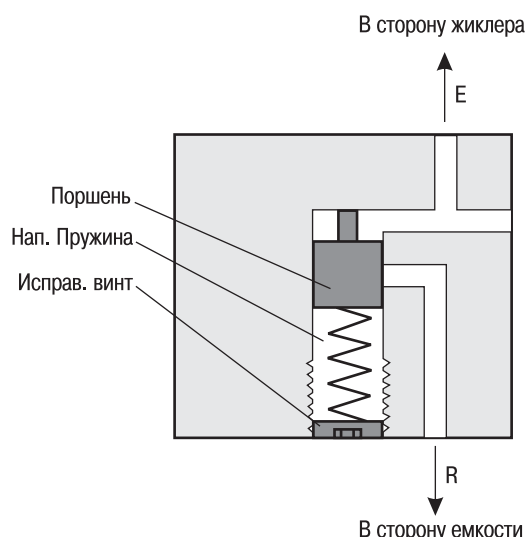


Рисунок 18.
Регулятор давления мазута в состоянии покоя.

Мазут подается путем "А", направляется к жиклеру и выводится через "Е". Мощность мазута, нагнетаемого насосом и превышающего мощность мазута, который выводится через "Е", отодвигает поршень, сжимая пружину до тех пор, пока мазут не выводится через обратный трубопровод "R". При постоянной мощности насоса поршень достигает положения равновесия между расходом через путь "R" и давлением, оказываемым пружиной (рисунок 19).

Если нужно более высокое давление на жиклер, достаточно больше сжать пружину с помощью исправительного винта.

Для практических удобств, регулятор давления насосов малой и средней мощности встроен в корпус насоса (фото 6). По другим причинам (перегрузки, диаметр трубопроводов), насосы с большей производительностью требуют внешнего регулятора.

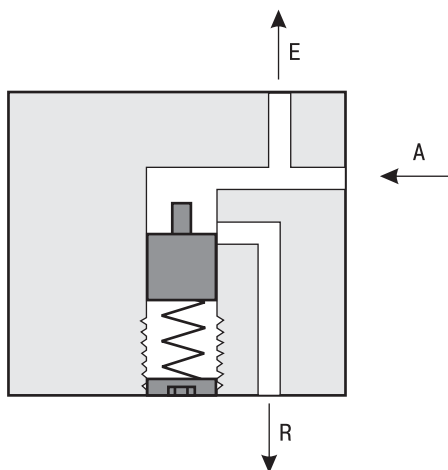


Рисунок 19.
Регулятор давления мазута в действии.

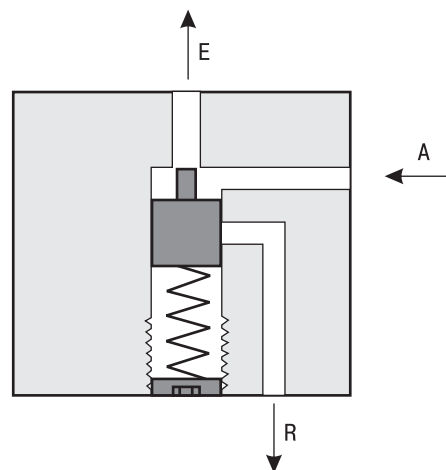


Рисунок 20.
Закрытие при остановке.



Фото 6.
Мазутные насосы с регулятором давления (Док. Cuenod)

вязкости, мазут, подаваемый насосом, будет служить смазкой. Если зубчатое соединение прекрасно смазывается топливом, то это не касается вала, для которого нужно предусмотреть трубопровод для его смазывания мазутом (рисунок 21). Для того, чтобы это смазывание было эффективным, к нему направляется избыточный мазут, который возвращается в цистерну под низким давлением. Герметичное соединение, названное сальник, предусмотрен на ведущем валу; последний не выдерживает давления в среднем больше 2 бар (согласно

4.311.42 Закрытие при остановке

конструкции). Таким образом, следует соблюдать это значение для установок в нагруженном состоянии (максимальная высота: приблизительно 20 метром) или установок, снабженных кольцом подкачивания.

4.311.43 Смазывание

Мазутные насосы главным образом приводятся в движение мотором вентилятора горелки, который вращается со скоростью 2800 об/м. Это значительная скорость (приблизительно 50 оборотов в секунду), поэтому абсолютно необходимо смазывать вращающиеся элементы насоса: приводной вал и зубчатые передачи. Из-за своей относительно хорошей

Для достижения свободного отключения топливной струи при остановке горелки, недостаточно одного остановочного закрытия гидравлическим клапаном (смотрите раздел 4.311.42). В этом случае прибегают к электрическому запираению с помощью соленоидного клапана, на

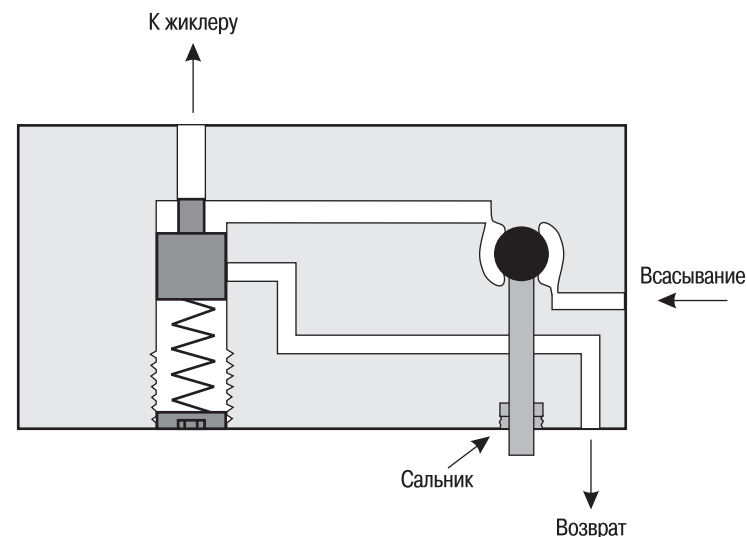


Рис. 21. Схема классического насоса (при остановке) со встроенным регулятором давления.

4.311.44 Функция соленоидного клапана

Для достижения свободного отключения топливной струи при остановке горелки, недостаточно одного остановочного закрытия гидравлическим клапаном (смотрите раздел 4.311.42). В этом случае прибегают к электрическому запираению с помощью соленоидного клапана, на

внешней стороне насоса, (смотрите раздел 4.312. Отдельные электромагнитные клапаны). Для улучшения безопасности и рабочих характеристик, конструкторы предлагали встраивать клапаны в корпус насоса.

Принцип работы не похож на функционирование крана с автоматической переключкой: в действительности, эти клапаны (иногда называемые запорными вентилями) подают под давлением поток горючего назад к цистерне. Таким образом, давление падает мгновенно, остановочный запорный клапан немедленно прекращает выход мазута (рисунки 22 и 23 и фото 7).

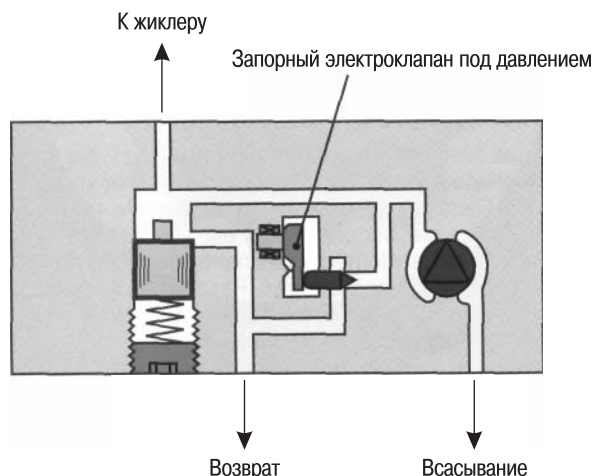


Рисунок 22.
Насос с закрытым запорным электроклапаном

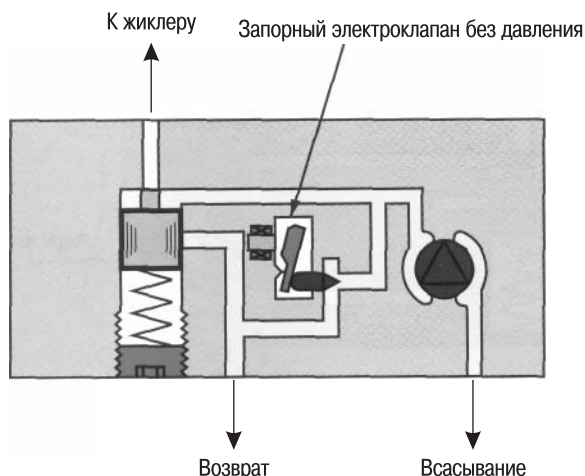


Рисунок 23.
Насос с открытым запорным электроклапаном.



Фото 7. Мазутный насос со встроенным электроклапаном (Док. Cuenod)

Важное примечание: Эта конструкция интересна потому, что, когда насос работает, не осуществляя подачи к жиклеру, остается только слабое остаточное давление, соответствующее потери давления жидкости, которое возвращается в цистерну: таким образом, безопасность увеличивается.

4.311.45 "Двухэтажный" насос без электрического закрытия

Далее мы увидим, что некоторые горелки работают на двух скоростях, но с одним жиклером. Для достижения двух разных мощностей, достаточно создать два разных давления: "низкое давление" для работы с пониженной производительностью, и "высокое давление" для номинального режима.

Для небольших горелок конструкторы предложили вмонтировать в один корпус насоса два регулятора, а также клапан отбора давления (рисунок 24).

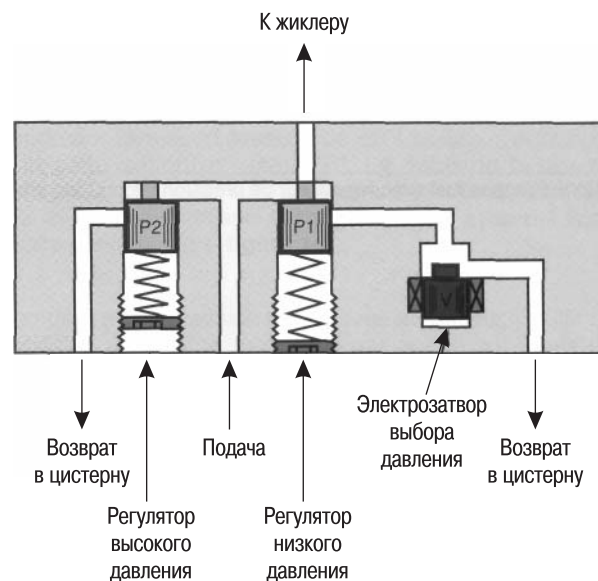


Рисунок 24.
Двухэтажный насос при остановке

Работа

Давление, создаваемое работой шестеренок по "А" удерживается регулятором "P1" на низком значении (уменьшенный расход). Избыточное топливо возвращается в цистерну при открывании электрического клапана при отсутствии давления (рис. 25).

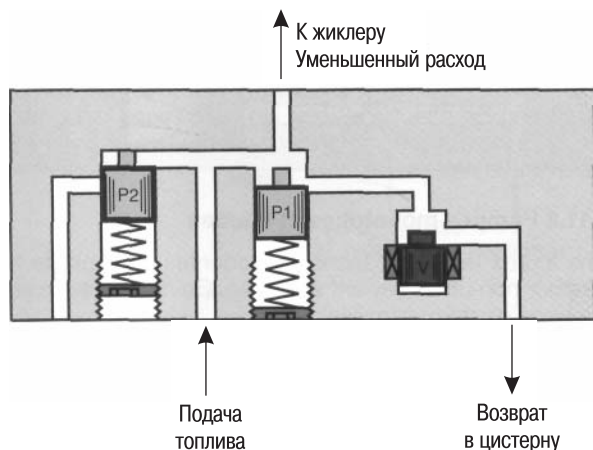


Рис. 25.
Двухконтурный насос: работа на низком давлении.

С момента закрытия электрического клапана, давление топлива возрастает до значения, выставленного регулятором "P2 (рис. 26)

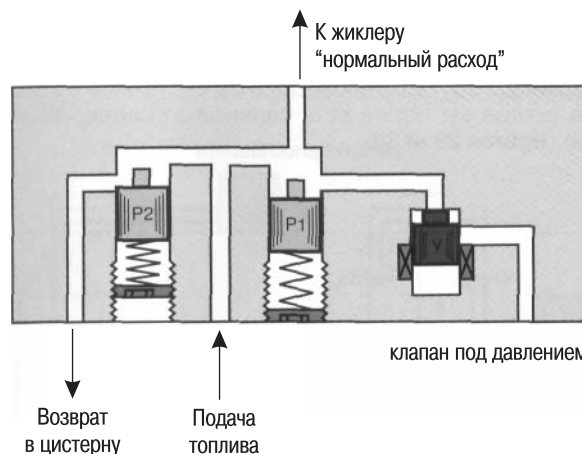


Рис. 26.
Двухконтурный насос: работа при высоком давлении.

Примечание: Полное закрытие подачи топлива к жиклеру производится наружным электрическим клапаном, расположенным на насосе (в отдельных случаях он находится внутри).

В отдельных насосах регулятор низкого давления играет роль, как регулятора, так и электромагнитного переключателя. В этом случае поршень приводится в действие электромагнитной катушкой (рис. 27).

В этом же случае, насос не комплектуется электромагнитным клапаном, который в данном случае может быть внешним (см. фото 8)

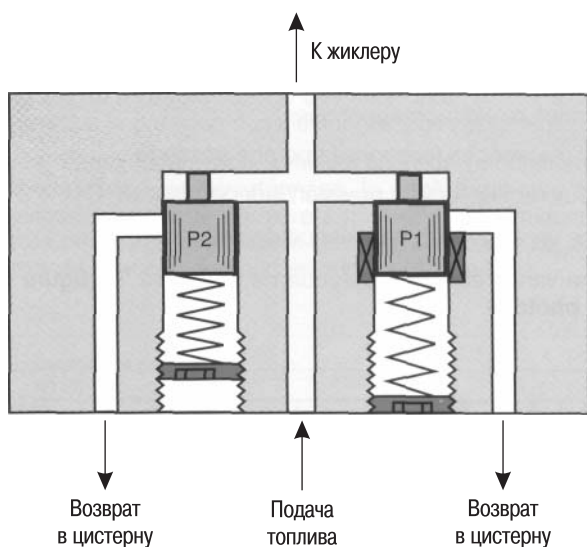


Рис. 27.
Другой тип двухконтурного насоса.

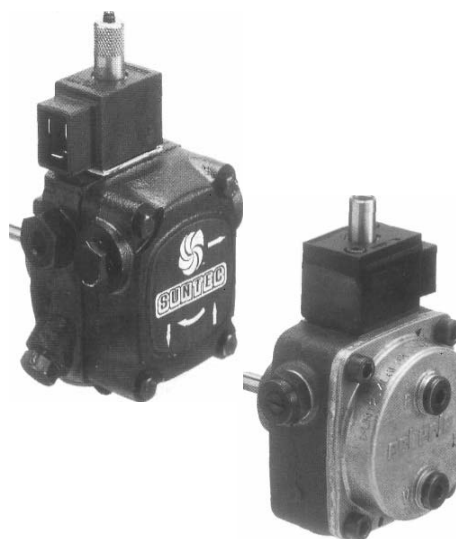


Фото 8.
Двухконтурные топливные насосы. (Док. Сиепод)

4.311.46 Двухконтурный насос с интегрированным электрическим клапаном закрытия.

Функции этого насоса следующие:

- Регулировка давления в двух диапазонах.
- Электромагнитное закрытие.

Для выполнения этих задач насос оборудован:

- Двумя независимыми регуляторами давления "P1" и "P2".
- Электромагнитным клапаном переключения "S".
- Электромагнитным клапаном закрытия "F" (рис. 28 и фото 9).

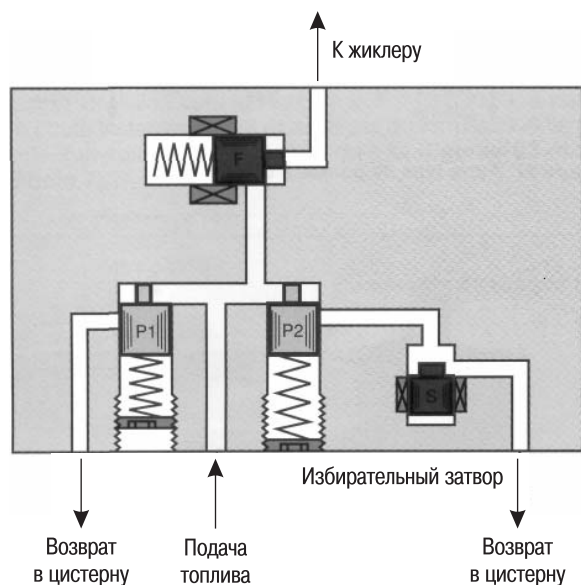


Рис 28. Двухконтурные насосы с интегрированной системой электрического закрытия.



Фото 9. Двухконтурный топливный насос с двумя электроклапанами (Док. Cuenod)

4.311.5 Защита насоса.

Насос - прибор, работающий под давлением: для получения высоких параметров работы (закачивание - нагнетание и регулирование давления) блок шестеренок и регулятор давления должны иметь минимальные зазоры. Частицы, содержащиеся в топливе, вследствие износа могут увеличить эти зазоры, и насос может заклинить и выйти из строя. Чтобы избежать этого, насосы, подающие топливо в горелку снабжаются на контуре подачи сетчатыми фильтрами с сечением 50 микрон.

Примечание: В главе 9 "Установка отопления" сказано, что разработчики насоса согласно рекомендациям предлагают устанавливать фильтр также перед горелкой.

4.311.6 Насосы с одной и двумя трубами

Ранее говорилось, что неиспользованное топливо возвращается в бак по возвратному контуру.

Для этого необходим монтаж двух труб:

- Труба для подачи топлива из резервуара (закачка).
- Труба для возврата избыточного топлива (возврат).

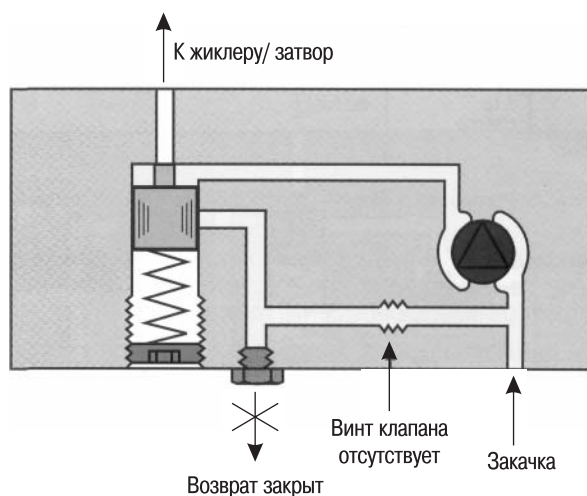


Рис. 29.
Насос в трубе без интегрированного клапана

Наиболее распространена установка, когда резервуар с топливом расположен ниже насоса.

Иногда цистерна с топливом может быть расположена на уровне горелки, а в отдельных случаях - выше горелки (под нагрузкой).

При этом конструкторы снабдили насос клапаном, который позволяет подавать избыточное топливо для закачки с помощью внутреннего отвода в насос. В этом случае, возвратное отверстие насоса закрыто, а соответствующая трубка становится ненужной (рис. 29 и 30)

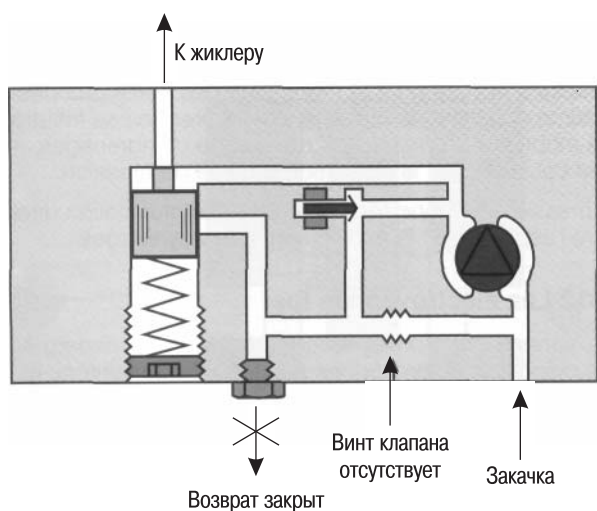


Рис. 30
Насос с одной трубой и интегрированной задвижкой.

4.311.7 Характеристика расход-давление

Характерной зависимостью расход-давление шестеренчатых насосов является то, что при заданной скорости вращения и вязкости топлива расход уменьшается при увеличении давления. Это вызвано увеличением внутренних утечек при возрастании давления в насосе между шестернями.

Однако при заданном давлении нагнетания и скорости вращения расход увеличивается при увеличении вязкости, так как увеличение вязкости влечет к уменьшению потерь по нагрузке и внутренним утечкам. Получаем следующие кривые для насоса (рис. 32):

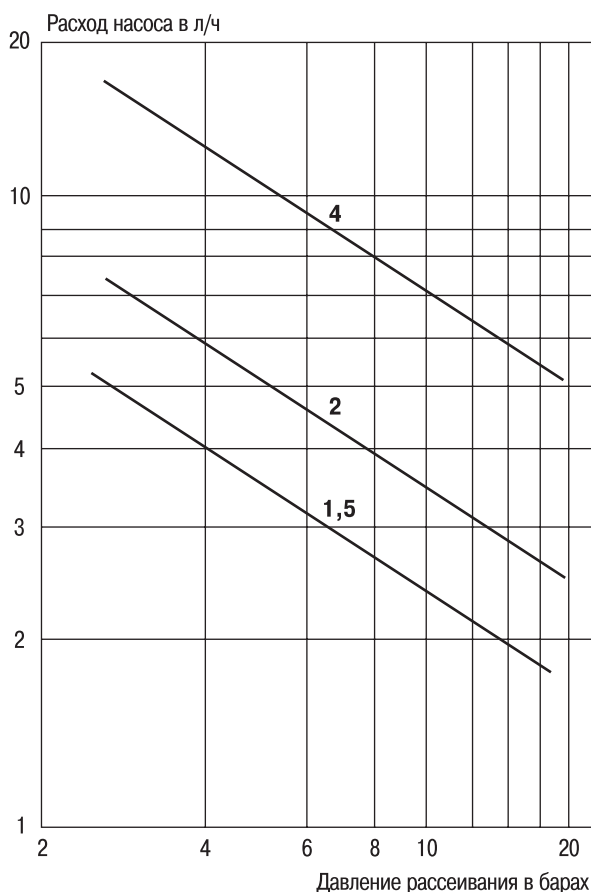


Рис. 32. Диаграмма расход - давление при вращении насоса со скоростью 2800 об. в мин.

Рекомендуемая установка горелки при расположении резервуара с топливом ниже насоса.

Конструкторы рекомендуют установку однотрубного насоса только для случаев, когда резервуар с топливом находится под нагрузкой (см. рис 31).

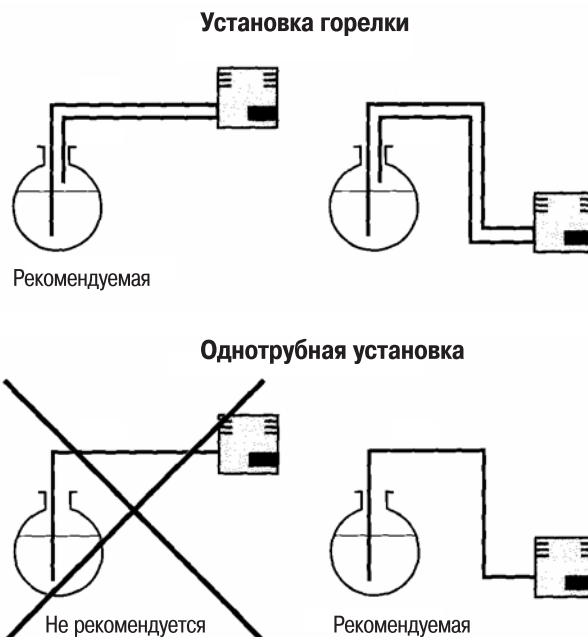


Рис. 31

Схема установки одно и двух трубного насосов.

4.311.8 Потребляемая мощность

Потребляемая шестеренчатым топливным насосом мощность зависит от:

- Скорости вращения.
- Установленного давления.
- Вязкости топлива.

Следует знать, что при средней вязкости 5 - 6, насос при малой горелке (расход 3 - 5 кг/ч), с выставленным давлением 10 бар, потребляет примерно 50 ватт.

4.311.9 Конструкция и оборудование насосов.

