

Конспект семинара фирмы ГИРШ

Топливный мазут EL

GIERSCH

ГИРШ ГмбХ • ЗАВОД ЖИДКОТОПЛИВНЫХ И ГАЗОВЫХ ГОРЕЛОК
POSTFACH 3063 • D-58662 NEMER, ГЕРМАНИЯ
тел. 02372/965-0 • телекс 827449 • факс 02372/61240
В Швейцарии: ГИРШ АГ
OBERNAUSERSTR. 113. • CH-8152 GLATTBRUGG
тел.(01) 8112390 • факс (01) 8112392

	Введение	3
1	Данные измерений для мазута	8
2	Протекание процесса горения мазута	11
3	Измерительная техника для практического использования	18
4	Определение производительности форсунки	37
5	Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки	42
Q	= количество теплоты	
Q _F	= номинальная теплопроизводительность топочной камеры	кВт
Q _N	= номинальная теплопроизводительность теплогенератора	кВт
Q _D	= разность номинальной производительности	кВт
H _u	= теплота сгорания	кВтч/кг
η _F	= теплотехнический коэффициент полезного действия	%
η _K	= коэффициент полезного действия теплогенератора	%
m _B	= поток массы топлива в	кг/ч
V _B	= объемный поток топлива в	л/ч
V _{BV}	= полная нагрузка объемного потока топлива	
V _{BT}	= частичная нагрузка объемного потока топлива	
ρ	= плотность = $\frac{\text{масса}}{\text{объем}}$ мазута EL	0,84 кг/л
1 ам. галлон	= 3,781	
Z	= двухступенчатая горелка	
P _D	= поверочное давление в 7 бар для определения размера сопла	
P _Z	= давление распыления	
f	= коэффициент для определения размера сопла при измененном давлении распыления	
f _v	= коэффициент "полной нагрузки"	
f _T	= коэффициент "частичной нагрузки"	
R _v	= диапазон регулирования	

Условимся, что: Величина = Числовое значение x Единица измерения

Единица мощности	ккал/мин	ккал/ч	Вт = Дж/с = Нм/с	кВт = кДж/с	кДж/ч	МДж/ч	Л.С.
1 ккал/мин =	1	6 · 10	6,977 · 10	6,977 · 10 ⁻²	2,512 · 10 ²	2,512 · 10 ⁻¹	9,6 · 10 ⁻²
1 ккал/ч =	1,667 · 10 ⁻²	1	1,163	1,163 · 10 ⁻³	4,187	4,187 · 10 ⁻³	1,6 · 10 ⁻³
1 Вт =	1,433 · 10 ⁻²	18,6 · 10 ⁻¹	1	1 · 10 ⁻³	3,6	3,6 · 10 ⁻²	1,36 · 10 ⁻³
1 кВт =	1,433 · 10	8,6 · 10 ²	1 · 10 ³	1	3,6 · 10 ³	3,6	1,36
1 кДж/ч =	3,981 · 10 ⁻³	2,388 · 10 ⁻¹	2,778 · 10 ⁻¹	2,778 · 10 ⁻⁴	1	1,103	3,8 · 10 ⁻⁴
1 МДж/ч =	3,981	2,388 · 10 ²	2,778 · 10 ²	2,778 · 10 ⁻¹	1 · 10 ³	1	3,8 · 10 ⁻¹
1 Л.С. =	1,054 · 10	6,324 · 10 ²	7,353 · 10 ²	7,353 · 10 ⁻¹	2,648 · 10 ³	2,648	1
1 мкп/с =	1,405 · 10 ⁻¹	8,43	9,81	9,81 · 10 ⁻³	3,528 · 10	3,528 · 10 ⁻²	1,3 · 10 ⁻²
1 HP =	1,069 · 10	6,411 · 10 ²	7,455 · 10 ²	7,455 · 10 ⁻¹	2,686 · 10 ³	2,686	1,014
1 fr.lb/sec =	2,777 · 10 ⁻²	1,666	1,36	1,36 · 10 ⁻³	4,896	4,896 · 10 ⁻³	1,8 · 10 ⁻³
1 BTU/h =	4,2 · 10 ⁻³	2,52 · 10 ⁻¹	2,93 · 10 ⁻¹	2,93 · 10 ⁻¹	1,055	1,055 · 10 ⁻³	3,99 · 10 ⁻⁴
1 MBU/h =	4,2	2,52 · 10 ⁻²	2,93 · 10 ²	2,93 · 10 ²	1,055 · 10 ³	1,055	3,99 · 10 ⁻¹



Мы рады, что Вы решили получить подробную информацию о технической стороне нашей продукции

Данное пособие должно придать Вам еще большую уверенность в обращении с нашими мазутными горелками; Вы сможете лучше консультировать своих клиентов и производить сервисное обслуживание. В данном обобщающем материале мы не претендуем на исчерпываемость. Но мы полагаем, что сделанные здесь выводы могут оказаться для Вас надежным подспорьем в Вашей практической работе.

ГИРШ ГмбХ
Завод жидкотопливных и газовых горелок

Петер Дюнхаупт

Что же такое "нефть"?

В наше мире, где можно почти все проанализировать и проследить все в обратном направлении вплоть до происхождения, казалось бы, что может быть легче, чем объяснение происхождения вещества, ежегодная добыча которого исчисляется порядковыми величинами в миллиарды тонн. В действительности же о возникновении сырой нефти имеются с научной точки зрения лишь более или менее обоснованные предположения. Пожалуй, установленным фактом можно считать, что нефть образовалась из органических остатков преимущественно мельчайших, обитающих в воде одноклеточных организмов, возможно также и из водорослей, которые давным-давно в огромных количествах населяли моря и другие водоемы.

Самая признанная, пожалуй, на сегодняшний день теория рассматривает суть процесса возникновения нефти в спрессовывании органической субстанции со стороны отложений, например, песка или шлама. Из-за недостатка кислорода возник процесс гниения, в результате чего при содействии бактерий или каталитических воздействий за период времени, равный нескольким миллионам лет, образовалась нефть. За это время одни горы опустились вниз, другие - возникли из моря, а побережья континентов переместились. На дне мелководных морей и внутренних озер стали образовываться мощные отложения гнилых шлам, в которых в больших количествах образовывалась нефть. С течением времени над местом залегания возникали другие слои, которые постепенно затвердевали. Если же над этим осадочным отложением располагались проницаемые водоносные слои, то нефть покидала первоначальную материнскую породу, пока не наткнулась на непроницаемый верхний слой. Так образовывалась "ловушка для нефти" в породе-коллекторе, которая может располагаться удаленной на много сотен километров от места возникновения нефти. Нефть содержится в порах этой породы-коллектора в мелкодисперсном состоянии. В противоположность общепринятому мнению на самом деле не существует "подземных нефтяных озер" - точно также, впрочем, как и не имеется никаких "пузырей природного газа". Если пробуривают такую породу-коллектор, то нефть устремляется из ее пор вверх или в результате естественного давления места залегания, либо должно быть создано искусственное давление: с помощью насосов или с помощью нагнетания воздуха, газа или пара. Нефть ни в коем случае не является единообразным веществом. По своему внешнему виду, своим физическим свойствам и своему химическому составу она скорее так многообразна, что почти каждое месторождение отличается от другого и идентифицируемо. Нефть является смесью углеводородов, т.е. ее молекулы, главным образом состоят из углерода и водорода. Существует несколько тысяч подобных соединений. Самыми важными среди них для производства нефтепродуктов являются насыщенные углеводородные цепочки, т.е. группа парафинов — насыщенные кольцеобразные соединения - "нафтены", ненасыщенные прямые цепочки - их называют олефинами - и ароматические углеводороды. Доля перечисленных групп в отдельных сортах сырой нефти различна, но в легкой природной нефти преобладают парафины, а в тяжелой природной нефти - нафтены. Сера встречается довольно часто, иногда к ней присоединяются следы металлов, как например, ванадия. Главной отличительной чертой содержащихся в сырой нефти углеводородных соединений является их различная испаряемость при нагревании. Это означает, что температура, при

которой отдельные компоненты из жидкого переходят в газообразное агрегатное состояние, различна. К физическим свойствам, которые отличают виды сырой нефти друг от друга, относится удельный вес — он колеблется между 0,7 и 1,0, вязкость, т.е. различное сопротивление, которое сырая нефть оказывает текучести и плотность, т.е. отношение массы определенного вида нефти к своему объему. В экономике нефтепродуктов природная нефть обычно характеризуется своим происхождением и своей плотностью так называемыми градусами API (API =Американский институт нефти).

Свойства видов жидкого топлива

Наиважнейшие свойства различных видов жидкого топлива, которые необходимы для оценки качества, горения и т.д. будут кратко рассмотрены далее:

Содержание золы. Зола - это остаток при сгорании (оксидная зола) и в жидких топливах имеется в незначительном количестве. ВРА, см. точку помутнения.

Точка горения. Под этим понимают температуру, при которой жидкое топливо горит с уже незатухаемым пламенем. Когда жидкое топливо достаточно разогрето, возникают пары, которые с приближением пламени продолжают гореть сами по себе. Точка горения находится примерно на 20° С выше точки воспламенения.

Коэффициент Конрадсона. Это показатель коксового остатка. Он показывает, сколько остатков в виде кокса останется при полном испарении жидкого топлива. В наших жидкотопливных установках частицы нефтяного кокса сгорают большей частью вместе с остальным топливом, поэтому коэффициент коксования незначителен.

Плотность. Плотность жидкого топлива (в численном выражении совпадает с удельным весом) колеблется для нефтепродуктов где-то между 0,84 и 0,96. Поэтому важно при сравнении цен проверять, указывается ли цена за 1 литр или за 1 кг.

Запомните:

1 л мазута EL весит -0,84 кг 1 кг мазута имеет объем -1,19 л Для жидкого топлива плотность указывается при +15° С. При колебаниях температуры плотность изменяется незначительно. Точка воспламенения. Она указывает самую низкую температуру, при которой жидкое топливо образует пары. Последние же вспыхивают при подведении пламени только на короткий миг. Длительное пламя возможно только при достижении точки горения. Точка воспламенения в отношении огнеопасности какого-либо вещества является решающей. Различают три класса опасности:

Класс опасности AI: точка воспламенения ниже 21° С (например, бензины) Класс опасности АII: точка воспламенения от 21...55° С

Класс опасности АIII: точка воспламенения от 55... 100° С

Мазуты попадают в класс опасности III. Тяжелые фракции мазута могут иметь точку воспламенения выше 100° С и тогда они будут находиться вне классов опасности.

Цвет. Естественный, преимущественно коричневатый, цвет мазута в результате красного окрашивания в германской таможенной зоне, как правило, больше не узнаваем.

Запах. Пролитый мазут имеет сильно проникающий запах. Но по его запаху ни в коем случае нельзя сделать заключение в отношении качества.

Теплота сгорания, низшая теплота сгорания. Более подробно - в разделе "Данные измерений для мазута". Содержание серы.

Содержание серы в мазуте играет очень важную роль при охлаждении уходящих газов ниже точки росы. См. раздел "Измерительная техника". Содержание серы ниже 0,5 весового процента у мазута EL не должно вызывать опасений.

Точка затвердевания. Температура, при которой нефть из жидкого состояния переходит в твердое. При снижении температуры вязкость мазута увеличивается. Некоторые мазуты почти до самой точки затвердевания остаются легкотекучими. Точка затвердевания должна лежать как можно ниже, чтобы мазут EL даже при сильном холоде еще оставался жидким.

Точка помутнения, точка ВРА. Под этим понимают температуру, при которой в результате охлаждения начинается осаждение парафина. Мазут мутнеет и его больше нельзя перекачивать. Трубопровод и фильтры забиваются. ВРА=НПО ("начало парафинового осаждения"). Будьте осторожны при подводе от подземного хранилища в здание: при недостаточном укрытии землей при сильном морозе за ночь может произойти осаждение парафина. Там, где встречается особенно много парафинового осадка, мазут следует откачать из хранилища и заново приготовить на нефтеперегонном заводе (разогреть примерно до 60° С). Топливопровод между резервуаром и мазутной форсункой следует, как правило, заменить на новый.

Вязкость. Под вязкостью понимают сопротивление, которое жидкость оказывает течению, т.е. смещению отдельных мельчайших частиц жидкости (молекул). Это, обусловленное внутренним трением, сопротивление может быть, следовательно, преодолено только в результате применения механической энергии. Ту силу, которая необходима для параллельного сдвига слоя жидкости площадью в 1 см² и высотой в 1 см по отношению к лежащему под ним слою жидкости со скоростью 1 см/с, называют динамической вязкостью η . Если динамическую вязкость разделить на плотность жидкости, то получим кинематическую вязкость ν .

Кинематическая вязкость зависит от температуры. Чтобы установить, как ведет себя вязкость, используют две температурные характеристики, относящиеся к протеканию жидкости. При повышении температуры вязкость уменьшается, т.е. мазут становится более жидким, при снижении температуры мазут становится более густым. Так как изменение вязкости связано с температурой, то для расхода мазута и для процесса распыления важно, чтобы температура мазута и, тем самым, вязкость как можно дольше держать постоянными.

Параметры мазутов

I = значения имеющихся в продаже сортов

II = предельное значение согласно DIN 51603

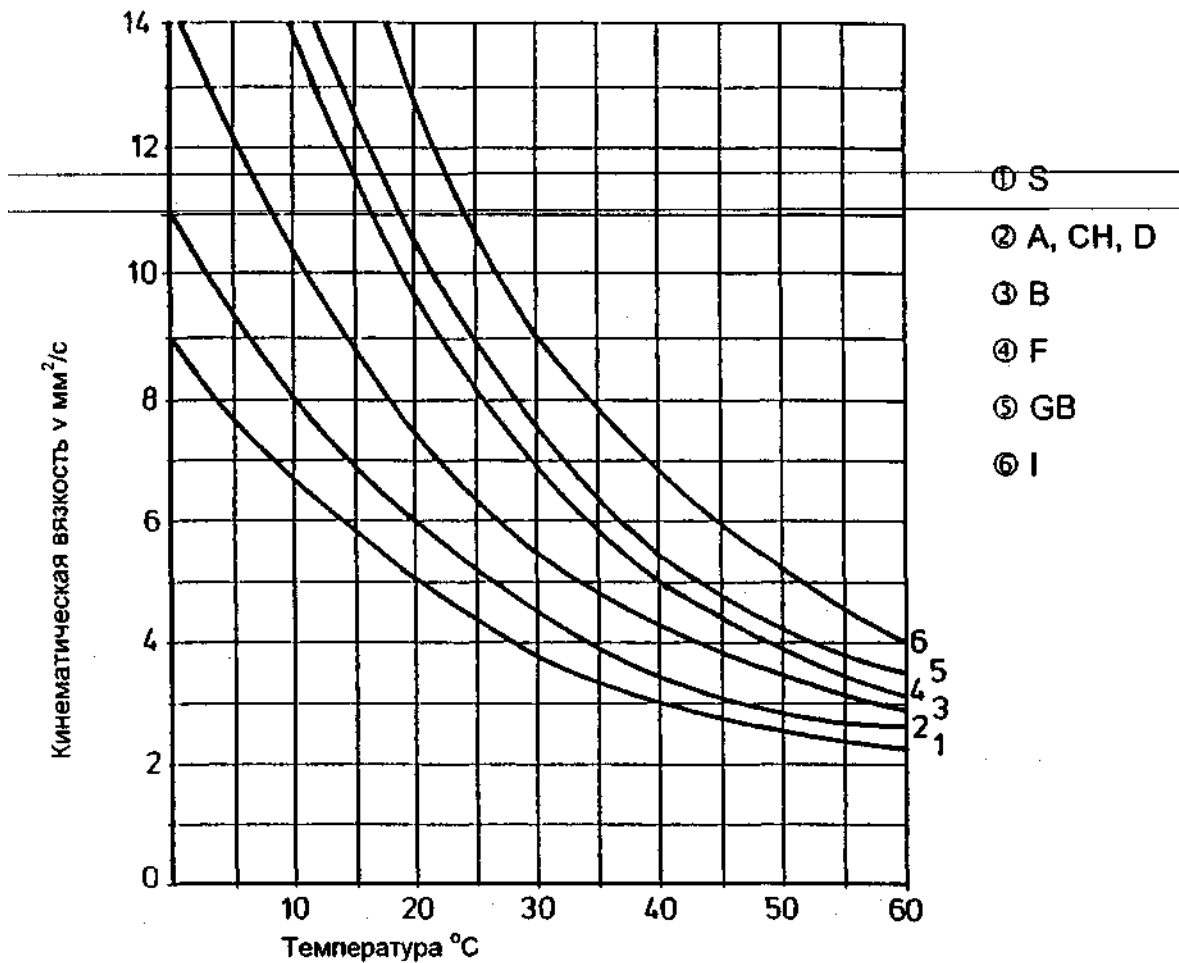
	Единица измерения	Мазут EL		Мазут S	
		I	II	I	II
Теплота сгорания H_u	ккал/кг	10200	10000	9700	9400
Теплота сгорания H_u	кДж/кг	42740	41900	40600	39400
Плотность при +15° С	кг/л	0,84	0,86	0,96	–
Точка воспламенения	°С	65	55	90...120	65
Точка горения	°С	≈120	-	≈160	-
Высшая точка затвердевания	°С	–	-	0...+30	-
Низшая точка затвердевания	°С	-15° С	ниже –10	-	-
Точка помутнения ВРА	°С	ниже -8	-10	-	-
Вязкость при 20 °С	6 мм ² /с	1,35	1,6	–	–
Вязкость при 50 °С	2,8 мм ² /с	–	–	25... 50	макс. 59
Вязкость при 100 °С	–	–	–	2...4	макс. 5
Коэффициент Конрадсона	весовые %	0,01	0,05	8...10	макс. 15
Сера S		0,6	макс. 1,0	0.4...2.5	макс. 3,8
Содержание CO ₂ уходящего газа (макс.)	объемные %	15,4	–	15,9	–

Распознавание мазута

Для предупреждения того, чтобы мазут EL не использовали в качестве дизельного топлива, он окрашен в красный цвет и дополнительно снабжен индикатором. Для распознавания достаточно применения двух средств:

5 ppm красителя

10 ppm фурфуrolа в качестве индикатора



Вязкости легких фракций мазута в Европе



Надзор за огневыми установками является задачей верховной власти федеральных земель. Министерства внутренних дел федеральных земель издаю указы о защите окружающей среды от воздействия экологически вредных выбросов и указы, касающиеся оборудования котельных (ZTA).

К предписаниям в области строительства относятся постановления по строительству в федеральных землях и издание в связи с этим положения по их

выполнению. Введенные для этого технические строительные предписания и директивы, например, "Директивы по строительству и устройству котельных" (Директивы по котельным); "Директивы для установки жидкотопливных воздухонагревателей" (Директивы по воздухонагревателям) и "Директивы по строительству и эксплуатации резервуаров для хранения жидкого топлива" (Директивы по хранилищам для жидкого топлива HBR) почти полностью совпадают с примерными директивами, рекомендованными специальной комиссией стройнадзора коллегии министерств земель ФРГ и Берлина, компетентных в области строительства городского и сельского хозяйства.

DK 662.94 : 662.75 : 697.3		
	Ölfeuerungen in Heizungsanlagen Bau, Ausführung, Sicherheitstechnische Grundsätze	DIN 4755
DK 662.941.2 : 697.3		
	Ölbrenner Begriffe, Anforderungen, Bau, Prüfung	DIN 4787
DK 662.613.3 : 662.94 630.1 662.613.13		
	Bestimmung der Rußzahl in Abgasen von Ölfeuerungen	DIN 51 402
Determination of the smoke spot number in the gases of oil burning systems Détermination de l'indice de noircissement dans des gaz de brûleur des chaudières au mazout Bestimmungen mit der von der American Society of Testing and Materials ASTM herausgegebenen ASTM D 2156-65 siehe Erläuterungen		

Соответствующие предписания DIN и директивы VDI на федеральном уровне также многочисленны. Для практика часто бывает затруднительно с пользой для дела использовать литературу по этому вопросу в своей повседневной работе. Ссылка на соответствующие нормы, предписания и постановления

DIN 4702 Лист 1 Отопительные котлы, обозначение, номинальная мощность, технические требования (в настоящее время только в проекте).

DIN 18380 VOB - часть С Общие Технические Предписания; Установки по центральному отоплению, вентиляции и централизованному приготовлению горячей воды.

DIN 4751 Лист 1 Оснащение, отвечающее правилам техники безопасности, для систем водяного отопления низкого давления с температурами подающей линии до 110° С. DIN 4751 Лист 2 -; Открытые и закрытые установки до 80000 ккал/ч с термостатической защитой предохранителями (в новой редакции).

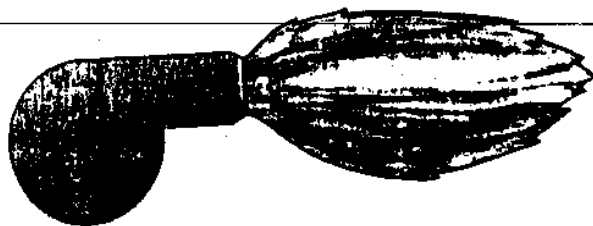
DIN 4787 Мазутные форсунки; понятия, требования, конструкция, испытание. (Дополненное издание в настоящее время только в проекте).

DIN 6608 Лист 1 Горизонтальные резервуары из стали для подземного хранения жидких нефтепродуктов.



Конечно, все, что связано с техникой сжигания, стоит денег. Затраты возникают при приобретении, при вводе в эксплуатацию, техническом обслуживании, и, наконец, имеют место текущие производственные издержки. Нашей целью должно стать создание надежных в эксплуатации и экономично работающих установок: клиент ожидает получить услугу, соразмерную своим затратам.

Теплопроизводительность топочной камеры



Монтаж и установка теплогенераторов

Теплогенераторы центрального отопления, исключая установки, имеющие несколько теплогенераторов, разрешается монтировать или устанавливать на длительный срок только тогда, когда их номинальная теплопроизводительность не превышает тепловую нагрузку, определяемую согласно DIN 4701 (издание марта 1983) - правила для расчета тепловой нагрузки для зданий

(опубликовано в Приложении к Федеральному вестнику N85 от 5 мая 1977 г.), включая со-

размерные добавки для приготовления воды для бытового использования, для технических установок для поддержания температуры воздуха в помещении, а также для прочих потребителей тепловой энергии; их следует первоначально отрегулировать на эту номинальную теплопроизводительность.

