

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
(ННГАСУ)

Институт инженерно-экологических систем и сооружений  
Кафедра теплогазоснабжения

## **Устройство паровых котельных агрегатов**

Методическая разработка к практическим занятиям, к курсовому и дипломному проектированию для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140104.65 Промышленная теплоэнергетика, 270109.65 Теплогазоснабжение и вентиляция, 280101.65 Безопасность жизнедеятельности в техносфере

УДК 697.32.001.24/075.8/

Устройство паровых котельных агрегатов [Текст]: метод. разработ. для студентов / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т; сост. Г.М. Климов [и др.]. - Н.Новгород: ННГАСУ, 2010.- 48 с.:ил.

В методической разработке приведена основная информация об устройстве парового котельного агрегата в целом и его составляющих частях. Эта информация приведена с позиции ее применения студентами в курсовом и дипломном проектировании паровых и водогрейных котлоагрегатов. Особо выделен раздел об устройстве взрывных предохранительных клапанов, об определении их размеров и их размещении в обмуровке топок и газоходов газового тракта котлоагрегатов и котельной установки. Приведены также основные технические характеристики некоторых современных паровых котлов. Данная методическая разработка является дополнением к ранее изданной в 2006 г. методической разработке «Паровые котлы: устройство и основные характеристики». Материал этих методических разработок предназначен для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140104 «ПТ»; 270109 «ТГВ», 280101 «БЖД в техносфере» и может быть полезен для инженеров специальности ТГВ.

Рис. .... Табл. .... Библиография .....назв.

Составители – Г.М. Климов

М.Г. Климов

Рецензент – доцент каф. ТГС Е.Н. Цой

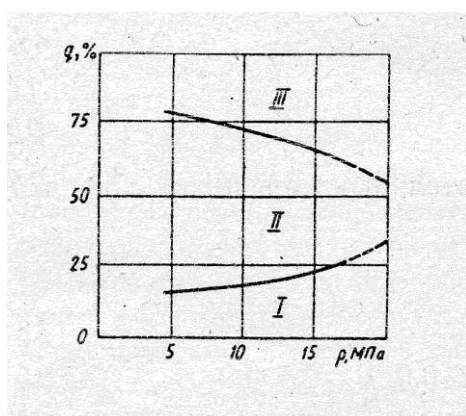
Компьютерный набор – А.А. Стрелина, гр. з.7/04-2

Содержание	стр.
1. Устройство паровых котлоагрегатов (общие сведения):	4
1.1 Паровой котлоагрегат с естественной циркуляцией	4
1.2 Котлоагрегаты прямоточные паровые	5
2. Топочные экраны и испарительные поверхности нагрева парового котла	7
3. Обмуровка котлоагрегата	9
4. Гарнитура котлоагрегата	13
5. Каркас котлоагрегата	14
6. Трубопроводы и арматура котлоагрегата	17
6.1 Трубопроводы котлоагрегата	17
6.2 Арматура котлоагрегата	22
7. Конструкция и расположение предохранительных взрывных клапанов на котлоагрегате	25
8. Источники	37
9. Приложения (справочные):	38
Приложение А: котлы Е – 1,0-0,9; Е – 1,6-0,9; Е – 2,5-0,9	38
Приложение Б: котлы серии ДЕ, МЕ	40
Приложение В: паровые котлы серии ДКВр	43
Приложение Г: паровые жаротрубные котлы серии Ем – «Генерация» - 1,0; 1,6; 2,5, т/и	48

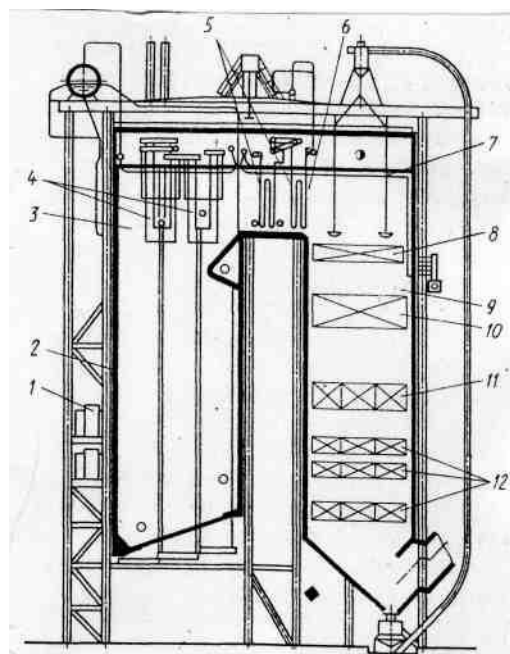
## 1 УСТРОЙСТВО ПАРОВЫХ КОТЛОАГРЕГАТОВ

### 1.1 Паровой котлоагрегат (рис 1) с естественной циркуляцией

включает топку 2, конвективную шахту 9 и горизонтальный газоход 6, соединяющий топку с конвективной шахтой. Топка призматической формы (в плане представляет прямоугольник 18,6x7,35 м) экранирована трубами испарительной поверхности диаметром 60x6 мм. Все экраны 3 с помощью тяг подвешены к металлоконструкциям потолочного перекрытия и могут свободно расширяться вниз. Для уменьшения влияния неравномерности обогрева на циркуляцию экраны секционированы: трубы с коллекторами выполнены в виде отдельных панелей, каждая из которых представляет собой отдельный циркуляционный контур.



**Рис. 2.** Изменение доли теплоты  $q$ , затраченной на подогрев, испарение воды и перегрев пара, в зависимости от давления  $p$  рабочего тела: *I*— зона подогрева; *II* — зона испарения; *III* — зона перегрева



**Рис. 1.** Схема барабанного парового котлоагрегата с естественной циркуляцией Еп-640—13,8—540 ГМ

Топка оборудована двенадцатью газомазутными горелками 1, установленными в два яруса на одной стенке. В ее верхней части расположен ширмовый перегреватель 4. В горизонтальном газоходе помещены два пакета конвективного перегревателя 5 высокого давления.

Потолок топки, горизонтального газохода и поворотной камеры экранированы трубами перегревателя 7 высокого давления.

В конвективной шахте размещены (последовательно по ходу газов) выходной 8 и входной 10 пакеты перегревателя низкого давления, первая (по ходу пара) ступень 11 перегревателя высокого давления и экономайзер 12. Два регенеративных воздухоподогревателя (РВП)

установлены вне здания котельной.

## **1.2 Котлоагрегаты прямоточные паровые**

**В прямоточных котлах отсутствует барабан.** Питательная вода в них, как и в барабанных котлах, последовательно проходит экономайзер, испарительные и перегревательные поверхности. Движение рабочей среды в поверхностях нагрева однократное и создается питательным насосом. Из испарительной поверхности выходит пар. Это позволяет отказаться от металлоемкого барабана. Надежное охлаждение металла труб испарительной поверхности обеспечивается соответствующими скоростями движения рабочей среды. **В прямоточных котлах нет четких границ между экономайзерной, испарительной и пароперегревательной поверхностями.** Изменение параметров питательной воды (температуры, давления), характеристик топлива, воздушного режима приводит к изменению соотношения площадей этих поверхностей. Так, при снижении давления в котле уменьшаются размеры экономайзерного участка (зона подогрева), увеличивается испарительная зона (ввиду роста теплоты парообразования) и несколько сокращается зона перегрева (**рис.2**).