4.311.91 Общая конструкция.

Внешне топливные насосы все похожи, однако размещение входов, выходов, измерительных приборов и регулировок отличается в зависимости от конструкции. Практически всегда они четко обозначены на корпусе насоса.

Существуют нормы (NF - DIN - ISO и т.д.) для крепления (рис. 33 и 34):

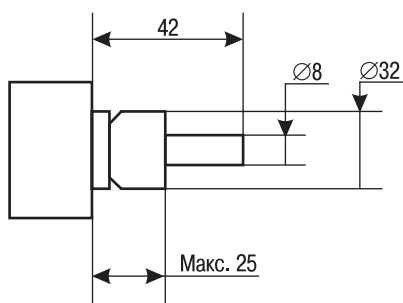


Рис. 33
Насос с креплением на ступице.

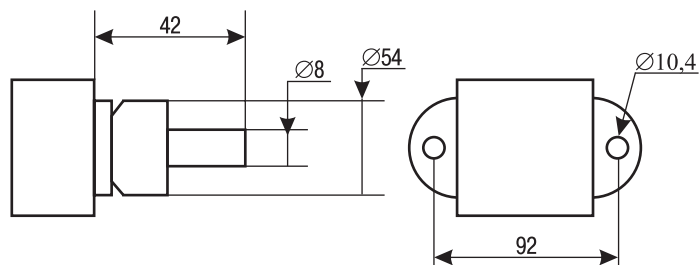


Рис. 34
Насос с креплением при помощи фланцев.

Рекомендации по монтажу и способы регулировки для каждого типа насосов приведены в разделе "Запуск".

4.311.92 Конструкция регуляторов давления

Практически все имеющиеся на рынке насосы, снабжены регуляторами давления поршневого типа.

Фирма "Данфос" разработала для небольших насосов новую систему: регулировка давления производится путем смещения одного из фланцев корпуса шестерен. Регулировка давления производится регулирующим винтом с пружиной.

Таким образом, давление непосредственно регулируется путем работы пар шестеренок закачки и нагнетания.

4.312 Топливные электромагнитные клапаны.

Электромагнитные краны (или электромагнитные клапаны) - это автоматические приспособления, которые позволяют закрывать и открывать подачу жидкого топлива (под давлением) в топливопроводы.

Они подают топливо к горелке в заданный программой момент и позволяют проводить двух-, трехступенчатую регулировку подачи и изменение потоков.

В предыдущем параграфе мы видели, что насосы для малых горелок оборудуются электромагнитными клапанами. Однако для более мощных горелок из соображений экономии электромагнитные клапаны разделены.

4.312.1 Принцип работы.

Электромагнитный клапан работает как электромагнит: он состоит из обмотки (1), неподвижной части (2), которая концентрирует магнитное поле катушки, чтобы с максимальной отдачей притягивать подвижный сердечник (3). Подвижный сердечник имеет затворный клапан (4), седло (5) на корпусе затвора (6). Клапан удерживается закрытой пружиной (7) при неработающем насосе (рис. 35 и 36).

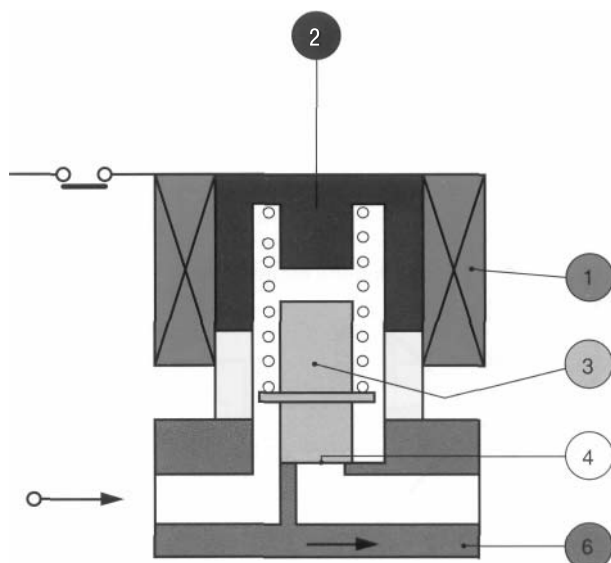


Рис. 35. Электрозатвор жидкого топлива NF в неподключенном состоянии (закрыт).

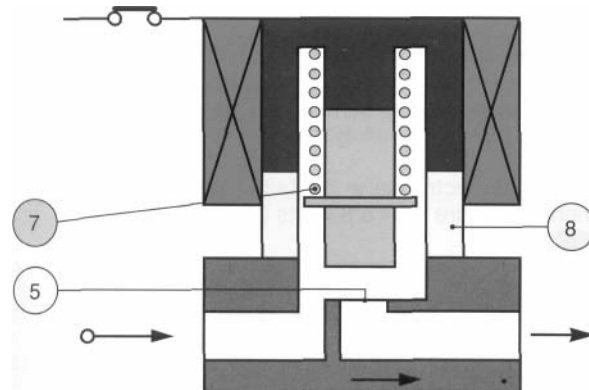


Рис. 36. Электромагнитный клапан подачи топлива под давлением (открыт).

Примечание. Важно!!!

- 1 - Для обеспечения максимальной надежности при закрытии крана, необходимо производить закрытие по направлению, обозначенному стрелкой, так как к нагрузке жидкости под давлением добавляется дополнительная сила, которая воздействует на подвижный сердечник. При попытке закрыть кран в другую сторону, возможно частичное открытие клапана и нарушение герметичности крана. Всегда на корпусе крана стрелкой показано направление движения жидкости.
- 2 - Корпус крана (если он стальной) является внутренней частью цилиндра, в котором перемещается сердечник. Они отделены от неподвижной части металлической перегородкой, не проводящей магнитное поле. Обычно, цилиндр изготавливается из латуни, иногда, из алюминия (рис 36 поз. 8).

4.312.2 Типы электромагнитных кранов.

Электромагнитные клапаны бывают:

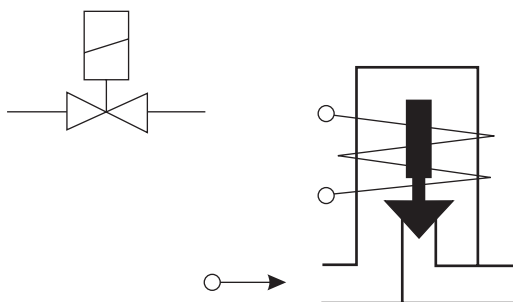
- С контролем расхода.
- По позиции (открытые или закрытые) при отсутствии напряжения.

4.312.21 Электромагнитные краны для малого и среднего расхода (до 250 кг/ч)

Здесь используются прямые открытия, для получения наилучшего проходного сечения необходимы даже незначительные перемещения на четверть диаметра клапана. Подвижный сердечник непосредственно управляет клапаном затвора.

4.312.211 Закрытые неподключенные электрозатворы

Они также называются закрытыми NF. Самый распространенный вариант: подключение к сети электробобины управления отверстием затвора и подачи жидкости (см. предыдущие схемы).



См. следующие графические пояснения: (рис. 37)

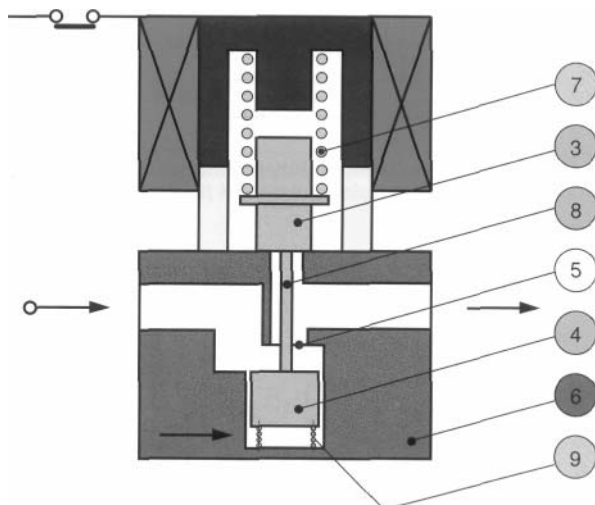
4.312.212 Электромагнитные клапаны открытого типа без давления.

Их обычно называют нормальными отверстиями. Обычно такие краны остаются открытыми большую часть, что требуется мерами безопасности.

Рис. 37
Условное обозначение электромагнитного крана NF.

В этом случае электромагнитная катушка управляет закрытием крана, а пружина вернет кран в открытое положение при отключении напряжения.

Схема при этом следующая: (рис. 38).



Под воздействием возвратной пружины (7) подвижный сердечник (3) посредством стержня (8) удерживает клапан (4) в открытом положении. Пружина (9) имеет меньшее напряжение по сравнению с пружиной (7). При подаче тока к катушке клапан (4) освобождается от стержня (8) и поднимается под воздействием своей пружины (9), закрывая проход топлива, упершись в седло (5) на корпусе затвора (6) (см. рис. 39).

Графические обозначения следующие. (см. рис. 40)

Рис. 38. Выключенный электрозатвор подачи топлива при нормальной величине отверстия.

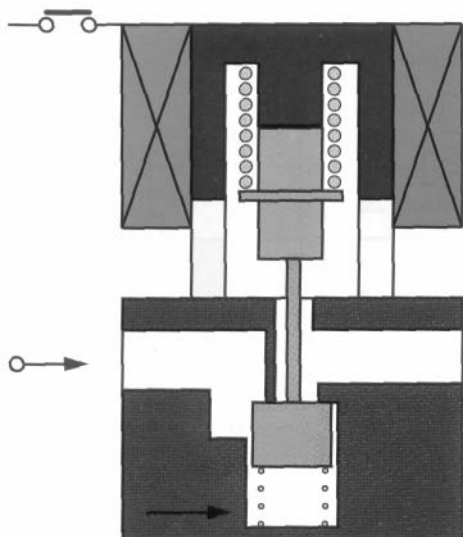


Рис. 39. Топливный электромагнитный клапан под напряжением (закрытый)

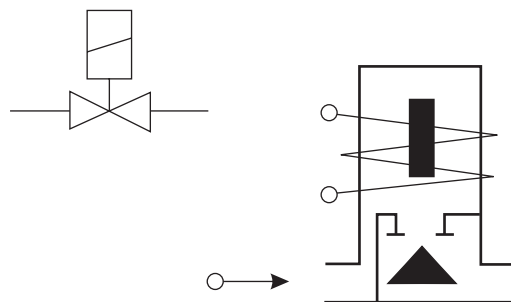


Рис. 40
Схематическое обозначение электромагнитного крана NO

4.312.213 Конструкция затвора "малый расход"

Конструкция проста:

- Корпус затвора изготовлен из штампованной латуни.
- Седло снабжено выступающими кромками для обеспечения наилучшей герметичности.
- Затворный клапан - из искусственного рубина для обеспечения долговечности (чтобы избежать разрушения седловины).
- Электромагнитная катушка малой мощности: 4 - 8 ватт (фото 10)

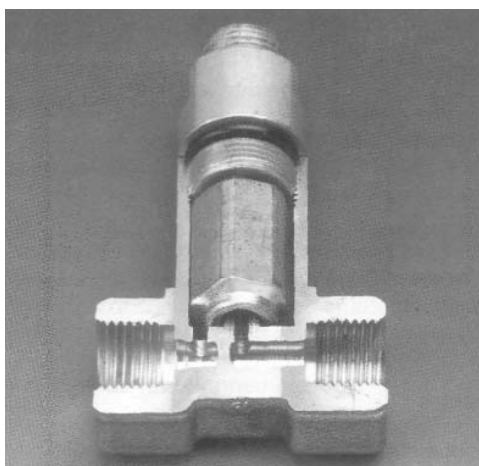


Фото 10
Электромагнитный клапан NF малой мощности в разрезе. (Док. Cuenod)

Работа

Камера сервопривода (8) постоянно заполнена топливом, поступающим через отверстие (7) в мембране (6). При отсутствии напряжения пружина сердечника (3) поджимает сопло управляющего сердечника (4): топливо, содержащееся в камере сервопривода под давлением (8) давит на мембрану (6), которая удерживает основной клапан (5) в седловине. При подаче напряжения на катушку (2) сердечник (3) поднимается, открывая сопло управляющего сердечника (4). Топливо, находящееся в камере сервопривода может выходить через отверстие крана. Сечение отверстия (7) мембраны меньше, чем управляющего сопла (4), давление падает в камере сервопривода (8). Разница сил, вызванная разницей давления по разные стороны мембраны (6) позволяет ей подниматься и пропускать топливо (рис. 41 и 42).

4.312.22 Электромагнитные клапаны для большого расхода (от 250 кг/ч)

Для электромагнитных клапанов, в которых перемещение клапана значительно, прибегают к технике сервопривода, когда для открытия клапана используется энергия, имеющаяся в жидкости под давлением.

Электромагнитные клапаны с серводвигателем фактически состоят из двух кранов:

- управляющего электромагнитного крана с прямым приводом малого расхода;
- основного крана большого сечения.

4.312.221 Электромагнитные клапаны, закрытые при отсутствии напряжения

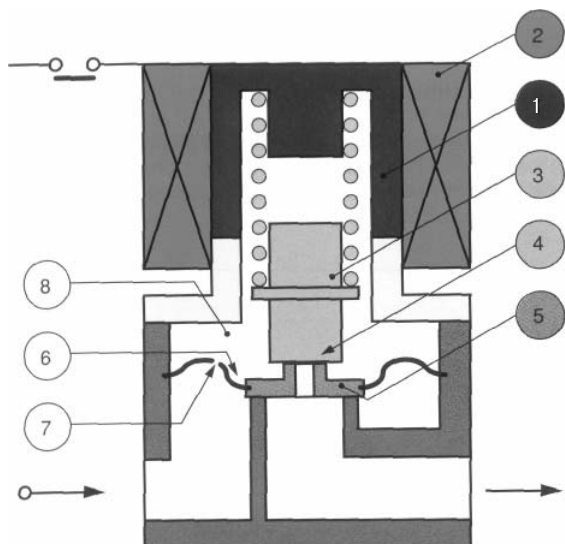


Рис. 41
Электромагнитный клапан с большим расходом NF без подачи напряжения (закрыт)

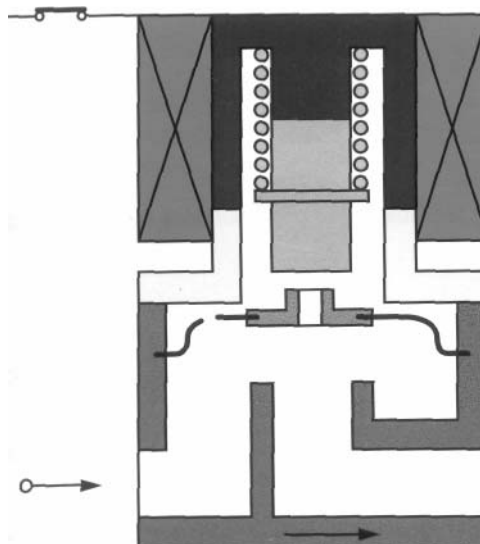


Рис. 42
Электромагнитный клапан с большим расходом NF под напряжением (открыт)

Когда катушка обесточена, совместные усилия пружины сердечника и заполнения камеры сервопривода закрывают основную седловину электромагнитного клапана.

Графически показан случай для крана с малым расходом (рис. 43).

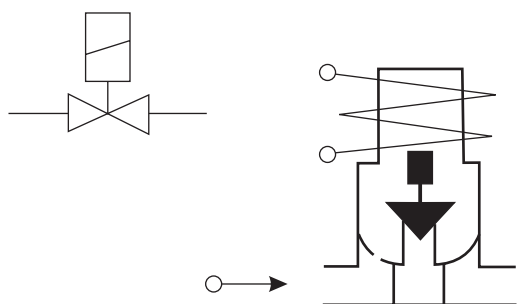


Рис. 43
Схематический показ электромагнитного клапана с большим расходом NF

4.312.222 Открытые электромагнитные клапаны без подачи напряжения.

Принцип работы камеры сервопривода идентичен работе прямого крана.

Разница заключается в том, что привод управляющего крана развернут и сброс давления производится в управляющую камеру на выходе из электромагнитного клапана.

Схематически этот цикл показан (см. рис. 44 и 45).

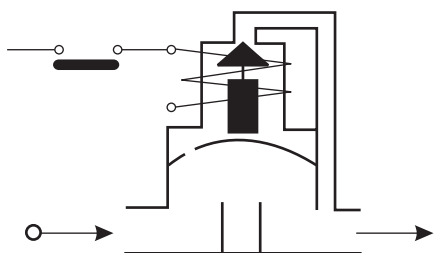


Рис. 44
Схематическое обозначение электромагнитного клапана с большим расходом NO без подачи напряжения (открыт)

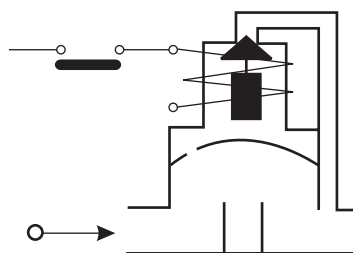


Рис. 45
Схематический показ электромагнитного лапана с большим расходом NO без подачи напряжения (закрыт)

4.312.223 Конструкция электромагнитных клапанов с большим расходом.

Конструкция таких кранов идентична конструкции кранов с малым расходом, однако соединительные отверстия - больше. Мембрана и прокладка клапана выполнены из Витона и их детали взаимозаменяемы (фото 11).

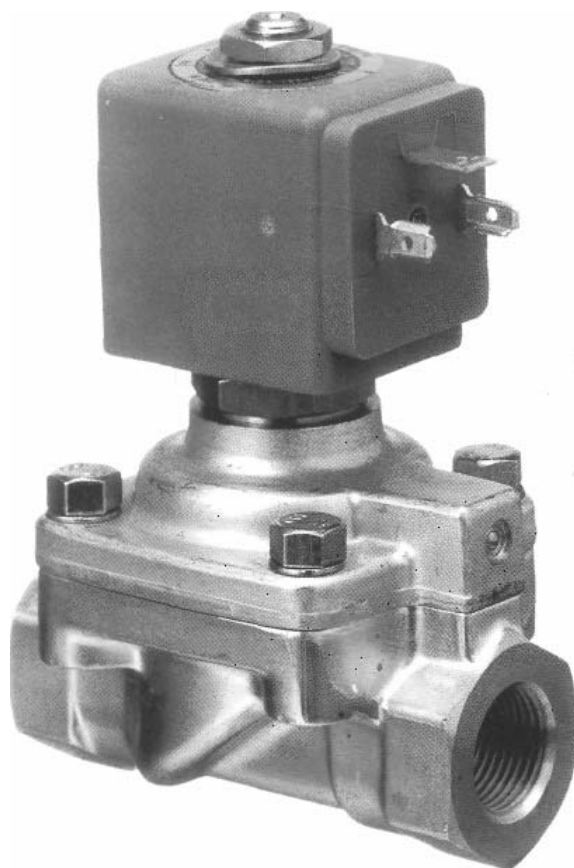


Фото 11
Электромагнитный клапан NF с большим расходом
(Док. Cuenod)

4.313 Жиклеры

4.313.1 Общие положения

Жиклер - маленькая металлическая деталь, которая впрыскивает топливо для сжигания.

Его основные функции:

- Впрыск топлива.
- Дозировка топлива.

4.313.2 Впрыск

Следует знать, что:

- Трудно, а иногда невозможно вовсе поджечь холодный мазут.
- При этом необходимо получить смесь "воздух-топливо", так как это первое условие устойчивого, чистого и экономичного горения.

Вернемся к первому пункту: при температуре окружающей среды (20°C) мазут слегка испаряется; при этом, чем больше площадь мазута, тем больше естественное испарение. Первая задача жиклера превратить топливо в бесчисленное количество очень маленьких капелек.

Для закрепления этой мысли, представим что один литр дизельного топлива распыленный под давлением в 7 бар, дает 15 - 20 миллиардов капелек, которые, если бы их равномерно разместить покрыли бы площадь 500 м².

4.313.3 Конструкция жиклера

Снаружи жиклер напоминает большую гайку с глухим отверстием. На самом деле жиклер состоит из четырех элементов, причем два из них изготовлены с высокой точностью (фото 12).

Корпус жиклера выполняется из нержавеющей стали или латуни, снаружи имеет аэродинамическую форму, внутри камера полусферической или конической формы, которую называют камерой турбулентности, заканчивающейся калиброванным отверстием. Камера турбулентности и калиброванное отверстие изготавливаются с особой точностью (отверстие иногда представляет собой отдельную деталь, вставленную в корпус жиклера, например, жиклеры Данфосс).

Конус с каналами также выполнен из нержавеющей стали, при этом коническая часть имеет каналы, проделанные по касательной (окончания нарезки не совпадает с вершиной конуса).

Блокирующий винт выполнен из нержавеющей стали, он удерживает нарезной конус и конус корпуса жиклера.

Фильтр изготавливается из разных материалов, в зависимости от изготовителя; сетчатый фильтр - калиброван и служит для фильтрации грязи, которая может засорить каналы, имеющие меньшее сечение чем отверстие жиклера (рис. 46)

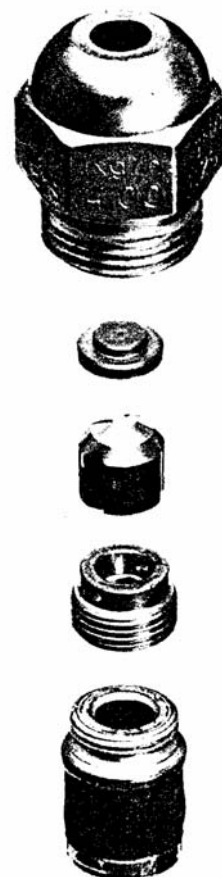


Фото 12
Вид разобранного жиклера
для дизельного топлива (Док. Cuenod)

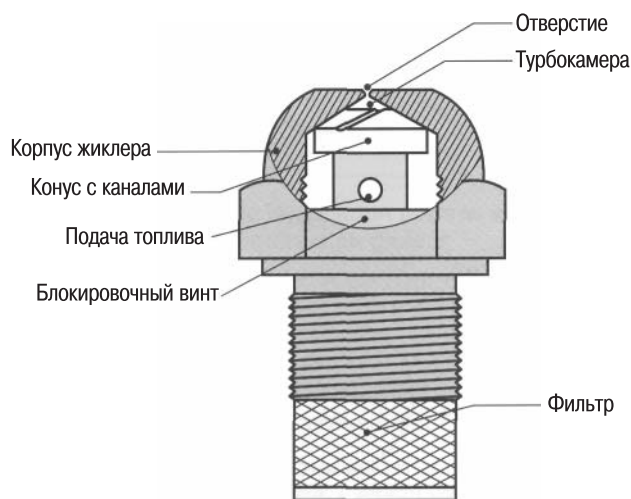


Рис 46
Жиклер в разрезе

4.313.4 Работа жиклера

Мазут проходит через фильтр, запорный винт, его боковые отверстия. Затем он распределяется вокруг конуса до нарезки. Под воздействием давления, создаваемого насосом, топливо по каналам нарезки (которых обычно три или четыре) ускоряется ввиду малых сечений каналов нарезки и попадает в камеру турбулентности, где его скорость возрастет до такой степени, что образует облако паров топлива, которое и направляется к отверстию. На входе в отверстие это облако имеет форму вытянутой трубки и на выходе с жиклера буквально взрывается микроскопическими капельками, имеющими размер порядка 5 тысячных мм.

Так мазут трансформируется в белое вращающееся облако. Капельки, образующие это облако,

окутаны воздухом, при контакте с высокой температурой превращаются в газ и воспламеняются.

4.313.5 Характеристики

Кроме распыления, жиклеры имеют три характеристики, значения которых выгравированы на их корпусе:

- Номинальный расход (в час).
- Угол распыления.
- Характер распыления.

4.313.51 Номинальный расход

Расход жиклера непосредственно связан с диаметром отверстия. Чем больше это отверстие, тем больше расход.

По определению: номинальный расход жиклера - это количество топлива, которое он выбрасывает за один час при определенном давлении. При этом топливо имеет определенную вязкость и плотность.

Для жиклеров американского производства эти значения даны в галлонах в час.

Обычно говорят US галлонов в час (US - аббревиатура США).

В виде символов - это выглядит так: **US gal/h (US галл/ч)**

1 US галл/ч = 3,78 л/ч л/ч - литров в час

Отправными величинами являются:

- при давлении: 100 p.s.i. где p.s.i (фунт на квадратный дюйм) - единица в англо-американской системе мер: **100 p.s.i = 7,03 бар**,
- вязкость: **4,4 cSt** ($4.4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$),
- плотность: **0,83**.