Определение понятий

Теплогенератор - это единое целое, состоящее из теплообменника и огневой установки, работающей на твердом, жидком или газообразном топливе, где происходит нагрев теплоносителей или приготавливается вода для бытовых нужд.

Номинальная теплопроизводительность теплогенератора — это наибольшее количество теплоты, отдаваемое при нормальном режиме работы в единицу времени. Она считается также номинальной теплопроизводительностью установки.

1. Данные измерений для мазута
2. Протекание процесса горения мазута EL
3. Измерительная техника для практического использования
4. Определение производительности форсунки
5. Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки

Обзор материала

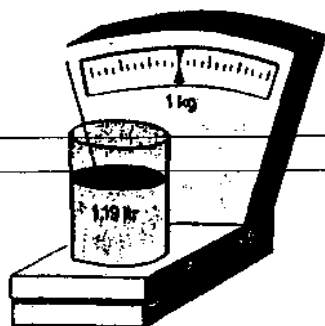
В процессе изложения должно быть рассмотрено:

1. Данные измерений для мазута
2. Протекание процесса горения мазута EL
3. Измерительная техника для практического использования
4. Определение производительности форсунки
5. Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки

Тот, кто захочет определить поток массы топлива или объемный поток, должен будет сначала разобраться с данными измерений и свойствами, присущими мазуту.

$$\frac{\text{теплота}}{\text{время}} \square \frac{\text{работа}}{\text{время}}$$

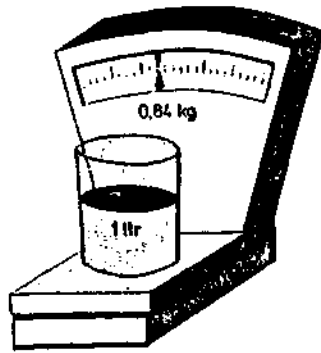
$$1 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \square 0,001163 \text{ кВт}$$



Один килограмм мазута EL имеет теплоту сгорания равную **11,86 кВтч**, и, с другой стороны, 1 кг мазута EL имеет объем равный 1,19л при 15 С. Или

$$10200 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \square 11,86 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}}$$

1 кг 1 л 1 кг мазута EL Нн: 10,00 Вт/ч
1 кг мазута EL Нн: объем 1,19 л



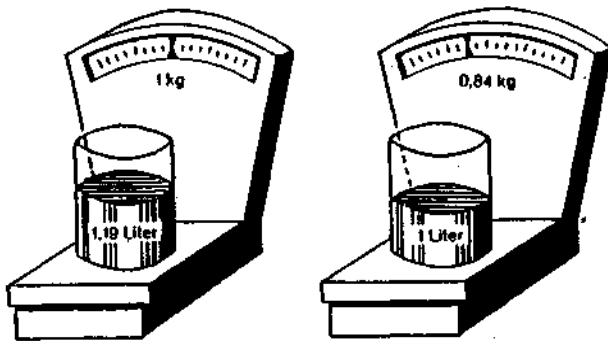
1 л мазута EL Hu: 10,00 кВт/ч
 1 л мазута EL Hu: объем 0,84 кг

Один литр мазута EL имеет теплоту сгорания равную **10 кВтч**, 1 литр весит при этом 0,84 кг. Или

$$8600 \frac{\text{ккал}}{\text{л}} \approx 10 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{л}}$$

$$860 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \approx 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Мазут EL



1 кг=1,19 л

1 л=0,84 кг

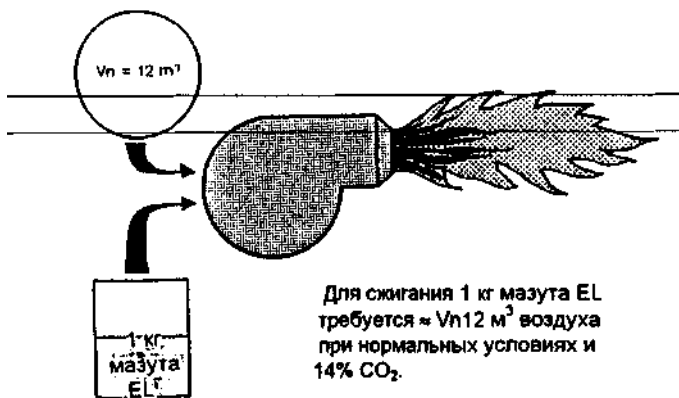
На данном рисунке упомянутые выше количества мазута поставлены для сравнения рядом друг с другом: 1 кг соответствует 1,19 литра при 15° С. а 1 литр весит соответственно 0,84 кг.

Плотность

Плотность вещества ρ - это частное от деления массы на объем, указанное в $\text{кг}/\text{м}^3$. Относительная плотность d - это отношение плотности данного вещества к плотности эталонного вещества, например воды или воздуха. Для пересчета 1 л мазута в кг или наоборот используют эту величину, т.к. мазут легче воды.

Мазут EL = примерно 0,805 - 0,845 $\text{кг}/\text{дм}^3$

Мазут S = примерно 0,90 - 0,94 $\text{кг}/\text{дм}^3$.



Расход кислорода или же воздуха

Каждому топливу для полного сгорания требуется определенное количество воздуха, количество которого зависит от состава топлива. Расход воздуха $V_{L\text{min}}$ —это количество воздуха в $\text{кг}/\text{м}^3$, которого как раз достаточно для сгорания, чтобы в качестве продуктов сгорания получались только двуокись углерода CO_2 , водяной пар H_2O , двуокись серы SO_2 азот N_2 . Приблизительный расчет теоретического расхода воздуха может быть произведен по следующей формуле:

$$V_{L\text{min}} = V_{L\text{tn}} = 2,2 + 0,72 H_u = \text{м}^3/\text{кг}$$

Пример:

$$V_{L\text{min}} = 2,2 + 0,72 \cdot 11,86 \text{ м}^3/\text{кг} = 10,74 \text{ м}^3/\text{кг} \approx 10,7 \text{ м}^3/\text{кг}$$

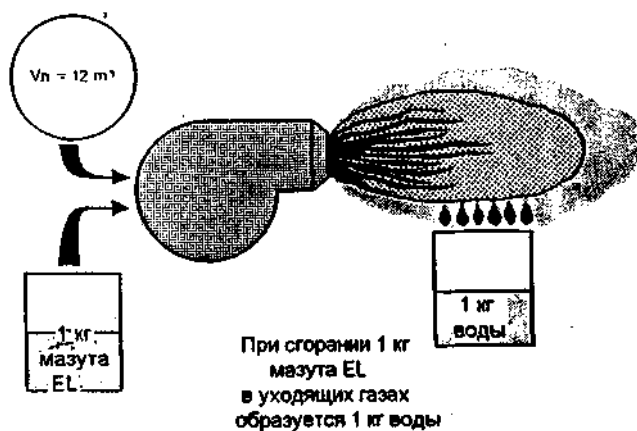
Более точный результат - 10,6 м /кг.

Действительный расход воздуха вычисляется так:

$$V_n = V_{L \min} n = \text{м}^3/\text{кг}$$

n = коэффициент избытка воздуха (см. стр. 16).

Расчеты относятся к температуре 0°C и высоте на уровне моря.



При сгорании 1 кг мазута в уходящих газах образуется водяной пар, который при полной конденсации дал бы 1 кг воды.

Данные измерений для мазута

Обобщение

1 кг мазута EL: $H_u = 10200 \text{ ккал} = 11,86 \text{ кВтч}$

1 кг : объем = 1,19 л

1 л мазута EL: $H_u = 8600 \text{ ккал} = 10 \text{ кВтч}$

1 л : вес = 0,84 кг

1 кг мазута EL требует для сгорания $V_n = 12 \text{ м}^3$ воздуха - при этом образуется: 1 кг воды

1 кг мазута имеет теплоту сгорания в 10200 ккал

$$\approx 11,86 \frac{\text{кВтч}}{\text{кг}}$$

1 кг мазута имеет объем 1,19 л при 15°C

1 л мазута EL имеет теплоту сгорания в 8600 ккал

$$\approx 10,00 \frac{\text{кВтч}}{\text{л}}$$

1 л мазута весит 0,84 кг.

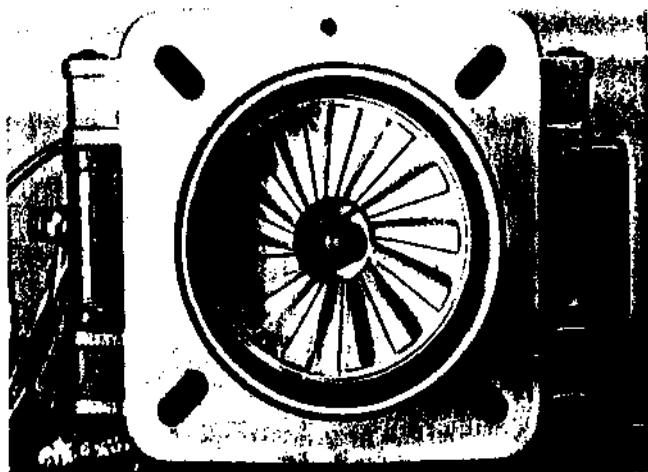
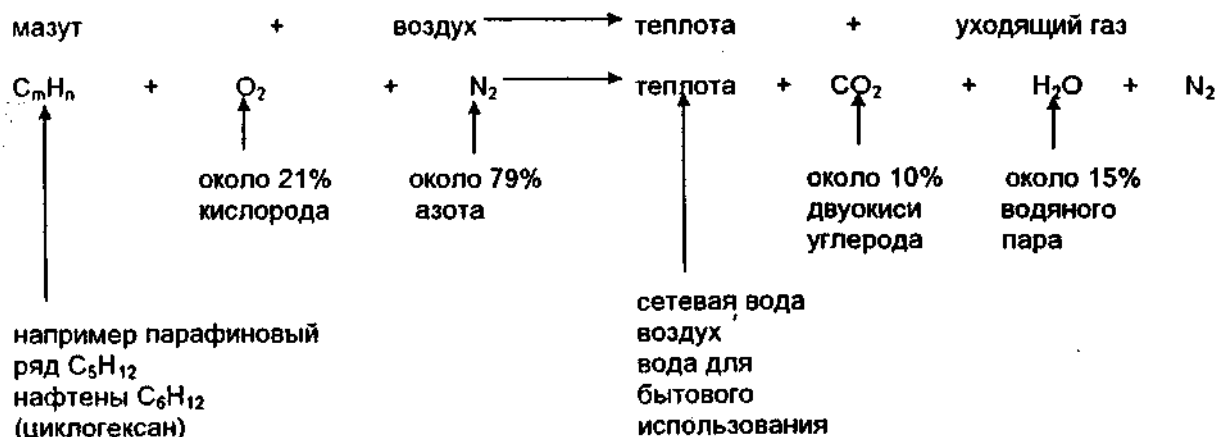
1 кг мазута потребляет $V_n = 12 \text{ м}^3$ воздуха для сгорания, при этом образуется 1 кг воды.

1. Данные измерений для мазута
2. Протекание процесса горения мазута EL
3. Измерительная техника для практического использования
4. Определение производительности форсунки
5. Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки

Протекание процесса горения мазута EL

Под горением понимают, выражаясь упрощенно, химическую реакцию кислорода с горючими веществами с образованием пламени, при которой возникают большие количества тепла. Процесс горения возможен только тогда, когда подготовленная к сжиганию смесь сначала газифицируется и нагревается до своей температуры воспламенения. То количество теплоты, которое освобождается с началом горения, поддерживает затем горение

вследствие расщепления молекул. Если все же необходимая для реакции температура снижается, то процесс горения прекращается. На взаимосвязи процесса горения для мазута EL в одноступенчатых форсунках следует остановиться в этом разделе подробнее.

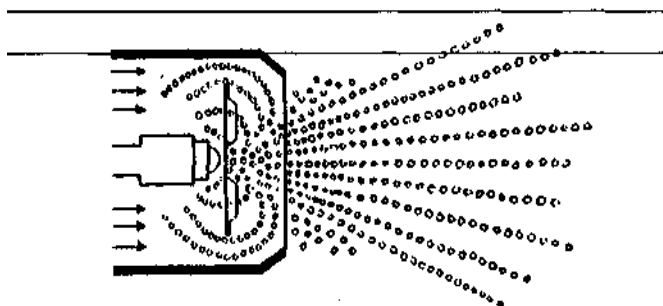


Смесительное устройство

Свойства смесительного устройства форсунки являются основой для полноты сжигания. Мазут должен сгорать с высоким К.П.Д.

Смесительное устройство состоит из трубки форсунки и относящегося к ней подпорного или центробежного устройства, причем они должны быть согласованы друг с другом и не являются принципиально взаимозаменяемыми. В зависимости от расхода мазута и давления в смесительной головке устройства могут использоваться различные по величине

диафрагмы или же центробежные устройства, так что можно соответственно рассчитать и повлиять на выходное сечение и скорость перемешивания. Далее задача состоит в том, чтобы воздух для горения подвести к топливному туману так, что при малейшем избытке воздуха могла образоваться мазутно-воздушная смесь. Внутри и снаружи смесительного устройства происходит образование смеси, процесс, при котором мазутный туман, выходящий из сопла, вступает в тесный контакт с подведенным через трубку форсунки воздухом для горения.

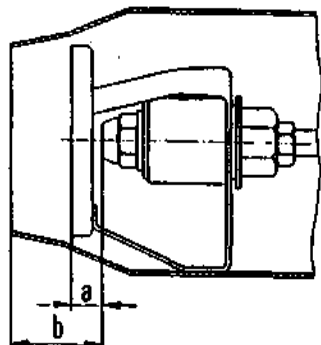


Чтобы стабилизировать фронт пламени, во время процесса воспламенения после отключения зажигания, при изменении расхода топливно-воздушной смеси внутри диапазона нагрузок, пользуются рециркуляцией, т.е. обратной подачей раскаленного горючего газа из фронта пламени в его корень. Различают:

- а) рециркуляцию через диафрагму,
- б) рециркуляцию через ротационное тело.

Эти два тела (диафрагма или же ротационное тело) являются важными компонентами для образования топливно-воздушной смеси.

Под диафрагмой понимают уравнильные шайбы самой различной конструкции, установленные по центру смесительной трубки форсунки.



Расстояние между соплом и уравнильной шайбой (размер "а") на форсунках фирмы Гирш, серия "R" определяется ограничителем.

Указания по регулировке и возможные ошибки

Размер "а" слишком велик: попадание брызг на мазутный конус (покрытие копотью уравнильной шайбы).

Размер "а" слишком мал: плохое распространение воспламенения внутрь, ухудшение стабильности пламени (отрыв пламени от уравнильной шайбы).

Размер "b" слишком велик: попадание брызг мазута на стенку трубки форсунки (плохое сгорание, например, мазут в налете сажи).

Размер "b" слишком мал: беспокойный рисунок пламени (обрыв пламени).

Запомните:

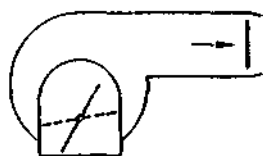
Чем меньше угол разбрызгивания, тем больше должен быть размер "а".

Чем больше расход мазута, тем больше должен быть размер "b".

Для форсунок с воронкой вихревого факела имеет место обратная зависимость.

Чем больше расход мазута, тем меньше должен быть размер "b".

Регулирование воздуха со стороны всасывания



жестко установленная уравнильная шайба

Регулирование воздуха с напорной стороны



жестко установленная уравнильная шайба

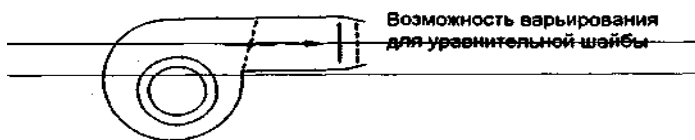
Система регулирования воздуха 1. Жестко установленная уравнильная шайба

Регулирование воздуха со стороны всасывания. Уравнильная шайба закреплена жестко, расход воздуха регулируется всасывающим дросселированием. В результате такого расположения можно достичь лишь умеренных показателей сгорания, т.к. скорость воздуха не регулируется.

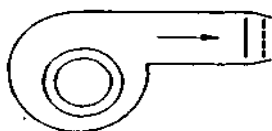
2. Жестко установленная уравнильная шайба

Регулирование воздуха с напорной стороны. Для данного расположения также действительно сказанное выше.

Регулирование воздуха с напорной стороны



Регулирование воздуха с напорной стороны только через уравнивающую шайбу



регулируется только с помощью переставления уравнивающей шайбы. Показатели сгорания регулируются легче, но при сокращении расхода воздуха имеет место сильное возрастание скоростей воздуха и, как следствие, - нежелательные побочные воздействия.

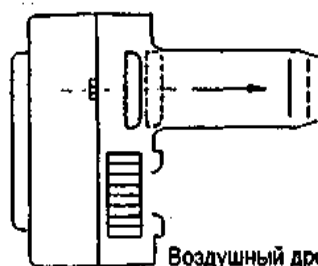
3. Возможность варьирования установки уравнивающей шайбы

Регулирование воздуха с напорной стороны. В результате смещения уравнивающей шайбы и при одновременном регулировании воздуха достигаются существенно лучшие показатели сгорания и больший диапазон нагрузок. Регулировка часто бывает затруднительной.

4. Возможность варьирования установки уравнивающей шайбы

Регулирование воздуха с напорной стороны. Расход воздуха

Двойная система регулирования воздуха

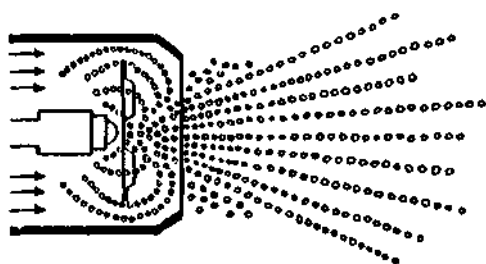


Уравнивающая шайба и воздушный дроссель находятся в жесткой связке и действуют совместно

Воздушный дроссель с напорной стороны

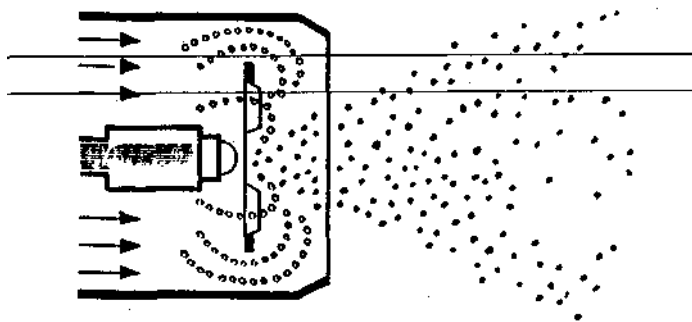
5. Двойная система регулирования воздуха с напорной стороны

Уравнивающая шайба и воздушный дроссель находятся в связке. Двойная система регулирования воздуха регулирует с помощью только одной уставки как расход воздуха, так и скорость смешивания. С помощью двойной системы регулирования воздуха достигаются одинаково хорошие показатели сгорания по всему диапазону нагрузок. Чем выше расход мазута, тем больше может быть скорость воздуха.



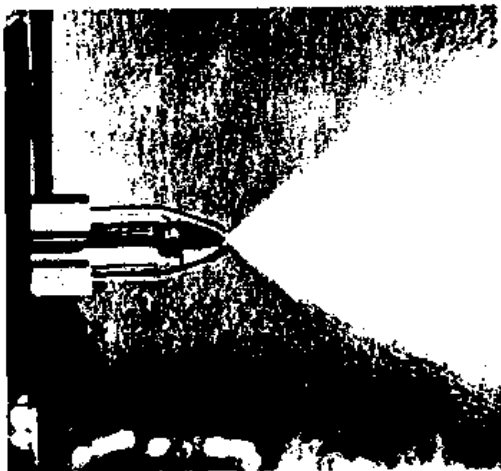
Подача воздуха для сгорания

К топливу должна быть соответственно осуществлена подача воздуха, чтобы получить достаточное количество кислорода для горения. Вентилятор, как правило, имеет конструкцию воздуходувки с высокой производительностью; он направляет необходимый для горения воздух к смесительному устройству. С помощью регулирующих устройств, находящихся на вентиляторе либо со стороны всасывания, либо с напорной стороны, можно изменять расход воздуха для горения. Конструктивно смесительное устройство рассчитано так, чтобы скорость воздуха была, по возможности, высокой, но не переступала предписанной предельной скорости. Чем выше расход мазута, тем больше может быть скорость воздуха.



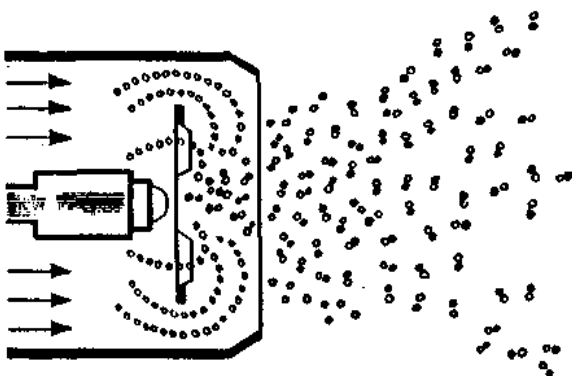
Приготовление мазута для сжигания

При приготовлении топлива для сжигания в качестве самого важного процесса следует назвать распыление и создание большой площади поверхности. Мазут распыляется под давлением. В случае малых и средних установок - между 8-15 бар, в случае больших - до 30 бар. Топливный туман ни в коем случае не состоит из капель одинакового размера, так что имеется более или менее большая картина разброса. Для хорошего воспламенения и выжиг мазутного тумана важны малый размер капель и хорошее распределение.