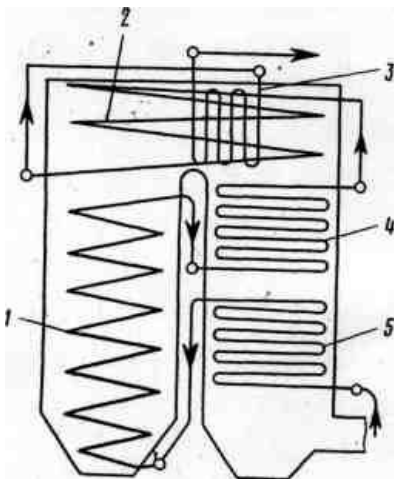
Прямоточные котлы по сравнению с барабанными имеют значительно меньший аккумулирующий объем рабочего тела. Поэтому при их работе необходима четкая синхронизация подачи воды, топлива и воздуха.

**Прямоточные котлы могут быть как докритического, так и сверхкритического давления.** Требования к качеству питательной воды у них значительно выше, чем у барабанных. Даже, когда содержание солей в ней измеряется миллионными долями грамма, вследствие постоянного роста отложений в трубах прямоточные котлы приходится периодически останавливать и подвергать кислотной промывке. Наиболее интенсивное отложение солей происходит при завершении испарения влаги и начале перегрева пара, что может привести к пережогу труб. Поверхность нагрева, в которой происходит этот процесс, называют переходной зоной. В котлах докритического давления эту зону размещают в конвективной шахте в области умеренных температур. При сверхкритическом давлении переходная зона менее выражена и ее не выделяют в отдельную поверхность нагрева.

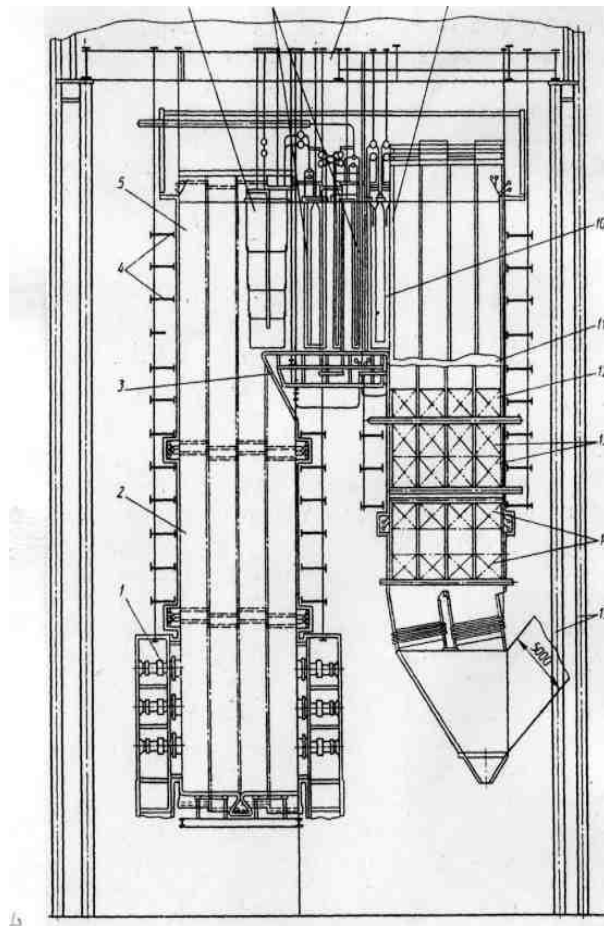
Появление прямоточных котлов связано со стремлением упростить конструкцию, отказаться от громоздкого барабана. Создание прямоточных котлов в нашей стране связано с именем профессора Л. К. Рамзина.

**В котлоагрегате Рамзина (рис.3)** вода из экономайзера 5 обычной конструкции направляется по необогреваемым трубам во входные коллектора радиационной части,

разделенной по высоте на НРЧ СРЧ и ВРЧ. Нижняя радиационная часть *1* выполнена в виде ленты труб с горизонтально-подъемной навивкой по стенам топки. В НРЧ вода нагревается до кипения и примерно 80 % ее испаряется. Из НРЧ пароводяная смесь направляется в переходную зону *4*, расположенную в конвективном газоходе. В некоторых котлах пар после переходной зоны увлажняют путем впрыска воды. Соли, растворенные в паре, частично переходят в воду и удаляются вместе с ней. Затем пар поступает в СРЧ *2* — первую ступень радиационного перегревателя, и дальше в ВРЧ — вторую ступень радиационного перегревателя, в потолочные трубы и выходной конвективный перегреватель *3*, а отсюда в турбину.



**Рис. 3. Схема прямоточного котлоагрегата Рамзина**



**Рис. 4. Конструкция современного прямоточного парового котлоагрегата Пп-3950—25,5—545 ГМ (ТГМП—1202)**

Конструкция современного прямоточного котлоагрегата Пп-3950 — 25,5—545 ГМ (ТГМП 1202) приведена на рис 4. Газомазутный котел предназначен для работы под наддувом в блоке с турбиной мощностью 1200 МВт. При конструировании котла были приняты следующие конструктивные решения. Компонка П-образная с подвеской котла на

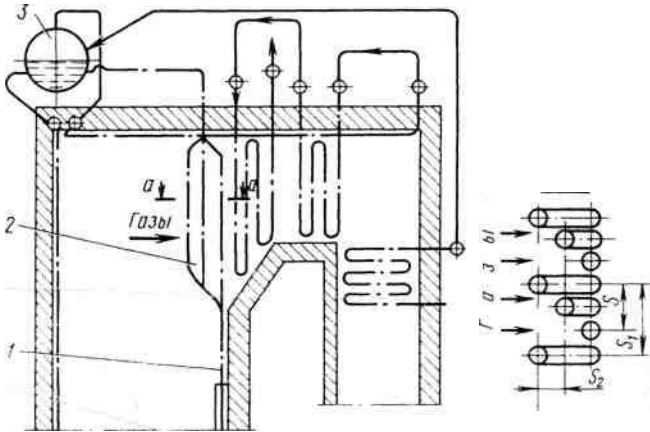
хребтовые балки 8, передающие нагрузку на колонны 15 здания. Исполнение газоплотное. Топка 2 призматическая с размером в плане 31,28x10,42 м, открытая, с верхним пережимом 3. Панели экранов 5 цельносварные из труб диаметром 32x6 мм. Для увеличения жесткости панелей предусмотрены горизонтальные балки 4. Вихревые горелки 1 расположены на стенах топки встречно, в три яруса. Движение среды в экранах топки одноходовое. Перегреватель сверхкритического давления расположен в горизонтальном газоходе 9. Он состоит из последовательно расположенных в газовом тракте ширм 6 и двух пакетов конвективного перегревателя 7. Регулирование температуры перегрева осуществляется двумя впрысками воды. Тракт низкого давления пара состоит из регулирующего 13, промежуточного 12 и выходного 10 пакетов. Через регулирующий пакет при нормальной нагрузке котла проходит около 30 % пара, остальные 70 % байпасируются мимо пакета. После смешения в коллекторе пар поступает в промежуточный пакет, а оттуда в выходной. Экономайзер 14, расположенный в опускном газоходе 11, состоит из двух пакетов. С котлом работают воздухоподогреватели регенеративного типа.