Калибр жиклера выгравирован на его корпусе: обычно в US галлонах в час, иногда в литрах в час, а иногда в килограммах в час.

4.313.52 Угол распыления

На выходе с жиклера капельки топлива распространяются в виде выпуклого конуса. Форма этого конуса явно выделена на расстоянии нескольких сантиметров там, где скорость и концентрация капелек явно выражена, затем топливо напоминает белое облако.

По этим признакам можно определить угол рассеивания: угол рассеивания - это усредненный угол конуса облака в его наиболее плотной части (рис. 47). Значения этого угла указываются изготовителями жиклеров. Эти значения позволяют конструкторам горелок правильно их подобрать и разместить. Наиболее часто встречающиеся обозначения 30°, 45°, 60°, 70°, 80° и 90°.

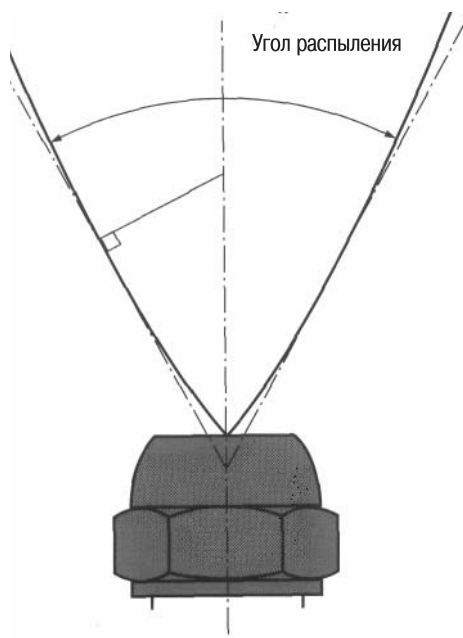


Рис. 47
Замер угла рассеивания жиклера

Этот угол частично определяет форму пламени, то есть его наибольший диаметр. На эти величины следует обращать внимание, так, например, пламя от жиклера 45° будет длиннее и тоньше, чем при использовании жиклеров 60° или 80° , пламя от которых будет короче и толще.

Примечание: Отдельные страны попытались стандартизировать величины, введя понятие "угол пленки топлива", который определяется при выходе топлива из жиклера, однако такое значение мало значимо и не поддерживается ни одним из производителей жиклеров.

За последние два года Европейский Комитет по Стандартизации принял определенные шаги по стандартизации жиклеров. Однако до сих пор нет четких определенных требований и возможно будут окончательно закреплены два обозначения:

- калибр жиклера: обозначаемый в US галл/ч при 7,03 бар,
- угол рассеивания, измеряемый в 3 см для малых и в 4 - 5 см для больших жиклеров.

4.313.53 Характер распыления

Речь идет о распределении капелек топлива внутри конуса распыления. Если условно разрезать конус распыления листком бумаги, размещенным перпендикулярно оси отверстия жиклера, то соберем на нем капельки топлива, которые разместятся определенным образом.

Этот рисунок называют еще спектром распыления, который может быть:

- с полным конусом;
- с полупустым конусом;
- с полым конусом.

Полный конус: распределение капелек равномерное по всей площади круга. Такими жиклерами обычно оборудуют горелки малой мощности до 250 кВт.

Полупустой конус: распределение капелек равномерно по всей поверхности круга с незначительной незаполненной частью в центре. Отдельные жиклеры этого типа дают распределение капелек слабое и однородное по всей площади круга и значительную концентрацию по ободу круга.

Полый конус: наибольшая концентрация капелек - по ободу круга оставляя большую пустоту в центре конуса.

Эти два последних типа жиклеров используются для большого расхода, так как центр конуса трудно запитать кислородом, необходимым для сжигания капелек топлива, находящихся в центральной части конуса (рис. 48).

Тип распределения	Классический	Варианты
Полный		
Полупустой		
Полый		

Рис. 48. Схема распыления

Условия распределения

Существует код, обозначающий распределение распыления. Он выгравирован на корпусе жиклера после обозначения угла распыления; в зависимости от марки они несколько отличаются друг от друга. Кроме того, коды не стандартизованы и поэтому - не идентичны (таблица 10).***

Изготовитель	Распределение		
	Полное	Полупустое	Полное
Данфосс	S	B	H
Делавап	B	W	A
Монарх	AR-R-HV	PLP	PL и NS
Хаго	ES Q и S	P	H и SS H и PH
Стейнен		SS	

Табл. 10. Кодировка распределения изготовителями

Важно! По каждому из этих жиклеров конструкторы горелок проводит длительные испытания и доводки, чтобы подобрать жиклер, наиболее подходящий для конкретной горелки. Можно порекомендовать пользователям следовать их предписаниям, так как эти рекомендации учитывают все рабочие характеристики:

- воспламенение;
- стабильность горения;
- чистоту горения;
- производительность и т.д.

4.313.6 Влияние давления и вязкости на характеристики жиклера

Ранее мы говорили, что внешние параметры, не относящиеся непосредственно к технологии изготовления жиклеров, могут влиять на их характеристики. Как и когда изменяются давление и вязкость топлива.

4.313.61 Влияние давления на расход

С повышением давления увеличивается и расход жиклера. Он изменяется как квадратный корень давления. Зная установочное давление P_1 и соответствующий расход Q_1 , можно определить расход Q_2 для давления P_2 или, наоборот, при помощи следующих формул:

$$Q_2 = Q_1 \times \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \quad P_2 = P_1 \times \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

Где:

P_1 = давление установочное = 7,03 бар,

P_2 = давление распыления в барах,

Q_1 = расход при давлении P_1 ,

Q_2 = расход при давлении P_2

Примечание: Q_1 и Q_2 должны быть выражены в одних единицах (US галл/ч или кг/ч или л/ч). Когда известен калибр жиклера в US галл/ч, можно посчитать расход:

- в литрах топлива в час:

$$Q_{v2} = \text{калибр} \times 3,78 \times \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

- удельный объем топлива за час:

$$Q_{m2} = \text{калибр} \times 3,78 \times 0,84 \times \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

или:

$$Q_{m2} = \text{калибр} \times 3,18 \times \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

4.313.62 Влияние давления на угол распыления

Увеличение давления уменьшает угол распыления. Это вызвано тем фактом, что капельки топлива подвержены влиянию двух сил - тангенсной, мало зависящей от давления, и осевой - очень зависимой от давления. Результирующая сила задает угол, приближающийся к углу распыления (рис.49).

При этом следует учесть, что изменение угла незначительно для малых жиклеров, используемых для малых давлений (9 - 12 бар).

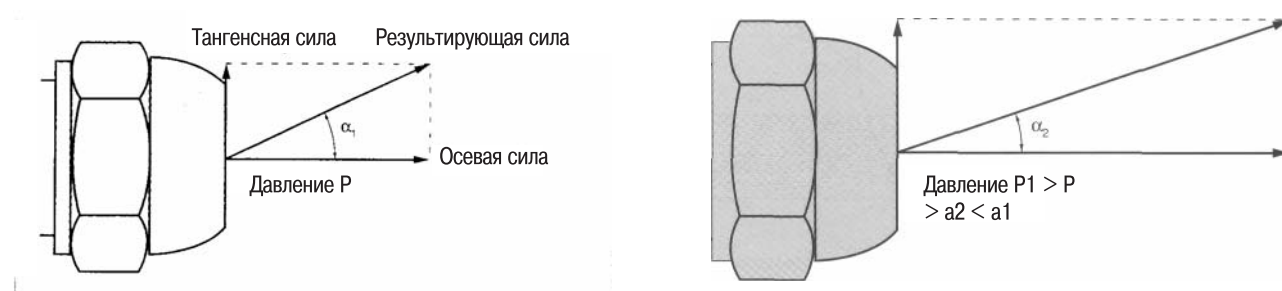


Рис. 49. Изменение угла распыления в зависимости от давления

4.313.63 Влияние давления на диаметр капелек топлива

Увеличение давления распыления приводит к немедленному уменьшению диаметра капелек топлива. Эмпирическая формула следующая: d примерно равно $330/P$ (где d - диаметр капелек в тысячных миллиметра, а P - давление в барах). Эта формула показывает эффект увеличения давления.

Необходимо запомнить тот факт, что чем меньше капельки топлива, тем больше площадь распыления топлива, тем лучше горение. По этой причине, из двух жиклеров, имеющих одинаковый расход, следует выбирать тот, который работает при более высоком давлении. Для непрогретого дизельного топлива, давление 10 бар при распылении является минимальным.

Примечание. Внимание! Сгорание мельчайших капелек топлива протекает быстрее и становится более шумным (по своим свойствам оно приближается к горению газа).

В критической ситуации, когда горение становится особенно шумным, следует уменьшить давление.

4.313.64 Влияние вязкости на расход

Известно, что вязкость препятствует текучести жидкости. Казалось бы, с увеличением вязкости расход падает. На самом деле, происходит обратное. В турбулентной камере жиклера ротационное движение топлива создает трубообразный поток тем тоньше, чем выше скорость турбулентности (рис. 50). Увеличение вязкости приводит к утолщению стенок этой струи, вовлекая большее количество топлива в поток (рис. 51)

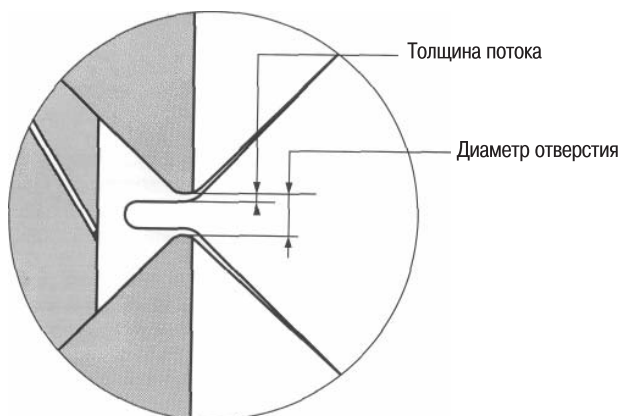


Рис. 50
Схематическое обозначение распыления при выходе с жиклера при слабой вязкости

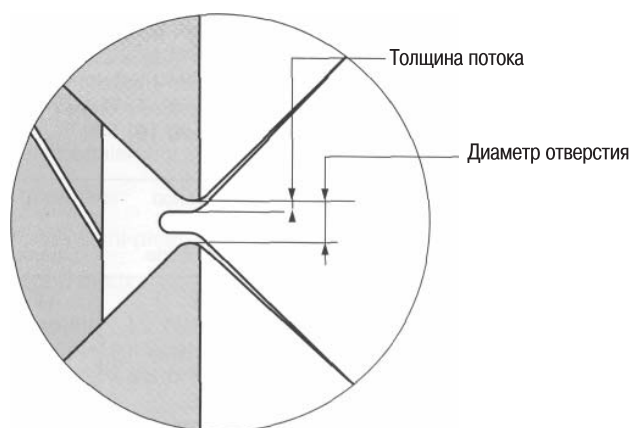


Рис. 51
Схематическое обозначение распыления на выходе жиклера при высокой вязкости

4.313.65 Влияние вязкости на угол распыления

Скорость потока топлива уменьшается в камере турбулентности при увеличении вязкости. По этой причине, тангенциальная сила также уменьшается, что влечет уменьшение угла распыления.

В самом неблагоприятном случае, когда вязкость становится очень высокой (например, при очень низкой температуре), угол распыления становится нулевым и распыление топлива прекращается, оно вытекает струей. В лучшем случае, это создает трудности с воспламенением топлива ввиду того, как мы это увидим далее, капельки топлива проходят слишком далеко от дуги воспламенения.

4.313.66 Влияние вязкости топлива на диаметр капелек.

Энергия распыления пропорциональна скорости движения топлива в турбулентной камере жиклера и она падает с увеличением вязкости топлива. На выходе из жиклера капельки топлива взрываются менее интенсивно, они становятся крупнее.

4.314 Подогрев бытового топлива на горелках малой мощности.

4.314.1 Общие положения.

За последние десять лет наблюдается следующее развитие:

- Прежде всего это касается бытового дизельного топлива, которое является рафинированным, как мы это отмечали в первой главе, продуктом. Его получают из сырой нефти различными способами, что позволяет извлечь продукт в различных пропорциях в зависимости от спроса на рынке. Снабжение Франции сырой нефтью производится из различных стран, что влечет за собой ее неоднородность, как по качеству, так и по составу. Из этого следует, что физико-химические характеристики бытового топлива очень неоднородны, при этом соблюдая нормы, предписанные властями.

Специалисты в области переработки нефти, объединившись в межпрофсоюзное объединение, установили еще более строгие критерии по сравнению с госнормами на благо потребителей. Однако невозможно преодолеть непреодолимое, бытовое жидкое топливо будет всегда иметь разные характеристики.

- Развитие также коснулось отопительного оборудования, в частности, котлов и способов их использования, то есть, способов регулировки. Используемые в настоящее время материалы для генераторов тепла позволяют теперь с соответствующими регуляторами работать на низких температурах с полным выключением установки на более- менее длительное время. Это приводит к частому пуску установок "в холодную" (например, все знают, что значит пуск холодного двигателя автомобиля).

Изучим детальнее эти два явления и их влияние на работу горелки.

4.314.2 Изменение характеристик топлива.

4.314.21 Изменение физических свойств.

Плотность и вязкость топлива играют первостепенную роль в расходе жиклера, то есть на количество топлива, впрыскиваемого в котел и на качество распыления.

Последние исследования позволили определить максимальный разброс характеристик для топлив, встречаемых на рынке:

- по вязкости (3,8 при 6,64 cSt) разброс удельного расхода составляет порядка 6%;
- по плотности (0,83 при 0,865) разброс при том же расходе составляет 2%.

4.314.22 Изменения химического состава

Бытовое топливо состоит из углеродов, то есть из молекул углерода и водорода.

Их значение определяется соотношением масс углерода и водорода (C/H). Это соотношение может быть разным в зависимости от происхождения неочищенной нефти и типа дистилляции.

Кроме того, масса воздуха, необходимого для сгорания топлива, уменьшается с увеличением соотношения "углерод-водород" - это количество воздуха варьируется в пределах 3% в зависимости от качества топлива.

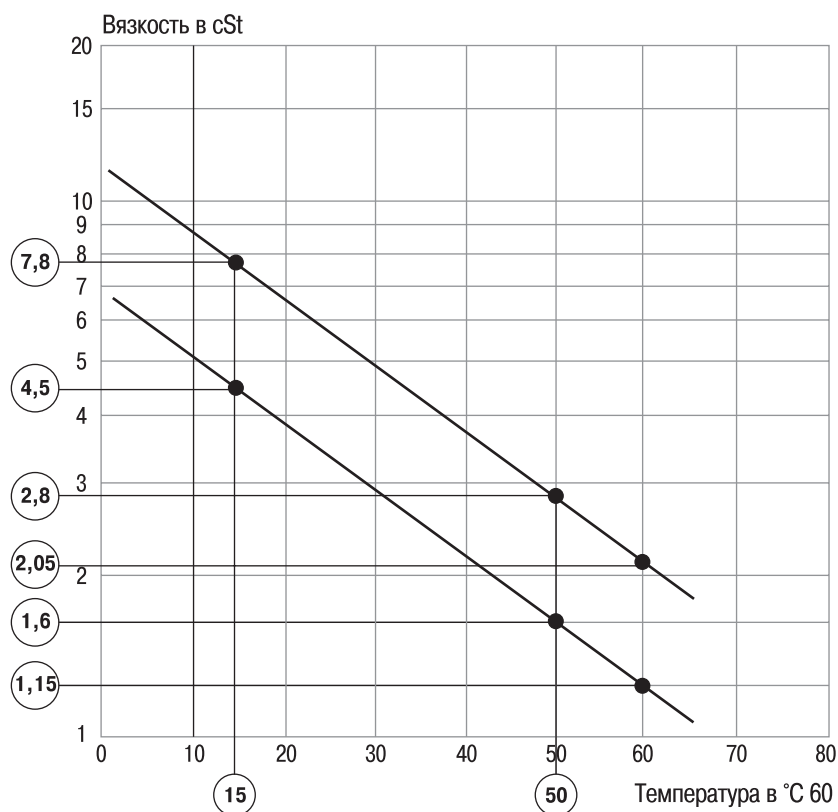


Рис. 52
Кривые вязкости двух различных топлив в зависимости от температуры

температуры двух разных по качеству и находящихся на пределе среднего по качеству поставляемого на рынок топлива, то сможем убедиться что отклонение кривых при температуре 15°C (что является средней температурой в отопительный сезон) уменьшается с ростом температуры до такой степени, что разница практически не влияет на процесс горения. (рис. 52). На диаграмме (рис. 52) даны вязкость для двух топлив соответственно 3,8 cSt и 6,6 cSt при 20°C:

Температура в °C	15	50	60
Отклонение по вязкости в cSt	3,3	1,2	0,9

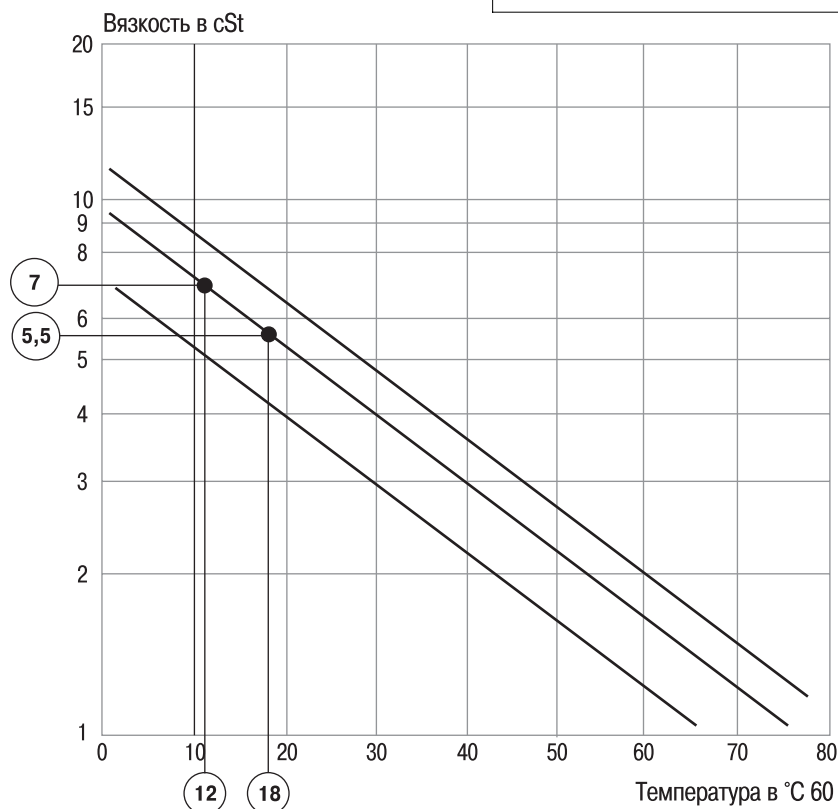


Рис. 53
Изменение вязкости среднего по качеству топлива в зависимости от температуры

4.314.23 Выводы.

Плотность и соотношение "углерод-водород" связаны непосредственно и обратно пропорциональны: в первом случае можно сделать заключение, что они действуют взаимоисключающе.

При этом определяющим остается вязкость, которая оказывается решающей в работе горелки, точнее, в работе жиклера.

4.314.3 Подогрев топлива

Теперь проблема четко очерчена:

Как исключить или уменьшить изменение вязкости бытового дизельного топлива?

Единственной, экономически оправданной на сегодняшний день является техника подогрева топлива до постоянной температуры. Если начертить на графике зависимость от

Чтобы показать насколько незначительно это отклонение, отметим, что для "среднего" топлива с вязкостью 5,4 cSt, она изменяется на 1,5 cSt при переходе топлива с 12 до 18°C (что составляет среднюю вариацию температуры топлива в холодный период) (рис. 53).

4.314.31 Рабочие пределы нагревания

Необходимо учитывать несколько факторов:

- при возрастании температуры более 50°C изменение вязкости становится минимальным;
- топливо не выдерживает перегрева: свыше 80°C отдельные виды топлива изменяют свои химические свойства с образованием резин, которые засоряют горелки и жиклеры;
- многочисленными исследованиями доказано, что техника подогрева топлива рекомендована при расходах до четырех килограмм в час, выше этого предела, подогрев лишь способствует воспламенению смеси.

Эти выводы помогают нам составить список преимуществ, связанных с подогревом топлива.

4.314.4 Технология подогрева топлива

Далее мы покажем, каким образом конструкторы топливной аппаратуры решили вопрос подогрева топлива.

На сегодняшний день единственно признанным методом подогрева топлива, является его подогрев непосредственно перед впрыском.

Нагреватель устанавливается на топливном канале непосредственно перед жиклером. Над нагревательным элементом выступает полупроводник (теплосопротивление РТС), который рассеивает свою энергию на медный теплообменник. Работой теплосопротивления управляет термостат, расположенный в крышке с выключателем снаружи (фото 13).

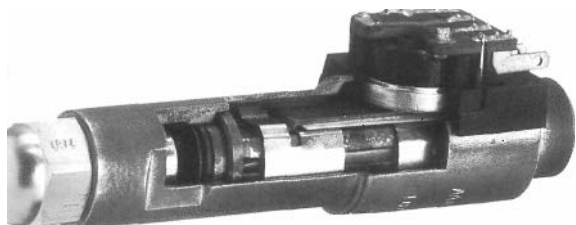


Фото 13
Подогреватель топлива фирмы "Danfoss" в разрезе (Док. Cuenod)

Прибор компактен, имеет хорошие аэродинамические характеристики, особенно важные при оборудовании головки небольших горелок.

В отдельных случаях нагреватель является основой для крепления жиклера (фото 14).



Фото 14
Общий вид "жиклерной планки" с подогревателем. (Док. Cuenod)

4.314.5 Преимущества подогрева топлива.

Первое преимущество мы уже знаем - снять отрицательные последствия изменения вязкости топлива, однако есть и много других:

- гарантированное воспламенение смеси: в разделе, посвященном жиклерам, мы видели, что понижение вязкости приводит к уменьшению размеров капелек топлива, увеличению площади контакта с воздухом; кроме того, разогретое топливо лучше испаряется, что способствует его лучшему воспламенению. Нагреватели становятся крайне необходимыми на горелках, устанавливаемых на котлах, работающих при низких температурах, так как при установке в холодных помещениях их зажигание становится ненадежным.
- улучшает и стабилизирует процесс горения: подогрев топлива приводит к практически однородной вязкости топлив, а значит и практически однородной подаче топлива, что позволяет, как мы увидим далее, отрегулировать горелку на более низкую подачу воздуха. В результате, эти факторы приводят к тому, что загрязнение котла значительно уменьшается, что облегчает обслуживание и повышает общую производительность.
- Увеличение калибра жиклера: уменьшение вязкости приводит к уменьшению расхода жиклера.

Эта характеристика требует подбора жиклера большего калибра: жиклеры, имеющие большее отверстие меньше заслаковываются и меньше риск отказа ввиду засорения жиклера. Это свойство особо сказывается на котлах малой мощности, которые требуют малого расхода, а значит и жиклеров с малым калибром отверстия (0,5 - 0,6 US галл/ч).

4.314.6 Работа нагревателя для жидкого топлива

Работа нагревателя очень проста: она напоминает работу электрического радиатора с той только разницей, что термостат нагревателя управляет зажиганием горелки, что становится возможным только после того, как температура жидкого топлива, находящегося в нагревателе не достигнет определенной температуры для обеспечения надежного распыления. В заданном режиме, термосопротивление (PTC) регулирует температуру подогрева с тем, чтобы она не превышала 80°C; потребляемая электрическая мощность зависит от расхода топлива.

4.314.7 Монтаж топливного нагревателя

Большинство конструкторов горелок предлагают горелки, уже снабженные нагревателями топлива.

Тем не менее, существуют и отдельные комплекты для существующих горелок. Не требуется, каких либо особых навыков, чтобы оборудовать таким нагревателем горелку. Потребление тока очень незначительно (50 - 100 Вт в зависимости от расхода), электрическое подключение крайне простое (рис. 54).

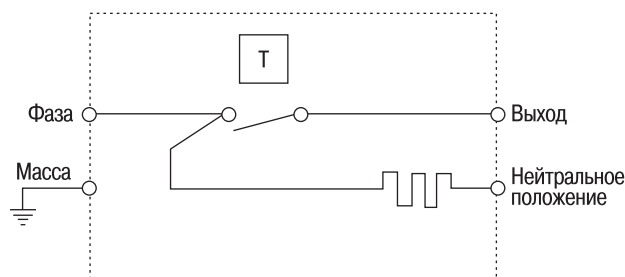


Рис. 54
Электрическая схема подогревателя.