Полнота сжигания в решающей степени определяется величиной специфической площади поверхности топлива. Чем меньше размеры частиц топлива, тем быстрее происходит обмен с кислородом O_2 , причем и степень концентрации кислорода также играет роль. Так, например, мазутный шарик объемом в 1 см^3 имеет диаметр равный $1,24 \text{ см}$ и площадь поверхности в $4,83 \text{ см}^2$. Если данный шарик разделить на 1 миллион капелек, то каждая капелька получается диаметром в $0,0124 \text{ см}$ и площадь поверхности в $0,000483 \text{ см}^2$. В результате распыления 1 см^3 мазута на 1 миллион капелек площадь поверхности увеличивается в 100 раз и получается 483 см^2 . Отсюда следует, что с уменьшением диаметра кап-

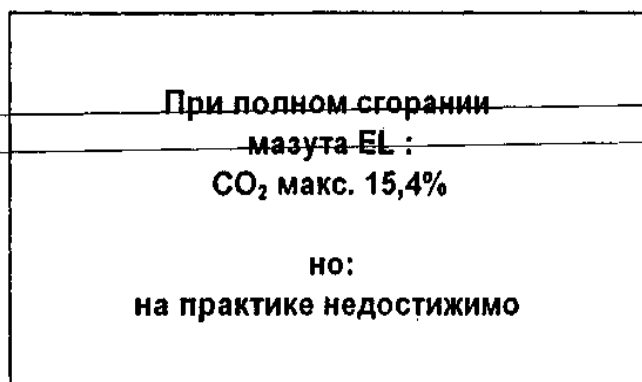
ли мазута растет площадь поверхности. Так как капли мазута, возникающие при распылении мазутной струи, имеют различные диаметры, то площадь поверхности распыленного мазута будет тем больше, чем больше число капель с малым диаметром.



Теоретический расход воздуха

Теоретический расход воздуха можно определить для каждого топлива. Так как разные виды топлива имеют различное содержание своих главных составных частей, углерода и водорода, выражаемое углеродно-водородным соотношением, то для каждого топлива получается свой специфический, теоретический расход воздуха для горения. На данном рисунке изображено соотношение компонентов смеси мазут/воздух в равных частях. Как можно увидеть из

рисунка, образовались парочки из воздуха/мазута. Нет лишней частицы мазута или воздуха: сгорание было бы в данном случае полным. Для сгорания 1 кг мазута EL теоретический расход воздуха составляет $V_{Lth}=10.6\text{м}^3/\text{кг}$



Максимальный показатель CO₂ для мазута EL

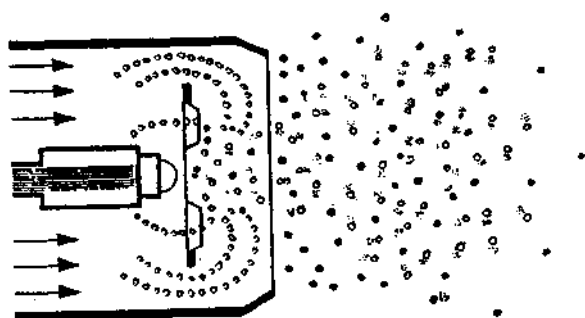
Можно показать, что при полном сгорании мазута EL максимальный показатель CO₂ составляет 15,4%. Но на практике этот показатель не достигается.

Показатели CO₂ для мазута

На практике достигаются или же устанавливаются следующие показатели:
1-2 кг расхода мазута 11-12% CO₂
2-20 кг расхода мазута 12-13% CO₂
Свыше 20 кг расхода мазута 12-14% CO₂.

Запомните:

CO₂ большой => малый избыток воздуха=> хороший к. п.д.
Устанавливать CO₂ как можно выше, но на практике - не выше 13%.



Избыток воздуха или эффективный расход воздуха

На практике полное сгорание с помощью теоретического расхода воздуха не достижимо, т.к. едва ли возможно так точно распределить топливо, чтобы всем молекулам равномерно соответствовало необходимое количество воздуха, и т.к. следует учитывать атмосферные колебания.

По этой причине на практике работают с избытком воздуха. Отношение действительно поданного количества воздуха к теоретически необходимому

количеству воздуха обозначают коэффициентом избытка воздуха; он выражается буквой "n". Избыток воздуха по экономическим соображениям должен поддерживаться незначительным, т.к. **избыточно поданное количество** воздуха вынужденно нагревается вместе с остальным. Следствием этого является падение температуры пламени и тем самым **ухудшение к.п.д.** На практике также невозможно оперировать с нормированным расходом воздуха. Следует учитывать изменения в результате температуры и давления воздуха (высотная отметка над уровнем моря), это означает, что расход воздуха должен быть увеличен.

**Сгорание мазута EL
на практике с избытком воздуха:**

$$n = \frac{CO_2 \text{ макс. } 15,4\%}{CO_2 \text{ измеренное}}$$

Определение избытка воздуха

Определение избытка воздуха возможно путем вычисления. Измеряется он косвенно через показатель CO_2 .

При этом действительна следующая формула:

$$n = \frac{CO_{2\text{max}}}{CO_{2\text{измеренное}}}$$

$$n = \frac{15,4\% CO_2}{12\% CO_2} = 1,28 \approx 1,3$$

Избыток воздуха может также быть определен непосредственно через измерение O_2 .

Пример: вычислите количество воздуха, поданное на установку.

$$V_{L\text{eff}} = V_{L\text{th}} \cdot n \cdot f \quad f = \frac{1013}{B} \cdot \frac{T}{273}$$

B = действительные показания барометра

T = абсолютная температура по шкале Кельвина

$T = 273 + \text{температура помещения } ^\circ\text{C}$

n = коэффициент избытка воздуха

Пример:

$$B = 950 \text{ мбар} \quad \square \quad \text{ок. } 300 \text{ м над ур. моря } t_b = 20^\circ\text{C}, \quad n = 1,3, \quad f = \frac{1013}{950} \cdot \frac{293}{273} = 1,14$$

$$V_{L\text{eff}} = 10,6 \cdot 1,3 \cdot 1,14 = 15,7 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$^\circ\text{C}$	Теор. $n=1,0$	$n=1,11$ $CO_2=14\%$	$n=1,19$ $CO_2=13\%$	$n=1,29$ $CO_2=12\%$	$n=1,39$ $CO_2=11\%$	$n=1,54$ $CO_2=10\%$
± 0	11,77	13,17	14,16	15,33	16,52	18,15
+ 5	12,01	13,40	14,40	15,60	16,80	18,58
10	12,23	13,63	14,64	15,87	17,08	18,90
15	12,42	13,86	14,88	16,14	17,36	19,28
20	12,69	14,10	15,12	16,40	17,75	19,56
25	12,92	14,32	15,36	16,67	18,03	19,88
30	13,13	14,55	15,60	16,94	18,32	20,21
35	13,36	14,78	15,84	17,20	18,60	20,55
40	13,59	15,01	16,10	17,57	18,88	20,90

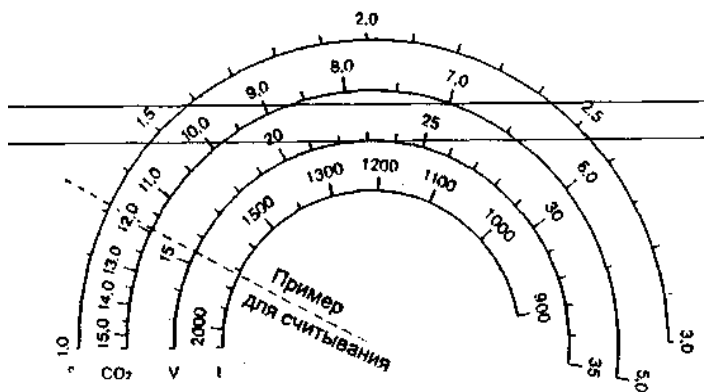
Из данной таблицы можно считать эффективный расход воздуха ($V_{L\text{eff}}$) по измеренному CO_2 и температуре воздуха для горения.

Пример:

При температуре воздуха на всасывании $\pm 0^\circ\text{C}$ и содержании CO_2 равном 11% необходимо $16,52 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха для горения. Если температура воздуха на всасывании повышается до 30°C , то эффективный расход воздуха для горения возрастает на $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $18,32 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Запомните:

Чем теплее становится воздух для горения, тем больше уменьшается масса воздуха и, тем самым, кислорода. Значения, приведенные в данной таблице, действительны для высотной отметки приблизительно в 400 м над уровнем моря.

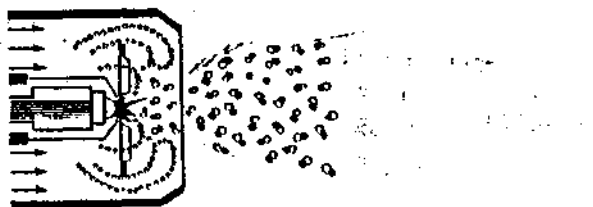


Данная номограмма поясняет влияние избытка воздуха на сгорание мазута. Внешняя шкала показывает избыток воздуха, вторая шкала – содержание CO_2 , третья – объем уходящих газов в м^3 , а внутренняя шкала – температуру пламени в $^\circ\text{C}$.

Если проследить пример для считывания, то получим коэффициент избытка воздуха в 1,3, содержание CO_2 в 12%, объем уходящих газов в $15,3 \text{ м}^3$ при температуре пламени в $\approx 1720^\circ\text{C}$. Если для сравнения исходить из

коэффициента избытка воздуха в 1,9, то будем иметь показатель CO_2 в 8% и объем уходящих газов в $\sim 23 \text{ м}^3$ при температуре пламени в 1270°C . Взаимосвязи, таким образом, очевидны.

Можем констатировать, что объем уходящих газов увеличился примерно на 7 м^3 , а температура пламени снизилась на 500°C . Из сказанного выше следует: нужно постоянно стремиться к возможно более полному сгоранию.

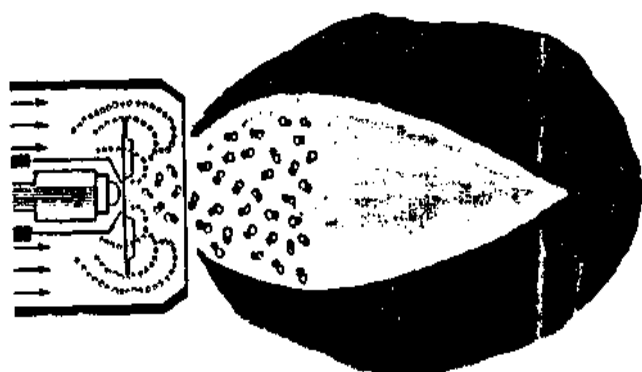


Теперь подведем итоги наиважнейших моментов процесса горения.

Ими являются: подготовка и смешивание, разогревание и газификация, воспламенение, реакция и вслед за этим - рассеивание тепла излучением.

Процесс образования смеси нужно представлять себе не как внезапное, а как продолжающееся по всей длине дожига пламени проникновение через мазутный туман воздуха для горения, причем, на самом деле, играет роль не только процесс движения потока воздуха для горения, но и термическое воздействие пламени.

Поток воздуха для горения на отрезке пути, который должны пройти отдельные топливные или газовые частицы пламени, постепенно становится использованным и с точки зрения реакции горения превращается в поток продуктов сгорания.



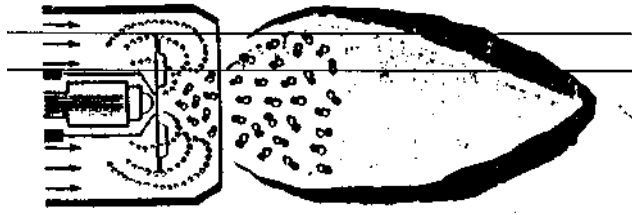
Под уходящим газом понимают сумму продуктов сгорания, возникающих в процессе горения, включая азот, который подводится вместе с воздухом для горения и не сгорает.

Различают сухой и влажный уходящий газ. Во влажном уходящем газе содержится водяной пар, возникающий в процессе горения, и вода, попадающая вместе с топливом и воздухом для горения. Для прокладки газоотводных каналов и дымовых труб нужно считаться со влажными уходящими газами. Как уже отмечалось

в другом месте, объем уходящих газов будет тем больше, чем меньше показатель CO_2 .

Запомните:

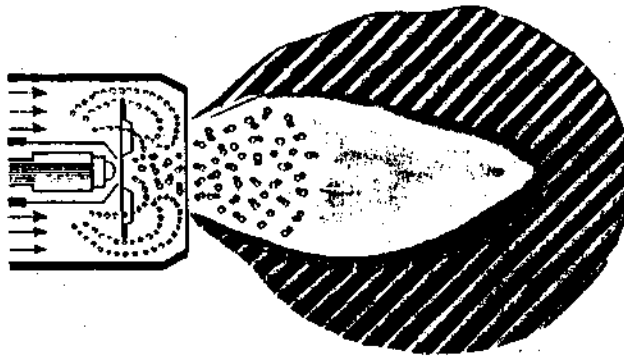
Большой объем уходящих газов - малый показатель CO_2 .



Объем уходящих газов будет тем меньше, чем ближе подойти к показателю CO_2 , достижимому на практике.

Запомните:

Малый объем уходящих газов — большой показатель CO_2 .



Противопоставление малого и большого объемов уходящих газов

Из этого рисунка ясно, что на величину объема уходящего газа существенное влияние может оказать регулировка форсунки, и что причина многих отрицательных факторов процесса горения кроется в слишком большом объеме уходящего газа. И этот пример - свидетельство тому, что всегда следует стремиться к возможно более полному сгоранию.

Протекание процесса горения для мазута EL

Резюме:
 Для хорошего горения требуется

- * Высокое содержание CO_2 и малый объем уходящего газа
- * Избыток воздуха, но как можно меньший
- * При этом преимущество: исключение негативных факторов в процессе горения
- * Желательно: более высокий к.п.д., более низкое сопротивление со стороны уходящих газов

Резюме:

Протекание процесса горения

Для хорошего горения требуется: Высокое содержание CO_2 и малый объем уходящего газа, избыток воздуха, но как можно меньший.

При этом преимущество:

Исключение негативных факторов в процессе горения.

Желательно:

Более высокий к.п.д., более низкое сопротивление со стороны уходящих газов.

1. Данные измерений для мазута
2. Протекание процесса горения мазута EL
3. Измерительная техника для практического использования
4. Определение производительности форсунки
5. Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки

Чтобы иметь возможность управлять выше изложенным процессом горения, неизбежно применение определенной измерительной техники.

Так как человеческие органы чувств не в состоянии точно регистрировать протекание процесса горения, следует с помощью измерений привлечь анализ, который отвечал бы практике. Перед каждым измерением исполнитель должен убедиться в том, что гарантирована работоспособность измерительных приборов.

Измерительные приборы должны иметь ту же температуру, что и помещение, в котором будет производиться измерение.

1. Расход мазута
2. Температура всасываемого воздуха для сгорания
3. Температура уходящего газа
4. Содержание CO_2 в уходящем газе
5. Тест на сажу
6. Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу.

Итак, что же нужно измерять?

1. Расход мазута
2. Температуру всасываемого воздуха для сгорания
3. Температуру уходящего газа
4. Содержание CO_2 в уходящем газе
5. Тест на сажу
6. Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу. Здесь все же следовало бы отметить, что на практике отдельные измерения выполняются в иной последовательности.

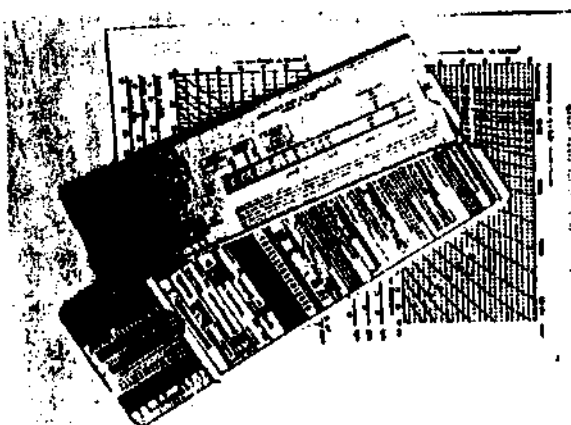
- 3.1 Измерение: расход мазута
Определение из графика
Измерение расхода в л 1: метод высасывания
Измерение расхода в л 2: метод срыва потока
- 3.2 Измерение: температура всасываемого воздуха t_a
- 3.3 Измерение: температура уходящего газа t_g
- 3.4 Измерение содержание CO_2
- 3.5 Измерение содержание сажи
- 3.6 Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу

Как уже отмечалось ранее, DIN 4755, раздел 8, а также TVR для мазута в разделе 5.35 требуют рассчитывать расход мазута для мазутных горелок так, чтобы не превышалась заданная номинальная теплопроизводительность теплогенератора.

Согласно положению об отопительных установках HeizAnLV - от 22 сентября 1978 г. § 4, p.1 форсунки

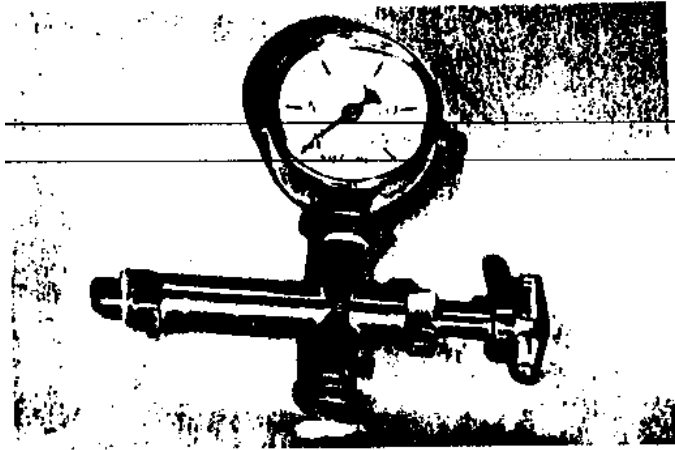
следует в соответствии с расчетной тепловой нагрузкой зданий (DIN 4701) первоначально устанавливать на эту номинальную теплопроизводительность.

Как и с помощью каких вспомогательных средств практик может выполнить это требование?

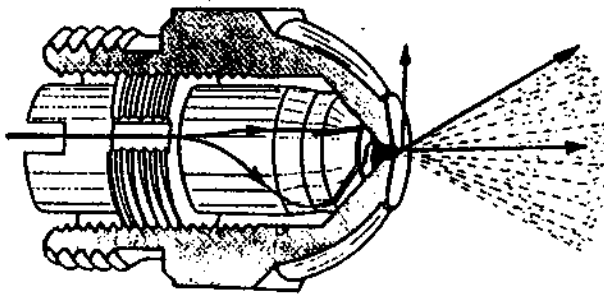


Используемые в настоящее время вспомогательные средства для определения потока массы мазута (m_B) или объемного потока (V_B), как например, готовые расчеты по расходу мазута, ползунковые диаграммы, таблицы облегчают выбор величины сопла и необходимого напора насоса, но их недостаточно для выполнения всех требуемых предписаний.

Практика показала, что сопла одинаковой размерности в отношении расхода и характера распыления очень редко дают приблизительно равные результаты. Отклонения составляют в среднем $\pm 10\%$ и более.



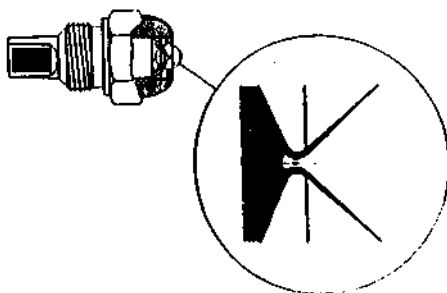
Часто применяются масляные манометры, которые не отвечают требованиям, или же манометры монтируют так плохо, что точное считывание становится невозможным, поэтому следует особое значение придавать выбору манометров.



Как действует механическая мазутная форсунка?

Проследим путь мазута через узкие каналы мазутной форсунки. Мазут входит через фильтр и доходит через нижний винт и его боковые отверстия вдоль конуса вплоть до тангенциальных прорезей на конусе. Затем мазут под сильным давлением продавливается через эти прорези в вихревую камеру, причем во время следования через прорези конуса часть энергии давления превращается в энергию вращения.

В вихревой камере мазут вследствие этого получает очень сильное кручение, так что при этом образуется вращающаяся пленка мазута, которая движется в направлении соплового отверстия.

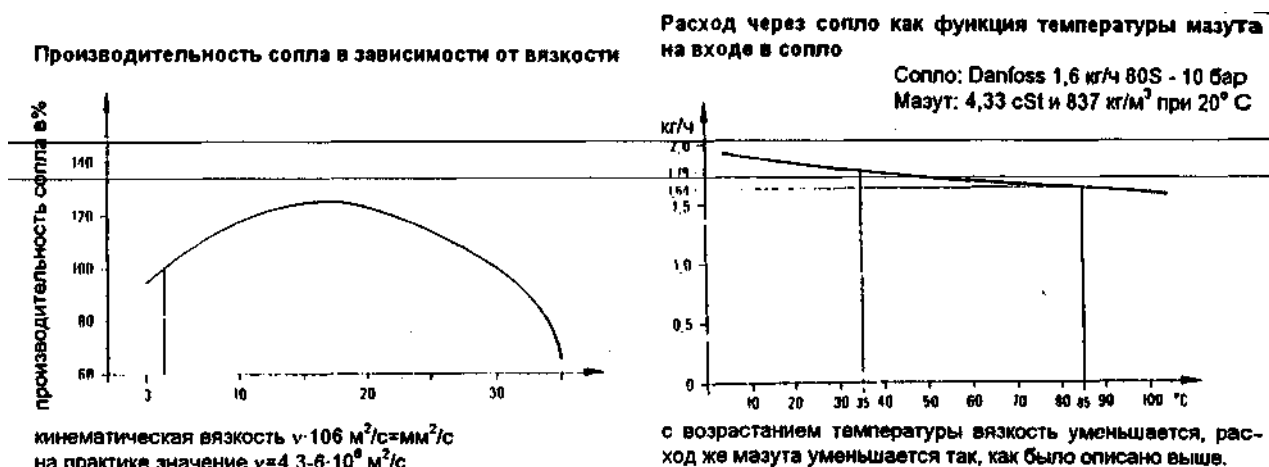


Скорость мазутной пленки так велика, что в сопловом отверстии возникает буквально "трубка" из мазута. С помощью остаточной энергии эта "мазутная трубка" продавливается через сопловое отверстие. За сопловым отверстием, уже снаружи, "мазутная трубка" так сильно растягивается, что в конечном итоге она разрывается на множество крошечных капелек мазута.

При возрастании же вязкости увеличивается и толщина слоя мазутной пленки в сопловом отверстии, при этом воздушное пространство внутри "трубки" становится соответственно меньше.

Это приводит к тому, что внутри механической мазутной форсунки при возрастании вязкости жидкости возрастает и расход мазута через сопло. При дальнейшем возрастании вязкости толщина слоя мазутной пленки в конце концов становится такой большой, что воздушное пространство внутри "трубки" совершенно пропадает, и вихревое движение заполняет все сопловое отверстие целиком. С этого момента сопловое отверстие действует только лишь как дроссельное сечение.