## **2 ТОПОЧНЫЕ ЭКРАНЫ И ИСПАРИТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ПАРОВОГО КОТЛА.**

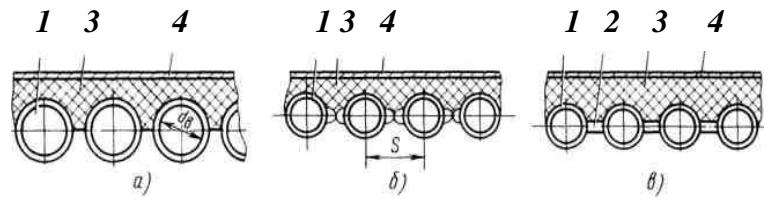
**В топочных камерах современных котлов одновременно с процессом горения происходит передача теплоты излучением от образующихся высокотемпературных продуктов сгорания трубам 4 и 2, покрывающим стены топки и получившим название топочных экранов. В барабанных котлах топочные экраны являются преимущественно испарительными поверхностями нагрева. Топочные экраны образуются гладкотрубными (рис. 5, а), плавниковыми (рис. 5, б) трубами 1 или трубами с вваренными проставками 2 (рис. 5, в). В последних двух случаях топка представляет жесткую раму из цельносварных газоплотных экранов с уменьшенной общей массой. В таких топках ликвидируются присосы и появляется возможность работы под наддувом, снижается толщина и масса обмуровки, облегчается каркас котла. Для уменьшения тепловых потерь с наружной стороны экраны покрыты обмуровкой 3. В топках с жидким шлакоудалением, как указывалось выше, трубы экранов из топки могут быть покрыты утеплительной обмазкой по специально приваренным плавникам (шипам).**

**Фестон 2 представляет испарительную поверхность нагрева, образованную трубами 1 заднего экрана, разведенными в шахматном порядке в несколько (три-четыре) рядов (рис. 8). Для уменьшения степени шлакования и забивания золой труб фестона последние расположены на значительном расстоянии друг от друга как в продольном ( $S_2 = 200$ —300 мм), так и в поперечном направлении ( $S_1 = S_2$ , где  $S$  — расстояние между экранными**

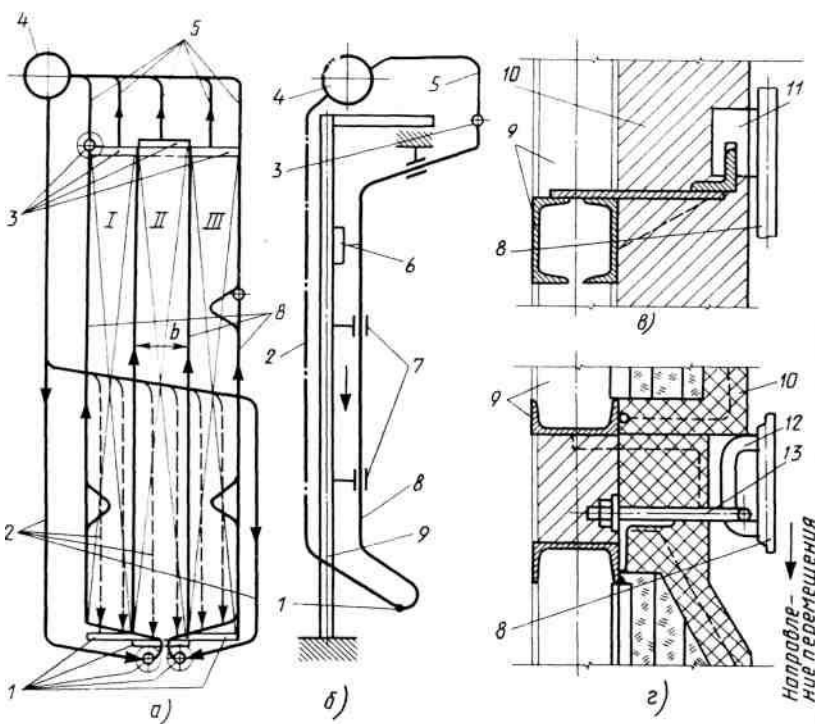
трубами;  $Z$  — число рядов труб в фестоне — на **рис. 8**  $Z = 3$ ). С повышением давления в котле место фестона занимают другие полуррадиционные поверхности нагрева — ширмовые пароперегреватели.



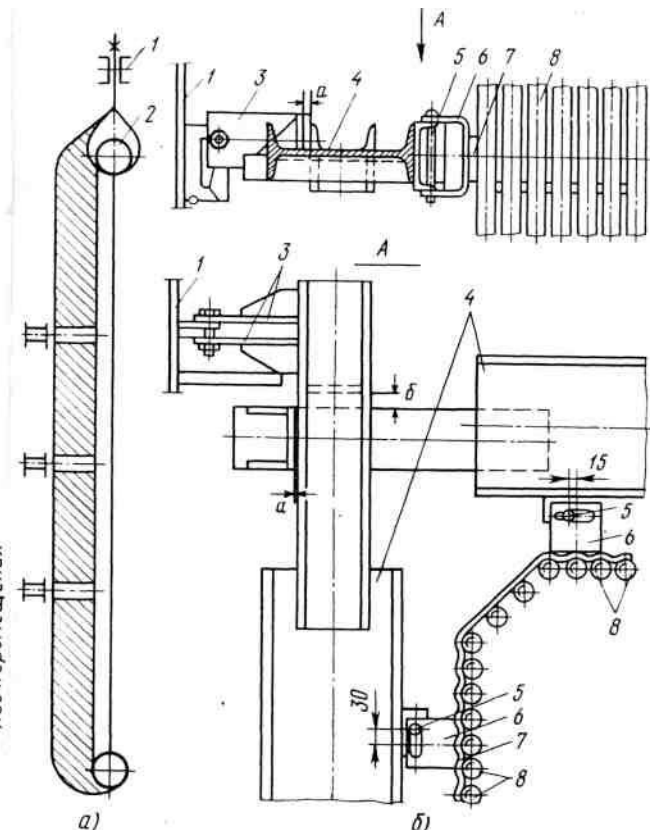
**Рис.8.Фестон:1-трубы заднего экрана, 2-фестон, 3-барaban**