Важное примечание!

Подогрев топлива полезен и необходим при расходе свыше 1 - 2 кг/ч. Свыше 2 кг/ч подогрев дает положительные результаты, описанные ранее и можно рекомендовать его использование, особенно в районах, где колебания температуры значительны и установка должна работать летом для подогрева воды для санитарных нужд. Эта техника не используется в горелках с расходом 4,5 кг/ч, потому что выше этого предела последствия изменения

вязкости топлива сглаживаются и необходимы разве что для воспламенения топлива. Именно в это время происходит наиболее значительное загрязнение котла.

4.315 Возвратные жиклеры

Мощные горелки (свыше 1000 кВт) иногда собраны в модульном варианте: сила огня приспособлена к тепловому режиму, что требует работы системы в переменном режиме от 40 до 100 % от номинальной мощности тепловой установки.

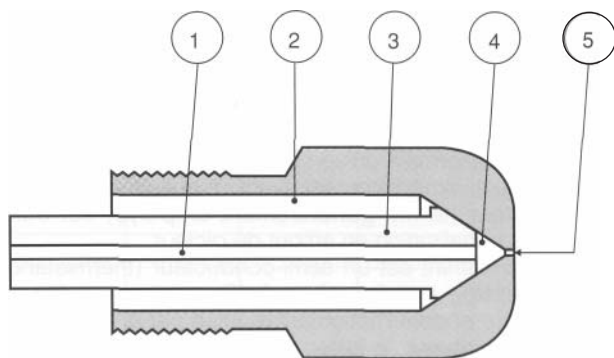
4.315.1 Принцип действия

Чтобы изменять расход, на жиклер классического исполнения можно было бы подавать разное давление топлива, однако при этом изменение расхода будет слабым, а с другой стороны, при очень слабом давлении распыление топлива будет плохим.

Эта техника используется исключительно на горелках малой мощности, работающих в двух режимах, так как изменение расхода максимум на 1 - 0,7 (при изменении давления в пределах 10 - 20 бар) достаточно для использования в обычном центральном отоплении.

Конструкторы жиклеров разработали новые специальные, так называемые обратные жиклеры, которые работают как регуляторы расхода, возвращая в систему избыточное топливо. Преимуществом является то, что при этом давление распыления топлива остается постоянным, а значит и горение происходит оптимально.

Практически, такой жиклер работает, как и стандартный: на уровне турбулентной камеры (4) в конусе с каналами (3) проделано дополнительное отверстие (1), что позволяет отводить избыточное топливо при уменьшении распыления топлива жиклером (5). Регулировка расхода контролируется на обратном топливном канале с помощью регулятора давления, называемого обратный регулятор (рис. 55).



Обозначения:

- (1) возвратное отверстие
- (2) подача жидкого топлива
- (3) конус с каналами
- (4) турбулентная камера
- (5) отверстие жиклера

Рис. 55
Схематическое обозначение обратного жиклера

Регулировка расхода проста: чем больше уменьшаем расход возврата (увеличивая соответственно давление), тем больше увеличиваем расход распыляемого топлива (рис. 56).

4.315.2 Определение расхода

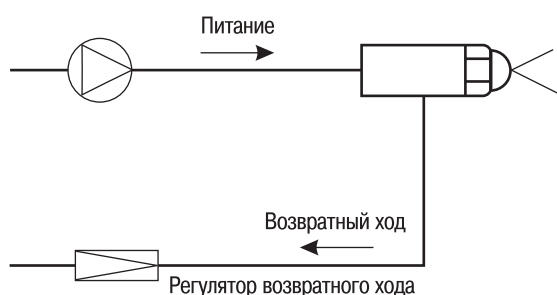


Рис. 56
Монтаж возвратного жиклера.

Обратные жиклеры откалиброваны под полностью закрытый возврат, однако этой информации недостаточно; именно по этой причине с каждым жиклером прилагается кривая, определяющая расход впрыска и общий расход в зависимости от обратного давления. Эти кривые необходимы для расчета производительности насоса и настройки горелки при ее запуске (рис. 57).

На рис. 57 четко видна особенность обратного жиклера: общий расход (обратный расход + расход впрыска) более значим при минимальном расходе, чем при максимальном: таким образом, при расчете насоса горелки в качестве отправной величины нужно брать именно этот полный расход, так как именно это является залогом правильной работы.

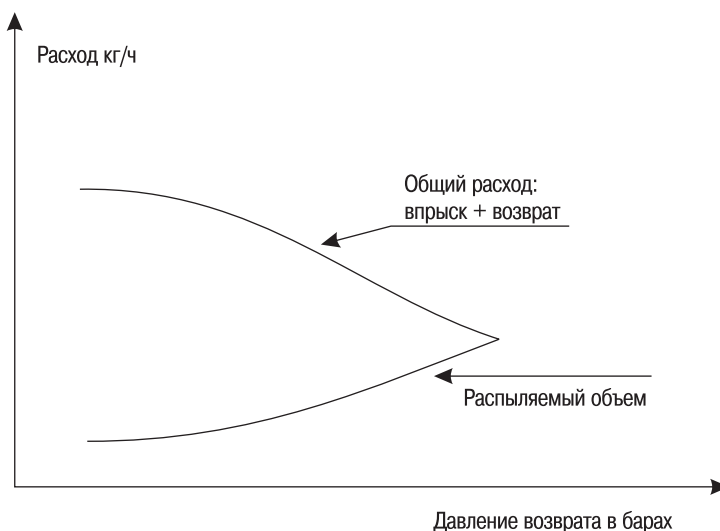


Рис. 57
График расхода обратного жиклера.

Примечание 1

Кривые обратных жиклеров даны при четко оговоренном давлении впрыска (обычно 30 бар). Если регулировкой предусмотрено прочее давление, расход впрыска будет подчиняться другому закону, который не обязательно пропорционален установленному.

Примечание 2

Изменение расхода, иногда весьма значительное, вызывает существенное изменение угла распыления. Отдельные разработки показывают на кривых получаемые углы отклонения при различных расходах.

4.315.3 Конструкция

4.315.31 Семейство обратных жиклеров

Существует два семейства обратных жиклеров:

- Жиклеры моноблочные. Они поставляются полностью готовые к установке с калибровочным номинальным отверстием, закрытым возвратом, давлением распыления - 30 бар (иногда 20 бар).

Эти жиклеры иногда снабжаются металлическим фильтром с крупными звеньями (например: жиклеры Fuelmaster Art. 114: рис. 58 - фото 15)

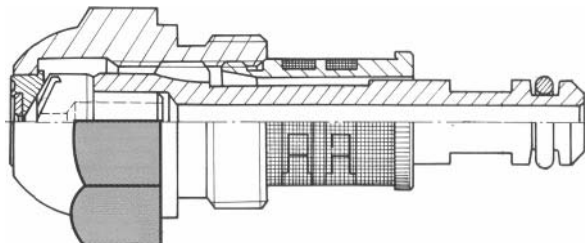


Рис. 58

Жиклер обратный - моноблок в разрезе



Фото 15

Жиклер обратный Fuelmaster Ст. 114. (Док. Cuenod)

- Жиклеры таблеточные. Отдельные элементы жиклера (каналы распределительные, тангенциальные, обратное отверстие, распылительное отверстие) выполняются в виде отдельных таблеток в двойном количестве (Monarch, Fuelmaster) иногда в тройном количестве (Fuelmaster). Эти таблетки имеют четкие характеристики, устанавливаются ярусно. Все это позволяет создавать оптимальные комбинации, например, получить максимальный расход, минимальный расход, угол распыления применительно к горелке и к котлу и т.д. (фото 16).

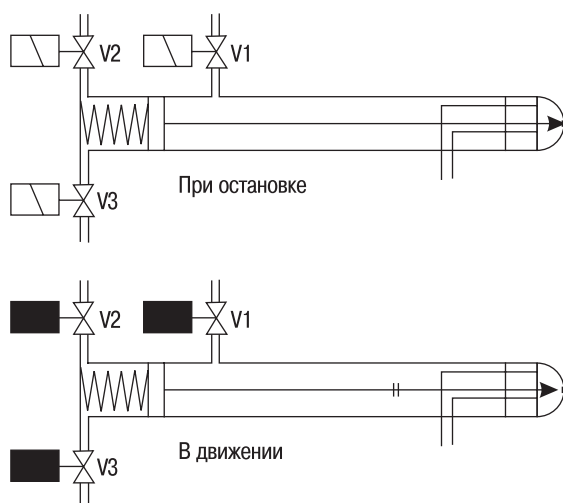
4.315.32 Запирание



Фото 16

Обратный жиклер Monarch, тип E180H. (Док. uenod)

Все чаще, обратные жиклеры снабжаются запорной системой, состоящей из стальной иглы, запирающей отверстие распыления. Это приспособление позволяет полностью запереть жиклер при остановке горелки. Игла управляется электромагнитным или гидравлическим поршнем. В последнем случае поршень приводится в движение давлением топлива, контролируемым набором электромагнитных затворов (рис. 59).



Обозначения:

- V1 - затвор питания;
- V2 - затвор запираения;
- V3 - затвор сброса.

Это позволяет топливу циркулировать в обойме жиклера и в самом жиклере без распыления (для того случая, когда мазут тяжелее).

Рис. 59

Перемещения запорной иглы обратного жиклера

4.316 Обратные регуляторы давления

4.316.1 Общие положения

Это регуляторы давления с изменяемым заданным значением, управляемые механически и используемые для контроля работы жиклеров.

В предыдущей главе, когда мы изучали работу обратных жиклеров, мы говорили, что для изменения распыляемого давления достаточно влиять на давление возврата, то есть на соответствующее давление.

Таким образом, на контур возврата жиклера устанавливают регулятор давления идентичный тому, который устанавливают на насосе, который можно механически настраивать на заданное значение при помощи сервопривода (рис. 60).

Работа похожа на регулятор давления распыления: чем более отжата управляющая тяга, тем более сжимается пружина до получения равновесия с давлением жидкости.

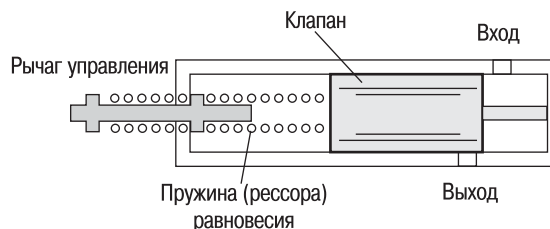


Рис. 60

Схематическое обозначение обратного регулятора давления

4.316.2 Конструкция

Существуют различные типы регуляторов обратного давления:

- Линейный. Это классический регулятор с поршнем, который продольно перемещается (см. предыдущий рис.). Он обычно управляется кулачком, преобразующем вращательное движение в поступательное.
- Ротационный. Потеря напора создается вращением цилиндра, на котором нарезается канавка с изменяемым сечением (рис. 61 и 62).

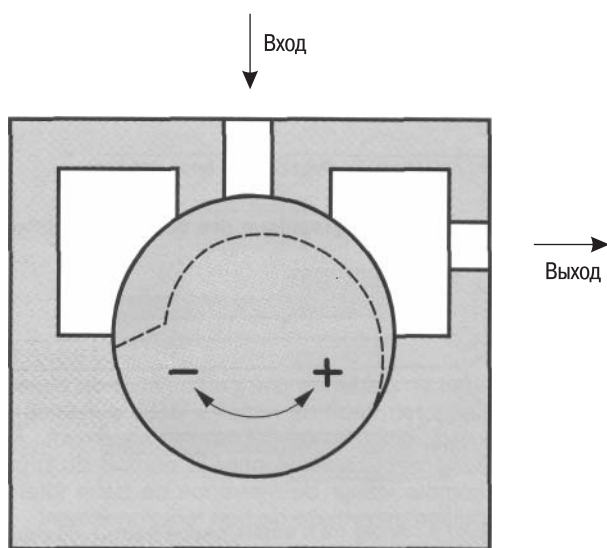


Рис. 61
Схематическое обозначение поворотного обратного регулятора давления

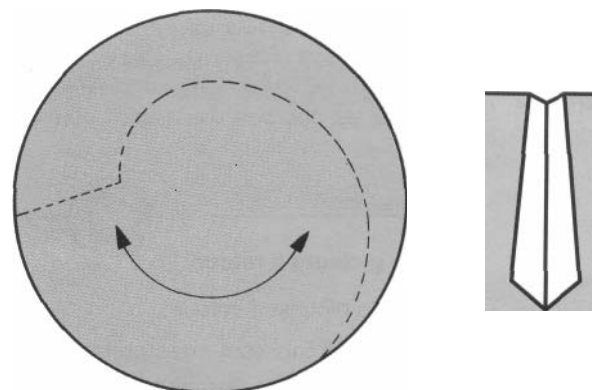


Рис. 62
Деталь цилиндра.

4.317 Тип топливных контуров

4.317.1 Общие положения

В зависимости от типа работы (1 режим, 2 режима, 3 режима или модульного) и выбранного оборудования (например, встроенные электромагнитные клапаны в насосе), различают различные типы контуров.

4.317.2 Горелки с одним режимом

Как мы видели при изучении насосов, существуют две возможности:

1) Насос без встроенного электромагнитного клапана:

Как правило, применяется в мощных горелках свыше 300 кВт или в устаревших небольших горелках: (рис. 63).

См. рис. 74: обозначения рис. 63 - 73.

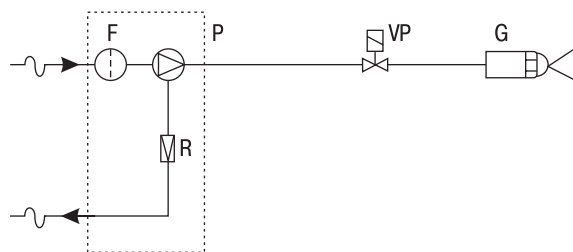


Рис. 63
Контур топлива: один режим, классический насос

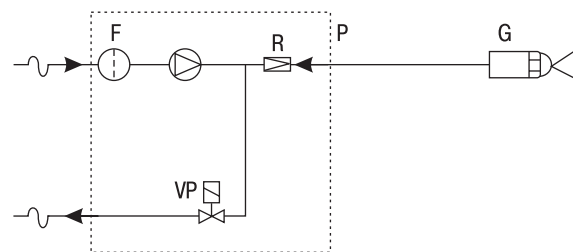


Рис. 64
Контур жидкое топливо:
один режим, насос с клапаном

Примечание: фильтр F , регулятор давления R встроены в корпус насоса.

2) Насос со встроенным электромагнитным клапаном:

Оборудуются новые малые горелки до 300 кВт (рис. 64).

Монтаж прост. Насосом с жиклером соединяет всего лишь одна трубка.

4.317.3 Горелки с двумя режимами

Для таких горелок также существуют, в зависимости от мощности, два типа контуров:

- 1) контур классический для горелок средней мощности, оборудованных двумя жиклерами: (рис. 65).

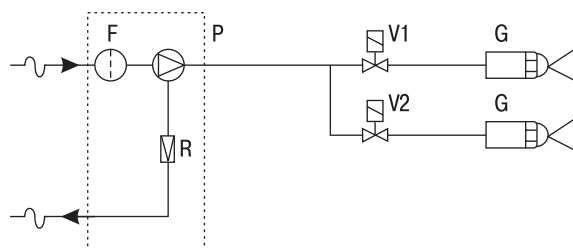


Рис. 65
Контур жидкого топлива: два режима,
классический насос.

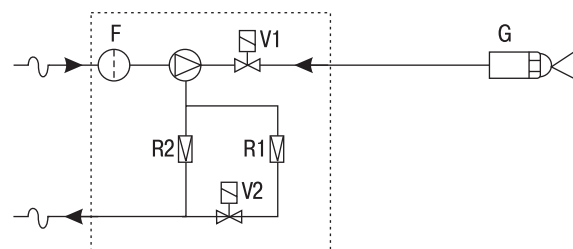


Рис. 66
Контур жидкого топлива:
два режима, насос двухконтурный

Работа проста: первый режим достигается путем открытия электромагнитного клапана $V1$, а второй режим - путем открытия электромагнитного клапана $V2$, при этом электромагнитный клапан $V1$ остается открытым.

- 2) Отдельные горелки с мощностью менее 300 кВт оборудуются лишь одним жиклером, который дает два различных заданных расхода, задаваемых двумя давлениями распыления, задаваемыми помпой (рис. 66).

Работа

В первом режиме электромагнитный клапан $V1$ запитывается топливом под давлением $R1$ (низкое давление = малый расход), электромагнитный клапан $V2$ при этом открыт: (рис. 67).

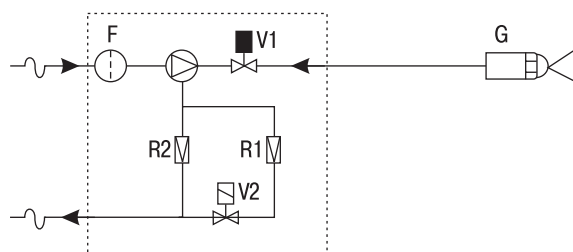


Рис. 67
Работа в первом режиме

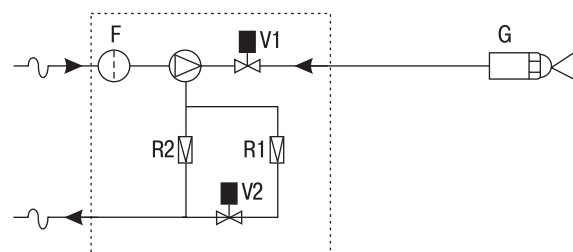


Рис. 68
Работа во втором режиме.

Для получения второго режима электромагнитный клапан $V2$ запитан (закрыт) и давление топлива увеличивается до регулируемого значения, заданного регулятором $R2$, расход возрастает: (рис. 68).

Примечание. Минимальное и максимальное давление укладываются в понятие 10 - 20 бар, расход в первом режиме не может быть менее 70 % от расхода второго режима.

4.317.4 Горелки с тремя режимами и двумя жиклерами

Для горелок большой мощности (1500 - 5000 кВт) применяется новая технология, которая позволяет получить три различных расхода при помощи двух жиклеров. При этом получаем два давления распыления. Менее дорогостоящая и более простая, чем технология модульных горелок, позволяет наращивать мощность до трех уровней и сглаживать шум, уменьшать загрязнение головок горелок благодаря плавному переходу режимов: (рис. 69).

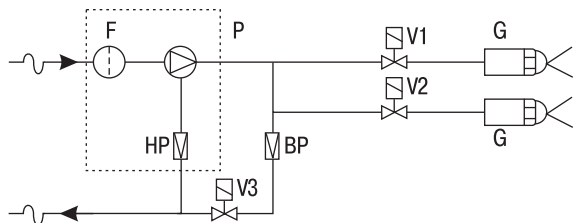


Рис. 69
Контур жидкого топлива: три режима, два жиклера

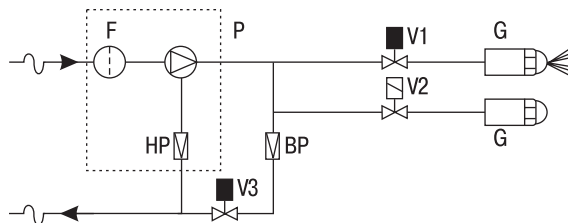


Рис. 70
Работа в первом режиме

Работа

Первый режим получаем путем открытия электромагнитных клапанов V1 и V3. Мазут распыляется одним жиклером под низким давлением (примерно 10 бар), задаваемым регулятором BP, который находится вне насоса (рис. 70).

Второй режим получаем, когда три электромагнитных клапана V1, V2 и V3 открыты. Мазут распыляется двумя жиклерами при низком давлении (рис. 71).

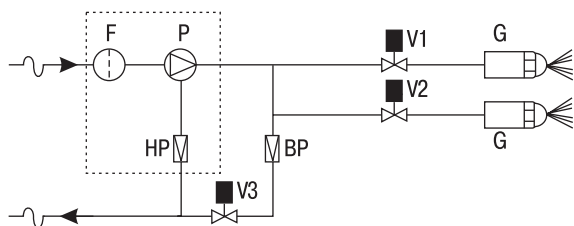


Рис. 71
Работа во втором режиме

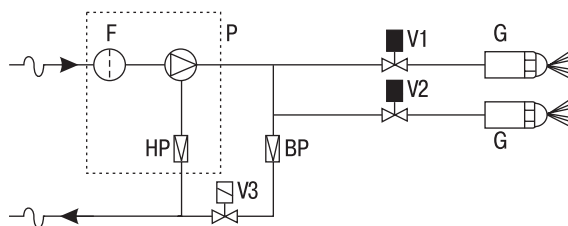


Рис. 72
Работа в третьем режиме

Для третьего режима электромагнитные клапаны V1 и V2 открыты и топливо распыляется двумя жиклерами под высоким давлением (примерно 20 бар), задаваемым регулятором HP, размещенным в насосе (рис. 72).

Примечание.

Путем подбора двух идентичных жиклеров и давления с соотношением 1к 2, мощность первого и второго режимов соответственно равны $1/3$ и $2/3$ от номинальной мощности.

4.317.5 Горелки с тремя режимами и тремя жиклерами

Существует возможность создать работу в трех режимах и использовать 3 жиклера и 3 электромагнитных клапана "NF". Этот тип монтажа позволяет достичь большей свободы при выборе калибра каждого из жиклеров, при этом следует знать, что результирующий расход будет равен сумме расходов трех жиклеров одновременно: (рис. 73а).

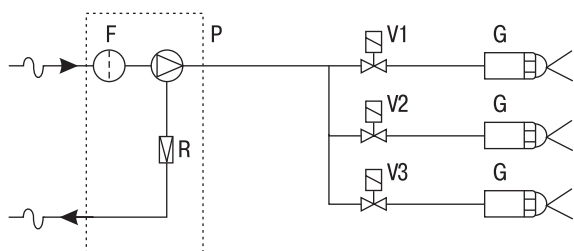


Рис. 73а
Контур жидкого топлива: три режима, три жиклера

4.317.6 Горелки модульного типа

Разработка горелок модульного типа отличается в зависимости от конструкции, однако, наиболее часто встречается следующий тип контура (рис. 73b).

Пояснение работы данной схемы циркуляции дано в пункте, посвященном возвратным жиклерам (4.315).

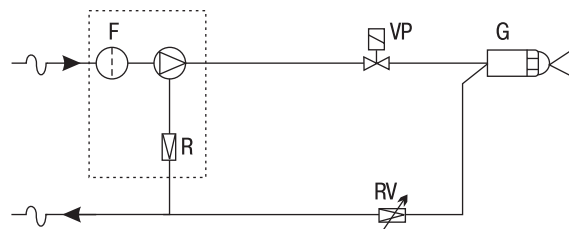


Рис. 73а
Контур жидкого топлива:
три режима, три жиклера

- ⊙ - F / фильтр насоса
- ⊙ - элемент насоса
- ⊙ - R / регулятор давления
- ⊙ - RV / регулятор давления обратной подачи
- ⊙ - V / запорный клапан, отключенный от напряжения
- ⊙ - V / открывающий клапан, отключенный от напряжения
- ⊙ — G / жиклер
- ⊙ — GR / возвратный жиклер
- ⊙ - RF / регулятор с запорным устройством
- — — шланги
- - насос

Рис. 74
Символы схем 63 - 73

4.32 Газосодержащее топливо

4.321 Введение

Газосодержащее топливо распределяется под давлением (см. номинальные значения раздела "Горючее"). Для горелок с принудительной подачей воздуха класса I давление устанавливается в значениях от 18 до 360 мбар.

Таким образом, газосодержащее топливо становится готовым к употреблению, и достаточно проверить его наличие, уровень его давления, осуществить или прекратить его подачу. При возможности лучше произвести настройку постоянного давления до подачи в горелку.

На уровне горелки данные операции производятся при помощи специального оборудования, а именно:

- газовых электрозатворов;
- маностатов контроля давления;
- автоматических аппаратов контроля герметичности;
- фильтров;
- микроконтактов контроля положения клапана задвижки;
- регуляторов давления;
- регуляторов пропорции и т.п.

4.322 Газовые электрозатворы

Они представляют собой орган автоматического отключения подачи газа с электроприводом. Отключение подачи осуществляется при помощи клапана из синтетической резины, который должен быть полностью герметичен. Максимальное рабочее давление должно равняться 0,36 бар (360 мбар).

Согласно нормативам и спецификациям, необходимо, чтобы при прекращении подачи от электропривода возврат в положение "закрыто" осуществлялся менее чем за две секунды.

Существует несколько типов задвижек в зависимости от привода запорного клапана:

- электромагнитные;
- гидравлические;
- оснащенные двигателем;
- пневматические.