Если вязкость теперь увеличить еще, то с этого момента расход через сопло будет уменьшаться. См. в связи с этим также графики.



Предварительный нагрев мазута

Чтобы у современных мазутных форсунок достичь высокого годового к.п.д. (см. стр.41), нужно факторы, влияющие на горение, поддерживать, по возможности, постоянными.

Вязкость мазута является решающей для распылительных свойств и производительности сопла. При изменениях вязкости, будь это в результате колебаний внешней температуры или вследствие различного качества у отдельных видов мазута, изменяется и сгорание. Как следствие этого - уменьшение к.п.д.

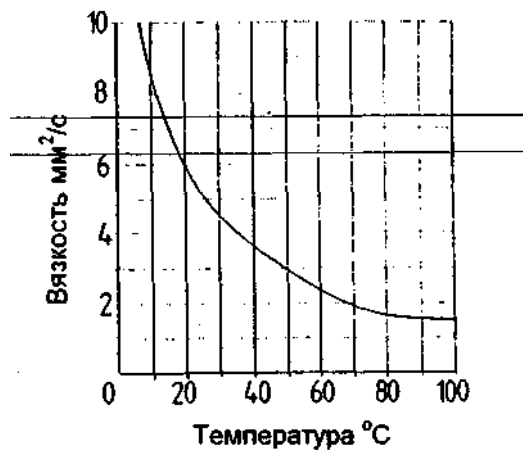
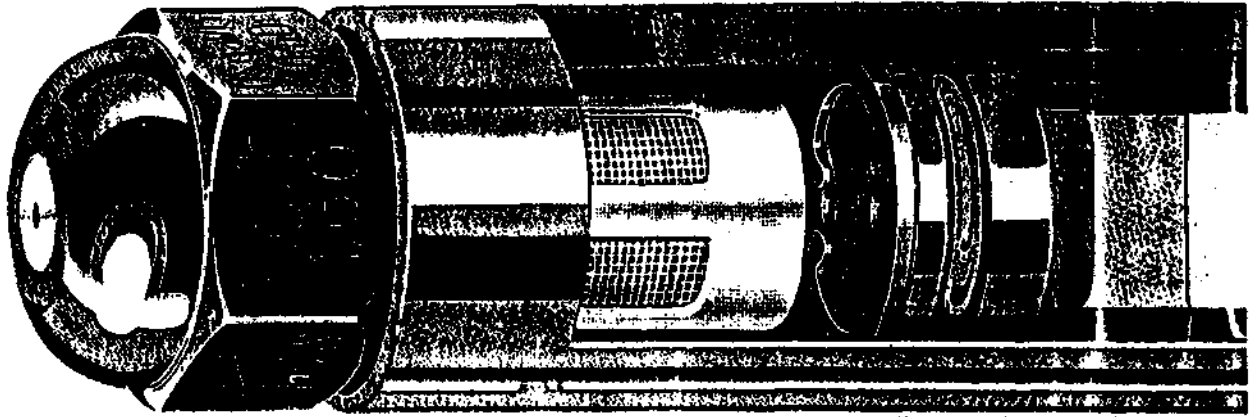
Если мазут EL нагреть до температуры 70°С, то вязкость больше не зависит от вышеназванных внешних условий, производительность сопла и рисунок распыления остаются постоянными.

В результате предварительного нагрева мазута имеют место следующие преимущества:

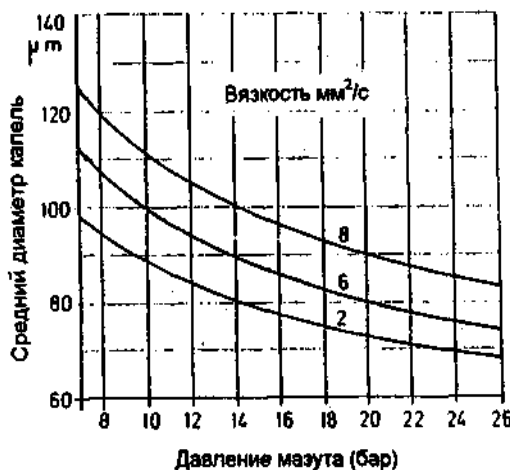
- постоянная вязкость
- постоянная производительность сопла
- постоянный рисунок распыления
- лучшее сгорание в стадии разгона
- лучшее воспламенение
- быстрая стабилизация пламени.

Эти, очень существенные преимущества имеют результатом высокий годовой к.п.д. Сверх этого, при предварительном нагревании мазута снижается граница распыления, так что становится возможным понижение давления распыления. Данное понижение давления обуславливает уменьшение производительности сопла; таким образом, для одинакового расхода можно предусмотреть большее сопло. Это, в свою очередь, означает уменьшение подверженности загрязнению и, тем самым, уменьшение риска в отношении производственных неполадок.

Благодаря предварительному нагреву мазута можно, таким образом, также уменьшить производительность форсунки, т.е. с помощью самого маленького сопла можно достичь производительности меньшей, чем номинальная.



Из этого графика для вязкости и температуры видно, как изменяется вязкость в зависимости от изменения температуры. При низкой температуре изменение вязкости на один градус Цельсия больше, чем при высокой температуре. Это означает, что при высокой температуре едва ли еще происходит изменение вязкости и, тем самым, расход мазута. Кривая вязкости принимает вид асимптоты. Кинематическая вязкость ν указана в мм²/с. Старыми обозначениями являются центистоки (сSt) и другие.



Влияние давления распыления и вязкости на среднюю величину капель

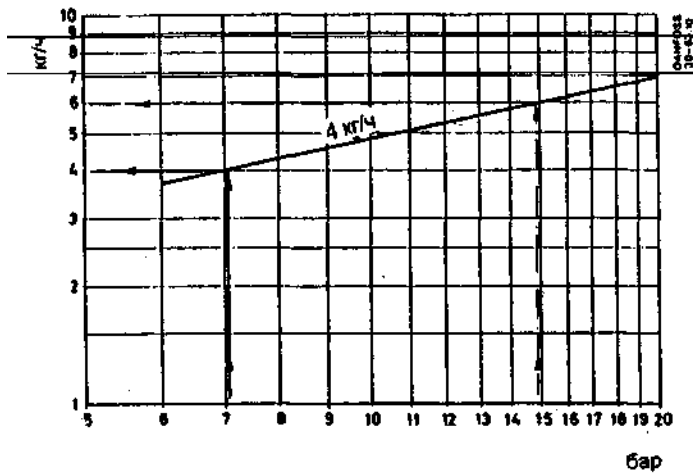
Качество распыления и величина капель мазута зависят от высоты давления распыления, вязкости топлива и плотности. Вязкость имеет существенное влияние на величину капель и, тем самым, находится в прямой связи с давлением распыления. Здесь показано влияние вязкости и давления распыления на среднюю величину капель. Из графика однозначно следует, что с падением давления мазута и возрастанием вязкости

величина капель увеличивается. С практической точки зрения это означает, что должна быть выбрана правильная температура мазута и высота минимального давления распыления.



Показание производительности в кг/ч относится к вязкости в 4,4 сSt и плотности в 0,83. Давление распыления 7 бар. Показание производительности в ам. галл./ч относится к вязкости в 3,4 сSt и плотности в 0,82. Давление распыления 7 бар.

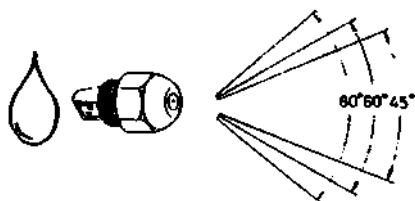
Показатель производительности в л/ч относится к вязкости в 3,4 сSt и плотности в 0,82. Давление распыления 7 бар.



Если давление мазута превысит 7 бар, то получим, как логический вывод, более высокую мощность, чем та, что выбита на корпусе сопла. Количество мазута, распыленное соплом, зависит таким образом, от давления распыления. Эту зависимость можно изобразить на графике. Из графика следует, как много мазута при различном напоре насоса выходит из сопла с маркировкой 4 кг/ч.

Сначала рассмотрим пример, начерченный жирной линией. Эта линия берет начало на горизонтальной шкале (при 7 барах) и пересекает наклонную линию (прямая 4 кг/ч) в точке 4 кг/ч. Сопло, рассчитанное на 4 кг/ч,

производит при давлении распыления в 7 бар как раз точно расход в 4 кг/ч. Это хорошо согласуется с нашими приведенными выше данными, которые гласят, что маркировочные значения мазутных сопел были установлены при давлении распыления в 7 бар. Затем обратимся к примеру, начерченному пунктирной линией. Мы видим, что сопло, рассчитанное на 4 кг/ч, при давлении распыления в 15 бар имеет расход в 6 кг/ч.



различные углы распыления

Угол раствора конуса-распылителя, так называемый угол распыления, зависит от конструкции сопла, в особенности от длины соплового отверстия и, в конечном итоге, также от давления распыления. Выбор сопла с подходящим углом разбрызгивания должен быть согласован с требованиями, предъявляемыми к используемому смешивающему устройству.

Определение угла разбрызгивания
80°, короткое кустистое пламя для малых производительностей, до 20 кВт в зависимости от смешивающего

устройства.

Не использовать для форсунок фирмы Гирш серии "R".

60°, стандартное пламя универсальное использование. Внимание! При средней и вплоть до полной нагрузки существует опасность попадания брызг.

45° узкое пламя

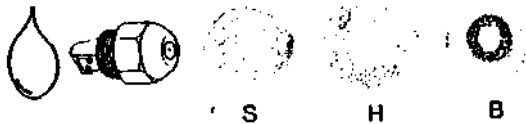
для глубоких топочных камер - обратимое пламя — большие производительности, в зависимости от смешивающего устройства.

Характеристики подающих сопел ~"

Характеристики распыления сопел обозначаются буквами. Каждый изготовитель указывает для своих изделий собственные буквенные обозначения

	Тип	Конус	Вихревое движение
Изделие ф. Monarch	R	сплошной	
	AR	спец. сплошной	вправо
	HV	особый	вправо
	PLP	облегченный	вправо
	NS	полый	вправо
	PL	усиленный	вправо
Изделие ф. Steinen	S	сплошной	влево
	Q	спец. сплошной	влево
	SS	облегченный	влево
	H	полый	влево
	PH	полый с усилением	влево
Изделие ф. Delavan	B	сплошной	влево
	W	спец. сплошной	влево
	A	полый с усилением	влево
Изделие ф. Danfoss	S	сплошной	вправо
	H	полый	вправо
	в	облегченный	вправо
Изделие ф. Надо	S	сплошной	влево
	p	облегченный	влево
Изделие ф. Internal	V	сплошной	влево
	HV	облегченный	влево
Изделие ф. Satronic	S	сплошной	вправо

Запомните: для мазутных форсунок фирмы Гирш серии R заводское предписание: использовать только сопла фирмы Danfoss "S",



Различные рисунки распыления сопел фирмы Danfoss

Возможные ошибки при выборе сопел:

- Слишком большой конус распыления:
При выборе слишком большого конуса распыления имеется опасность попадания брызг на трубку форсунки или уравнительную шайбу.
- Слишком маленький конус распыления:
При слишком маленьком конусе распыления пламя становится нестабильным и уходит прочь от уравнительной шайбы. Возникают трудности с воспламенением.
- Неправильный размер сопла:
Выбор слишком большого сопла приводит к слишком жесткому старту форсунки; слишком малое сопло приводит к появлению мазута в налете сажи.
- Неправильный рисунок распыления:
При выборе неправильной характеристики распыления возникают преждевременное образование сажи, обрыв пламени и плохие показатели CO₂.

Запомните:

Изменение вязкости, плотности и давления распыления приводит к отклонениям от заданных значений потока массы мазута, угла и рисунка распыления. При неполной нагрузке котла можно избежать появления мазута в налете сажи с помощью установки трубок дожигания, например, из керамических волокон.

Перед вводом в эксплуатацию мазутной форсунки сначала требуется определить теплопроизводительность топочной камеры.

Q_F = \sqrt{L} кВт Пример: Q_F = $\sqrt{19}$ = 42,04 кВт Лк

o_88

Затем найти номинальную теплопроизводительность топочной камеры и величину сопла

T_B = $\frac{Q_F}{\rho \cdot v}$ кг/ч T_B = $\frac{37,00}{11,86 \cdot 0,88}$ = 3,54 кг/ч

N_u x n_k^B $\frac{11,86 \times 0,88}{\sqrt{11,86 \times 0,88}}$

$\frac{V_{u-0,0N}}{V_{B-0,00}} = 4,20 \text{ л/ч}$

— N_u x r_k 10,00x0,88

Значения, указанные на соплах, соответствуют эталонному давлению в 7,0 бар. В примере по определению потока массы топлива при давлении в 7,0 бар потребовалось бы сопло в 3,54 кг/ч.

Так как при напоре насоса в 7 бар на практике работают очень редко, то для практика необходимо уметь определять производительность сопла также и при измененном напоре насоса. Если работа будет выполняться с другим напором насоса, то для нахождения величины сопла нужно расход при 7 барах разделить на коэффициент f.

При давлении распыления в 12,0 бар коэффициент:

f = $\frac{E \cdot L - 0,1 \cdot 1 \cdot \text{si} \cdot V \cdot P_D}{V}^{1,31}$

354

Величина сопла в кг/ч при 12,0 бар = $\frac{354}{1,31}$ = 2,70 кг/ч

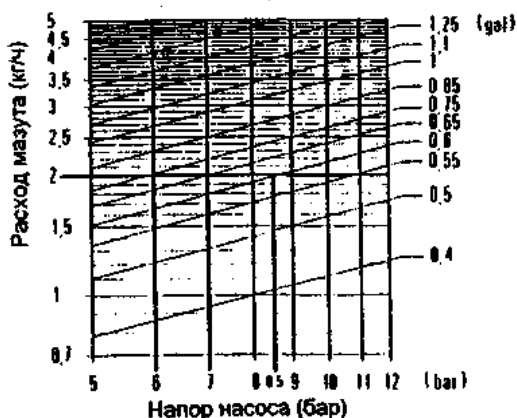
1,31

Расход сопла в кг/ч при 12,0 бар Величина сопла в ам. галл./ч при 12,0 бар = $\frac{2,70}{1,31}$

$\frac{270}{1,31} = 0,85 \text{ ам.галл./ч}$ $3,78 \cdot P^{0,78} = 3,78 \cdot 0,84$

Величина сопла для найденного значения потока массы мазута следует согласовывать с технологической величиной сопел, в данном примере 0,8 ам. галл./ч

Напор насоса	Бар	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Коэффициент	A	0,93	1,00	1,07	1,14	1,20	1,25	1,31	1,36	1,42	1,48	1,51	1,56	1,60	1,65	1,69	1,73



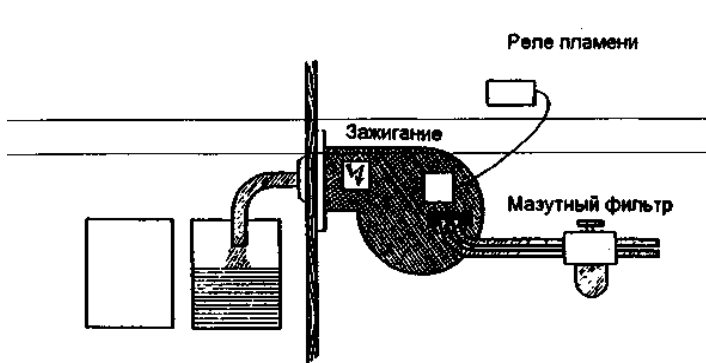
Поток массы мазута от сопел фирмы Danfoss для мазута EL с подогревателем фирмы Гирш.

Ориентировочное определение потока массы мазута

Измерить напор насоса и считать поток массы мазута из таблицы. Пример считывания:

При расходе мазута равном 2 кг могут быть использованы следующие сопла: 0,75 при 6,0 бар 0,65 при 7,0 бар 0,60 при 8,5 бар

Сопла имеют отклонение от своего номинального расхода равное $\pm 10\%$, поэтому, в особенности для топочного определения производительности и подсчета стоимости отопления, нужно расход сопла подсчитать в литрах! Для грубой настройки достаточно данного "соплового" графика.



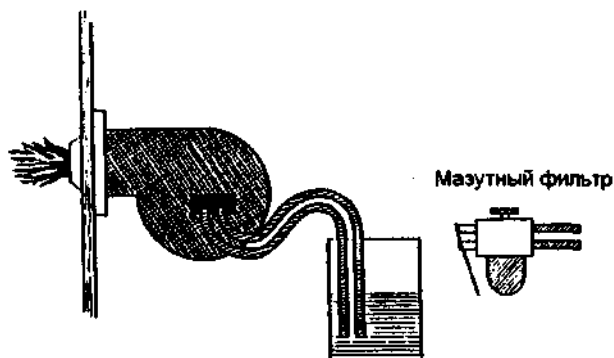
Измерение расхода мазута для форсунки в литрах методом срыва

электроды зажигания, вынуть фотоэлемент из держателя и закрыть его светонепроницаемым материалом, чтобы внутрь не мог попасть свет.

Форсунка приводится в действие, и после открытия магнитного клапана фотоэлемент засвечивается. Нужно проследить за тем, чтобы мазут сначала направлялся в какой-то дополнительный сосуд, и только в момент начала измерения заменить его на мерную емкость. Время измерения должно составлять 6 минут. В конце времени измерения нужно

Для определения расхода мазута необходимо, таким образом, выполнить измерения. Как же это должно происходить на практике? Для форсунок, конструкция которых предусматривает простой доступ к штоку сопла, - как у изделий фирмы Гирш, - следовало бы для измерения расхода в литрах использовать метод срыва потока. Как видно из рисунка, для этого нужно выполнить следующее:

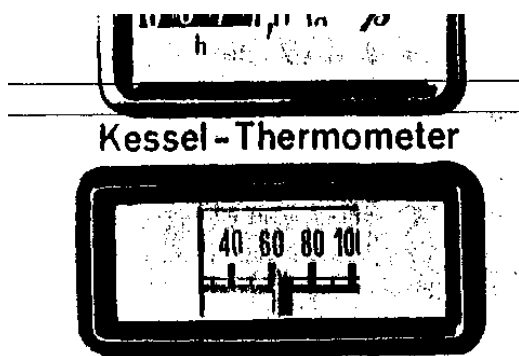
После освобождения штока сопла нужно натянуть на сопло подходящий кусок шланга, поставить перемычку на снять показания и результат измерения помножить на 10; так получается расход в л/ч.



Измерение расхода мазута для форсунки методом высасывания

Существуют способы определения расхода мазута, отвечающие производственным условиям, которые рекоменду-

ются в зависимости от конструктивных особенностей горелки. Если необходимо выполнить определение расхода у горелки с двумя штоками сопла или же у горелки с труднодоступным штоком сопла, то следует выбрать изображенный здесь метод высасывания. Для этого нужно, сняв с мазутного фильтра всасывающий и рециркуляционный шланги, спустить воздух из мазутного насоса и мазутных шлангов в результате вывинчивания воздушного клапана на входе в мазутный насос, после полного удаления воздуха вставить обратно воздушный клапан, а шланги опустить в стоящий наготове наполненный мазутом мерный сосуд. Теперь нужно включить форсунку и измерение начнется в тот момент, когда откроется магнитный клапан. Время измерения и в этом случае должно составлять 6 минут.



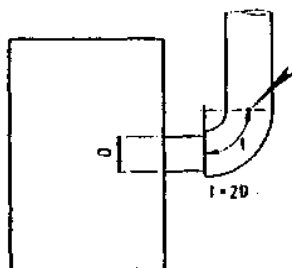
Термометр котла

Прежде чем переходить к последующим измерениям, температура котла должна подняться до 60°C (не действительно для низкотемпературного режима работы).

Измерительные приборы, необходимые для контроля за процессом горения, в большом выборе имеются в соответствующей специализированной торговле. При выборе следует руководствоваться целью применения и постановкой задачи.

Перед каждым измерением испытатель должен убедиться в том, что гарантирована работоспособность измерительных приборов. Измерительные приборы должны иметь температуру помещения, где будет происходить измерение.

Первое распоряжение BimSchV, приложение 1a



Для котлов с поднимающейся вверх газоотводной трубой: место измерения на расстоянии $2xD$ от выхода из котла.

контрольное отверстие следует расположить так, выходные соотношения потока или чтобы не могли возникнуть значительные потери тепла между теплообменником и местом измерения.

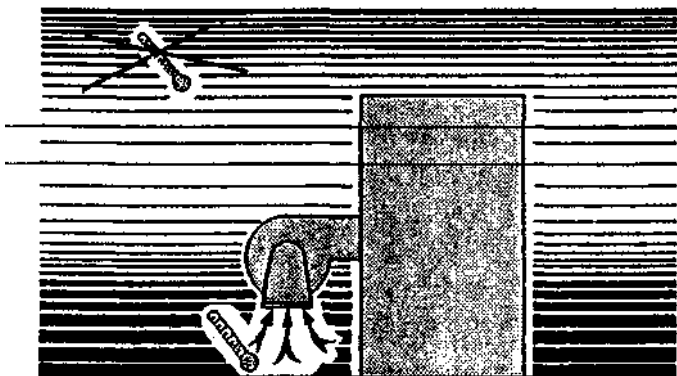
Где будут измеряться температура уходящего газа, CO_2 и содержание сажи в уходящем газе?

Измерения следует производить в соединительной детали между топочной камерой и дымовой трубой за теплообменником в центре потока уходящих газов. Контрольное (измерительное) отверстие следует расположить принципиально на расстоянии, которое соответствует удвоенному диаметру ($2D$) соединительной детали, за газоотводным патрубком топочного устройства. Если это невыполнимо, то чтобы преобладали репродуцируемые измерения, то в

- 3.1 Измерение: расход мазута
Измерение расхода в л 1: метод высасывания
Измерение расхода в л 2: метод срыва потока
- 3.2 Измерение: температура всасываемого воздуха t_a
- 3.3 Измерение: температура уходящего газа t_g
- 3.4 Измерение содержание CO_2
- 3.5 Измерение содержание сажи
- 3.6 Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу

Широко распространенным и известным является понятие комнатной температуры. Так как все же комнатная температура и температура всасываемого воздуха для горения могут иметь сильно различающиеся между собой значения, то в

теплотехнике следует отмежеваться от выражения "комнатная температура". При измерении потери тепла с уходящими газами речь должна идти о точном с технической точки зрения процессе измерения, и следовало бы воздерживаться от фальсификации результатов измерения в результате несоответствующих действительности температурных данных: В расчет должна браться только температура воздуха непосредственно перед отверстием для всасывания в форсунке.