**Рис. 5 Топочные экраны:**  
а — гладкотрубные, б — плавниковые, в — с сваренными проставками; 1 — трубы экранов, 2 — проставки, 3 — обмуровка, 4 — обшивка



**Рис.6.Схема секционирования (а) и (б) экранов, неподвижные (в) и подвижные (г) крепления:**  
1,3-нижние и верхние коллекторы, 2,8-опускные и подъемные (экранные) трубы, 4-барaban, 5-отводящие трубы, 6,7 - неподвижные и подвижные крепления, 9-балки каркаса, 10-обмуровка, 11-косынка, 12-скоба, 13-прутковая связь, I,II,III - контуры циркуляции



**Рис.7.Подвесные экраны (а) и пояс жесткости (б):1-балка каркаса, 2-верхний коллектор, 3-косынки, 4-балки пояса, 5-пальцы, 6-скобы, 7-полоса, 8-трубы экранов.**



По периметру топочные экраны обогреваются неравномерно, что может вызвать в слабообогреваемых трубах замедленное движение пароводяной смеси и перегрев этих труб. Чтобы уменьшить влияние неравномерности обогрева, экраны разделяют на секции — самостоятельные контуры циркуляции со своими опускными 2 и отводящими 5 трубами, нижними 1 и верхними 3 коллекторами (рис. 6, а). Трубы 8 топочных экранов в барабанных котлах располагают вертикально и крепят к каркасу 9 с помощью неподвижных 6 (как правило, в верхней части) и подвижных 7 креплений (рис. 6,б) или выполняют подвесными (рис. 7, а).

В неподвижных креплениях (рис. 6, в) трубы 8 подвешивают жестко к каркасу или опирают на его балки 9 с помощью косынок 11. Подвижные крепления (рис. 7, з) допускают вертикальное перемещение труб 8 с приваренными скобами 12 относительно связей 13 каркаса, исключая поперечное перемещение в топку.

Широкое распространение получили топки с подвесными экранами, когда к балкам 1 каркаса подвешиваются верхние коллекторы 2 (рис. 7, а), а вся система труб 8 свободно расширяется вниз. Расположение подвешенных труб в одной плоскости обеспечивается с помощью специальных поясов жесткости (рис. 7,б), содержащих балки 4, связанные с трубами 8 экранов скобами 6 через полосу 7. Скобы с экранами могут перемещаться вдоль балок, для чего в них предусмотрены продольные отверстия, в которые входят пальцы 5, закрепленные на балках. Балки 4 пояса жесткости шарнирно с помощью косынок 3 связаны с балками 1 каркаса.

**Кроме испарительных поверхностей в топках котлов могут располагаться и радиационные пароперегреватели, в частности у потолка топки или на стенах. Трубы пароперегревателей могут иметь как вертикальное, так и горизонтальное расположение.**

**В котлах низкого и среднего давления широко практикуется применение испарительных поверхностей на выходе из топки или в газоходе после топки в виде фестонов и котельных кипяtilных пучков. Например, в котлах типа (ДКРр, Е(ДЕ), Е(КЕ) .**

### **3 ОБМУРОВКА КОТЛОАГРЕГАТА.**

**Обмуровка предназначена для уменьшения наружных потерь теплоты из газоходов котла, а также для защиты обслуживающего персонала от ожогов. Поскольку температура теплоносителя в газоходах  $t_r$  имеет значительно большие значения, чем температура воздуха в котельном помещении  $t_b$ , в стенке газохода (обмуровке) возникает тепловой поток  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>. Его значение определяется теплоотдачей обеих сторон обмуровки, ее теплопроводностью и толщиной  $\delta_{об}$ , м. Под действием теплового потока обмуровка приобретает**

различную температуру снаружи  $t_{н-ст}$  и внутри  $t_{в-ст}$  газохода:

$$q = \frac{\lambda_{об}(t_{в.см} - t_{н.см})}{\delta_{об}} = \frac{t_{в.см} - t_{н.см}}{R}. \quad (1)$$

Здесь  $\lambda_{об}$  — теплопроводность обмуровки, кВт/(м<sup>2</sup>К). Величину  $R = \delta_{об} / \lambda_{об}$  называют термическим сопротивлением стенки, с ее увеличением уменьшается тепловой поток. **Важными характеристиками обмуровки являются её теплопроводность и жаростойкость, т. е. способность выдерживать высокие температуры.** Чем меньше теплопроводность, тем лучше теплоизоляционные свойства обмуровки, тем тоньше она может быть и меньше её масса. **В качестве жаростойких применяют шамотные** (температура обмуровки до 1300—1600° С) **изделия.** Хорошими теплоизоляционными свойствами обладают диатомовые изделия (асбодиатомовые плиты и кирпичи применяют до температуры 900° С), **а при более низких температурах применяют перлитные, асбовермикулитные, асбозуритные материалы, асбест и др.** В котлах с газоплотными мембранными панелями при максимальной температуре за экранами до 400° С широко **используют плиты** (например, **известково-кремнеземистые**) из изоляционных материалов, применяемых также для изоляции трубопроводов.

**Наименьшую толщину и высокую жаростойкость обмуровки получают при изготовлении её многослойной из разных материалов.** Со стороны теплоносителя применяют высокотемпературные материалы, а снаружи — материалы с наименьшей теплопроводностью. Термическое сопротивление такой обмуровки суммируется из термических сопротивлений ее составляющих:

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (2)$$

где 1, 2, ...,  $n$  — номера слоев обмуровки.

Наружную часть обмуровки покрывают газоплотной обмазкой или закрывают металлической обшивкой.

**Обмуровкой котельного агрегата называют стенки, отделяющие топочную камеру и газоходы от окружающей среды. Кроме того, обмуровка служит для направления движения потока дымовых газов в пределах котельного агрегата.**

Выбор типа обмуровки зависит от паропроизводительности котла, его размеров и конструкции, от системы топочного устройства и др. Для газоходов, в которых температура внутренней стороны обмуровки не превышает 600° С. применяют красный кирпич, а при температуре свыше 600° С — огнеупорный шамотный кирпич.

**Обмуровки бывают тяжелые, облегченные и легкие. По способам крепления их делят на свободностоящие (на фундаментах), каркасные (опирающиеся на каркас) и натрубные (висящие на трубах).** Обмуровку выполняют так, чтобы она при нагревании

могла беспрепятственно расширяться во всех направлениях. **Внутренняя часть обмуровки** подвергается воздействию высоких температур, нагревается сильнее, чем наружная, и **выполняется из огнеупорного кирпича. Наружную часть кладки выполняют из красного кирпича. Применяют также наружную металлическую обшивку.**

**Котельный агрегат имеет обмуровку вертикальных стен, потолочных покрытий, подвесных сводов, золовых воронок и пода. Обмуровка вертикальных стен бывает свободностоящей, массивной, облегченной накаркасной, щитовой и натрубной (рис. 9).**

**Свободностоящую обмуровку (рис.9,а)** выполняют толщиной не менее чем в два кирпича на специальной раме. Каждый вид кирпича обмуровки располагают в самостоятельном ряду, но для ее предохранения от расслоения и выпучивания футеровки внутри газохода огнеупорную кладку через каждые 5 — 8 рядов перевязывают с кладкой из красного кирпича *1* путем выпуска всего ряда огнеупорной кладки на полкирпича в кладку из красного кирпича. **Кирпичную массивную обмуровку (рис. 9,б)** выполняют обычно в котельных агрегатах небольшой паропроизводительности.