4.322.1. Электромагнитные газовые задвижки

4.322.11 Принцип работы

Клапан (2) удерживается в гнезде электрозадвижки при помощи пружины (3). Перемещение данного клапана производится путем воздействия магнитного поля катушки (4) на подвижный сердечник (1) - по принципу электромагнита (рис. 75).

Подача питания на катушку может осуществляться одним из следующих способов:

- **От тока переменного напряжения.** Данный способ имеет множество недостатков: слабые силы притяжения требуют установки слабой возвратной пружины, которая не обеспечивает безопасность при закрытии; вибрации, вызванные электрическим током; инерционность магнитного поля (остаточная намагниченность после выключения); все это в результате приводит к медленному срабатыванию при закрытии, и даже случайным срабатываниям.

- **От постоянного тока:** выпрямитель (например, мостовая схема) вставляется в катушку.

Постоянный ток развивает большую силу притяжения и помогает преодолеть все ранее указанные недостатки.

4.322.12 Регулировка расхода

Газ всегда находится при одинаковом давлении, поэтому необходимо найти приспособление регулировки расхода. Это приспособление может быть выполнено в головке горелки. Однако оно сложное, а значит, дорогое для малых горелок.

Обычно расход регулируется до входа в горелку:

- В качестве отдельного приспособления для газового клапана, который всегда полностью открывается, выбран регулировочный тройник (рис. 76).
- Такой способ монтажа, был применен и для затвора в виде буферного стакана цилиндрической формы, смонтированного под затвором. Он управляется непосредственно шестиугольным шпинделем или при помощи системы колесиков (рис. 77). В этом случае клапан затвора полностью перемещается.
- Используемый в настоящее время способ заключается в ограничении перемещения клапана, то есть его подвижного сердечника (или якоря) (рис. 78 и фото 17).

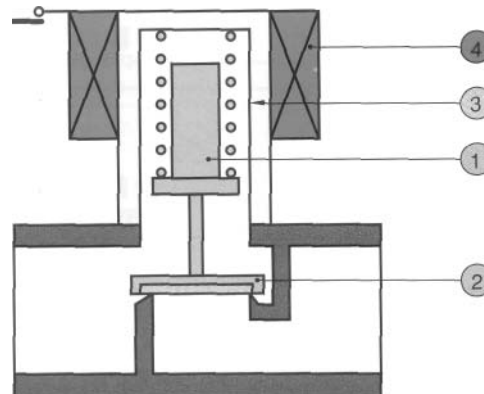


Рис. 75
Схематический разрез газового электромагнитного клапана NF

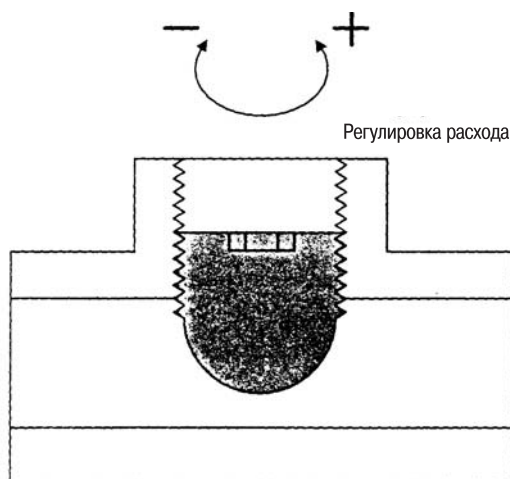


Рис. 76
Схематический разрез регулировочного тройника

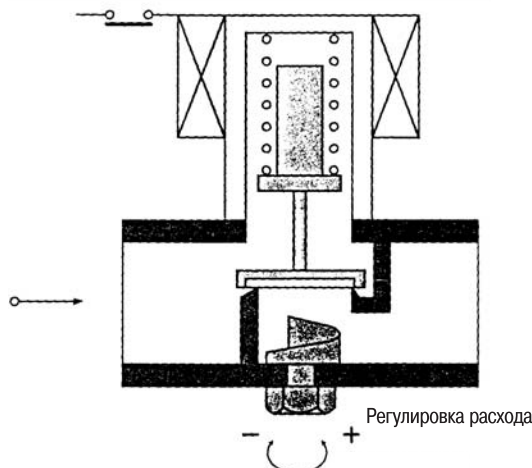


Рис. 77
Схематический разрез газового электромагнитного затвора с регулировкой расхода при помощи буферного стакана

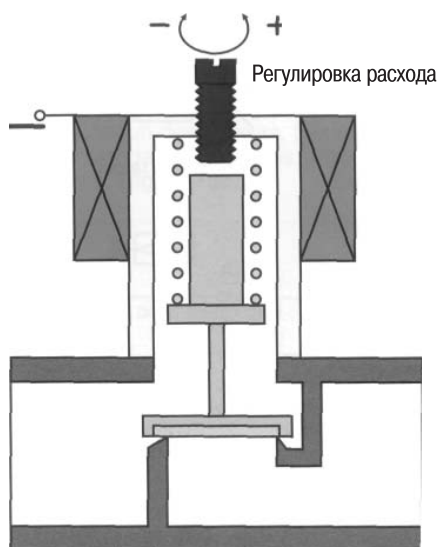


Рис. 78
Схематический разрез газового электромагнитного затвора с регулировкой расхода путем ограничения хода сердечника

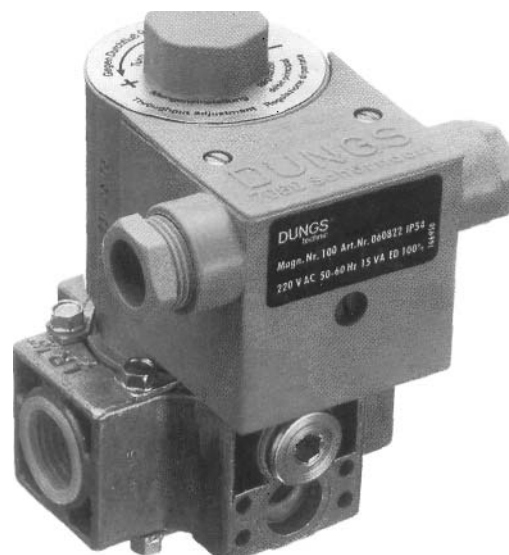


Фото 17
Газовый электромагнитный затвор Dungs тип MVD

Эта последняя система имеет только один недостаток: регулировка небольшого расхода вызывает наименьшее перемещение затвора, часто в ущерб самому расходу. В отдельных случаях начинается свист на уровне седла. Необходимо правильно подбирать диаметр затвора исходя из расхода газа, чтобы добиться оптимального открытия.

4.322.13 Газовый электромагнитный затвор для двухрежимных горелок

В течение долгого времени горелки с двумя режимами работы (то есть с двумя различными расходами) выполнялись с двумя затворами, смонтированными параллельно на подводящем топливном канале. Регулировка каждого отдельного затвора осуществлялась либо при помощи регулировочного тройника, либо непосредственно на затворе.

В течение последних лет разработчики газовых электромагнитных затворов (Dungs - Kromschroeder и др.) разработали затворы, на которых клапан непосредственно может занимать две позиции путем срабатывания двух электромагнитных катушек.

Работа

Запитывание электромагнитной катушки, отвечающей за первый режим (1), вызывает перемещение сердечника (3) до упора (8), выполненного заодно с сердечником, отвечающим за второй режим (4). Возвратная пружина (5) первого режима является более слабой, чем пружина второго режима (6), сердечник второго режима не меняет своего положения: его пружина удерживает свою позицию на упоре (9). Под воздействием запитывания катушки второго режима (2) подвижная часть (элементы (3), (4) и (8)) перемещается, ход поршня, выполненный заодно с сердечником первого режима (3), ограничен регулировочным упором второго режима (7) (Рис. 79).

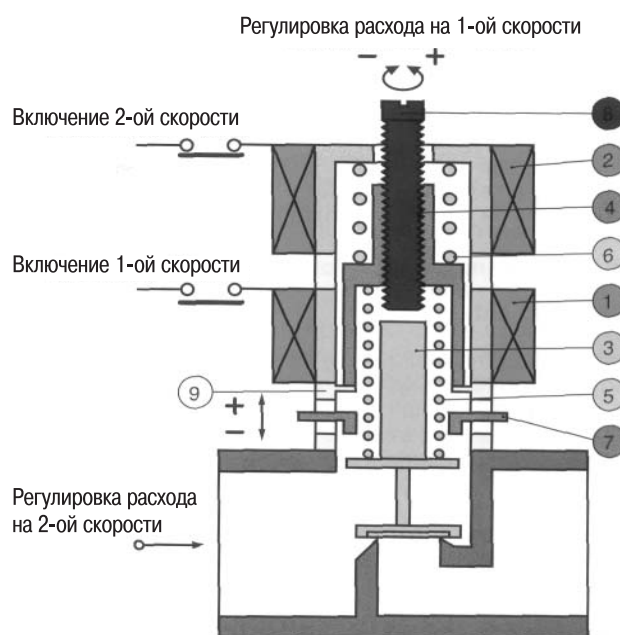


Рис. 79
Схематический разрез электромагнитного затвора с двумя режимами работы

Примечание. Это всего лишь схематическое отображение газового электромагнитного затвора, работающего в двух режимах. В действительности необходимо обеспечить четкие расходы, а для этого требуется четкая механическая настройка (фото 18).

4.322.14 Плавное открытие электромагнитных затворов

Для получения плавного зажигания подача газа также должна быть плавной. Этого добиваются путем внедрения гидравлического замедлителя между подвижным сердечником и упором. Движение замедлителя постоянно регулируется его открываниями на время до нескольких секунд.

Работа

Гидравлический замедлитель установлен в верхней части электромагнитного затвора: подвижный сердечник оборудован в верхней части емкости (1), заполненной маслом. В емкости находится сердечник с расширенным входом. Небольшой поршень (3) с диаметром меньшим, чем цилиндр (2), положение которого регулируется и выполненного вместе с пробкой (5) регулировки подачи газа электромагнитным затвором. Когда сердечник поднимается под воздействием катушки, цилиндр (2), заполненный маслом, частично закрыт поршнем (3). При этом перемещение сердечника замедляется, так как он должен выгнать масло через просвет между поршнем и цилиндром. Сердечник останавливается, когда подвижная часть доходит до упора на крышке (5).

Как только подача напряжения на катушку прекращается, сердечник возвращается под воздействием возвратной пружины (6) вслед за емкостью (1), которая должна разблокировать замедлитель (2), (3) под воздействием пружины (4) (рис. 80).

Примечание. Реально замедление происходит только тогда, когда поршень перешел расширенную часть цилиндра (2), до этой точки перемещение сердечника не замедляется. Таким образом, есть возможность определить начало быстрого открытия электромагнитного затвора для обеспечения собственно воспламенения, а затем и плавной регулировки силы горения.

Такая плавная система открытия газовых электромагнитных затворов устанавливается на одно- и двухрежимные системы (фото 19).

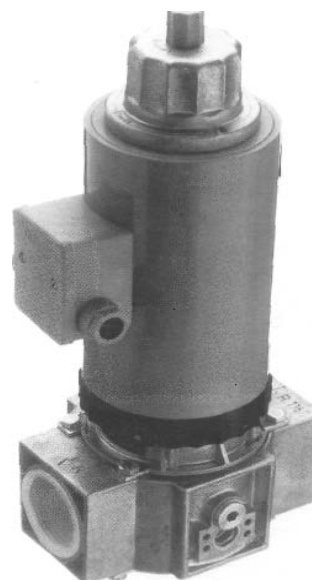


Фото 18
Газовый электромагнитный затвор Dungs, тип ZRDLE (Док. Cuenod)

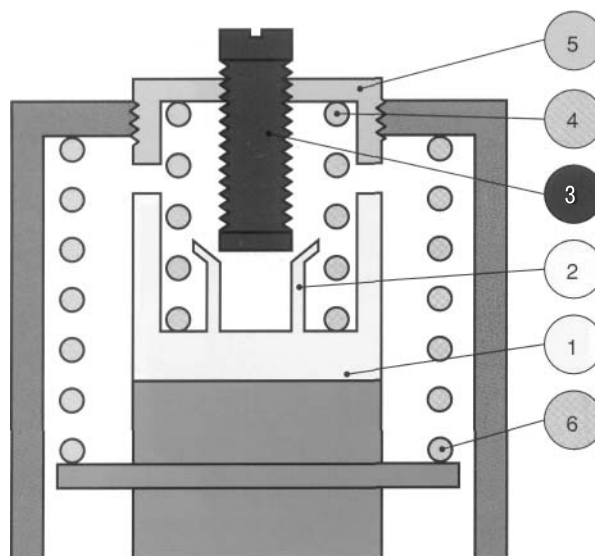


Рис. 80
Схематический разрез замедлителя газового электромагнитного затвора



Фото 19
Газовый электромагнитный затвор Dungs тип MVDL

4.323 Реле контроля давления газа

4.323.1 Определение

Реле давления - прибор для определения порогового давления газа: он сигнализирует, когда требуемое давление достигнуто, путем срабатывания электрического контакта.

4.323.2 Работа

Мембрана (1) под воздействием давления газа, находящегося в подводящем канале, механически связана с электрическим контактом инвертора (2) при помощи коромысла (3) на шарнире (4). Кнопка (5) позволяет регулировать силу воздействия пружины на мембрану. С возрастанием давления газа возрастает и сила воздействия мембраны на рычаг (3), и она должна быть выше силы воздействия пружины, чтобы изменить положение контактов (Рис. 81).

Примечание

Как в любых механических, электрических или гидравлических системах, здесь тоже есть свободный ход. В нашем случае, возврат микроконтактов в исходное положение происходит при более низком давлении, чем давление отключения; разница в значении этих давлений называется дифференциалом переключения или просто дифференциалом. Дифференциал переключения должен быть наименьший, однако настроить его удастся редко (фото 20).

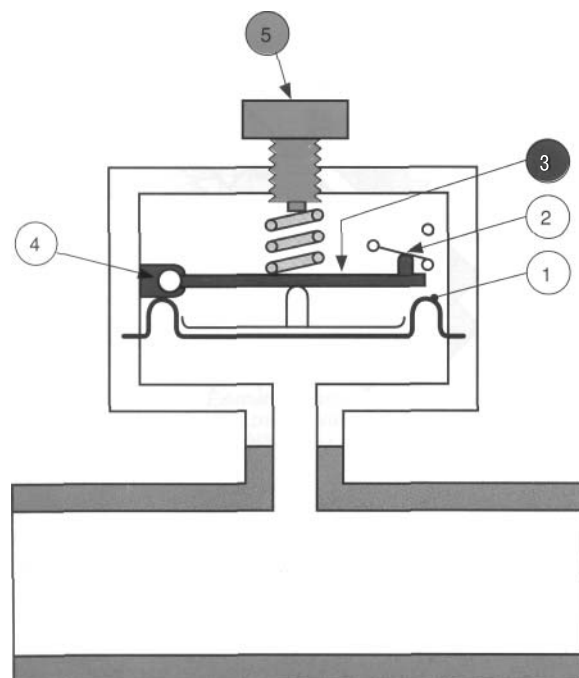


Рис. 81
Схематический разрез реле контроля давления газа

4.323.3 Реле контроля давления газа (минимум и максимум)

Нормы требуют, чтобы горелки были оборудованы системами автоматического регулирования подачи газа, так как, если давление поставляемого газа изменяется, то изменяется и горение горелки, что представляет опасность. Реле контроля давления газа, если его оборудовать коммутатором, может стать минимальным или максимальным: для этого достаточно подключить стабилизатор (NC или NF: обычно закрытый) или рабочий контакт (NO: обычно открытый).



Фото 20
Реле контроля давления
Dungs тип GW3 A2 (док. Cuenod)

4.323.31 Пример соединения реле контроля давления минимум: (Рис. 82).

1. Давление правильное: контакт находится в рабочем положении, цепь замыкается между С (общий) и NO.
2. Давление упало: контакт переходит в состояние покоя и замыкает электрическую цепь.

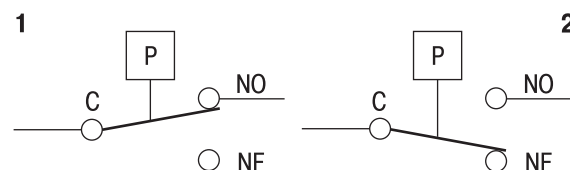


Рис. 82
Подсоединение реле контроля минимум

4.323.32 Пример подключения реле контроля давления максимум (рис. 83):

1. Давление правильное: контакт находится в состоянии покоя, цепь замкнута между С (общий) и NF.
2. Давление возросло: контакт перемещается в рабочее состояние и замыкает электрическую цепь.

Примечание. Далее мы увидим, что в оборудовании пусковой установки, когда она оборудована регулятором давления, реле контроля включено иначе.

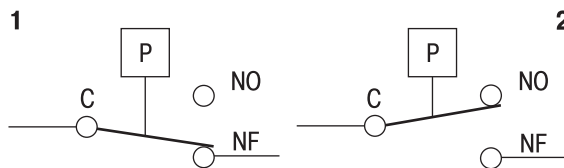


Рис. 83
Подключение реле контроля максимум

4.323.4 Безопасность

В целях безопасности реле контроля давления должно выдерживать давление, превосходящее контролируемое. Большинство реле контроля давления гарантированно выдерживают давление до 600 мбар.

4.324 Газовые фильтры

4.324.1 Введение

Для обеспечения безопасности аппаратное оборудование подачи, регулировки и контроля подачи газа должно работать с очень чистым топливом. Клапаны закрытия газовых электромагнитных затворов и регуляторы давления обычно имеют прокладки из синтетического каучука и твердые частицы, содержащиеся в газе, могут повредить и загрязнить, нарушив их герметичность.

Обычно эти частицы, состоящие из абразивных материалов, металлической стружки, сварки, попадают в момент установки оборудования. С годами они вызывают внутреннюю эрозию стальных каналов (например, ржавчина) и отложение пыли, содержащейся в газе.

Нормами допускается проникновение примесей, диаметр частиц которых не превышает 50 мкм.

4.324.2 Устройство

Фильтр обычно состоит из картера (алюминиевого или латунного). Он должен быть достаточно велик для накопления примесей и для размещения в нем фильтрующего элемента с большой площадью фильтрации, кроме того, он не должен создавать значительных потерь давления. Фильтрующий элемент выполнен в виде очень тонкой металлической или пластмассовой сетки или в виде волокнистой набивки в металлической или пластмассовой сетке, если площадь фильтрации велика. (Рис. 84)

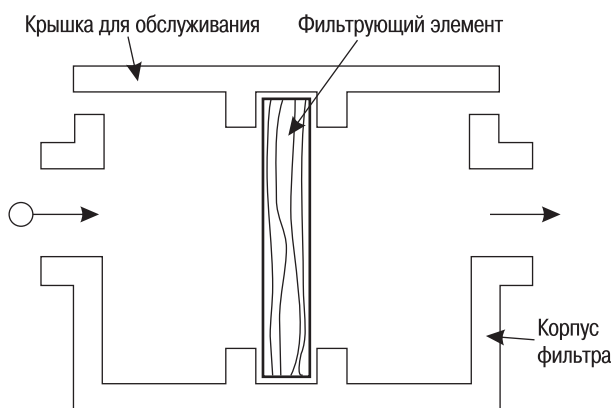


Рис. 84
Схематический разрез фильтра

4.324.3 Устройство

Существует два типа фильтров:

- **фильтры в форме Y**: в этих фильтрах фильтрующий элемент выполнен в виде металлической или синтетической сетки цилиндрической формы. Обслуживание производится через технологическую пробку (рис. 85).

Внимание! Направление работы фильтра обозначается на его корпусе стрелкой, при монтаже следует обращать внимание на положение пробки для обслуживания - она должна быть внизу, чтобы примеси оставались в картере и на фильтре при обслуживании: (Рис. 86).

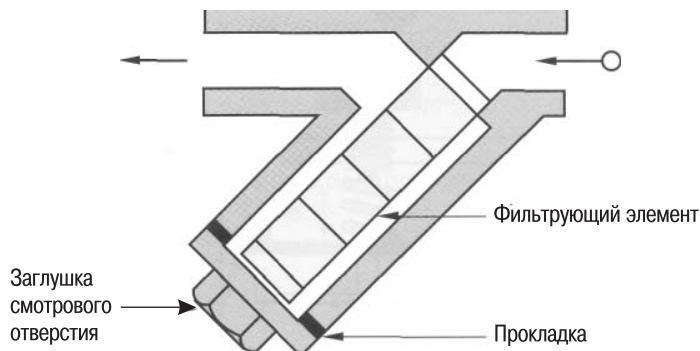


Рис. 85
Фильтр в виде "Y"

- **Фильтры в форме бачка:** бачок выполнен из алюминия, а фильтрующий элемент - из толстого войлока. Если он плоский, то фильтр не имеет обозначения направления, если он скручен, направление указано на корпусе*. Крышка для обслуживания крепится винтами, их нужно равномерно закручивать, чтобы герметизировать фильтр. Такой фильтр часто поставляется с двумя датчиками давления, чтобы контролировать загрязнение фильтрующего элемента (либо путем замера, либо дифференциальным реле контроля давления).

В этом случае при обслуживании не нужно демонтировать аппарат. Рекомендуется монтировать фильтр крышкой вверх, что облегчает чистку фильтра (Рис. 87) (фото 21).

*Фильтрующий элемент фильтров Dungs имеет обозначение по направлению монтажа (устройство, предотвращающее неверное подсоединение), так как его текстура неоднородна.

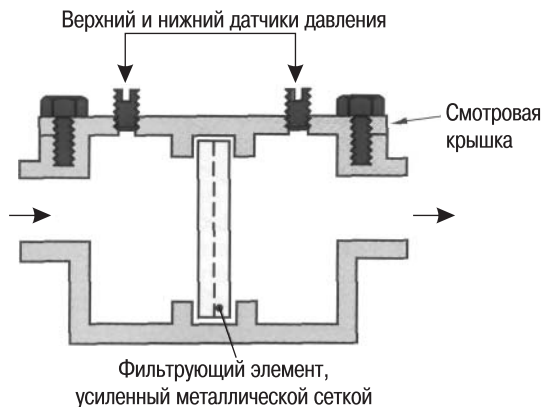


Рис. 87
Фильтр в виде бачка. Разрез

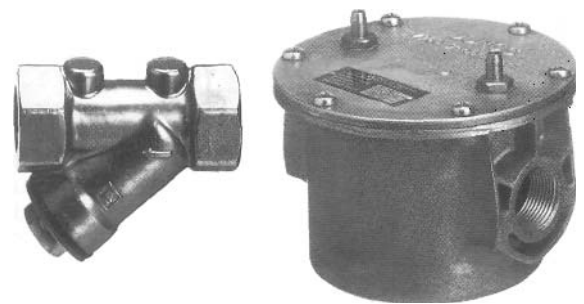


Фото 21
Фильтры газовые

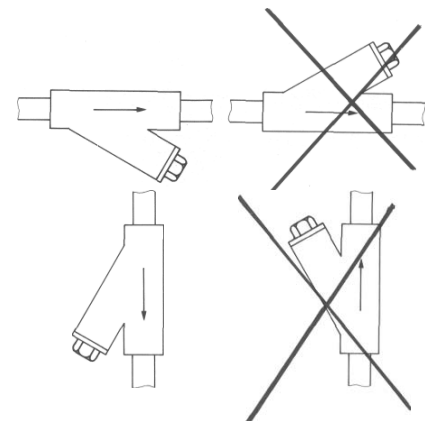


Рис. 86
Инструкции по монтажу "Y" образных газовых фильтров

4.324.4 Диаграмма потерь напора

4.324.41 Фильтры Dungs GF/1 (Рис. 90)

4.324.42 Фактор корректировки

Диаграммы потерь напора приводятся для воздуха. Для получения потерь напора для газа, зная его плотность, несложно посчитать соответствующий расход воздуха по формуле:

$$\text{Расход воздуха} = \frac{\text{Расход газа}}{f}$$

$$f = \sqrt{\frac{1}{d}}$$

f - корректирующая величина плотности газа **d**

для воздуха **f** = 1

для природного газа **f** = 1,24

для газа, полученного при добыче нефти **f** = 0,77

4.325 Контроль положения клапана газовых электромагнитных затворов

4.325.1 Введение

Спецификации C30 A.T.G рекомендуют проверять герметичность газовых электромагнитных затворов в закрытом положении клапана: это проверяется положением хвостовика тяги, вмонтированной в газовый электромагнитный затвор. Он срабатывает с помощью электричества и должен препятствовать включению горелки, если клапан неправильно закрыт. Кроме того, он должен сигнализировать о неисправности.