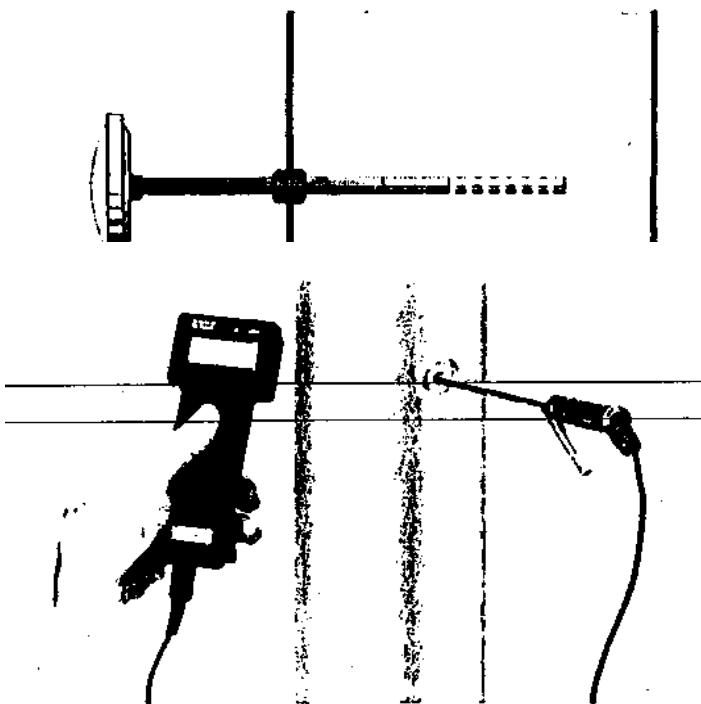


Температуру всасываемого воздуха измерять перед всасывающим отверстием форсунок

Где должна измеряться температура всасываемого воздуха? Температура всасываемого воздуха должна, как показано на данном рисунке, измеряться на впускном патрубке форсунки.

- 3.1 Измерение: расход мазута
Определение из графика
Измерение расхода в л 1: метод высасывания
Измерение расхода в л 2: метод срыва потока
- 3.2 Измерение: температура всасываемого воздуха t_1
- 3.3 Измерение: температура уходящего газа t_2
- 3.4 Измерение содержание CO_2
- 3.5 Измерение содержание сажи
- 3.6 Давление в топочной камере и на входе в трубу

Температура уходящего газа измеряется с помощью соответствующего ртутного указателя или электротермометра. Измерение температуры служит для определения наивысшей температуры уходящего газа и, тем самым, для общей оценки рабочего состояния установки, а также для определения потерь тепла с уходящими газами. Одновременно оно показывает центр потока уходящих газов.



При измерении температуры уходящих газов следует обратить внимание на то, чтобы датчик термометра не соприкасался со стенкой дымохода. Контакт с поверхностью дымовой трубы имел бы следствием неправильное измерение! Измерение температуры следует продолжать до тех пор, пока индицируемое значение не будет оставаться постоянным. С помощью температурного датчика искать самый горячий центральный поток согласно 1. BimSchV!

Вопрос о величине температуры уходя-

щего газа сильно зависит от конструкции котла и дымовой трубы. С одной стороны температура уходящего газа должна из экономических соображений поддерживаться как можно более низкой, а с другой стороны, все же такой высокой, чтобы не опускаться ниже точки росы и, тем самым, избежать повреждений дымовых каналов.

Так как температуры точки росы изменяются в соответствии с содержанием CO_2 в уходящем газе, и решающей является температура уходящих газов на выходе из дымовой трубы, а не температура на выходе из котла, то температуру уходящего газа на выходе из котла следовало бы делать зависимой от этого значения. При обсуждении этого вопроса следовало бы запомнить:

При измеренном показателе CO_2 равном 13% температура на выходе из дымовой трубы при наружной температуре -15°C не должна опускаться ниже $+80^\circ \text{C}$. Нужно стремиться, и в этом не стоит сомневаться, к проведению контрольных измерений в устье дымовой трубы или немного ниже его.

- | |
|---|
| <p>3.1 Измерение: расход мазута
Измерение расхода в л 1: метод высасывания
Измерение расхода в л 2: метод срыва потока</p> <p>3.2 Измерение: температура всасываемого воздуха t_a</p> <p>3.3 Измерение: температура уходящего газа t_g</p> <p>3.4 Измерение содержание CO_2</p> <p>3.5 Измерение содержание сажи</p> <p>3.6 Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу</p> |
|---|

Особое внимание следовало бы уделить показателю CO_2 . Последний может оказывать значительное влияние на величину температуры уходящего газа, если он относительно низкий: Если форсунка - при условии, что был установлен правильный расход мазута - работает со слишком большим избытком воздуха, то излишек

поданного воздуха должен в котле разогреться, не имея возможности отдать полезное тепло. Этот воздух безо всякой пользы проходит через котел, оказывает неблагоприятное влияние на температуру уходящего газа и повышает сопротивление дымовых газов котла. С помощью CO_2 косвенно определяется поданное количество воздуха.



Для измерения CO_2 есть целый ряд химических и электрохимических способов.

на этом рисунке ручной прибор, работающий по принципу Орса. Определенное количество уходящего газа пропускают под давлением через абсорбент, который может химически связать CO_2 компонент уходящего газа. Уменьшение объема уходящего газа соответствует потере CO_2 . В качестве абсорбента в приборе находится калиевая щелочь (KOH). Со шкалы

прибора можно считывать измеренное значение.

Необходимо соблюдать инструкцию изготовителя по обслуживанию прибора. Об этом не сказано в предписании, но для монтера является важным, чтобы при слишком низком содержании CO_2 уходящего газа было произведено контрольное измерение в топочной камере, чтобы установить, как высоко здесь содержание CO_2 . Если будет зафиксировано более высокое значение, то однозначно, что между топочной камерой и точкой измерения уходящего газа засасывается побочный воздух, который нужно устранить.

Поиск ошибки при слишком малом показателе CO_2 на установках с мазутными форсунками и газовыми горелками, а также указания по регулировке

Если в результате измерения на имеющемся измерительном отверстии газоотводной трубы, идущей от котла, показатель CO_2 слишком мал, тогда могут иметь место следующие ошибки: В месте измерения может в результате присоса побочного воздуха произойти возможное разрежение дымового газа. Это может произойти по многим причинам:

- 1.) Сначала измерить CO ? и сравнить с остальными результатами.
- 2.) Слишком большое измерительное отверстие приводит к тому, что измерительная трубка неблагоприятно расположена в отношении потока дымового газа. Трубка должна быть направлена навстречу движению потока. Самое горячее место в потоке уходящего газа, центральный поток, указывает также правильную точку измерения для CO_2 .
- 3.) Газоотводная труба имеет недостаточно плотное соединение с газоотводным патрубком котла. Подсос побочного воздуха происходит большей частью внизу трубы, и потому его трудно обнаружить.
- 4.) Измерение за коленом всегда критическое, если колено не приварено или же прочистное отверстие не имеет 100%-ую герметизацию. Помощь для п.3 и п.4: уплотнить с помощью котловой замазки.
- 5.) Прочистные задвижки разгерметизированы. Помощь: заменить прокладку или подтянуть винты.
- 6.) Измерение CO_2 в топочной камере по сравнению с измерением на газоотводной трубе свидетельствует о возможном поступлении побочного воздуха. Измерение следовало бы выполнить с помощью более длинной измерительной трубки над пламенем.
- 7.) Измерительный прибор имеет дефект. Измерительная жидкость слишком старая (после - 50 измерений поменять жидкость). Фильтр всасывающего устройства забит или слишком влажный, поменять. Вентили всасывающего устройства имеют дефект. Измерительный прибор послать на завод для поверочного испытания.

Примеры с указанием по регулировке:

- В результате измерения получено 12% CO_2 в топочной камере и 8% - в газоотводной трубе: это дает разницу в 4%; из этого следует, что между топкой и местом измерения имеется сильная разгерметизация. Разница по CO_2 в 0,5-1% является нормальной.
- В результате измерения получено 8% CO_2 в топочной камере и 8% в газоотводной трубе; в этом случае побочный воздух попадает в топку через дверцу, взрывной предохранительный клапан, фланец горелки и т.д. Неправильная регулировка значения воздуха на горелке.

Если содержание CO_2 в топочной камере слишком низкое, то следовало бы действовать следующим образом:

- Впускную воздушную заслонку закрыть настолько, пока виден налет сажи, затем снова немного приоткрыть, пока налет сажи не станет равным 0 или 0-1.
- Затем измерить CO_2 . Содержание CO_2 для жидкого топлива должно быть 12-13%, для сжиженного газа минимум 10-11%, для природного газа 9-10%. В случае, если содержание CO_2 слишком низкое, следует поискать разгерметизацию на дверце котла и т.д. К тому же временно уменьшить тягу (с помощью открытия прочистной задвижки в камине), тогда в топочную камеру будет попадать меньше побочного воздуха - и содержание CO_2 повысится! Если CO_2 увеличится примерно на 0,5%, тогда можно $u_{\text{Вар}}$ — ждать, что котел едва ли разгерметизирован. Если CO_2 увеличится на 2%, то ясно, что котел сильно разгерметизирован.
- Дверцу котла и пр. уплотнить, измерить CO_2 . Прочистную задвижку снова закрыть.
- Теперь, после герметизации котла, нужно отрегулировать воздух на горелке.
- У газовых горелок после регулировки CO_2 следует измерить CO с помощью измерительной трубочки. CO нельзя поднимать выше 500 ppm=0,05%. Для трубочек Дрейгера 10а это соответствует числу 5 для одного хода.

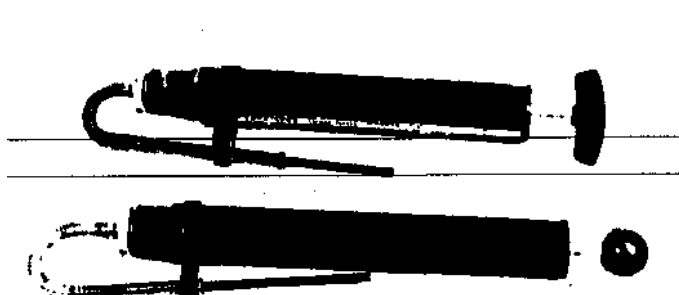
Показатель CO на практике

может составлять максимум 0,1% — 1000 ppm, при первоначальной регулировке - 0,03% ^ 300 ppm!

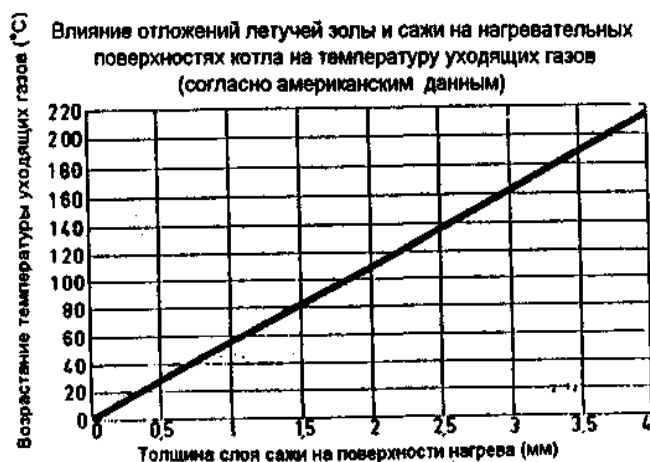
- | |
|---|
| <p>3.1 Измерение: расход мазута
Измерение расхода в л 1: метод высасывания
Измерение расхода в л 2: метод срыва потока</p> <p>3.2 Измерение: температура всасываемого воздуха t_a</p> <p>3.3 Измерение: температура уходящего газа t_g</p> <p>3.4 Измерение содержание CO_2</p> <p>3.5 Измерение содержание сажи</p> <p>3.6 Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу</p> |
|---|

Метод для определения доли сажи в уходящих газах состоит в том, что известное количество дымового газа с помощью насоса всасывается через фильтровальную бумагу. Сажа осажда-

ется на фильтровальной бумаге и более или менее сильно окрашивает ее. Степень почернения от налета сажи определяется с помощью сравнительной шкалы. Показатель сажи разрешается иметь не больше 3! По возможности следует стремиться к 0-1. Уходящие газы могут покидать установку при показателе сажи 2-3 только в аварийном случае. Налет сажи должен быть свободным от производных мазута (желто-коричневая окраска). Условия для проведения теста на сажу: Насос для проведения теста должен быть чистым. Фильтровальная бумага должна иметь коэффициент отражения равный $(85 \pm 2,5)\%$ и в чистом состоянии ее способность пропускать воздух должна составлять $3000 \text{ см}^3/\text{см}^2$ в минуту, что соответствует перепаду давления от 20 до 80 мбар. Коэффициент отражения фильтровальной бумаги следует измерять согласно DIN 5036, причем под фильтровальную бумагу следует подложить белый материал, коэффициент отражения которого составляет минимум 75%.



И для этой цели в специализированной продаже имеются также соответствующие измерительные приборы. При выборе прибора следует обращать внимание на то, для какой цели он будет предназначен.



Приведем пример для иллюстрации изолирующего эффекта сажи. При отложении сажи на нагревательных поверхностях температура уходящих газов повышается.

Данный график должен дать практику возможность посмотреть, на сколько °C может увеличиться температура уходящих газов при соответствующем отложении сажи.

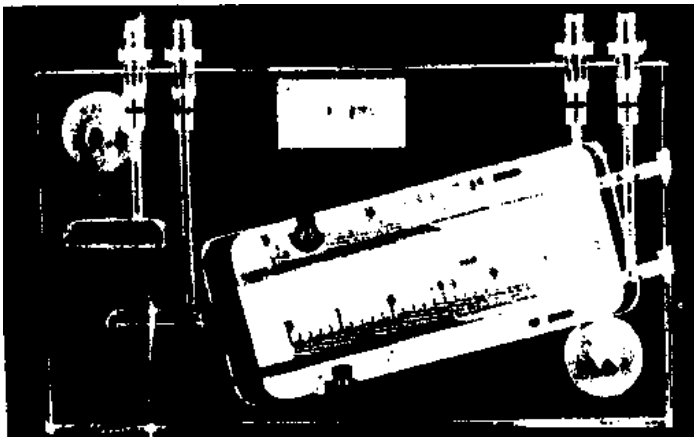
Пример для считывания: Если на поверхности нагрева имеется отложение сажи в 1 мм, то из графика видно, что температура уходящих газов возрастает на 58° C.

- 3.1 Измерение: расход мазута
Измерение расхода в л 1: метод высасывания
Измерение расхода в л 2: метод срыва потока
- 3.2 Измерение: температура всасываемого воздуха t_a
- 3.3 Измерение: температура уходящего газа t_g
- 3.4 Измерение содержание CO_2
- 3.5 Измерение содержание сажи
- 3.6 Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу

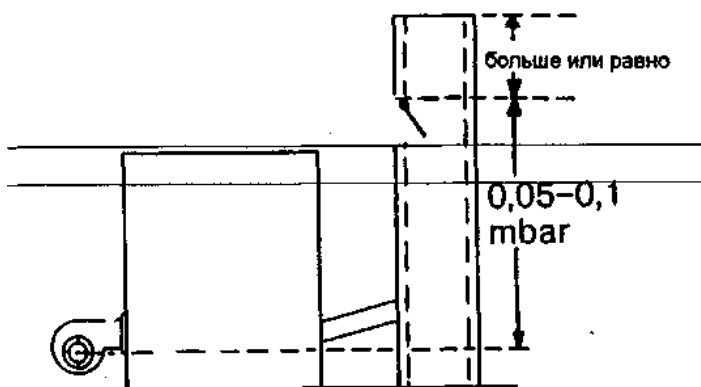
Измерение давления в топочной камере и на входе в дымовую трубу просто во всех отношениях, но на практике этими измерениями часто пренебрегают. В чем здесь причина? Такое впечатление, что в измерении давления не усматривают практической пользы. Или же дело здесь в том, что практик не совсем понимает, что ему делать с давлениями. На самом деле, на практике невозможно составить анализ процесса горения, если соответствующим образом не принимать во внимание показатели

процесса горения, если соответствующим образом

давления. Мы считаем важным еще раз указать на то, что хороший специалист не станет отказываться от измерений давления.

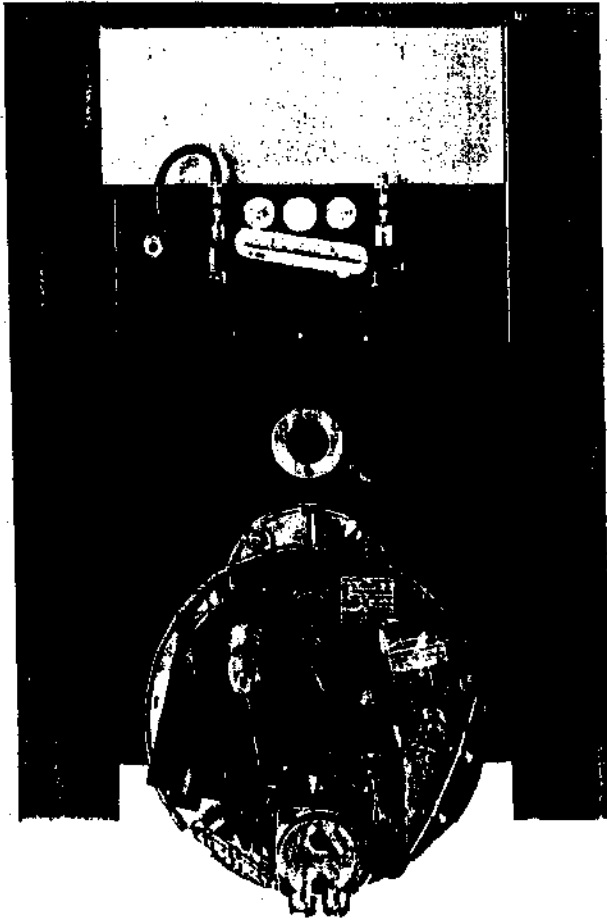


Давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу может быть определено с помощью подходящих измерительных приборов. Более выгодным для практика является измерительный прибор, который с помощью магнита может быть легко укреплен на передней стенке котла и имеет два диапазона показаний. Этим способом давление в топочной камере и в дымовой трубе может быть зафиксировано одним взглядом.



Измерение давления на входе в дымовую трубу должно происходить при работающей форсунке. В случае теплогенераторов с топочной камерой с разрежением дымовая труба должна выполнять определенные задачи, о которых, в частности, будет еще рассказано впереди. Существенно: в случае котлов с разрежением во время их эксплуатации в топочной камере действительно должно быть разрежение. Следовательно, соотношения давления во всей системе должны быть согласованы друг с другом.

Самым важным вопросом для практика здесь являются соотношения давлений в дымовой трубе и в топочной камере. Запомните: разрежение на входе в дымовую трубу должно поддерживаться постоянным и у горелок с малой производительностью должно составлять 0,05-0,1 мбар.



Где измеряется давление в топочной камере?

Измерение давления в топочной камере может производиться, как показано на данном снимке, с помощью имеющейся соединительной детали со шлангом. При отсутствии такого устройства можно просверлить в дверце измерительное отверстие. По окончании измерения отверстие следует по возможности закрыть с помощью резьбы. Хорошее сгорание предполагает постоянное давление в топочной камере. При колебаниях давления возникают избыток или недостаток воздуха при входе в смесительное устройство. По этой же причине становится ясным, что в системе должны иметь место постоянные соотношения давления, чтобы горение могло протекать без помех и с постоянными показателями CO_2 . При работе с топочной камерой низкого давления согласно DIN 4755 не должно превышать разрежение 0,02 мбар. Если переступить этот порог давления, то из топочной камеры низкого давления получим топочную камеру избыточного давления.

Газо- и жидкотопливные котлы современной конструкции имеют топочные ка-

меры избыточного давления и согласно существующим правилам техники безопасности в отношении непреднамеренного открытия они должны быть так защищены, чтобы доступ к ним был возможен только с помощью инструментов.



Устройство добавочного воздуха

Там, где отсутствует стабильное разрежение дымовой трубы, помочь может только регулятор тяги, который встраивается в газоотводном канале или камине.

При встраивании настоятельно рекомендуется соблюдение директив федеральных земель. Если сила тяги изначально слишком мала, то помочь может только устройство добавочного воздуха в виде вентилятора.

В результате встраивания регулятора тяги уходящий газ смешивается с сухим

воздухом, так что точка росы понижается. К тому же во время остановки форсунки дымовую трубу можно проветрить и в случае необходимости осушить выступивший конденсат.

**Правильно
определяйте сопротивление
со стороны уходящих газов**

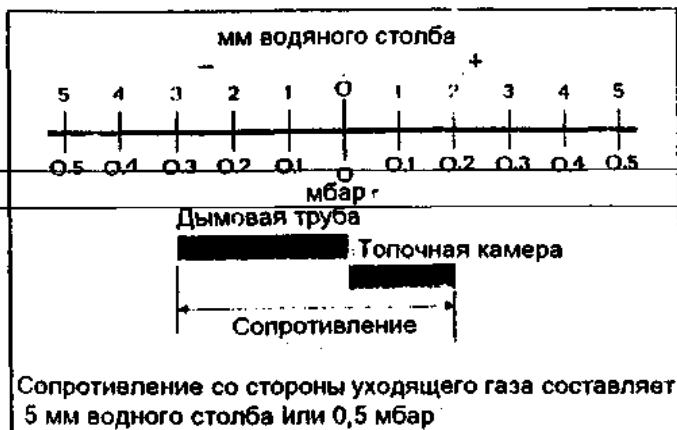
Практику необходимо определить сопротивление со стороны уходящих газов, которое также называется перепадом давления. По этой причине нужно здесь еще раз остановиться на определении сопротивления.



Как показано на рисунке, основой для определения сопротивления является измерительный прибор, который может показывать диапазон разрежения и диапазон избыточного давления. Этот вид измерительных приборов можно приобрести в специализированной торговле. Шкала измерительных приборов имеет посередине нулевую отметку, давление должно измеряться в мбарах. Таким образом, давление может измеряться в диапазоне разрежения и в диапазоне избыточного давления.