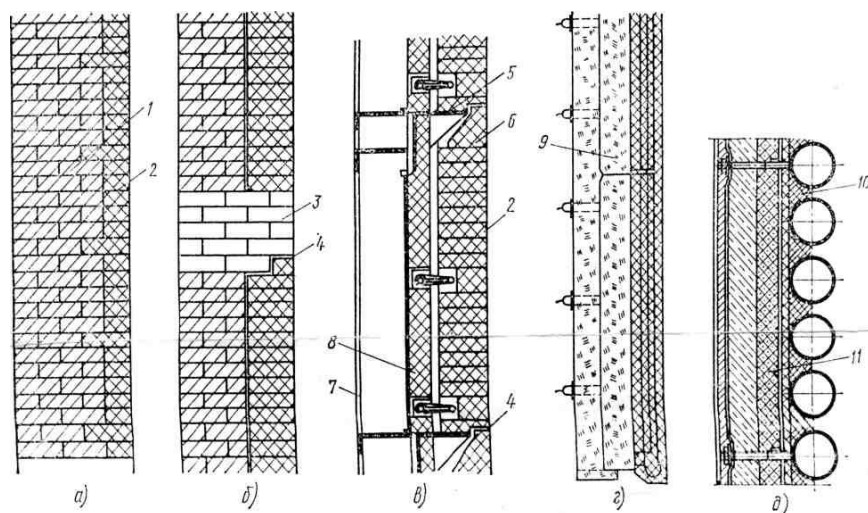
**Облегченную накаркасную обмуровку (рис. 9,в)** вертикальных стен осуществляют в котельных агрегатах паропроизводительностью 50 — 75 т/ч и выше. Облегченная обмуровка состоит из слоя нормального шамотного кирпича *2*, укладываемого в полкирпича или в один кирпич, а также фасонного кирпича *6*, образующего футеровку, слоя легковесной теплоизолирующей шамотной массы *10* или плит *9*. Для придания обмуровке необходимой устойчивости ее связывают с каркасом котла разгрузочными притягивающими поясами *8*.

**В паровых котлах применяют натрубную подвесную, щитовую накаркасную, кирпичную накаркасную обмуровки, а в газоплотных котлах — изоляцию по мембранным панелям или обшивочному листу.**

**Щитовую обмуровку (рис. 9, з)** выполняют в виде отдельных прямоугольных щитов из различных видов бетона, которые укрепляют на каркасе котла. Щит делают многослойным, слой, обращенный в газоход, выполняют из огнеупорного бетона, армированного стальной сеткой.

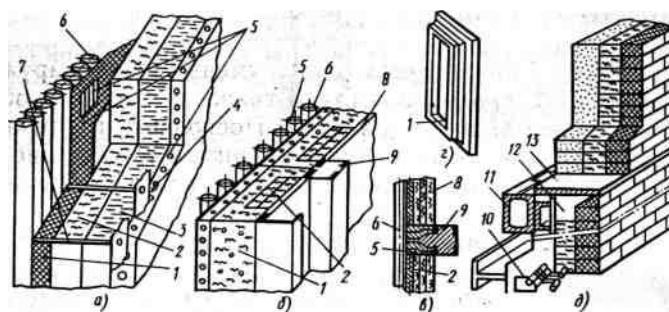
**Натрубная обмуровка (рис. 9,д)** крепится непосредственно к трубам и состоит из слоя хромитовой или шамотной массы *10*. Следующий слой делают из легкого термоизоляционного материала, затем укладывают теплоизоляционные плиты *11* и производят газонепроницаемую обмазку.

**Натрубная подвесная обмуровка (рис. 10, а)** включает внутренний шамотобетонный слой *1* толщиной 60 мм, за которым следует слой диатомобетона *2* ( $\delta = 45$  мм) и совелита или вулканита *3* ( $\delta = 90$  мм). Снаружи наносится слой уплотнительной штукатурки или обмазки *4* ( $\delta = 15$  мм). Первый и последний слои наносятся на металлическую сетку *5*. Натрубная обмуровка крепится с



**Рис. 9. Обмуровка котельного агрегата:**

*a* — свободстоящая, *б* — массивная, *в* — облегченная накаркасная, *г* — щитовая, *д* — натрубная; 1 и 2 - красный и шамотный кирпич, 3 — перевязочный ярус, 4 — температурный шов, 5 и 6 — фасонный шамотный кирпич, 7 — металлическая обшивка, 8 — разгрузочный пояс, 9 и 11 — теплоизолирующие и теплоизоляционные плиты, 10 — хромитовая или шамотная масса



**Рис. 10. Обмуровка котла:**

*a* — натрубная подвесная, *б, в, г* — накаркасная щитовая и ее элементы, *д* — накаркасная кирпичная; 1 — шамотный слой, 2, 3 — слой изоляционных материалов (диатомобетона, совелита и т. д.), 4 — уплотнительная обмазка, 5 — металлическая сетка, 6 — экранные трубы, 7 — натяжные штыри, 8 — металлическая обшивка, 9 — рамы щита, 10 — натяжной крюк, 11 — балка каркаса, 12 — кронштейн, 13 — полка

помощью привариваемой к трубам внутренней металлической сетки 5 и приварных натяжных 7.

**Натрубная обмуровка** — облегченного типа, допускает ускоренный монтаж и ремонт, но имеет существенный недостаток — невысокую плотность из-за трещин, появляющихся в эксплуатации от пульсации давления в газоходах, а также под действием термических напряжений. В последнее время с целью уплотнения стен с натрубной обмуровкой трубы *б* со стороны обмуровки покрывают плоским или гофрированным металлическим листом.

**Накаркасная щитовая обмуровка** набирается из бетоноизоляционных армированных (плоских или профильных) плит в виде щитовых блоков на рамной конструкции 9. Снаружи щиты обшиваются металлическим листом 8.

**Обмуровка накаркасная кирпичная (рис. 10, д)** в настоящее время применяется реже и в основном в высокотемпературных газоходах, не защищенных экранами. Масса кирпичной кладки передается на балки каркаса 11 через полки 13 с кронштейнами 12. С помощью натяжных крюков 10 или кляммерных креплений, входящих в пазы фасонных кирпичей, обмуровка предохраняется от выпадания.