4.325.2 Конструкция

Существуют различные варианты газовых электромагнитных затворов, в зависимости от изготовителя:

- Контакт хвостовика приводится в действие непосредственно самим газовым электромагнитным затвором (модель K01, изготовитель: Dungs) (рис. 88).
- Контакт хвостовика приводится в действие мотором газового электромагнитного затвора; тяга управления приводом клапана имеет кулачок, который и замыкает контакт хвостовика (сервомотор SKP, изготовитель Landis & Gyr) (рис. 89).

Внимание! Все контакты хвостовиков регулируемые. Это сделано для того, чтобы замыкать контакты при наименьшем перемещении клапана.

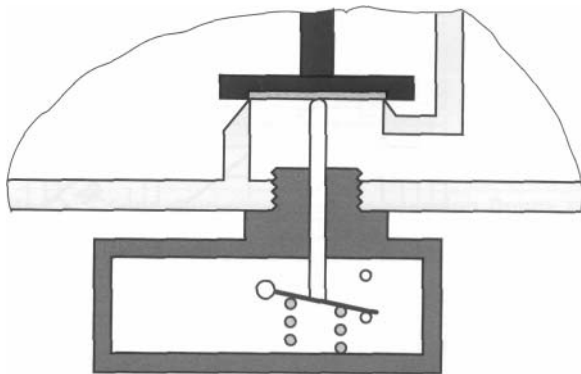


Рис. 88
Хвостовик с напессованной контактной группой

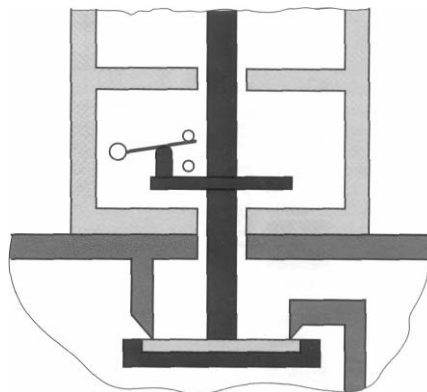


Рис. 89
Хвостовик с контактной группой внутри

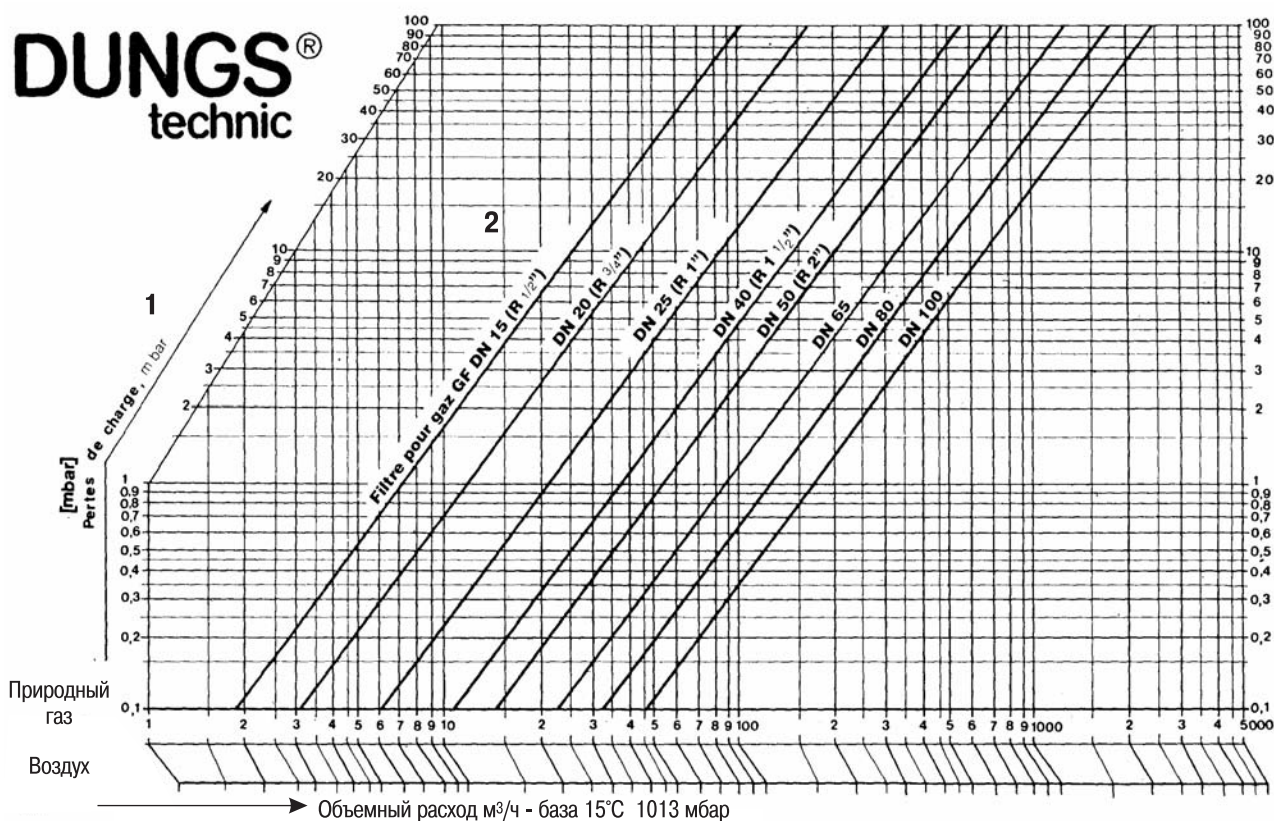


Рис. 90
Диаграмма потерь напора фильтров
Dungs GF/1 с 1/2" по DN100

- 1 - Потери давления, мбар.
2 - Фильтр для газа GF DN 15 (радиус 1/2").

4.326 Регуляторы давления газа

4.326.1 Общие положения

Обычно отключение и регулировка давления газа производятся выше горелки. Когда речь идет о природном газе, поставляемого GDF, отклонения давления незначительны. Горелки должны правильно функционировать в пределах давлений, указанных и гарантируемых поставщиком.

Тем не менее, так бывает не всегда, и в этом случае необходимо предусматривать возможность регулировки давления перед горелкой. Такой же способ используется, когда работают параллельно несколько горелок, иначе падение давления по каналу питания может оказаться существенным и сделать невозможной нормальную работу горелок, а также снизить производительность установки.

4.326.2 Семейство регуляторов давления газа

4.326.21 Пневматические регуляторы давления газа

Это наиболее распространенный и наиболее простой тип регуляторов: регулировка осуществляется с помощью самого газа.

Работа

Мембрана (1) выполнена вместе с неподвижной платформой и приводом управления клапаном (4), похожим на газовый электромагнитный затвор. Трубка (2) подводит в камеру (3) давление, имеющееся на выходе регулятора. При отсутствии низкого давления пружина (5), натяжение которой регулируется винтом (6), удерживает клапан открытым (4). Как только давление возрастает на выходе, оно воздействует на камеру (3), на нижнюю часть мембраны. Равновесие противоборствующих сил пружины и мембраны достигается постепенно, когда падает давление, вызванное клапаном. Если давление газа прерывается ниже регулятора, давление быстро возрастает, вызывая полное закрытие регулятора давления газа (рис. 91).

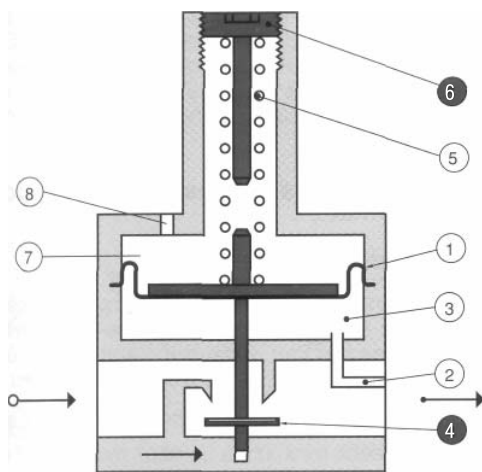


Рис. 91
Разрез пневматического регулятора давления газа

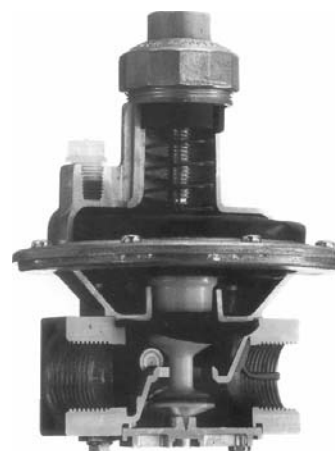


Фото 22
Разрез регулятора давления газа
Dungs тип FRS (Док. Cuenod)

Примечание.

С другой стороны мембраны верхняя камера (7) сообщается с воздухом посредством отверстия (8), чтобы регулятор давления газа мог "дышать" (фото 22).

4.326.22 Гидравлические регуляторы давления газа

Чаще всего это гидравлические электромагнитные затворы, в которых управление мотором производится пневматической мембраной, которая измеряет давление ниже электромагнитного затвора.

Работа

Мембрана (1) получает информацию о давлении газа через трубку (8), подключенную ниже электромагнитного затвора. Сферический клапан (2), со встроенной мембраной, воздействует на байпас (3), расположенный между давлением (6) и всасывающей стороной (7) гидравлического мотора (5) электромагнитного затвора. Пружина (4), напряжение которой регулируется, является отправным значением. Если измеряемое давление меньше желаемого, байпас (3) закрывается клапаном (2) и мотор (5) открывает газовый электромагнитный затвор до тех пор, пока значение измеряемого давления не совпадет с заданным значением. В этом состоянии равновесия байпас открыт таким образом, что расход, который происходит, тот же, что и при протекании через гидравлический насос. Мотор находится постоянно под напряжением, малейшего отклонения мембраны достаточно, чтобы включить его работу. Точность регулировки должна быть очень высокой, и ее характеристики такие же, как и у регулятора давления, имеющего единый, узкий диапазон характеристик и регулировок (рис. 92) (фото 23).

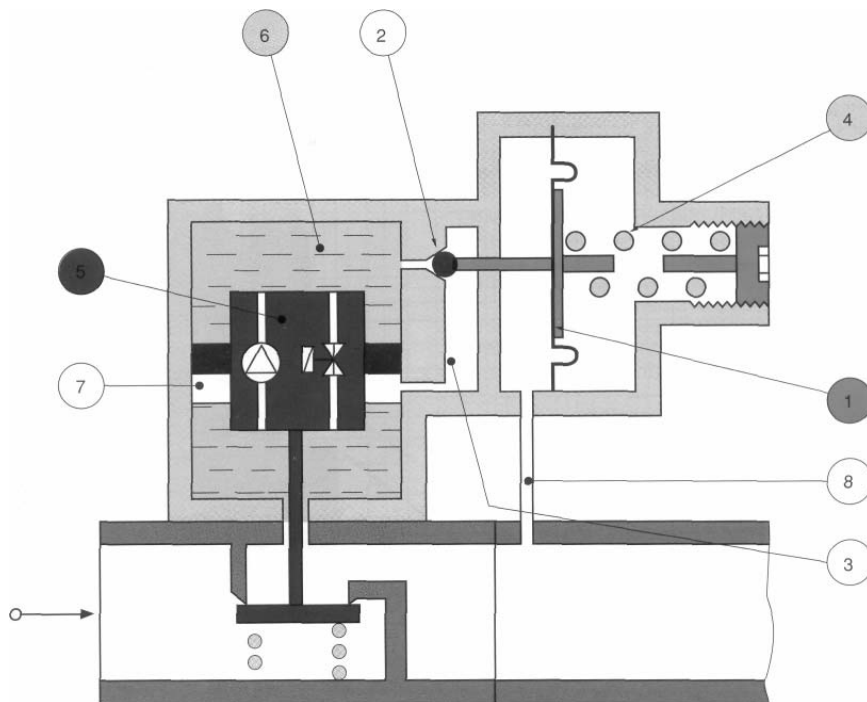


Рис. 92
Схематический разрез
гидравлического регулятора давления

4.326.23 Выводы

Пневматические регуляторы давления газа - относительно недорогие приборы, которые целесообразно устанавливать на установках, имеющих несколько параллельных горелок, и для тех случаев, когда давление газа не стабильное.

Гидравлические регуляторы давления более дорогие, однако, они играют роль электромагнитного затвора - необходимого для безопасности оборудования горелки. С другой стороны, в их оборудование входит тот же сервопривод тех же диаметров, что и у газового электромагнитного затвора - от 1/2" до DN125, что является несомненным преимуществом при поставках и при обслуживании оборудования.

4.327 Регуляторы давления газа автоматические.

4.327.1 Общие положения

В главе, посвященной топливу, мы узнали, что топливо и окислитель, то есть газ и воздух, необходимо смешивать в точных пропорциях. Когда идет речь о горелке, работающей в одном единственном режиме, такая регулировка представляется весьма простой. Когда же речь идет о модульных горелках, в которых мощность постоянно изменяется от минимального до максимального расхода, когда невозможно поддерживать состав смеси в постоянных пропорциях при помощи традиционных механических приспособлений, используют электронные регуляторы.

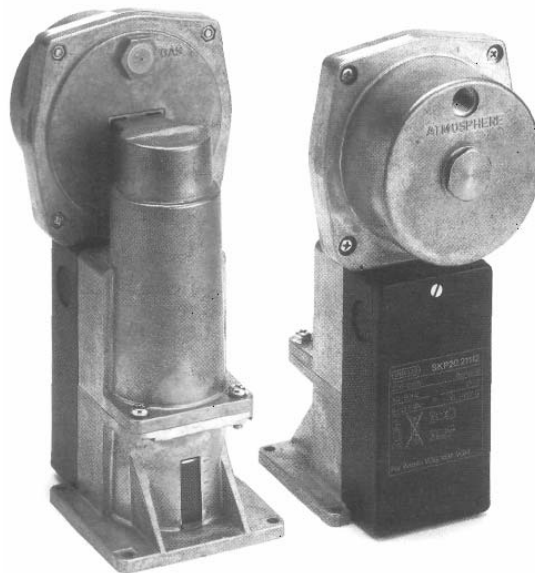


Фото 23
Регуляторы гидравлического давления
Landis et Gyr тип SKP20 (Док. Cuenod.)

При пуске горелки возможно возникновение непредвиденных ситуаций, связанных с подачей некачественного газа (изменения давления в сети, разрушение фильтра и проч.) или поломками в воздухоподаче (изменение скорости вращения вентилятора, неполадки в системе воздухоподачи, поломка лопасти вентилятора, изменение атмосферного давления и проч.). Известно, что достаточно небольших изменений в каком-либо из перечисленных параметров, чтобы смесь перестала соответствовать необходимой для воспламенения: производительность падает.

4.327.2 Принцип

Для того чтобы в горелке количество воздуха было пропорционально количеству газа, нужно, чтобы соотношение подачи газа и воздуха было постоянным, то есть:

$$\frac{Q_{\text{газ}}}{Q_{\text{воздух}}} = \text{константа}$$

Пример: Предположим, есть газовая горелка, для которой предполагается смешать для получения хорошего горения 1 кубический метр газа и 9 кубических метров воздуха. Согласно закону, получим следующие пропорции расходов:

$$\frac{Q_{\text{газ}}}{Q_{\text{воздух}}} = \frac{1}{9}$$

Графическое выражение - (Рис. 93).

4.327.21 Изменения количества воздуха в смеси

Для получения нейтрального горения (или оптимального стехиометрического) необходимо минимальное количество воздуха, иначе сгорание будет неполным. Но чтобы быть уверенным в сгорании газа полностью, необходимо предусматривать некоторый избыток воздуха по всему спектру мощности горелки.

Представим, для предыдущего примера, что теперь мы намереваемся смешать уже не 9, а 12 кубических метров воздуха на 1 кубометр газа. Применяем закон пропорции расходов: 1/12 вместо 1/9. Вычерчиваем новую прямую графика, которая соответствует 12 кубическим метрам воздуха и 1 кубическому метру газа, то есть 24 кубических метра воздуха и 2 кубических метра газа и т.д. (рис. 94)

Мы заметили, что эта новая прямая проходит всегда через точку (0): изменилось лишь склонение прямой.

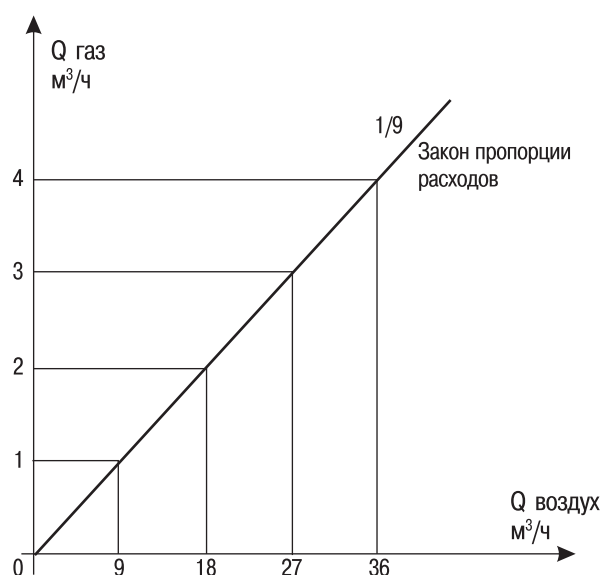


Рис. 93
Закон пропорции расходов: 1/9

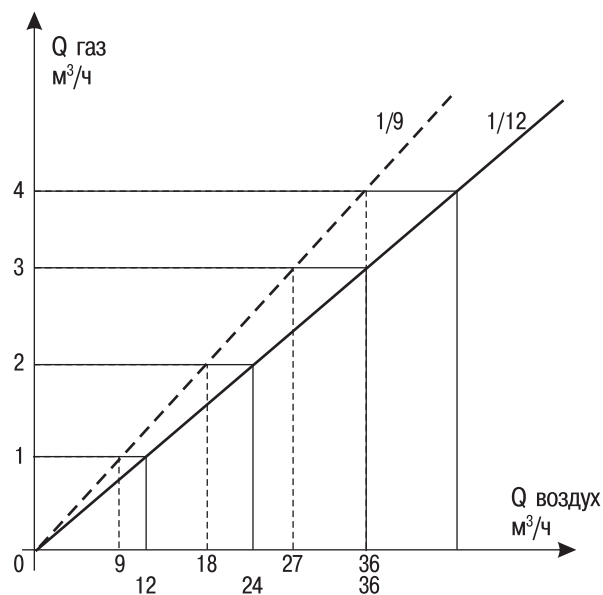
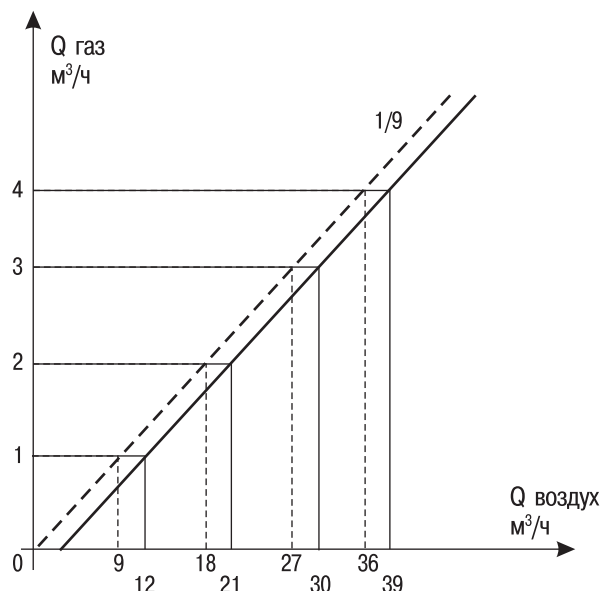


Рис. 94
Угловое отклонение закона пропорции расходов

Вывод: чтобы изменить соотношение смеси "воздух-газ", производят угловое отклонение вправо от пропорции.

4.327.22 Увеличение количества воздуха при малой нагрузке

Прямая, которая отображает закон пропорции расходов, может быть перемещена параллельно себе. Наблюдаем на графике результат такого действия, перемещая, например, прямую пропорции $1/9$ вправо так, чтобы она прошла через точку (А) (1 м^3 газа соответствует 12 м^3 воздуха): сразу заметно, что для всех точек прямой расход воздуха также возрос на 3 м^3 . Такое увеличение расхода воздуха представляет собой существенное изменение при небольшой нагрузке (на 33% воздуха больше), и наоборот, такое изменение малозаметно при полной нагрузке (только на $8,3\%$ воздуха больше).



Минимальная мощность традиционных горелок (по соображениям, которые будут изложены позднее) не может быть меньше одной шестой, одной седьмой от максимальной мощности при регулировке конкретной головки. Иначе возникает риск отрыва пламени ввиду нехватки давления воздуха за дефлектором. Таким образом, чтобы сохранить это равновесие, необходимо увеличить подачу воздуха при малой нагрузке, не изменяя расход газа (Рис. 95).

Вывод: чтобы получить разницу избытка воздуха между техническим минимумом и максимумом, прямую откладывают справа параллельно прямой пропорции.

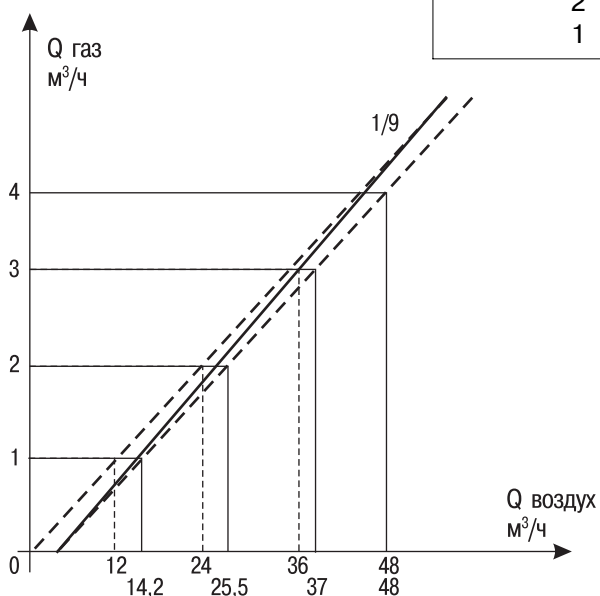
Рис. 95
Параллельное отклонение прямой пропорции

4.327.23 Оптимизация избытка воздуха

Если допустить, что работа удовлетворительна с меньшим избытком воздуха при полной нагрузке, достаточно выпрямить прямую. В нашем примере смесь 4 кубических метров газа с 48 кубическими метрами воздуха дает хорошие результаты, можно прямой придать уклон, чтобы она прошла через эту точку (рис. 96).

Это дает такой результат:

Расход газа в $\text{м}^3/\text{ч}$	Расход воздуха в $\text{м}^3/\text{ч}$	Изб. Воздуха в %
4	48,0	0,0
3	37,0	2,275
2	25,5	6,25
1	14,2	18,3



Вывод: чтобы получить изменяемый избыток воздуха, производим параллельное и угловое отклонения прямой пропорции.

Рис. 96
Параллельное и угловое отклонение прямой пропорции

4.327.3 Практическое применение

Расход воздуха и газа замерять неудобно, измеряют соответствующее давление, так как известно, что оно пропорционально расходу, при условии, конечно, что сечения газопроводов одинаковые.

В таком случае можно написать уравнение, аналогичное уравнению по расходам:

$$\frac{\text{Давление газа}}{\text{Давление воздуха}} = \text{константа, тогда: } \frac{\text{Давление газа}}{\text{Давление воздуха}} = \text{константа}$$

Все, что имело смысл для расходов, имеет смысл и для давлений при том условии, что соотношение давлений не такое же, как соотношение расходов, по той причине, что проходные сечения воздуха и газа, расхода и давления соответственно отличаются. В действительности соотношение расходов практически всегда идентично (оно составляет 1/12 и 1/14), в то же время соотношение давлений сильно варьируется в зависимости от горелок и рабочих параметров "горелка - котел";

(из опыта, соотношение $\frac{\text{Давление газа}}{\text{Давление воздуха}}$ Размещается между 1 и 6)

На практике регуляторы пропорции не что иное, как компаратор пневматического типа, который схематически может быть выражен следующим образом (рис. 97).