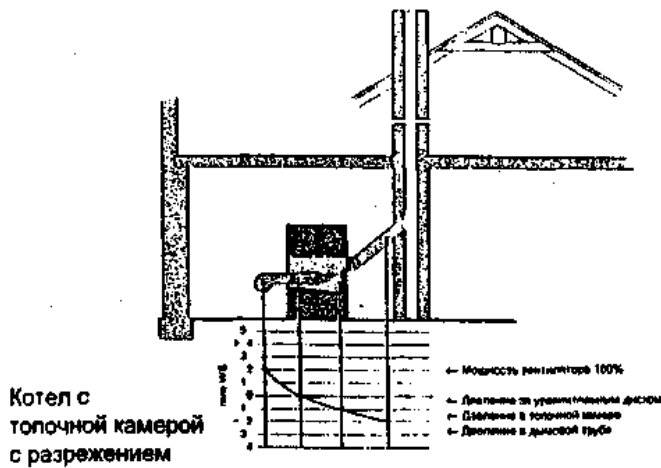
Как показано на данном рисунке разрежение на входе в дымовую трубу составляет 0,4 мбар, а разрежение в топочной камере равно 0,2 мбар. Так что поскольку оба давления находятся в одном и том же, а именно - минусовом диапазоне, можно для нахождения разности вычесть меньшее значение из большего. Результат: Имеет место сопротивление со стороны уходящих газов или перепад давлений в 0,2 мбар.



При определении сопротивления со стороны уходящих газов в случае топочных камер с избыточным давлением можно исходить из того, что одно давление на-хпдится в диапазоне избыточного давления, а другое - в диапазоне разреже-ния. Если допустить, что разрежение на входе в дымовую трубу составляет -0,3 мбар, а избыточное давление в топочной камере равно +0,2 мбар, то можно констатировать перепад давлений в 0,5 мбар. Неправильный подсчет мог бы дать результат в 0,1 мбар. Следует кон-

статировать сопротивление со стороны уходящего газа равное 0,5 мбар.

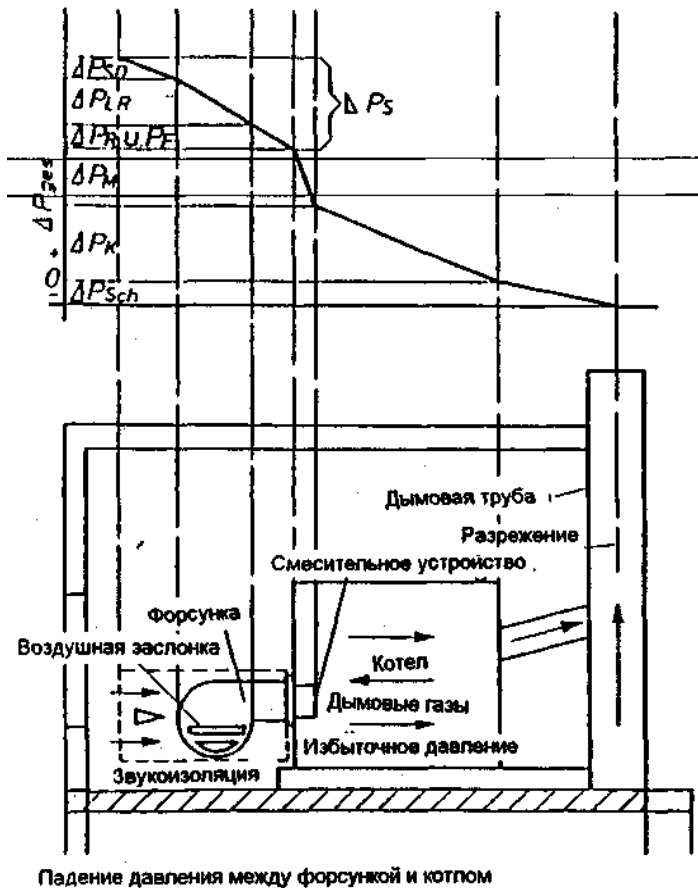
CO₂ 13% и 80° при -15° внешней температуры



На данном рисунке следует остановиться на взаимодействии давлений у котлов с топочной камерой с разрежением. При рассмотрении данного вопроса следует исходить из мощности вентилятора форсунки. Для топочных камер с разрежением вентилятор форсунки рассчитан таким образом, что нулевая отметка напорной мощности вентилятора при выгорании пламени уже достигнута. Преодоление сопротивления со стороны уходящих газов и выведение уходящего газа в открытое пространство должно быть гарантировано дымовой трубой. Из данных фактов можно увидеть, как важен для практика контроль за давлением во время протекания Процесса горения.

Запомните:

только в результате контроля за давлением гарантированы постоянность протекания процесса горения и соблюдение действующих предписаний.



Чтобы эксплуатировать топочную камеру избыточного давления с помощью механической мазутной форсунки, вентилятор форсунки должен иметь более высокую нагнетательную способность, т.к. в этом случае сгорание протекает при избыточном давлении. Сопротивление уходящих газов должно преодолеваться давлением вентилятора и нулевая отметка вентиляторного давления достигается только на выходе из котла.

Следует отметить, что: в случае топочной камеры с избыточным давлением на дымовую трубу не возлагается выполнение каких-либо задач в ходе процесса горения. Дымовая труба имеет задачей только лишь вывод уходящих газов естественным путем в окружающее пространство, не опуская их температуру ниже точки росы.

Из данного факта следует заключить: разрежение на входе в дымовую трубу должно быть рассчитано так, чтобы оно не оказывало влияния на протекание процесса горения.

В задней части котла должно иметься разрежение.

Д PSD = звукоизоляция А PLR

=крыльчатка вентилятора д PR и PF =трубка форсунки Д Pм =смесительное устройство Д Pк =котел А Psch соединение дымовой трубы

1. Точно измерить расход мазута
2. Учитывать давление на входе в дымовую трубу и в топочной камере
3. Установить температуру уходящего газа не выше, чем требуется

Резюмируя, можно в отношении отдельных измерительных процессов дать следующие рекомендации:

1. Для выполнения действующих предписаний и для достижения постоянства протекания процесса горения необходимо точно определить расход мазута.
2. При соблюдении давлений в топочной камере и на входе в дымовую трубу достигается постоянство горения.
3. Температура уходящих газов не должна быть выше, чем это требуется,

чтобы была гарантирована экономичность установки, в настоящее время минимум 160 °С, максимум 250°С на входе в камин согласно предписанию по отопительным установкам.

- ~~4. Измерить температуру воздуха для горения~~
5. Стремиться к высоким показателям CO₂
6. Не превышать показатель сажи равный 1

4. В основу расчетов кладется только температура воздуха для горения, которая измеряется на входе всасывающего патрубке форсунки

-Б.-Следует постоянно стремиться шиак=-

__симапынп высокому содержанию CO₂. На современных установках на практике достигаются 12-13% CO₂

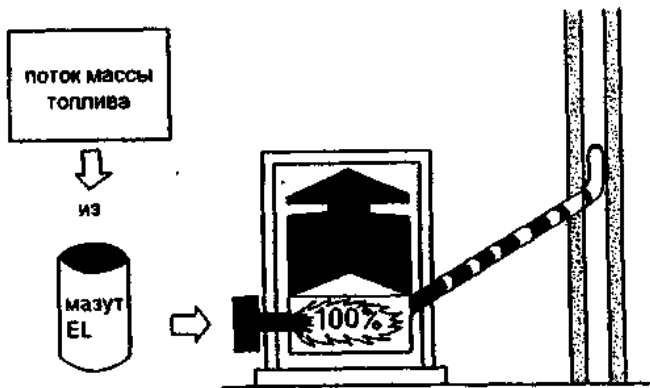
6. Показатель сажи до 1 не следует превышать. Следовало бы рекомендовать не использовать допустимые показатели сажи до 3.

1. Данные измерений для мазута
2. Протекание процесса горения мазута EL
3. Измерительная техника для практического использования
4. Определение производительности форсунки
5. Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки

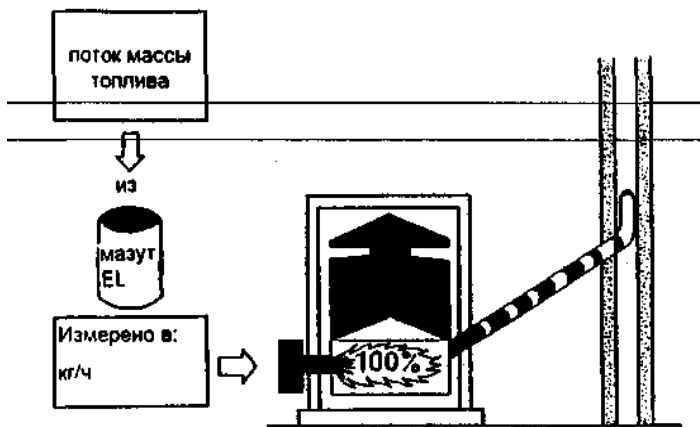
Специальные предписания требуют при вводе в эксплуатацию жидкотопливных установок определения номинальной теплотеплопроизводительности топочной камеры.

В октябре 1981 г. было опубликовано "Общее административное постановление к первому распоряжению для проведения в жизнь Федерального Закона по охране окружающей среды от вредных воздействий (административное постановление к

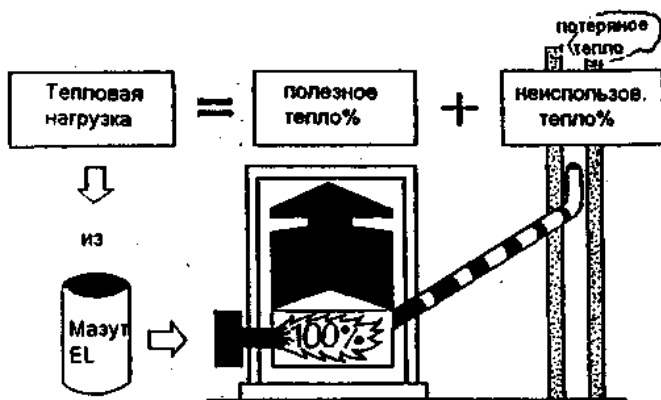
распоряжению в отношении топочных устройств - VwV для первого распоряжения BimSchV)". Данное постановление VwV предусмотрено для толкования первого распоряжения BimSchV и относящихся к нему приложений и регулирует проведение контроля за топочными устройствами, подлежащими обязательному измерению. Важно, чтобы лица, которые занимаются регулировкой топочных устройств и введением их в эксплуатацию, а также те лица, которые производят регулярное сервисное обслуживание, были досконально знакомы с применением предписания и выполнением измерений.



Теплопроизводительность топочной камеры Q_F (также тепловая нагрузка) - это то количество теплоты, которое за один час подается в топочное устройство с топливом и воздухом для горения.
 $Q_p = 5 \text{ м кВт}$
 $L_k Q_F = r h_B - H_u$

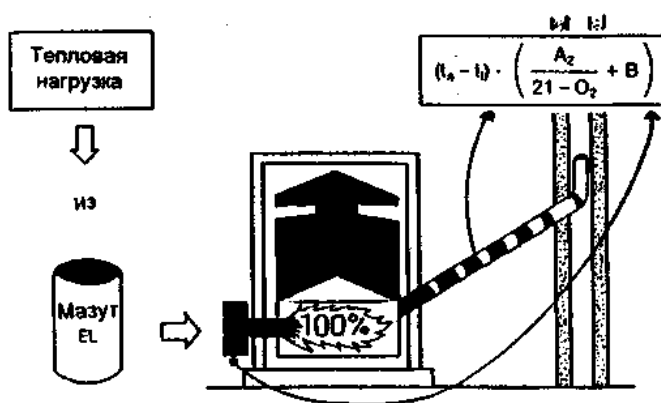


Определение потока массы топлива (расход мазута)
 Поток массы топлива для жидких видов топлива определяется в: $T_B = \text{поток мазутного топлива кг/ч} = \frac{V_B \cdot \rho}{\eta}$
 T_B — объемный поток топлива V_B — плотность ρ кг/л
 η — номин. теплопроизв. $Q_N r h_g = \frac{Q_N r h_g}{H_u}$ — к.п.д.
 $H_u = 11,86 \text{ кВт ч/кг}$ для мазута EL
 Эмпирическая формула:
 $T_B = 31 [\text{кВт}]$
 ведет к незначительной перегрузке при $\eta = 0,9$ (к.п.д.)



Потеря тепла с уходящими газами в результате свободного тепла (q_{Ne})

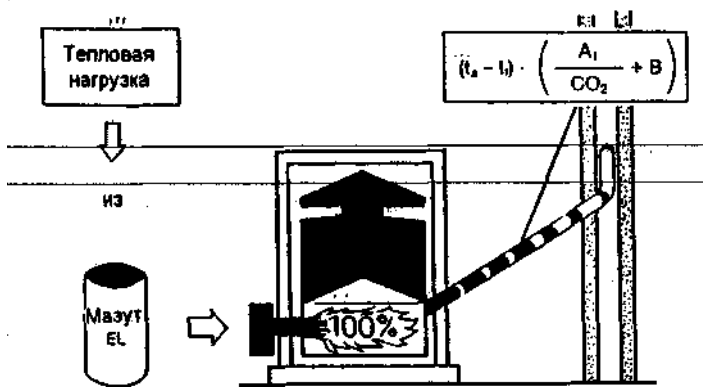
Произведенное тепло на практике нельзя однако полностью превратить в полезное тепло для отопления. Его отношение к неиспользованному теплу выражается в процентах.
 Неиспользованное или потерянное тепло называется потерей тепла с уходящими газами.



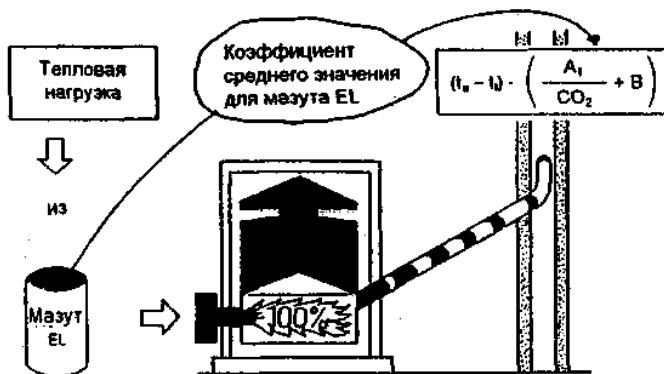
Потери тепла с уходящими газами определяются по формуле Зигерта. Эта формула получается следующим образом:

Из измеренной температуры уходящего газа, обозначаемой здесь t_a , вычитается температура всасываемого воздуха для горения, обозначаемой здесь t_l . Эта разность температур и содержание остаточного кислорода O_2 определяют потерю тепла с уходящими газами.

Мазут EL: $A_2 = 0,68$ $B = 0,007$



Потеря тепла с уходящими газами может быть определена с помощью содержания CO_2 .



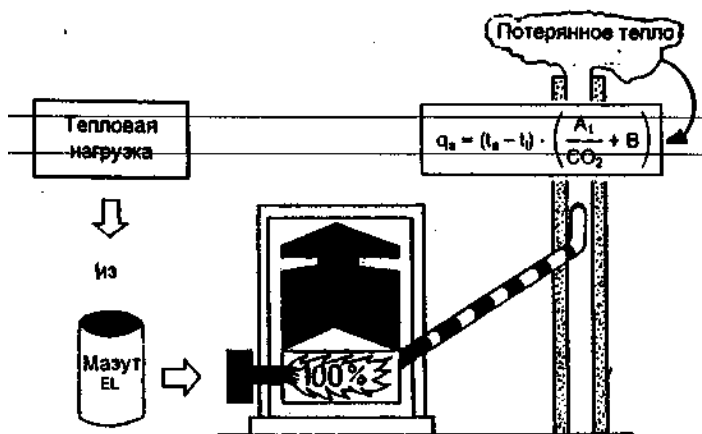
Определение потерь тепла с уходящими газами происходит по следующей формуле:

$q_a = (t_a - t_l) \cdot \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$

q_a = потери тепла с уходящими газами в %
 t_a = температура уходящих газов в °C
 t_l = температура воздуха для горения в °C
 CO_2 = объемное содержание уходящего газа %
 $A_1 = 0,50$
 $B = 0,007$

Номинальная теплопроизводительность	Потери тепла с уходящими газами у теплогенераторов в зависимости от времени их возведения или установки		
	до 31.12.82	с 1.1.83	с 1.10.88
свыше 11 кВт - 25 кВт	15	14	12
свыше 25 кВт - 50 кВт	14	13	11
свыше 50 кВт	13	12	10

В этой связи нужно еще раз указать на соблюдение установленного в результате закона о защите окружающей среды от вредных выбросов от 1.10.88 г. ограничения потерь тепла с уходящими газами. Для полученного значения потерь тепла с уходящими газами разрешается допуск в 1%. Промежуточные значения до 0,5 включительно округляются, более высокие промежуточные значения округляются с избытком.



Если предельные значения потерь тепла с уходящими газами (первое распоряжение BimSchV) несмотря на соблюдение приложения 1a N3.1 и 3.2 превышены, то следует произвести новый расчет, принимая во внимание возможные допуски измерительных приборов. Для этого:

- температура уходящего газа t_a уменьшается на допуск прибора для измерения температуры, температура воздуха t_l увеличивается на допуск прибора для измерения температуры, - содержание CO_2 в уходящем газе увеличивается на допуск прибора, измеряющего содержание CO_2 .

Если действительные допуски измерительных приборов неизвестны, то следует использовать разрешенные допуски, установленные каждый раз в имеющих силу поверочных листах для измерительных приборов.

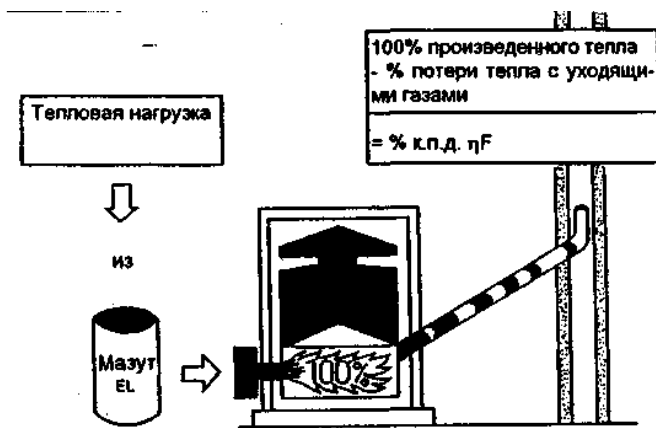
Согласно поверочным листам для измерительных приборов разрешены следующие допуски:

Приборы для измерения температуры:

- Диапазон измерения от 0° C до 100° C ±3° C
- от 100° C до 400° C ±6° C

Приборы для измерения CO₂:

- Диапазон измерения до 6 об. % ±0,2 об. %
- свыше 6 об. % ±0,3 об. %

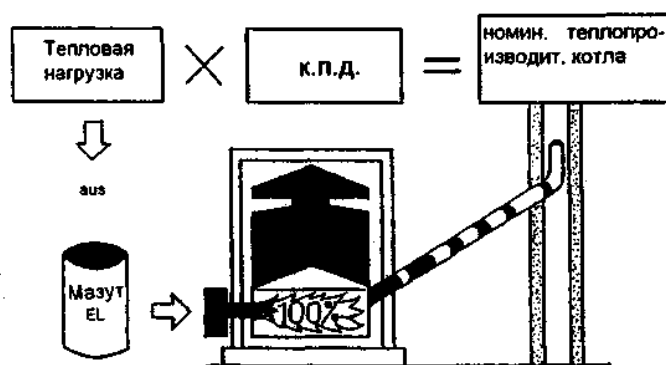


Теплотехнический к.п.д. Если от 100% произведенного тепла отнять процент, приходящийся на потерю тепла с уходящими газами, то получим теплотехнический к.п.д.:
 $\eta_{\text{ТТ}} = 100 - \text{яд}$

<p>к.п.д. котла</p> $\eta_k = \eta_F - q_{\text{str}}\%$
<p>или</p> $\eta_k = 100 - (q_{\text{Af}} + q_{\text{str}})\%$

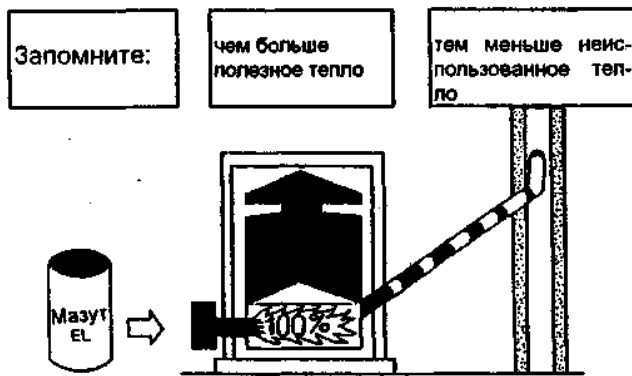
Коэффициент полезного действия котла

При определении коэффициента полезного действия следует обратить внимание на то, что последний образуется из— потери тепла с уходящими газами— тери на излучение котла. Потери тепла с уходящими газами могут быть получены на установке, потери же на излучение — нет. Это значение следует получить от изготовителя котла. У котлов нового поколения оно может составить -1,0 до 2,5%, у старых котлов от 2 до 5 % и более.



Номинальная теплопроизводительность котла

Здесь будет показано, как можно произвести определение номинальной теплопроизводительности котла. Тепловая нагрузка в кВт (ккал/ч) перемножается с вычисленным к.п.д.: Результатом является номинальная теплопроизводительность топочной камеры в час, а именно: при заданном установочном количестве тепла, измеренных температурах и измеренном содержании CO₂. $Q_N = Q_F \cdot k$



Годовой коэффициент использования

Чем больше требуется полезного тепла, тем меньшим следует поддерживать неиспользованное тепло.