**Большой частью в паровых котлах применяют сочетание различных типов обмуровок. Места стыковки подвижной и неподвижной обмуровок уплотняют с помощью асбестовых шнуров, укладываемых вдоль шва или с помощью различных затворов (гидравлических, песчаных).**

**Топочные камеры и газоходы современных котельных агрегатов выполняют из огнеупорных теплоизоляционных бетонов. Обмуровку холодной воронки изготавливают из огнеупорного бетона. Основой этой обмуровки служит металлический каркас. Обмуровка пода топков для сжигания мазута и газа почти аналогична по конструкции обмуровке холодной воронки.**

#### 4 ГАРНИТУРА КОТЛОАГРЕГАТА

**В гарнитуру котлоагрегата входят устройства, установленные на стенах топки и газоходов, которые обеспечивают возможность наблюдения за топкой и поверхностями нагрева во время работы котла, облегчают проникновение во внутрь котла и проведение ремонта, т. е. облегчают обслуживание котлоагрегата. Это лазы, различного назначения лючки, гляделки, взрывные клапаны и др.**

Лазы или лазовые затворы (рис. 11, а) устанавливают в обмуровке топки и газоходов для обеспечения проникновения людей и подачи материалов и инструмента при внутренних осмотрах и при ремонте котла. Они изготавливаются преимущественно круглого сечения с внутренним проходом 450—500 мм.

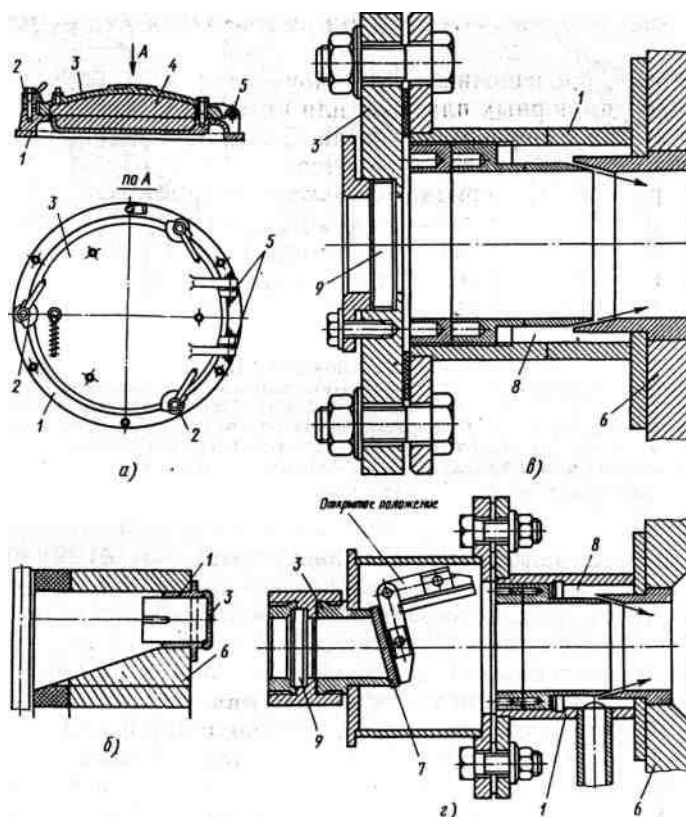
Лазы (как и лючки) состоят из корпуса 1, вмонтированного в обмуровку 6 или крепящегося к раме каркаса, и крышки 3, закрываемой с помощью затворов 2. Крышка крепится к корпусу на петлях 5. Для уменьшения разогрева крышки она изнутри покрывается обмуровкой 6.

**Лючки (рис. 11, б)** предназначены для ввода в газоходы измерительной и диагностической аппаратуры, инструмента и приспособлений, используемых при ремонте и эксплуатации котла. Они меньше лазов, их проходное сечение и форма определяются назначением.

**Гляделки (рис. 11, в, г)** устанавливают преимущественно в топке и в зоне пароперегревателя. Они позволяют осуществлять визуальное наблюдение за протеканием

процесса горения, за состоянием внутренней поверхности топки и поверхностей нагрева на выходе из топки. Они используются также для проведения измерений во время испытаний, котла.

При работе котла под наддувом как гляделки, так и лючки снабжаются устройством обдувки 8 и уплотнительными затворами 7.



**Рис. 11. Гарнитура котлоагрегата:**

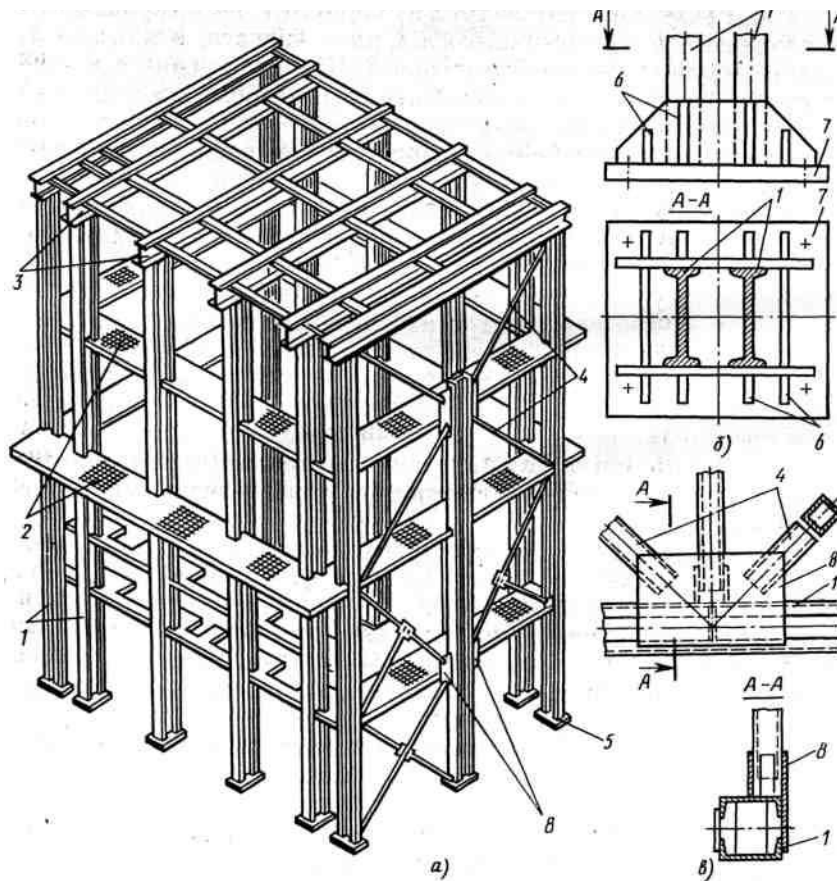
*a* — лаз, *б* — лючок, *в, г* — гляделки котла под наддувом без затвора и с затвором; *1* — корпус, *2* — затворы, *3* — крышка, *4, 6* — обмуровка лаза и котла,

*5* — петли, *7* — затвор, *8* — воздушная камера, *9* — стекло

## 5 КАРКАС КОТЛОАГРЕГАТА

Каркас — пространственная рамная металлоконструкция (рис. 12), предназначенная для крепления (опоры или подвески) поверхностей нагрева и трубопроводов, ограждений, изоляции, площадок обслуживания и других элементов котла и вспомогательного оборудования.