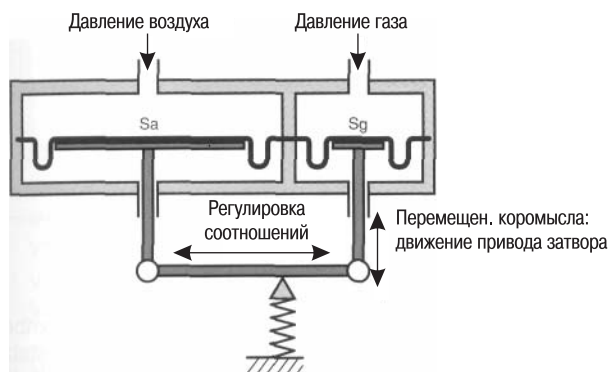


Рис. 97
Схема пневматическая "воздух-газ"

Давление воздуха воздействует на мембрану Sa, а давление газа - соответственно на внутреннюю поверхность мембраны Sg с противоположной стороны.

Эти две мембраны, подобно чашам весов на коромысле, действуют пропорционально своей площади и положению стрелки весов. Объединенные усилия двух мембран измеряются усилием пружины, эта информация служит для открытия газового электромагнитного затвора.

Существуют различные системы управления газовым электромагнитным затвором:

- **гидравлические:** разработанные фирмой "Landis & Gyr"
- **пневматические:** разработанные фирмами "Dungs", "Kromschroeder"

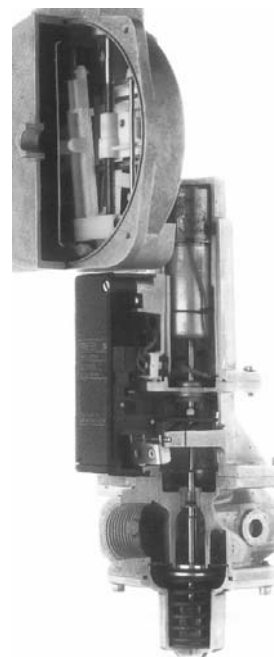


Фото 24
Регуляторы давления газа
Landis & Gyr тип SKP70 (Док. Cuenod.)

4.327.31 Работа регулятора пропорции гидравлического

Работа

До подачи напряжения на гидравлический мотор (5) поступает только давление воздуха на (9), воздействующее на мембрану (10). Перемещение этой мембраны передается посредством рычагов (11), (12) и плавающей точки (13) на сферический клапан (2), который закрывает байпас (3), расположенный со стороны давления (6) и стороны подсоса (7) гидравлического мотора газового электромагнитного затвора. Как только происходит его запитывание электрическим током, он открывает электромагнитный затвор, и давление газа резко возрастает внизу и сразу же передается датчиком давления (8) на газовую мембрану (1) регулятора. Как только воздушная (10) и газовая мембрана (1) приобретут равновесие, байпас открывается настолько, чтобы пропустить такой же расход, как и расход насоса гидравлического мотора. Когда требуется большая мощность на горелке, створка воздушного канала открывается, увеличивая, таким образом, давление воздуха, и воздействует на мембрану (10). При этом снова включается в работу сферический клапан, чтобы уменьшить пропуск байпас, что приводит к большему открытию электромагнитного затвора до возникновения нового равновесия с тем же соотношением газ/воздух. Регулировка этого соотношения производится перемещением плавающей точки (13), которая и определяет понижающее передаточное отношение противодействующих на мембрану сил воздуха и газа (рис. 98).

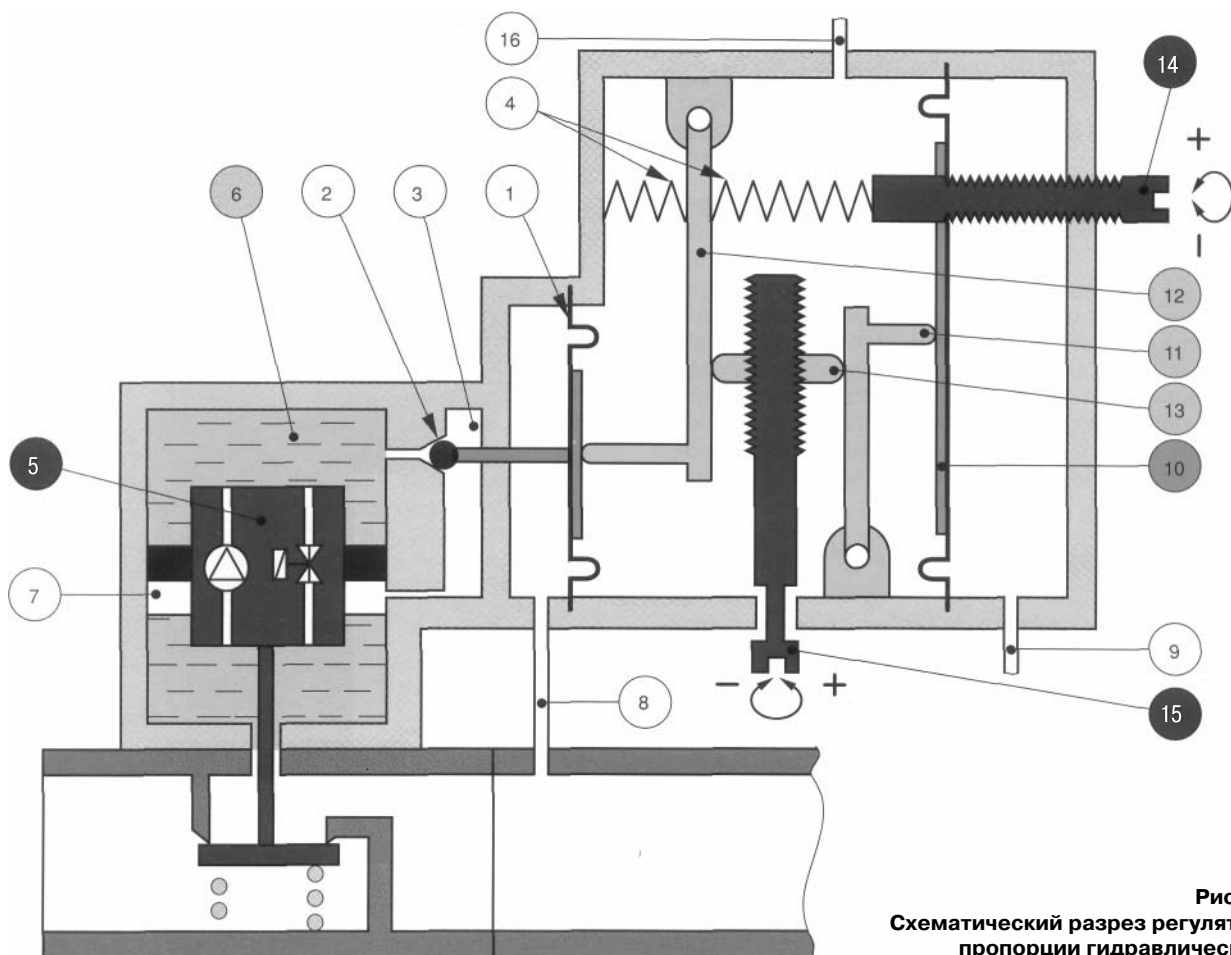


Рис. 98
Схематический разрез регулятора пропорции гидравлического

4.327.32 Влияние давления камеры сгорания

При любых схемах установки давление камеры сгорания котла влияет как позитивно, так и негативно на процесс горения и в момент зажигания горелки. Так, в момент предварительной вентиляции давление слабое (или отсутствует), однако с момента зажигания горелки давление может достичь весьма значительных величин, затем, в зависимости от характеристики вентилятора, упасть до низких значений, а затем снова возрасти. Стабилизация этого феномена может длиться несколько секунд, а в некоторых случаях вообще не произойти, до полной остановки системы, вызванной срабатыванием системы защиты. Чтобы упразднить и улучшить фазу розжига горелки, на регулятор давления газа подается значение давления в каме-

ре сгорания. Используя это давление с другой стороны воздушной мембраны, через датчик давления (16), исключают колебания путем уменьшения перемещений этой мембраны.

Разберем теперь особый случай случайного повышения давления в камере сгорания. Подача воздуха вентилятором падает, в то время как давление воздуха возрастает: если возрастает давление воздуха, регулятор давления газа отмечает увеличение расхода воздуха, что потребует, естественно, увеличение расхода газа. Результат оказывается противоречивым, так как расход воздуха упал, а расход газа увеличился: процесс горения происходит на дефиците воздуха. В такой ситуации наличие датчика давления камеры сгорания вполне оправдано (фото 24).

4.327.33 Регуляторы пропорции пневматические

Их работа точно такая же, как и регуляторов гидравлических, мембраны подобраны под каждый газовый электромагнитный затвор. Это отличие является преимуществом пневматической системы, так как регуляторы давления гидравлические всегда одинаковы, независимо от величины газового электромагнитного затвора.

Разработчики, которые выбрали этот путь, предлагают электромагнитный затвор пропорции, а для малых мощностей - блок, параллельно совмещающий электромагнитный регулятор пропорции с электромагнитным затвором надежности (рис. 99).

4.328 Автоматические приборы контроля герметичности

4.328.1 Определение понятия циклического контроля герметичности.

Речь идет о проверке герметичности двух газовых электромагнитных затворов, расположенных последовательно. Такой контроль осуществляется при выключенной горелке во время подготовки к новому пуску.

Задачей является:

- исключить утечку несгоревшего газа, представляющего опасность;
- сигнализировать о возможных утечках газа;
- устранить возможности утечки.

4.328.2 Органы контроля

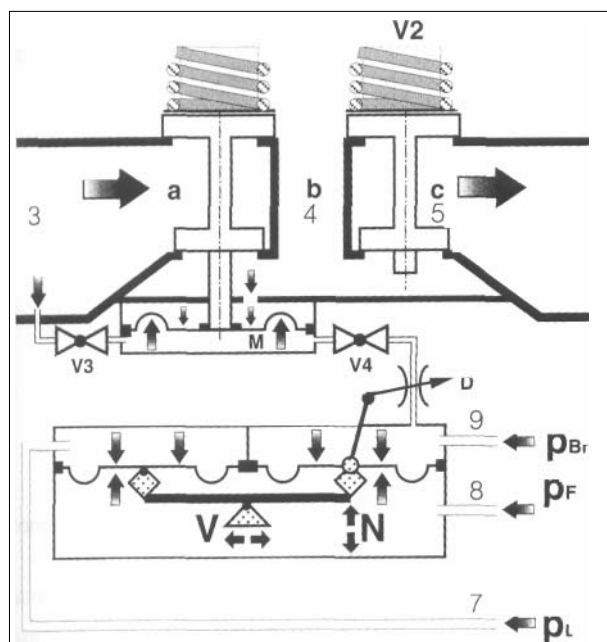
Существуют различные системы, обеспечивающие требуемую безопасность.

Такой контроль может осуществляться:

- созданием превышающего давления в системе по сравнению с давлением в сети;
- созданием очень низкого давления (вакуум);
- существующим давлением в сети.

На рынке существуют приборы, способные обеспечить все указанные функции в автоматическом режиме:

- контроль герметичности;
- сигнализации о неисправностях;
- блокировки горелки в случае неисправности.



- V1 Главный электромагнитный затвор 1
V2 Главный электромагнитный затвор 2
V3 Управляющий затвор 3
V4 Управляющий затвор 4

- M Рабочая мембрана
D Точка дросселирования

- V Регулировка соотношения
N Компенсация нулевого отклонения
a. b. c. Камера сжатия в сторону прохождения потока

- pBr Давление горелки
pF Давление камеры сгорания
pamb Окружающее давление
PL Давление воздуха

- 1.3.4. Пробка с резьбой G 1/8
2.6. Датчики давления, доп. поставка
5. Винт шестигранный полый M4
7.8.9. Импульсные линии PL, pp, PBr

4.328.3 Аппаратура, создающая избыточное давление на контролируемой газовой площадке

4.328.31 Работа

Система оснащается насосом (1), который отбирает в течение 24 секунд газ выше электромагнитного затвора безопасности VS, чтобы повысить давление в системе выше существующего на участке цепи между предохранительным электромагнитным затвором VS и главным электромагнитным затвором VP. Во время работы насоса желтая лампочка (3) постоянно мигает. Если герметичность обеспечена, электрический контакт замкнут (5), цепь удерживается замкнутой и идет сигнал, разрешающий зажигание горелки. Если же один из двух электромагнитных затворов не герметичен, красная лампочка сигнализирует, о неисправности и электрический контакт остается разомкнутым, блокируя розжиг горелки (рис. 100).

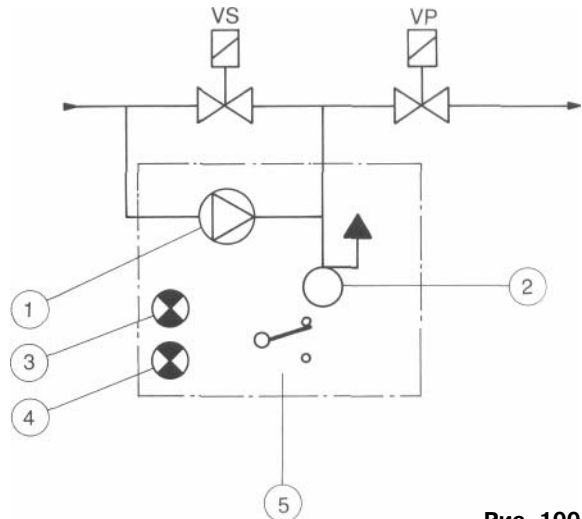


Рис. 100
Схема гидравлических соединений

4.328.4 Подсоединение

Аппаратура гидравлически подсоединяется как обводная линия на электромагнитный предохранительный затвор (рис. 100).

Электрическое соединение простое: необходимо последовательно подсоединить на цепи термостата горелки и соединить нейтраль (рис. 101).

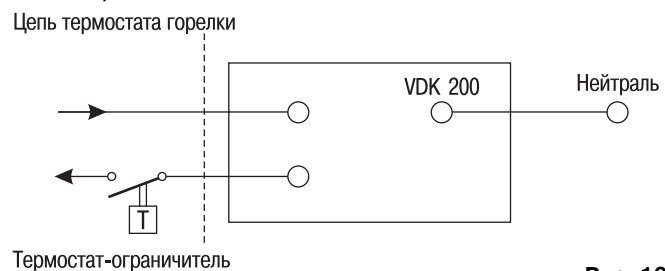


Рис. 101
Электрическое подсоединение

4.328.5 Аппаратура, использующая давление сети

4.328.51 Работа

Контроль герметичности реализуется путем проверки давления в две фазы на ограниченном участке в пределах двух электромагнитных затворов VS и VP.

- 1: дополнительно контролируется атмосферное давление и герметичность электромагнитного предохранительного затвора VS.
- 2: контролируется давление газа и герметичность основного электромагнитного затвора VP.

В случае увеличения давления во время контроля VS или падения избыточного давления во время контроля VP контролирующая аппаратура препятствует запуску горелки и блокируется, сигнализируя о неисправности.

4.328.52 Монтаж и подсоединение

Для осуществления контроля необходимо смонтировать регулятор давления между затворами VS и VP, в момент контроля подавать на каждый из них отдельное электрическое питание. Явным преимуществом этой системы является то, что она в любой момент позволяет знать, какой из электромагнитных затворов разгерметизирован.

4.329 Набор газовой площадки

Примечание. На профессиональном языке газовая платформа называется газовой линией горелки, включающей, в зависимости от конкретного случая, следующие приборы:

- электромагнитные или гидравлические затворы;
- регуляторы давления газа;

- позиционные процессоры закрытия клапана электромагнитного затвора;
- регуляторы давления газа;
- регуляторы пропорции;
- контроля герметичности и т.д.

4.329.2 Набор газовой площадки для горелок мощностью менее 70 кВт (бывшие нормы NF D 35.361)

4.329.21 Состав

Согласно нормам:

- электромагнитный затвор с постепенным открытием;
- регулятор давления с контролем минимального давления.

4.329.22 Обособленные элементы

В общих чертах, газовая платформа обычно состоит из электромагнитного затвора с постепенным открытием, на который устанавливают регулятор давления. Газовый электромагнитный затвор поставляется смонтированным на трубу, что позволяет ускорить его монтаж на горелку. Электрическое соединение производится при помощи разъема. На заводе комплект проверяется на герметичность, проверяется электрическая схема и предварительно настраивается (фото 25).



Фото 25
Затвор горелки небольшой мощности в сборе

4.329.23 Моноблочные газовые платформы

Для снижения стоимости производства отдельные разработчики электромагнитных затворов предлагают изготовителям газового оборудования моноблочные конструкции, включающие, например:

- мини-регулятор давления;
- два электромагнитных затвора, включенных последовательно;
- пневмосистему для обеспечения плавности подачи топлива.

Работа

Регулятор давления (3) постоянно контролирует состояние давления и сигнализирует в случае значительного его падения. После подачи напряжения на блок газовые электромагнитные затворы (1) и (2) полностью открываются. Порция газа мгновенно поступает через регулировочное отверстие в буферный стакан (4). Одновременно с этим давление газа отжимает мембрану (5) со скоростью выхода воздуха, который находился позади нее, через калибровочное отверстие (7). Мембрана влечет за собой профилированный клапан, который постепенно пропускает номинальный отрегулированный работой пружины (8) расход топлива (рис. 102).

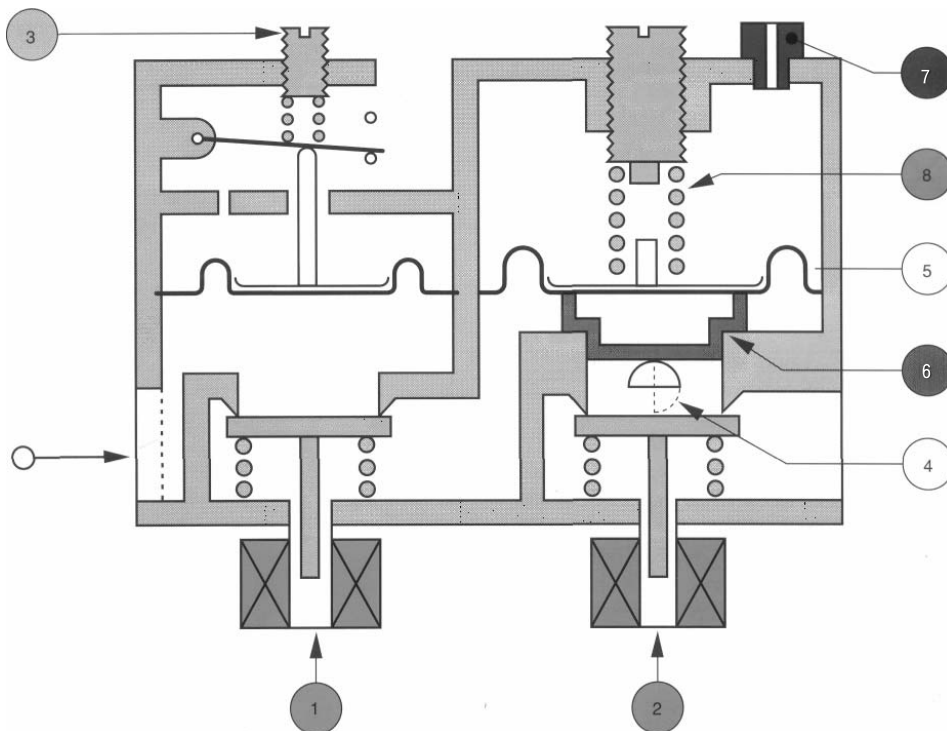


Рис. 102
Схематический разрез моноблочной платформы

Презентация

Блок состоит из алюминиевого картера, отлитого из трех частей. С каждой стороны блока имеются два пластмассовых кожуха для защиты регулировочных элементов и электромагнитных катушек. Аппарат имеет фланцы, позволяющие его обслуживать (фото 26).

4.329.3 Газовые платформы для горелок мощностью от 70 до 4200 кВт (бывшая спецификация C30 de l'A.T.G)

4.329.31 Состав

Спецификации предлагают множество вариантов для обеспечения безопасности.

Газовые платформы включают:

- газовый электромагнитный затвор,
- контроль герметичности, положения клапана,
- регуляторы давления газа,
- иногда регулятор давления или пропорции.

Эти элементы в совокупности или по отдельности собраны в компактный блок.

4.329.32 Пример набора из разрозненных элементов

- Двухрежимная горелка мощностью до 1000 кВт.

Газовая платформа состоит из газового электромагнитного затвора (напр. тип ZRDLE), оборудованного двумя регуляторами давления и микропроцессором для контроля положения клапана (фото 27).

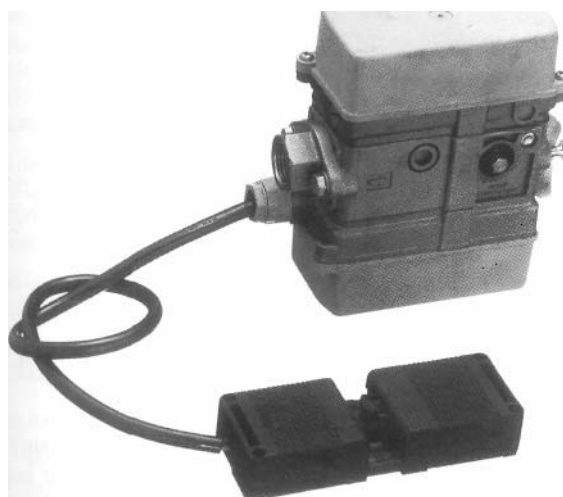


Фото 26
Блок Theobald тип BC90



Фото 27
Газовая платформа для двухрежимной горелки средней мощности. (Док. Cuenod)

- Горелка мощностью свыше 1000 кВт.

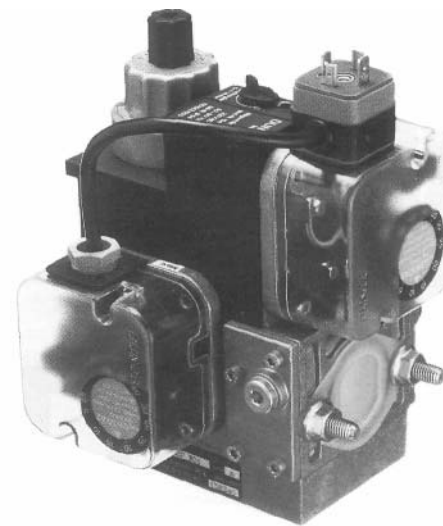
Газовая платформа состоит из предохранительного клапана мгновенного действия (напр. типа MVD), главного электромагнитного затвора, оборудованного регулятором пропорции (напр. SKP70). Эти два электромагнитных затвора оборудованы микроконтактной группой позиционирования запорного клапана, регулятором давления, установленного выше предохранительного электромагнитного затвора и реле контроля давления максимум, установленного ниже основного электромагнитного затвора (фото 28).



Фото 28
Газовая платформа газ с регулятором пропорции, горелкой средней мощности и плавным регулированием

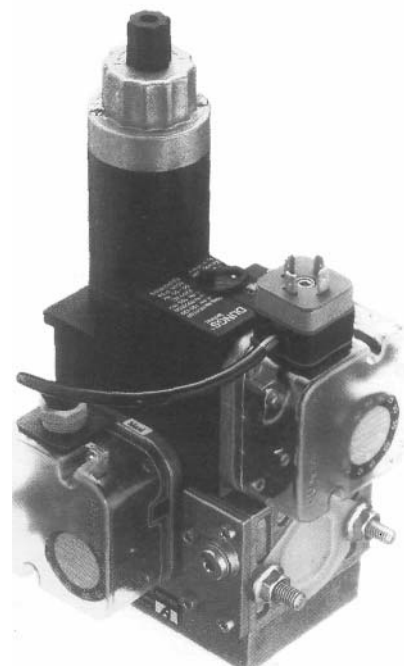
4.329.33 Моноблочная газовая платформа

Одно- и двухрежимные газовые платформы и горелки средней мощности очень дорогие. Производитель Dungs уже несколько лет реализует на рынке продукт, состоящий из компактных затворов, который он назвал МУЛЬТИБЛОК. В блоке небольших размеров собрано все необходимое, включая фильтр. Полная серия включает встроенный регулятор давления. Эти мультиблоки имеют обозначение MB DLE (однорежимные) и MB ZRDLE (двухрежимные), с дополнительным кодом B01 (с регулятором давления) или B02 (без регулятора давления газа). Все три модели состоят из двух газовых электромагнитных затворов, установленных последовательно, и двух регуляторов давления (минимум и максимум). Регулировка расхода производится на втором газовом электромагнитном затворе. Клапан предохранительного электромагнитного затвора управляется (в модели B01) при помощи пневматической регулировочной мембраны (фото 29).



4.329.34 Газовые платформы с 1995

Современные европейские нормы (EN676) требуют, чтобы газовые платформы были оборудованы двумя затворами, установленными последовательно, и реле контроля давления типа "минимум". Такое оборудование должно устанавливаться даже на самых маломощных платформах. Начиная с 1200 кВт, оборудование должно быть укомплектовано прибором проверки герметичности.