$\eta_{\text{Лк}}$

ИН-

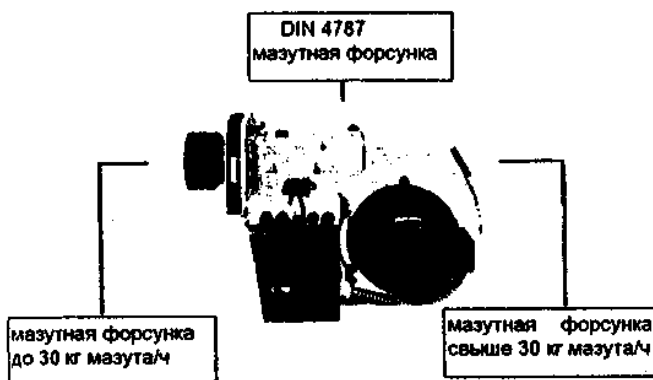
T_{ia} годовой коэффициент использования

%

$T_{1к}$ к.п.д. котла q_e резервный расход тепла τ_a длительность включения отопительной установки ч за год $\tau_{\text{нга}}$ время работы форсунки ч за год

1. Данные измерений для мазута
2. Протекание процесса горения мазута EL
3. Измерительная техника для практического использования
4. Определение производительности форсунки
5. Электрическое и гидравлическое подсоединение мазутной форсунки

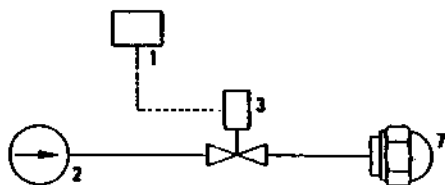
Мазутную форсунку, входящую в состав отопительной установки, нельзя рассматривать как часть установки, существующую саму по себе. Она является частью одного технического целого, тесно связанной с остальными устройствами всей отопительной установки. В данном разделе должны быть рассмотрены **электрические связи** между мазутной горелкой и котлом.



Из соображений техники безопасности, которые установлены, исходя из специальных предписаний DIN 4787, предохранительные устройства были разделены согласно расходу топлива в установках до 30 кг/ч и установках свыше 30 кг/ч.

В зависимости от расхода мазута в правилах техники безопасности требуются различные защитные устройства. Здесь, таким образом, заявлено, что расходуемое количество топлива играет важную роль в конструкции форсунок..

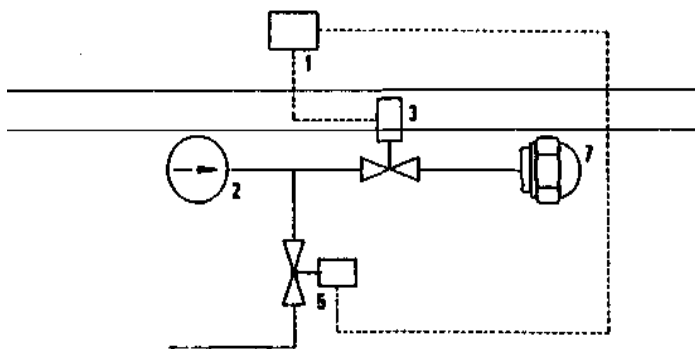
Одноступенчатая форсунка



- 1 - регулирующий прибор
- 2 - насос для перекачки мазута
- 3 - магнитный клапан 1 ступень
- 4 - магнитный клапан 2 ступень
- 5 - перепускной клапан
- 6 - регулировка давления с помощью двигателя
- 7 - мазутная форсунка
- 8 - рециркуляционное сопло
- 9 - сервопривод воздушной заслонки

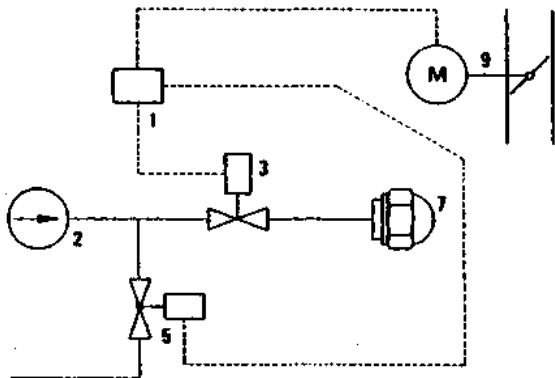
Одноступенчатая форсунка с механическим мазутным соплом Эти форсунки находят применение для центрального отопления малой мощности и для промышленных печей. Их двухпозиционное регулирование по принципу "Вкл.-Выкл." происходит как функция температуры или давления. Все время сжигается постоянное количество топлива, которое жестко устанавливается в результате напора насоса и величины сопла. При освобождении топлива через магнитный клапан сразу же воспламеняется все количество топлива. Дозировка воздуха для горения происходит в зависимости от конструкции на всасывающей или напорной стороне или на обеих сторонах. Магнитный клапан, как показано на данном рисунке, может образовывать конструктивную единицу с насосом для перекачки мазута или располагаться отдельно на подводящей линии форсунки, поз. 3.

Одноступенчатая форсунка с пусковым сбросом нагрузки



Одноступенчатые форсунки с пусковым сбросом нагрузки используются преимущественно при малых мощностях до 120 кВт. В результате пускового сброса нагрузки достигается лучший пусковой режим и, тем самым, меньшее загрязнение котла. При этом напор насоса на стадии запуска понижается через перепускной клапан с помощью блока регулирования и магнитного клапана. Давление в пониженном интервале регулируется. На практике работают с максимальной разностью давлений в 4 бара. Расход воздуха для полной нагрузки устанавливается постоянным.

Двухступенчатая форсунка (односопловая система)



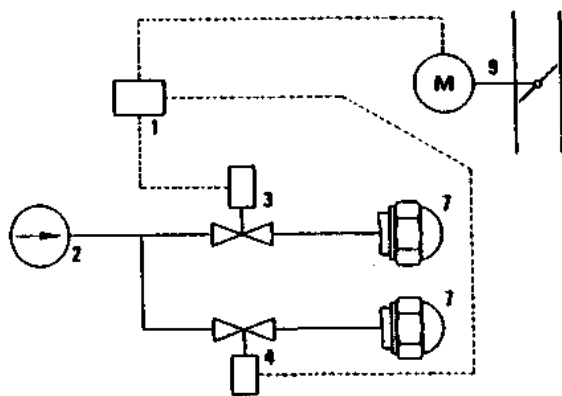
На практике стартовая нагрузка устанавливается примерно в 8-12 бар, а полная нагрузка - в 16-22 бара.

Первая ступень может, тем самым, быть понижена на 2/3 второй ступени. Расход воздуха точно согласовывается с расходом мазута по ступеням с помощью сервопривода. Отдельные ступени нагрузки могут быть настроены с помощью термостатов.

Двухступенчатый режим работы с одним соплом

Эти форсунки используются исключительно начиная со 120 кВт и более. С точки зрения экономии энергии тенденция двухступенчатых форсунок ведет к меньшим мощностям. Первая ступень таким же образом, как было описано выше, регулируется в отношении мазута, только с той разницей, что перепад давлений для второй ступени существенно увеличивается и, тем самым, достигается соответствующая разница мощностей.

Двухступенчатая форсунка (двухсопловая система)



Двухступенчатый режим работы с двумя соплами

Эта конструкция (главным образом) практикуется в случае больших мощностей, т.к. уравнивающей шайбе из-за наличия двух сопел требуется большее отверстие посередине.

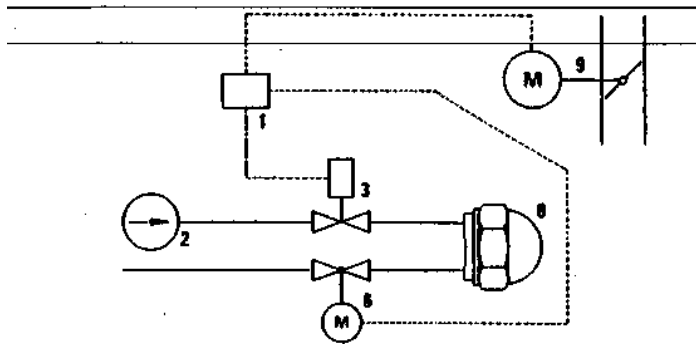
Каждое сопло регулируется по отдельности через магнитные клапаны. Зажигание находится всегда над соплом 1-ой ступени.

Диапазон регулирования может быть выбран шире, чем при односопловой системе. Сопла могут иметь различную величину; можно даже работать менее чем с половиной номинальной нагрузки в первой ступени.

Запомните:

При всех двухступенчатых режимах работы следует обратить внимание на то, чтобы установленные диапазоны нагрузки лежали в допустимом рабочем диапазоне форсунки. В зависимости от нагрузки смесительного устройства будет, таким образом, ограничен диапазон регулирования. Точно так же из-за слишком низкой температуры уходящих газов мощность может быть ограничена снизу _____

**Двухступенчатая форсунка
(односопловая система с модулируемым регулированием)**

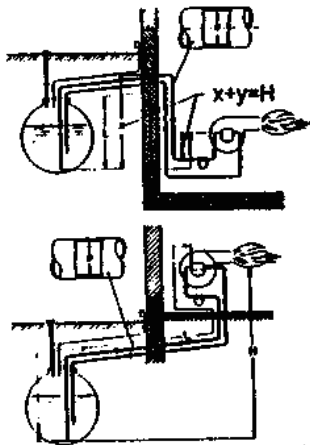


- 1 - Регулирующий прибор
- 2 - насос для перекачки мазута
- 3 - магнитный клапан 1 ступень
- 4 - магнитный клапан 2 ступень
- 5 - перепускной клапан
- 6 - регулировка давления с помощью двигателя
- 7 - мазутная форсунка
- 8 - рециркуляционное сопло
- 9 - сервопривод воздушной заслонки

зависимости от расхода мазута изменяется так, что при слабой нагрузке к нему прилагается незначительное рециркуляционное давление, так что обратно может утекать довольно большое количество мазута. Чем выше поднимается давление рециркуляции, тем меньше мазута утекает назад и тем больше мазута сжигается. Расход воздуха регулируется одновременно в равной пропорции.

Форсунки с плавным регулированием

В случае котельных блоков большого размера или если к регулированию предъявляются более высокие требования, то выбирают модулируемые форсунки с прогрессивным регулированием мощности между малой и большой нагрузкой. Все время сжигается только такое количество топлива, какое необходимо, чтобы произвести тепло, забранное у котла, т.е. регулируемая переменная может быть приведена к любому значению внутри диапазона регулирования. Модулируемая форсунка принципиально оснащена рециркуляционным соплом. В линии рециркуляции соплового рычажного механизма расположен клапан регулирования давления с присоединенным мотором. Давление при запуске (напор насоса) остается все время постоянным, а рециркуляционное давление при клапане регулирования давления в



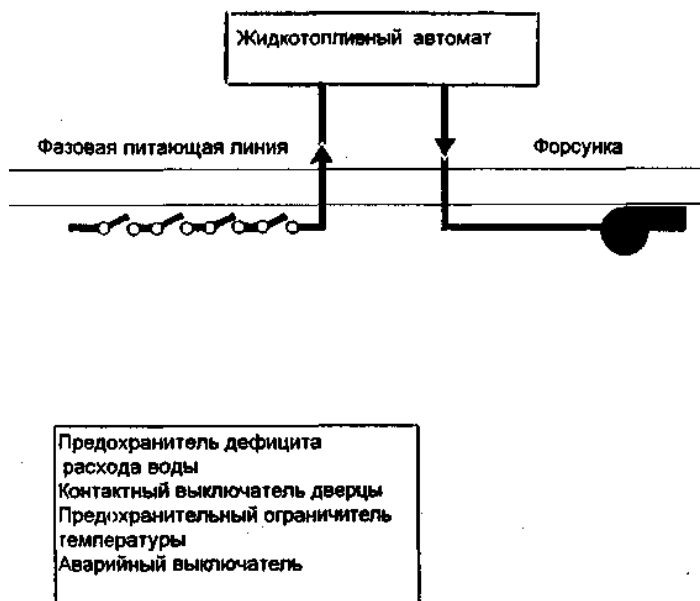
H	L		
	ø8mm	ø6mm	ø10mm
4,8	34	100	100
3,5	32	100	100
3,0	30	95	100
2,5	28	89	100
2,0	26	82	100
1,5	24	75	100
1,0	22	68	100
0,5	20	62	100
0,4	17	55	100
0,3	15	49	100
1,0	13	41	100
1,5	11	35	85
2,0	8	28	69
2,5	7	21	52
3,0	5	14	35
3,5	0	0	19
4,0	0	0	0

Действительно для насоса MSL
фирмы Danfoss

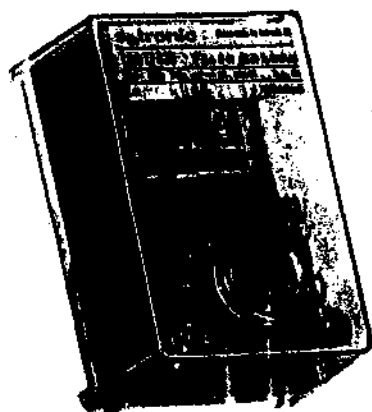
Подведение топливопровода

Таблица действительна для мазута EL 4,4 cST и внутреннего диаметра труб топливопровода. Для данной длины всасывающего трубопровода были предусмотрены 4 уголка, 1 клапан и 1 обратный клапан.

При разрежении более чем в 0,4 бара случаются выделения газа и в результате этого нарушения в снабжении топливом. Поэтому максимальная высота всасывания в 4 м возможна только теоретически. На практике может быть достигнута максимальная высота всасывания в 3,5 м в зависимости от сечения трубопровода.



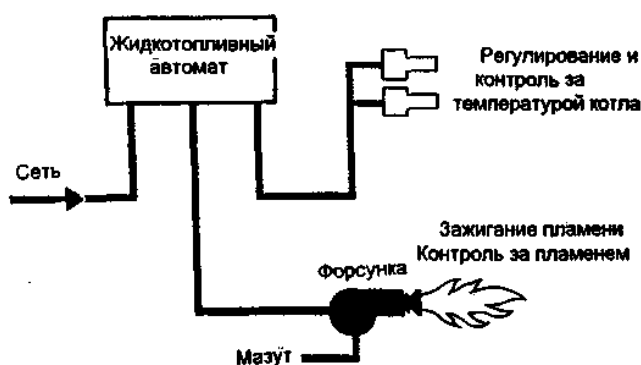
Согласно DIN 4755 мазутные горелки отопительных установок в зависимости от их размера и конструкции должны быть оснащены предохранительными устройствами и регулирующими приборами. Как показано на данном рисунке, на фазовой питающей линии в качестве приборов, предвключенных жидкотопливному автомату, находятся предохранительные устройства и приборы для регулирования. В контуре управления газотопочного автомата расположен регулятор температуры котла. Рисунок действителен для мощностей, не превосходящих 30 кг/ч расхода мазута. При больших мощностях следует соблюдать схемы подсоединения изготовителей регулирующих приборов.



Жидкотопливный автомат

Жидкотопливный автомат вместе с датчиком пламени служит для регулирования и контроля за мазутными форсунками до 30 кг/ч.

Автомат функционирует в репетиционном режиме, т.е. при исчезновении во время работы пламени тотчас прекращается подача топлива и предпринимается новая попытка запуска. При постороннем свете во время попытки запуска прибор переходит в положение "Неисправность".



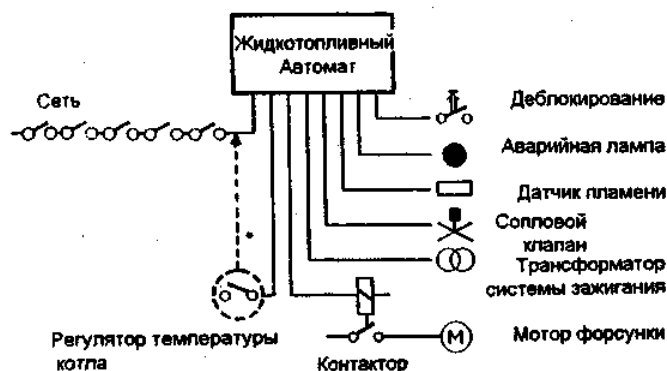
Жидкотопливные автоматы, исходя из поставленных перед ними задач, согласуются с соответствующими форсунками.

Полностью автоматические мазутные форсунки должны быть согласно DIN 4787 оснащены устройством для контроля за пламенем, которое прошло стендовые испытания и должно иметь номер модели. В результате ввода в действие жидкотопливного автомата форсунка становится полностью автоматической, т.к. она, таким образом, становится независимой от обслуживающего

персонала. Этот автомат, действуя самостоятельно, берет на себя зажигание и контроль за пламенем, а также включение и выключение форсунки в зависимости от числового значения регулируемой величины.

Как упоминалось в начале этой главы, с расходом должны быть увязаны условия безопасности, эти допустимые защитные интервалы времени составляют при расходе мазута до 30 кг/ч во время запуска максимум 10 с, а во время работы - 10 с. При расходе мазута

более 30 кг/ч защитное время при запуске составляет максимум 5 с, а во время работы — 1 с. Под защитным временем понимают максимально допустимый промежуток времени, в течение которого мазут поступает в камеру сгорания без возникновения при этом пламени. Используемые нами жидкотопливные автоматы подробно описаны в наших Технических Информационных Бюллетенях, которые прилагаются к каждой форсунке.



Двухпозиционный выключатель
Аварийный выключатель
Контактный выключатель двери
Предохранительный ограничитель температуры
Предохранитель дефицита расхода воды

Рисунок показывает все приборы, которые подключаются к жидкотопливному автомату, чтобы имело место зажигание и контроль за пламенем, а также контроль за температурой котла. На фазовой питающей линии жидкотопливного автомата находятся двухпозиционный выключатель, а также приборы для контроля за котельной установкой. От жидкотопливного автомата провода ведут к датчику пламени, к сопловому клапану, к трансформатору системы зажигания и к мотору форсунки. Далее жидкотопливный автомат соединен с аварийной лампой и деблокирующей кнопкой. В то время как у малых автоматов деблокирующая кнопка встроена непосредственно, у больших по размеру автоматов имеется возможность подсоединения электрического дистанционного деблокирования.

* Цепь управления

Это соединение изображено только схематически, т.к. для каждого отдельного жидкотопливного автомата имеются большие различия в их коммутационных схемах.

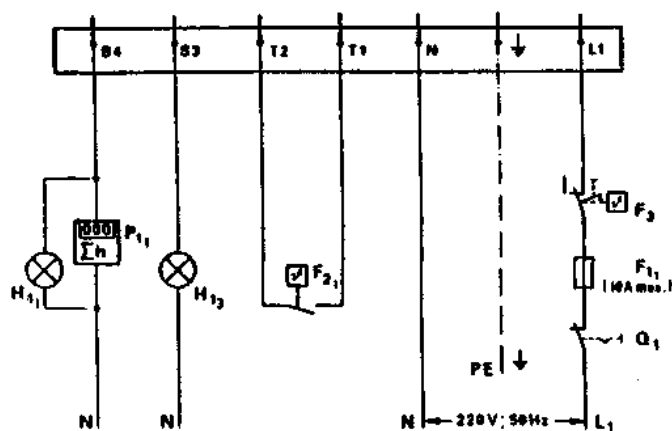
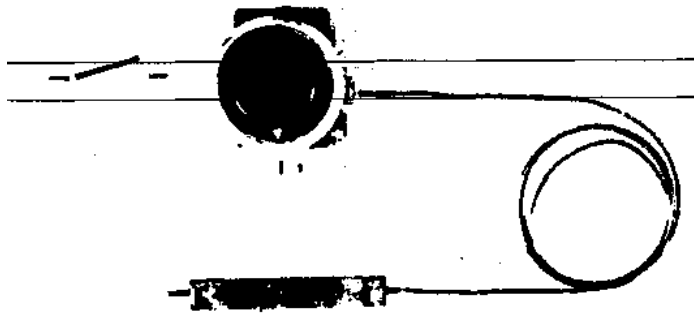


Схема штекерного электрического подсоединения для одноступенчатой форсунки

На фазовой питающей линии, клемма L1, должны быть последовательно подсоединены главный выключатель Q_{1f} предохранитель F1 и предохранительный термостат F3. Следующая клемма PE предусмотрена для провода защиты. К клемме N подсоединяют нулевой провод. Между клеммами T1 и Tj находится регулирующий термостат F₂.

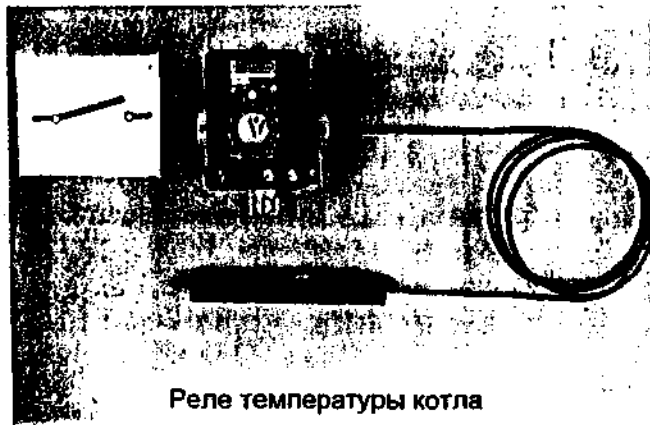
Клемма S3 предусмотрена для внешней аварийной лампы, а клемма B4 - для счетчика рабочих часов или рабочей лампы.



Регулятор температуры котла

Приборы для регулирования температуры меньше 90° С

Регулятор температуры котла при достижении установленной температуры котла отключает форсунку, а при охлаждении котла до определенного значения снова включает ее. Температура отключения на регуляторе устанавливается с помощью кнопки. Температура включения расположена ниже температуры выключения на зону неоднозначности регулятора. Чтобы избежать низкотемпературной коррозии диапазон заданного значения для регулятора температуры котла часто ограничен снизу.



Реле температуры котла

Приборы для контроля за температурой

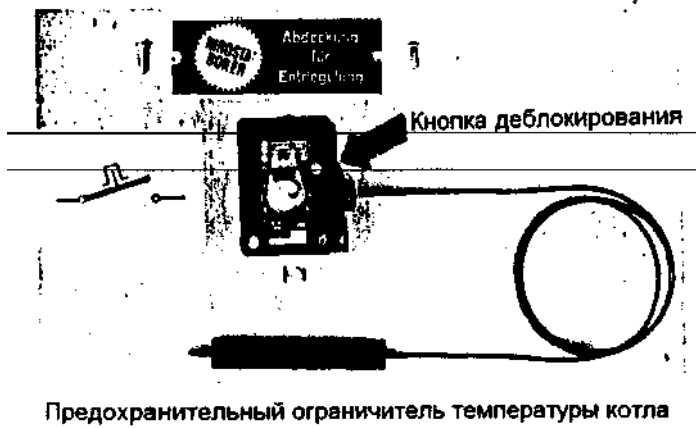
Реле температуры котла - это прибор, похожий на регулятор температуры котла, и отличающийся только тем, что реле не регулирует температуру котла, а контролирует. Реле температуры котла имеет более высокую уставку, чем регулятор температуры котла, и отключает форсунку только при отказе регулятора температуры котла. Поскольку реле является органом контроля за температурой котла, то его подключают не в контур управления, а в фазовую питающую линию жидкотопливного автомата.