Каркас состоит из вертикальных колонн *1*, горизонтальных балок, горизонтальных *2* и вертикальных ферм, связей-раскосов *4* и упрочненной конструкции потолочного перекрытия *3*. Колонны крупных котлов изготавливают из сварных профильных балок большого размера. Для уменьшения удельной нагрузки на фундамент под колонны



**Рис. 12. Каркас котлоагрегата и его элементы:**

*a* — общий вид, *б* — башмак, *в* — сочленение балок с раскосами:  
 1—колонны, 2—горизонтальные фермы (площадки), 3—балки  
 потолочного перекрытия, 4—раскосы-связи, 5—опорный  
 башмак, 6—ребра жесткости, 7—опорные плиты, 8—накладка.

устанавливают опорные башмаки 5 (рис. 12, *a*, *б*), состоящие из опорных плит 7 и ребер жесткости 6. Также сварными делают основные балки потолочного перекрытия 3 и некоторые другие горизонтальные балки.

Раскосы 4 фермы выполняют из профильного проката (швеллера, двутавра), связывая их между собой (сваривая) накладками 8 (рис. 12, *в*).

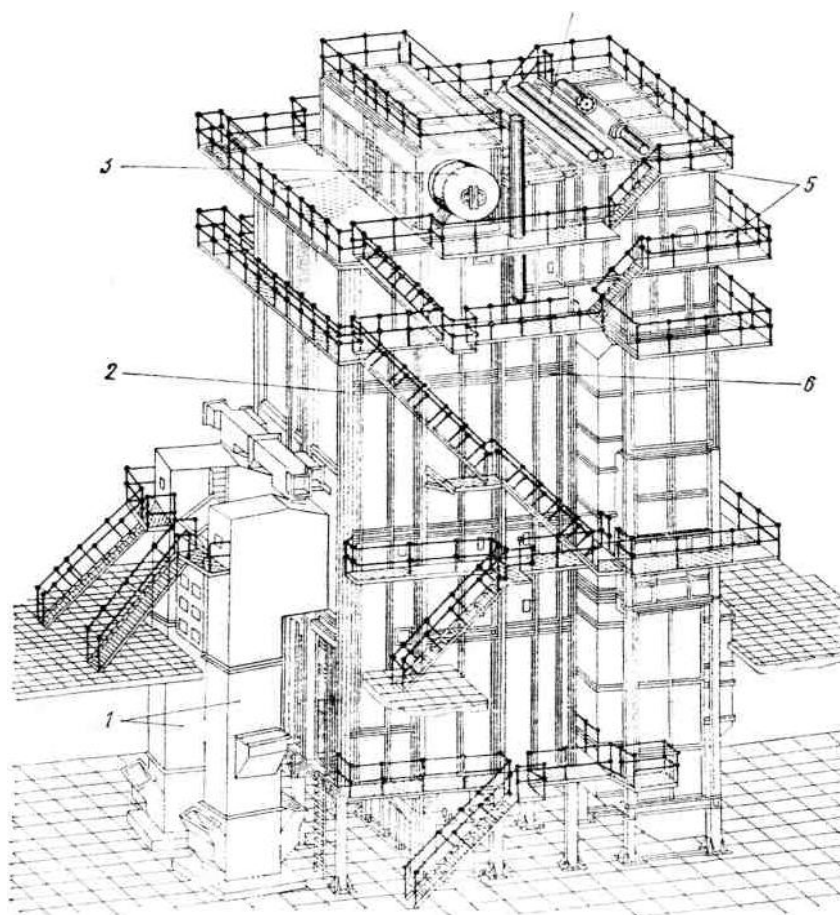
Горизонтальные фермы 2, балки и связи-раскосы 4 применяют для придания поперечной устойчивости колоннам и повышения жесткости каркаса. Они могут также воспринимать нагрузки, возникающие при повышении (или колебании — при пульсациях) давления в топке и газоходах.

Для уменьшения термических напряжений в каркасе основные несущие его элементы располагают за пределами газоходов и их обмуровки. Сочленение же обогреваемых балок (например, опорных балок поверхностей нагрева конвективной шахты) с балками каркаса выполняется в виде скользящей опоры с одной стороны, при неподвижном креплении — с другой.

Современные мощные котлы с газоплотными экранами, покрытыми облегченной изоляцией, подвешивают на потолочном перекрытии к металлоконструкциям здания. Для придания жесткости стенам топки, восприятия нагрузок от наддува, от повышения давления при хлопках, с целью предупреждения деформации экранов предусматривается обвязочный каркас с горизонтальными поясами жесткости через 2,5—3 м по высоте. Помосты и лестницы также крепятся на этом каркасе.

Опорные конструкции котла являются важнейшими его элементами, обеспечивающими безопасность эксплуатации. Поэтому необходимо следить за их сохранностью, проводя своевременный ремонт, не допускать нагрева балок и особенно колонн, обваливания обмуровки.

**Каркас котельного агрегата экранного типа (рис. 13)** состоит из вертикальных колонн 2, соединенных между собой горизонтальными балками 6, которые для предотвращения продольного изгиба колонн связаны раскосами и крестовинами. На отдельных уровнях каркаса устанавливают площадки 5. Каркас в целом ставят на бетонный фундамент.



**Рис.13.Каркас котельного агрегата:**  
**1-мельничные шахты, 2-колонна, 3-барaban, 4-**  
**коллектор,**  
**5-площадки, 6-горизонтальные балки.**



**Лестницы и площадки, используемые для обслуживания и ремонта котлоагрегата, часто размещают на горизонтальных фермах или опирают на них. Их выполняют из сортового проката, покрывая проходные площадки просечно-вытяжным или рифленным листом.**

Во многих котлах часть поверхностей нагрева и топочные камеры подвешивают к потолочному перекрытию. В этих случаях основные несущие (хребтовые) балки изготавливают сварными из листов значительной толщины, а трубы экранов или газоходов связывают поясами жесткости.

Барабан 3 котла, коллекторы 4 экранов, пароперегреватель, водяной экономайзер и воздухоподогреватель при нагреве удлиняются, поэтому во избежание возникновения в них больших температурных напряжений их устанавливают на специальных опорах, закрепленных на горизонтальных балках, или подвешивают к этим балкам.

**В котлах небольшой паропроизводительности, например в ДКВР, каркас не изготавливают; масса котла передается непосредственно на опорную раму, а для укрепления обмуровки делают металлическую обвязку.**

## **6 ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА**

### **6.1 Трубопроводы котлоагрегата.**

**Тепломеханическое оборудование котельной установки связывают трубопроводами — системой плотно соединенных между собой труб, предназначенных для транспортирования газообразной и жидкой сред.**

**Трубопроводы различают по назначению и параметрам рабочей среды. По назначению можно выделить: трубопроводы питательной воды, паропроводы, трубопроводы химических растворов, мазуто- и газопроводы и т. д. По параметрам (давлению и температуре) трубопроводы делятся на четыре категории (табл. 1).**

**Трубопроводы содержат: прямые участки, выполняемые из бесшовных или сварных труб, фасонные элементы, дренажную систему и воздушники, опоры и подвески, компенсаторы, арматуру, контрольно-измерительную аппаратуру для определения и регистрации параметров рабочей среды и состояния металла трубопроводов. Для определения правильности тепловых расширений на трубопроводах устанавливают указатели тепловых удлинений (реперы) с соответствующими регистраторами. С целью предотвращения ожогов и снижения тепловых потерь трубопроводы снаружи покрывают изоляцией.**

Для стационарных трубопроводов применяют (в зависимости от параметров среды) трубы из углеродистой низколегированной и легированной стали, а в некоторых случаях трубы из полиэтилена.