4.329.35 Газовые платформы моноблочного типа с регуляторами пропорции

Этот тип газовых платформ очень похож по своей конструкции на газовые платформы первого и второго режимов, но он дополнен регуляторами пропорции пневматического типа, устанавливаемыми обычно под блоком. Их назначение - управлять открытием главного электромагнитного затвора путем воздействия на мембрану, находящуюся под воздействием давления, подаваемого топлива. У газовых электромагнитных затворов такого типа нет альтернативы для управления клапаном. Это упрощает ее работу и гарантирует надежность (фото 30).

Фото 29
Мультиблок Dungs типа MB DLE/B01
и MB ZRDLE/B01. (Док. Cuenod)

4.4 Топливные контуры

4.41 Определение

В вентиляторных горелках окислителем топлива является кислород в количестве 21% (остальные 79% - азот). Этот окислитель должен быть смешан с топливом в пропорциональных объемах, например, для сжигания 1 кг бытового мазута или 1 кубического метра газа, нужно приблизительно 12-15 кубических метров воздуха (отобранных в нормальных условиях: 1013 mbar и 0°C).

Контур окислителя в основном состоит из:

- воздушного насоса, называемого вентилятором, состоящего из турбины или колеса, и "улитки", служащей корпусом горелки;
- системы регулировки подачи воздуха, называемой шибером.

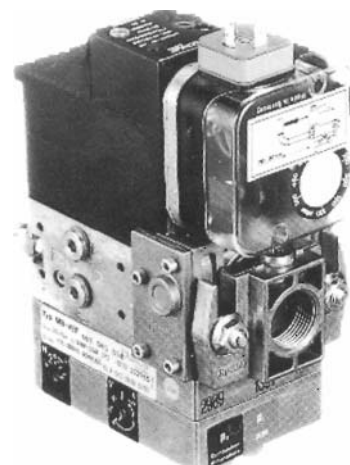


Фото 30
Мультиблок Dungs тип MBVEF
(Док. Cuenod)

4.42 Вентилятор

Его назначение такое же, как и у топливного насоса:

- 1 - засасывать воздух;
- 2 - подавать его под давлением.

4.421 Всасывание

Это самая простая функция, но именно она определяет пределы мощности горелки. Максимальному количеству воздуха, поставляемого вентилятором, может соответствовать только определенная часть топлива, которая и определяет реальную мощность горелки.

Производительность вентилятора определяют количеством кубических метров воздуха (отобранных в нормальных условиях), перекачанных за 1 час.

4.422 Нагнетание

Производительность - не единственная характеристика вентилятора. Второй важной характеристикой является статическое давление вентилятора.

Это давление измеряется перпендикулярно потоку воздуха и соответствует части энергии, потребляемой электрическим двигателем, приводящим в движение вентилятор, необходимой для того, чтобы:

- преодолеть сопротивление, которое должен встретить поток на своем пути к огню;
- преодолеть сопротивление, которое встречает пламя и дым на своем пути в камере сгорания до дымохода;
- активировать смесь частиц воздуха и топлива - обязательного условия для хорошего горения.

4.423 Статическая кривая расход/давление

Можно безошибочно сформулировать три правила:

- вентилятор передает воздуху всю энергию, которую он получает от приводящего его в движение мотора;
- если проход воздуха открыт, вся энергия вентилятора уходит на транспортировку этого воздуха: получаем максимальный расход без давления;
- если проход воздуха сужен, энергия, передаваемая вентилятором, служит частично для транспортировки этого воздуха, а также для преодоления сопротивления сужения прохода.

Чтобы окончательно определить, каким должен быть вентилятор горелки, замеряют расходы, отталкиваясь от максимального расхода, соответствующего нулевому давлению, и так до нулевого расхода, при котором будет максимальное статическое давление вентилятора. Все замеренные и нанесенные на график точки определяют кривую расход/давление статического вентилятора.

Эта кривая вычерчивается на графике с декартовыми координатами и перпендикулярных осях:

- по вертикали - масштаб статического давления, замеренного в потоке воздуха на выходе вентилятора, отградуированный в декаПаскалях (daPa: 1 daPa = 1 мм столба воды)
- по горизонтали - масштаб расхода воздуха, отградуированный в кубических метрах (в нормальных условиях: 1013 мбар - 0°C) (рис. 103).



Рис. 103
Кривая расход-давление вентилятора

Если известно топливо, значения расхода воздуха можно заменить значениями расхода топлива, так как известно соотношение этих расходов. В нашем предыдущем примере, если мы считаем, что нужно 15 кубических метров воздуха, чтобы сжечь 1 кг бытового мазута, можно построить график (рис. 104).

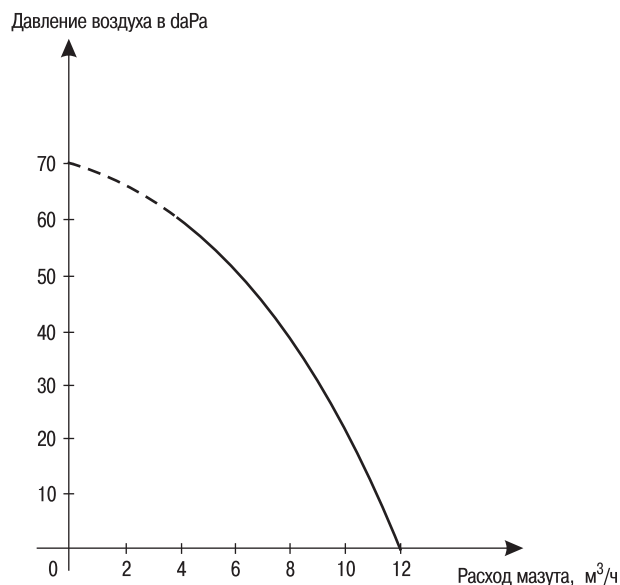


Рис. 104
Кривая расход-давление горелки

4.424 Типы вентиляторов

Существует множество типов вентиляторов:

- вентиляторы центробежные: жидкость в таких вентиляторах заходит в осевую часть колеса, затем выбрасывается им перпендикулярно оси вращения на периферию. Поток - радиальный. (Рис. 105).
- Вентиляторы винтообразные: жидкость пересекает колесо. Поток - осевой (Рис. 106).

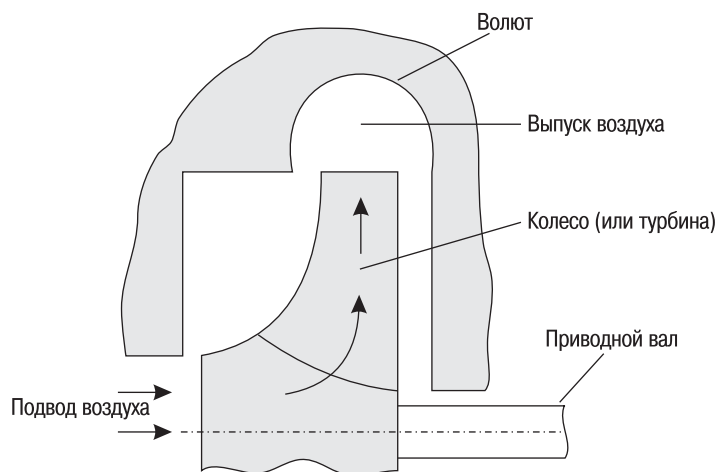


Рис. 105
Схема центробежного вентилятора

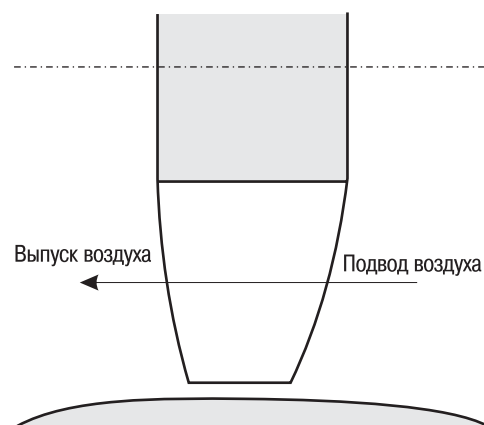


Рис. 106
Схема вентилятора винтообразного

4.425 Выбор типа вентилятора

Винтообразные вентиляторы подают большой расход воздуха, но при низком давлении, в то время как вентиляторы центробежные могут дать достаточно большой расход при высоком давлении. Таким образом, вентиляторы в горелках - центробежного типа.

Вентиляторы горелок приводятся в движение электрическими моторами (которые мы будем изучать далее), вращающимися со скоростью 2800 оборотов в минуту.

Не забываем, что:

- чем больше диаметр турбины, тем больше увеличение статического давления;
- расход пропорционален ширине турбины (на выходе);
- чем больше диаметр турбины, тем выше ее шум (шум пропорционален диаметру колеса в пятой степени).

По этой причине и зная, что чем меньше будет турбина, тем меньше будет горелка. В настоящее время конструкторы разрабатывают широкие турбины, но с уменьшенным диаметром.

При решении этой проблемы, нужно учитывать, что сопротивление топки котлов идет по возрастающей. Самым правильным оказалось решение, которое заключается в том, чтобы впрыскивать на закатке турбины часть выброшенного расхода (рис. 107). Такая уловка позволяет значительно увеличить статическое давление и использовать широкие турбины и стандартное производство (фото 31). Следует отметить, что система повторного впрыска воздуха не используется для горелок большой мощности, более 1000 кВт по той причине, что проблема шума и размеров здесь решается иначе.

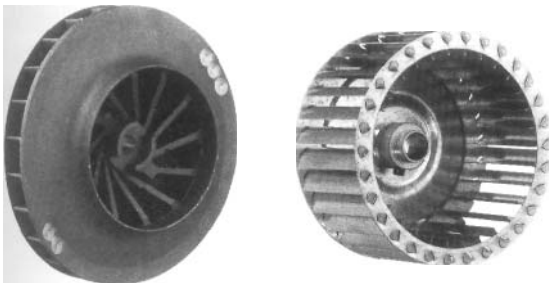
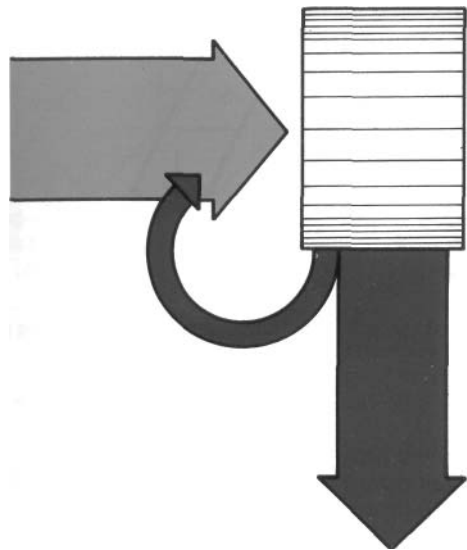


Рис. 108
Схема активной турбины

Фото 31
Турбина и колесо горелки малой мощности

Внимание!

Наклон лопастей турбины ни в коей мере не свидетельствует о направлении движения, потому что существуют, так называемые, активные турбины (рис. 108) и турбины называемые "реактивные" (рис. 109).

При одинаковом расходе, реактивные турбины обычно имеют больший диаметр, чем активные.

Примечание

Если запустить турбину центробежного вентилятора в противоположном направлении, все равно будем получать определенный расход и давление воздуха. Разумеется, при этом характеристики этих параметров будут сильно искажены. (Кстати, насос, если речь идет о горелке для мазута и в случае, если она приводится тем же мотором, так же будет испытывать определенные трудности.).

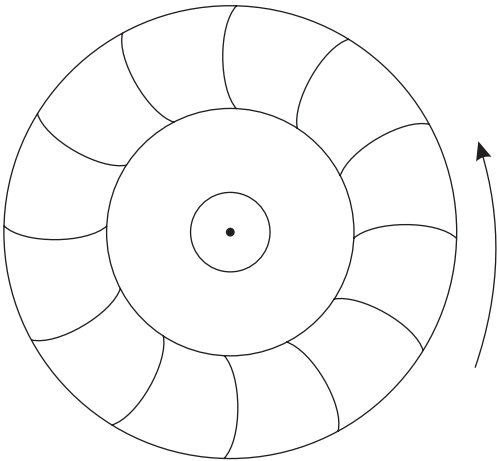
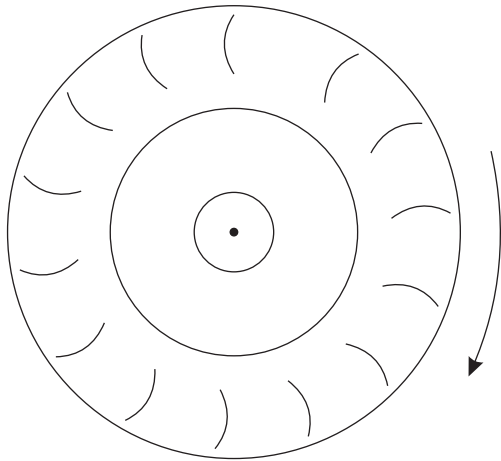


Рис. 108
Схема активной турбины

Рис. 109
Схема реактивной турбины

4.43 Конверт вентилятора

Он состоит из раструба забора воздуха, подающего воздух на вход турбины и улитки центробежного насоса. Потоки воздуха покидают турбину в перпендикулярном направлении по отношению к оси вращения с высокой скоростью. Роль улитки заключается в том, чтобы трансформировать кинетическую энергию этой скорости в потенциальную, то есть, в давление. Конверт вентилятора в большинстве случаев является одновременно и корпусом горелки (или картером) на который монтируются все остальные элементы. Этот картер, чаще всего, выполняется из сплава алюминия литой формы. Он бывает так же штампованной формы. Такая конструкция на малых горелках оказывается менее удачной и издает сильный шум (фото 32).



Фото 32
Улитка (картер) горелки средней мощности

4.44 Регулировка расхода воздуха

4.441 Цель регулировки

Теперь мы знаем, что:

- Чтобы получить хорошее горение нужно смешивать в правильных пропорциях топливо и воздух.
- Вентилятор должен вращаться с определенной скоростью (2800 об/мин). Тогда он нагнетает количество воздуха, которое зависит только от сопротивления торможения. В следующем параграфе, посвященном форсунке горелки, мы увидим, что проблему потери напора на форсунке горелки можно решить, однако этого недостаточно, чтобы решить проблему расхода воздуха, необходимого для горения.

4.442 Задвижки воздушные

Теперь мы понимаем, что нужно иметь и другие способы, чтобы регулировать расход воздуха другой системой.

4.442.1. На всасывании

Чаще всего встречается система, которая заключается в том, чтобы ограничить зачку вентилятора при помощи створки, которую называют шибером: (рис. 110).

Тогда при помощи того же вентилятора получают различные характеристики путем приоткрытия шиберов, которые графически можно изобразить в виде пучков кривых (рис. 111).

Мы можем наблюдать, что благодаря этому приему, расход изменяется очень существенно. В противовес этому, изменение статического давления значительно слабее.

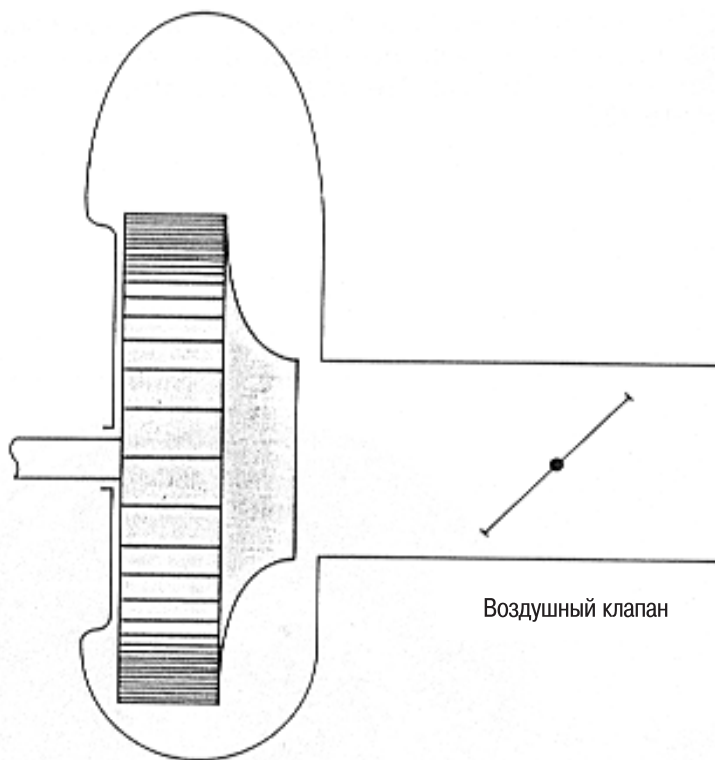


Рис. 110
Воздушный клапан (шибер) на зачке

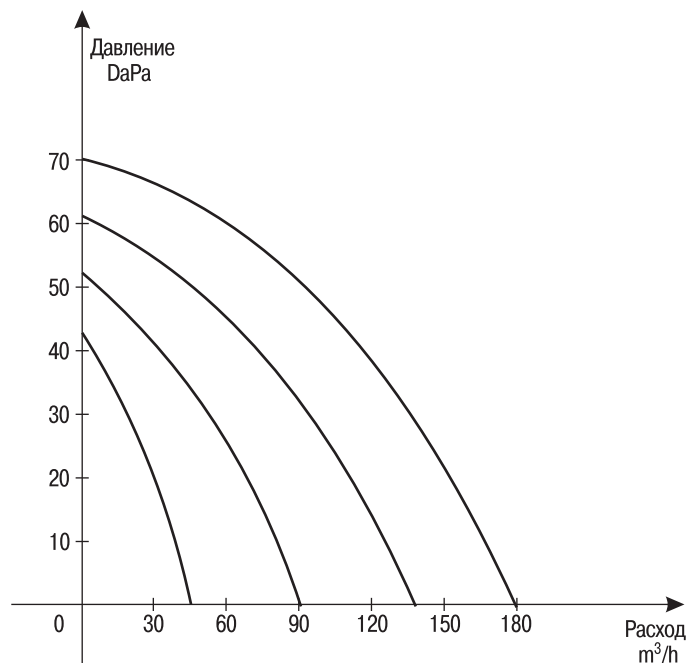


Рис. 111
Пример изменения характеристик
вентилятора, оборудованного шибером

Обозначение:

- (1) воздушный клапан (шибер) открыт на 100%;
- (2) воздушный клапан (шибер) открыт на 75%;
- (3) воздушный клапан (шибер) открыт на 50%;
- (4) воздушный клапан (шибер) открыт на 25%.

Преимущества задвижки на закачку следующие:

- изменение мощности, потребляемой вентилятором в зависимости от степени открытия шиберов;
- уровень шума, издаваемого при закачке воздуха, сглаживается при малом открытии;
- хорошее распределение нагнетаемого воздуха.

4.442.2. При нагнетании

Закрытие при помощи заслонки производится непосредственно на выходе улитки вентилятора и, при этом, получаем практически те же характеристики, что и при использовании предыдущего приспособления.

Такой прием используется на крупных горелках, на которых мото-вентиляторная группа отделена от форсунки.

Тем не менее, в этом приеме есть и свои недостатки: с одной стороны мощность, потребляемая вентилятором, не изменяется, а шум остается значительным. С другой стороны, когда воздушный клапан (шибер) слегка приоткрыт, распределение потоков воздуха может быть нарушено, если шибер находится слишком близко к форсунке горелки.

4.442.3 Устройство заслонки

4.442.31. С дросселем

Это наиболее распространенный вариант: речь идет о металлической или пластмассовой пластине вращающейся вокруг центральной оси в канале прямоугольного сечения (рис. 112).

Речь идет о сквозном диске (или барабане), перемещающемся перед другим диском (или барабаном) фиксированным или сквозным (рис. 114).

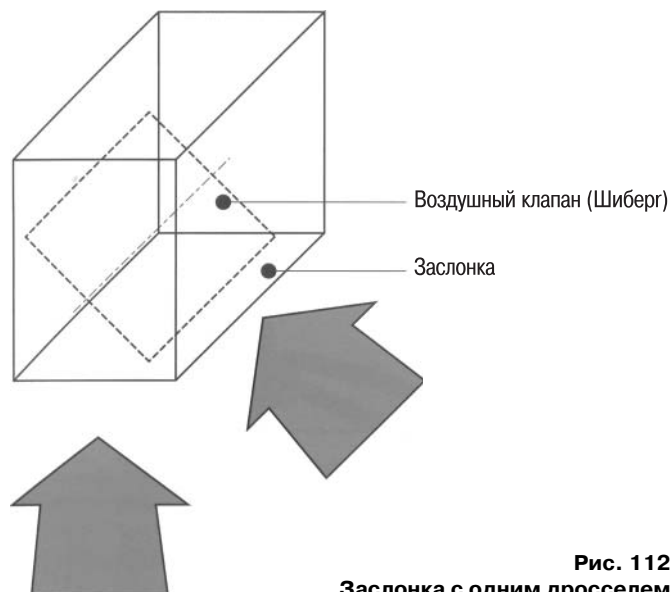


Рис. 112
Заслонка с одним дросселем

Когда позволяют размеры шибер может быть разделен на несколько частей, уменьшая, таким образом, усилие, необходимое для его поворота. В этом случае имеется ось управления, а движение передается другим элементам системы через систему тяг и шестерен (рис. 113).

Прим: Независимо от количества шиберов, ход остается под 90° .

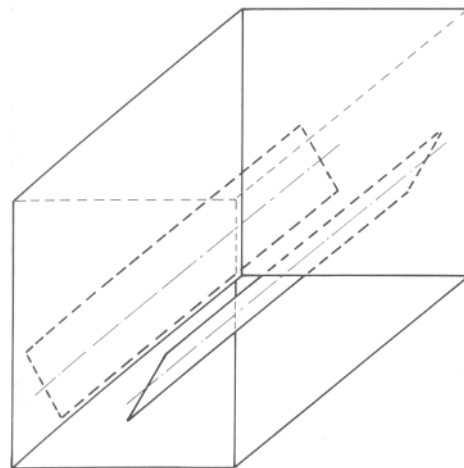


Рис. 113
Заслонка с несколькими шиберами

4.442.32. С диском или барабаном.

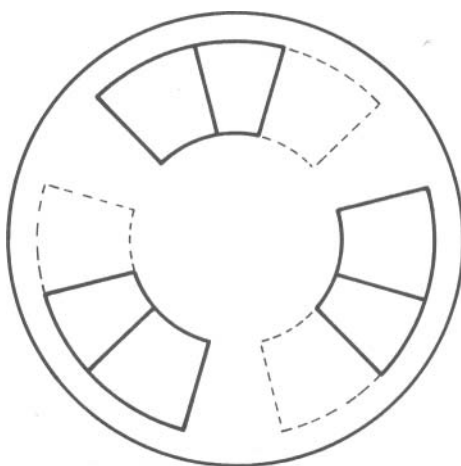


Рис. 114
Заслонка с диском

В зависимости от нарезки диска, ход меняется от 30° до 180° . Потери напора в таких системах очень значительны, поэтому иногда встречаются заслонки с лопастями, особенно на горелках большой мощности: (фото 33)

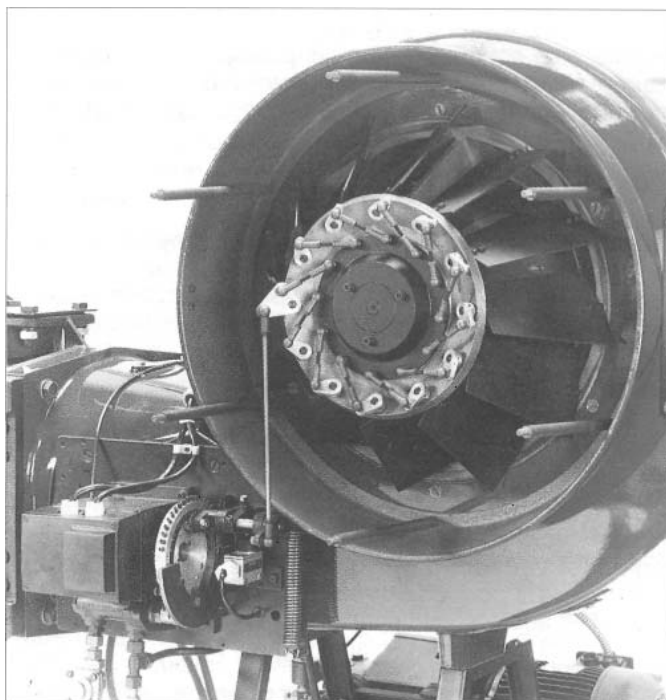


Фото 33
Заслонка на горелке большой мощности