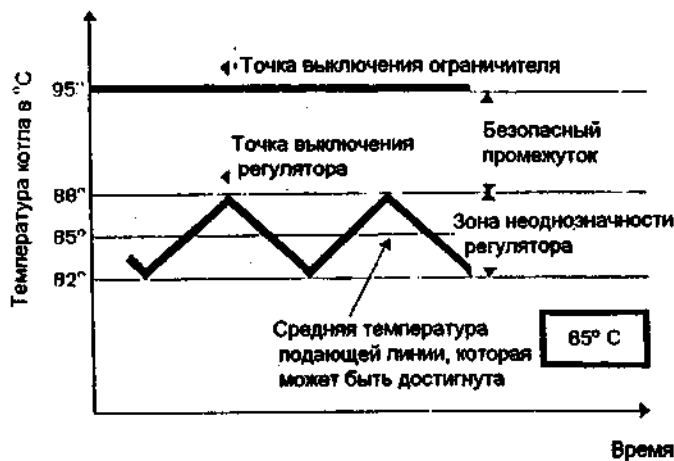
Ограничитель температуры котла

Приборы для ограничения температуры

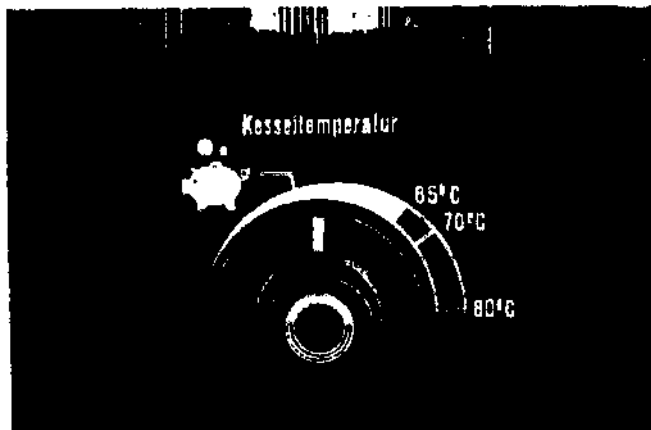
В случае установок, к которым предъявляются более высокие требования по защите, для контроля за температурой котла используют ограничитель температуры. Последний отключает форсунку при превышении установленной температуры котла, но после охлаждения котла он его снова самостоятельно не включает. Для пуска установки после срабатывания ограничителя температуры необходимо приведение в действие деблокирующей кнопки. В результате блокирования ограничителя температуры, которое наступает только тогда, когда регулятор неисправен, нужно обратить внимание пользователя установки на это повреждение.



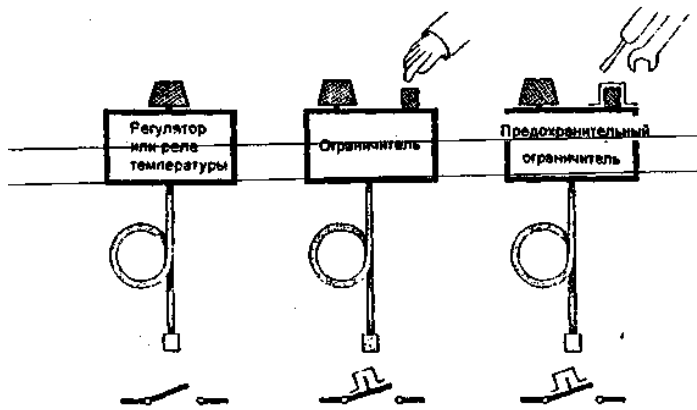
Наивысшую степень безопасности обеспечивает предохранительный ограничитель температуры. Этот прибор отличается от уже описанного ограничителя температуры только тем, что деблокирующая кнопка может быть приведена в действие только с помощью инструментов. В результате монтажа предохранительного ограничителя температуры достигается необходимость для пользователя при возникновении неисправности вызвать представителя фирмы по тепловым установкам, а не нажимать деблокирующую кнопку. Представитель фирмы деблокирует ограничитель температуры только тогда, когда будет устранена причина неисправности. Для регулирования котлов используются стандартные ограничители температуры, которые, будучи встроенными под защитную крышку, становятся предохранительными ограничителями температуры. Деблокирующую кнопку можно привести в действие только тогда, когда с помощью инструментов будет удалена крышка, находящаяся над деблокирующей кнопкой.



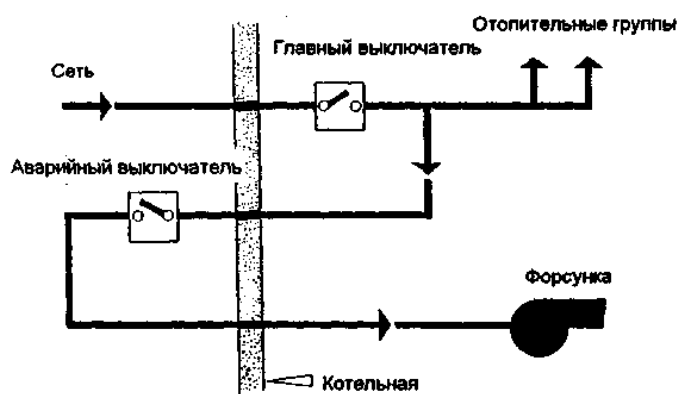
Чтобы ограничитель температуры при обычном режиме работы не срабатывал, его точка выключения должна располагаться выше точки включения регулятора на безопасный промежуток. Этот промежуток должен быть по величине таким, чтобы можно было учитывать как заводские допуски регуляторов и ограничителей, так и конвективный нагрев котла. Если предохранительный ограничитель температуры установлен на 95°C , тогда точку выключения регулятора, исходя из этого условия, разрешено устанавливать максимум на 88°C . При зоне неоднозначности регулятора в 6°C получаем тогда среднюю температуру подающей линии равную 85°C .



Приборы для регулирования температуры меньше 80°C . Регуляторы температуры для низкотемпературных отопительных котлов аналогичны по своему функционированию регуляторам температуры котла. Они отличаются только устанавливаемым диапазоном регулирования.



Для повторения изложенного рассмотрим еще раз приборы для регулирования и контроля температуры котла. Регуляторы и реле температуры котла выключают его при достижении установленной температуры, а по охлаждению котла - снова включают его. Ограничитель температуры отключает котел по достижении установленной температуры и только после деблокирования включает снова. Предохранительный ограничитель температуры блокирует котел по достижении установленной температуры и может быть деблокирован только с помощью инструментов.



Каждая отопительная установка нуждается в главном выключателе, с помощью которого отключается вся установка. Часто в качестве выключателя используют такой выключатель, который, будучи расположен вне котельной, одновременно представляет собой аварийный выключатель. Это расположение неправильное. При правильном расположении с помощью главного выключателя выключается вся установка целиком, а с помощью аварийного - только устройство форсунки. Причина, по которой при

возникновении опасности не должны быть отключены отопительные группы, заключается в том, что в данном состоянии, которое вообще означает перегрев котла, тепло может быть отведено через отопительные группы с помощью рециркуляционных насосов. Установки, которые по своей величине (<50 кВт) не подпадают под директивы в отношении котельных, не нуждаются в данном расположении аварийного выключателя. Такие установки в качестве главного выключателя обходятся выключателем прибора.

Выполнение измерений

Выполнение измерений производится согласно приложениям I, Ia, II и III. Центральный союз гильдии трубочистов ZIV разработал единый упорядочивающий документ: "Одна точка замера", "Две точки замера" и "Точки замера над проходным уровнем".

Измерения следует производить в соединительной детали между топкой и дымовой трубой позади теплообменника в центре потока уходящих газов. На месте взятия пробы не должно быть никаких отложений пыли и сажи, которые могли бы повлиять на результаты измерения. Во время измерения никакое сколько-нибудь значительное количество побочного воздуха не должно перед взятием пробы проникать в уходящий газ.

При размещении измерительного отверстия для топочных устройств, имеющих горелки с наддувом, следует придерживаться нижеследующих рекомендаций. На рис. 2 показан теплообменник, у которого выхлопной коллектор является частью теплогенератора. Вслед за коллектором начинается соединительная деталь, и измерительное отверстие устанавливается здесь на высоте примерно 2D. То же самое действительно и для теплогенератора, имеющего соединительный патрубок в виде штанов (рис. 2a). Если измерение нельзя выполнить в общей соединительной детали обоих выхлопных труб, то

следует предусмотреть два контрольных отверстия (рис. 2в). Если две выхлопные трубы выводятся в один канал, то следует также установить два контрольных отверстия (рис. 2с). На рисунке 2е изображено расположение измерительных отверстий у воздухонагревателей, а на рис. 2f - у печей для выпечки хлеба. Если соединительная деталь, исходя из конструктивных соображений, выводится в дымовую трубу на очень большой высоте от пола, то и для этого случая действительно, что измерительное отверстие устанавливается на высоте около $2D$. Измерительные отверстия для топочных устройств без наддува изображены на рисунке 1. Последние дополняются еще рис. 3а, для групповых топок или же рис. 3в, если устанавливается подряд несколько топок, обнаруживающих раздельную защиту потока.

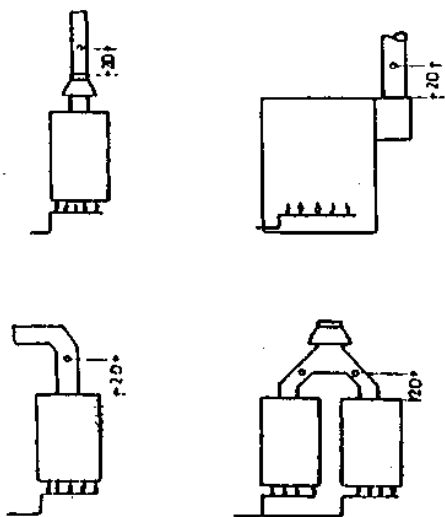


Рис. 1 Расположение измерительных отверстий для газотопливных установок с горелками без воздухоподушки.

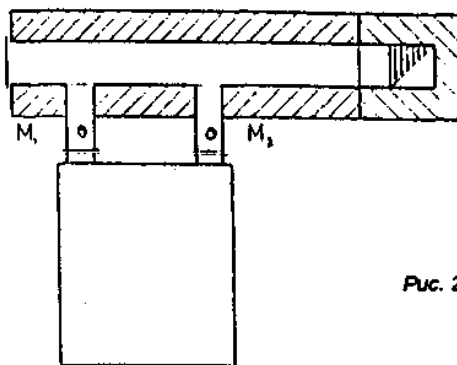


Рис. 2с

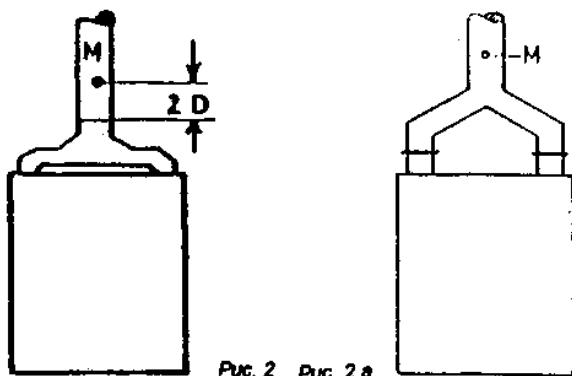


Рис. 2 Рис. 2а

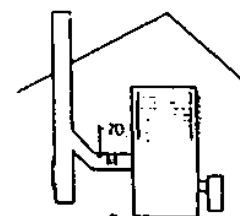


Рис. 2е

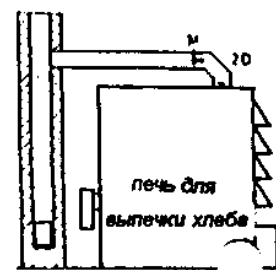


Рис. 2f

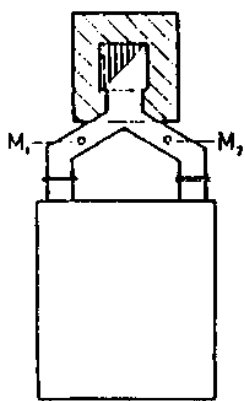


Рис. 2b

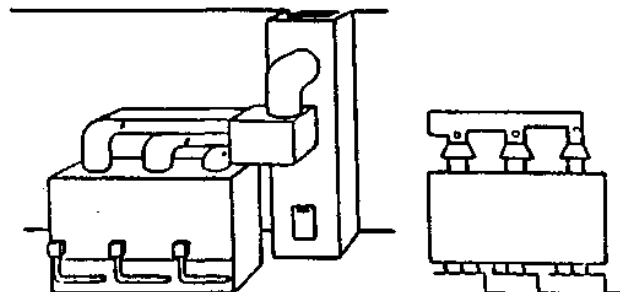


Рис. 3а Рис. 3б

Рисунки 2 - 3 б Измерительные отверстия

Задания для самоконтроля

Первая постановка задачи:

Изделие: Котел	Номинальная теплопроизводительность (Q_N)к	Форсунка изделие фирмы Гирш	Смеси- тельное и зажига- тельное	Поток массы топлива от.....до.....кг/ч Объемный поток топлива
тип	ВТ	тип R	устройст- ва	от.....до.....л/ч
Номинальная теплопроизводительность теплогенератора – это наибольшее при нормальной работе подаваемое количество теплоты в единицу времени. Она считается также номинальной теплопроизводительностью установки.				
Теплопроизводительность топки (тепловая нагрузка): номинальная теплопроизв.:..... =..... кВт при предполагаемом к.п.д.:.....		Теплота сгорания = H_u л кВтч H_u кг		
Номинальная теплопроизводительность топки: $m_B = \frac{\text{номинальная теплопроизв. } (Q_N)}{\text{теплота сгорания} \cdot \text{к.п.д.}} = \dots\dots\dots \text{кг/ч}$ $V_B = \frac{\text{номинальная теплопроизв. } (Q_N)}{\text{теплота сгорания} \cdot \text{к.п.д.}} = \dots\dots\dots \text{л/ч}$		Величина сопла в СИ = _____ = _____ $\sqrt{\frac{Q}{\gamma}} = f_p \dots\dots\dots$ 1 ам.галл. = 3,78 л		

Вторая постановка задачи ввод в эксплуатацию и регулировка:

Налет сажи		Содержание CO ₂		Температура уходящего газа °C		Температура всасывания °C		Температура котла °C		
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
Давление в дымовой трубе мбар		Давление в топочной камере мбар		Сопротивление мбар		Потери тепла с уходящими газами		к.п.д.		Номинальная теплопроизводительность топки (Q_F) I II
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	

Третья постановка задачи:

Определите расход мазута для форсунки в литрах и найдите эффективную тепловую нагрузку. Вычислите номинальную теплопроизводительность по результатам измерений задания 2.	Поток массы топлива	Объемный поток топлива	Теплопроизводительность топки	Номинальная теплопроизводительность топки (Q_F)
	кг/ч	л/ч	кВт	I II

Четвертая постановка задачи:

Определить номинальную теплопроизводительность топки и сравнить полученное значение с требуемой номинальной теплопроизводительностью. При значительных отклонениях отрегулировать форсунку дополнительно.				
При полученном в результате измерения к.п.д. η теплопроизводительность топки (тепловая нагрузка): $Q_F = \frac{\text{номин. теплопроизв. } (Q_N)}{\text{к.п.д.}} = \dots\dots\dots \text{кВт}$		$V_B = \frac{\text{теплопроизводит. топки:} \dots\dots\dots}{\text{теплота сгорания:} \dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \text{л/ч}$ Номинальной нагрузкой является нагрузка, на которую следует отрегулировать потребляющую установку.		
Налет сажи		Содержание CO ₂		Температура уходящего газа °C
I	II	I	II	I II
Давление в дымовой трубе мбар		Давление в топочной камере мбар		Сопротивление мбар
I	II	I	II	I II
Потери тепла с уходящими газами		к.п.д.		Номинальная теплопроизводительность топки (Q_F) I II
I	II	I	II	

Новые узаконенные единицы измерения

Механические и теплотехнические величины	Международные единицы измерения согласно закону об единицах измерения от 2.7. 1969	Пересчет прежних единиц измерения в международные единицы измерения. Прежние единицы измерения действительны только до 31.12.1977
Сила F	1 Н (Ньютон) = 1 кг м/с ²	1 кг = 9,80665 Н ≈ 9,81 Н ≈ 10 Н
Давление p	1 Па (Паскаль) = 1 Н/м ²	1 ат (техн. атм.) = 1 кг/см ² = 0,0981 бар ≈ 1 бар = 0,098 Н/мм ² ≈ 0,1 Н/мм ²
Напряжения α, τ	1 бар = 10 ⁵ Н/м ²	1 атм. (Физич. атм.) = 760 Торр = 1,01 бар
Модуль упругости E	= 10 ⁵ Н/м ²	1 Торр = 1 мм рт.ст. = 1,333 мбар = 10 Па
Модуль сдвига G	= 10 ⁵ Н/м ²	1 мм водн. ст. = 1 кр/м ² = 9,81 Н/м ² = 0,1 Па
Твердость H		1 м водн. ст. = 98,1 мбар ≈ 100 мбар = 0,1 бар
Энергия E	1 Дж (Джоуль) = 1 Н м = 1 Вт с	1 кр/мм ² = 9,81 Н/мм ² ≈ 10 Н/мм ² ≈ 100 бар
Работа A		1 крп = 9,81 Дж = 9,81 Вт с
Количество теплоты Q		1 ккал = 4,19 кДж = 1/860 кВт ч = 1,16·10 ⁻³ кВт ч
Мощность N	1 Вт = 1 Дж/с = 1 Н м/с	1 л.с. ч = 0,375 кВт ч = 2,65 МДж
Тепловой поток Q _т		1 электрон В = 1,60·10 ⁻¹⁹ Дж
		1 крп/с = 9,81 Н/м с = 9,81 Вт
		1 л.с. = 75 крп/с = 0,375 кВт
		1 ккал/с = 4,19 кВт
		1 ккал/ч = 1,16 Дж/с = 1,16·10 ⁻³ кВт

Условимся, что: Величина = Числовое значение x Единица измерения											
Единица	ккал/мин	ккал/ч	Вт = Дж/с	кВт = кДж/ч	МДж/ч	л.с.	кВт/с	НР	т.лб/сек	ВТУ/л	МВУ/л
Мощности			= Нм/с								
1 ккал/мин	= 1	6·10	6,977·10	6,977·10 ⁻²	2,512·10 ²	2,512·10 ⁻¹	9,6·10 ⁻²	7,14	9·10 ⁻²	5,148·10	2,376·10 ²
1 ккал/ч	= 1,667·10 ²	1	1,163	1,163·10 ⁻³	4,187	4,187·10 ⁻³	1,6·10 ⁻³	1,19·10 ⁻¹	1,5·10 ⁻³	8,58·10 ⁻¹	3,96
1 Вт	= 1,433·10 ²	8,6·10 ⁻¹	1	1·10 ⁻³	3,6	3,6·10 ⁻²	1,36·10 ⁻³	1,02·10 ⁻¹	1,34·10 ⁻³	7,378·10 ⁻¹	3,4127
1 кВт	= 3,981·10 ³	8,6·10 ²	1·10 ³	1	3,6·10 ³	3,6	1,36	1,02·10 ⁻²	1,34	7,378·10 ⁻²	3,413·10 ³
1 кДж/ч	= 3,981·10 ³	2,388·10 ⁻¹	2,778·10 ⁻¹	1	1,103	1,103	3,8·10 ⁻⁴	2,8·10 ⁻²	3,7·10 ⁻⁴	2,04·10 ⁻¹	9,57·10 ⁻¹
1 МДж/ч	= 3,981	2,388·10 ²	2,778·10 ²	1·10 ³	1	1	3,8·10 ⁻¹	2,8·10	3,7·10 ⁻¹	2,04·10 ⁻²	9,57·10 ⁻¹
1 л.с.	= 1,054·10	6,324·10 ²	7,353·10 ²	2,648·10 ³	3,528·10 ⁻²	3,528·10 ⁻²	1,3·10 ⁻²	7,5·10	9,85·10 ⁻¹	5,425·10 ²	2,504
1 мкр/с	= 1,405·10 ⁻¹	6,43	9,81	9,81·10 ⁻³	2,686	2,686	1,014	1	1,3·10 ²	5,5·10 ²	3,346·10 ⁻²
1 НР	= 1,069·10	6,411·10 ²	7,455·10 ²	7,455·10 ⁻¹	2,686	2,686	1,014	1	1,3·10 ²	5,5·10 ²	2,539
1 т.лб/сек	= 2,777·10 ²	1,666	1,36	1,36·10 ⁻³	4,896	4,896·10 ⁻³	1,8·10 ⁻³	7,604·10	1,7·10 ²	1	4,626
1 ВТУ/л	= 4,2·10 ⁻³	2,52·10 ⁻¹	2,93·10 ⁻¹	2,93·10 ⁻¹	1,055	1,055·10 ⁻³	3,99·10 ⁻⁴	1,38·10 ⁻¹	1,7·10 ²	1	4,626·10 ³
1 МВУ/л	= 4,2	2,52·10 ²	2,93·10 ²	2,93·10 ²	1,055	1,055	3,99·10 ⁻¹	1,38·10	1,7·10 ²	1	1·10 ³

Удельная энергия e	1 Дж/кг = 1 Нм/кг	1 ккал/кг = 4,19 кДж/кг
Удельная энтропия h	1 кДж/кг К	1 крп/кг = 9,81 Нм/кг
Удельная теплота c		1 ккал/кг град = 4,19 кДж/кг К
Удельная энтропия s		1 кВт·ч/кг град = 3,6 МДж/кг К
Коэффициент теплопроводности λ	1 Вт/м К	1 ккал/см с град = 4,19 Вт/см К
Коэффициент теплоотдачи α	1 Вт/м ² К	1 ккал/м ² ч град = 1,16 Вт/м ² К
Коэффициент теплопередачи κ		1 ккал/см ² с град = 4,19 Вт/см ² К