Т а б л и ц а 1. Категория трубопроводов водяного пара и горячей воды.

Категория трубопроводов	Среда	Рабочие параметры среды	
		Температура, °С	Давление (избыточное), МПа
1	Перегретый пар	Выше 580	Не ограничено
		Выше 540 до 580 (вкл.)	»
		Выше 450 до 540 (вкл.)	»
		До 450 (вкл.)	Более 3,9
	Горячая вода	Выше 115	Более 8,0
	Насыщенный пар	—	
2	Перегретый пар	Выше 350 до 450 (вкл.)	До 3,9 (вкл.)
		До 350 (вкл.)	Более 2,2 до 3,9 л.
	Горячая вода	Выше 115	Более 3,9 до 8,0 л.
	Насыщенный пар	—	
3	Перегретый пар	Выше 250 до 350 (вкл.)	До 2,2 (вкл.)
		До 250 (вкл.)	Более 1,6 до 2,2
	Горячая вода	Выше 115	Более 1,6 до 3,9
	Насыщенный пар	—	
4	Перегретый пар	Выше 115 до 250 (вкл.)	Более 0,07 до 1,6 (вкл.)
	Насыщенный пар	—	
	Горячая вода	Выше 115	До 1,6 (вкл.)

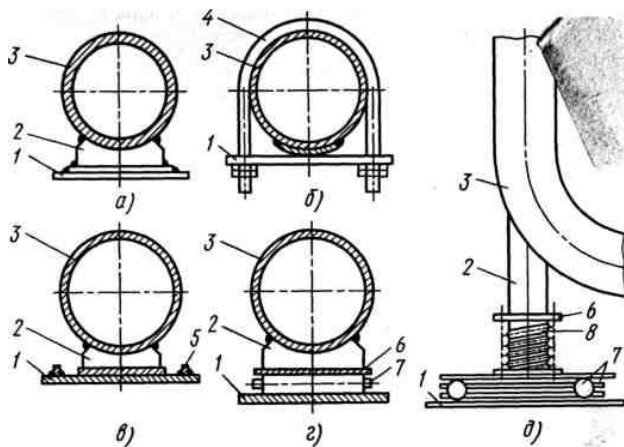


Рис.14.Опоры:

а-неподвижная приварная, б-неподвижная хомутовая, в-подвижная скользящая, г-подвижная катковая, д-подвижная пружинно-катковая; 1-опорная рама, 2-ребра, 3-труба, 4-хомут, 5-ограничение, 6-пластина, 7-катки, 8-пружина.

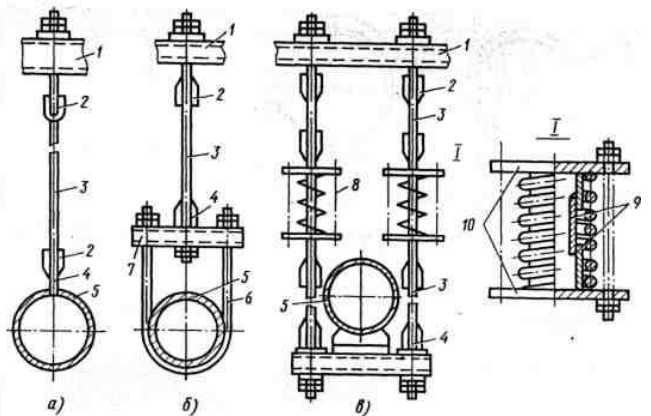


Рис.15.Подвески:

а-тяговая, б-хомутовая, в-пружинная, 1-опорная балка, 2,4-шарниры, 3-тяга, 5-труба, 6-хомут, 7-траверса, 8-пружинная подвеска, 9-стаканы, 10-пластины.

Наиболее ответственные трубопроводы (паропроводы высокого давления, трубопроводы питательной воды и др.) изготавливают из бесшовных труб, имеющих более высокую надежность по сравнению со сваренными в условиях самокомпенсации.

**Фасонными элементами трубопровода являются: отводы (поворотные колена) для изменения направления потока рабочей среды; тройники и развилки — для разделения или собирания потоков; переходы — для изменения скорости.**

**Опоры и подвески** устанавливают на трубопроводах для восприятия массовых нагрузок трубопровода и протекающей по нему рабочей среды, арматуры, изоляции и других расположенных на нем устройств, нагрузок от давления среды, деформации и теплового удлинения трубопровода, а также динамических нагрузок (вибрационных, ударных, в том числе сейсмических) и др. Опоры могут быть подвижными и неподвижными.

**Неподвижные опоры (рис. 14, а, б)** воспринимают практически все перечисленные виды нагрузок. В зависимости от способа крепления трубопровода *3* к опорному каркасу *1* они выполняются приварными с помощью ребер *2* или хомутовыми.

**Подвижные опоры (рис. 14, в, г, д)** воспринимают преимущественно массовые нагрузки и обеспечивают плоскостное или пространственное перемещение трубопроводов. По способу обеспечения перемещения различают опоры скользящие (подобны опорам на рис. 14, а, но без приварки ребер *2* к опорному каркасу *1*, имеющему ограничения *5*), катковые и пружинные. В катковых опорах ребра *2* приварены (как и в опорах на рис. 14, б) к промежуточной пластине *6*, опирающейся на катки *7*.

**Подвески трубопроводов (рис. 15)** выполняют с помощью тяг *3*, соединяемых непосредственно с трубами *5* (рис. 15, а) или с траверсой *7*, к которой на хомутах *6* подвешена труба *5* (рис. 15, б), а также через пружинные блоки *8* (рис. 15, в) Шарнирные соединения *2* обеспечивают перемещения трубопроводов. Направляющие стаканы *9* пружинных блоков приваренные к опорным пластинам *10*, позволяют исключить поперечный прогиб пружин. Натяжение подвески обеспечивается с помощью гаек или талрепов.

**Компенсаторы.** Вследствие нагрева от рабочей среды трубопроводы могут расширяться и удлиняться. Для уменьшения возникающих тепловых напряжений и исключения деформации и разрушения трубопроводов, вызванных удлинением, предусматривается установка компенсаторов или самокомпенсирующихся трубопроводов. Самокомпенсирующимися (или «гибкими») трубопроводами называются такие, в которых удлинения воспринимаются изгибами (или коленами).

Самокомпенсирующиеся трубопроводы, изготавливаемые со значительным количеством изгибов и петель, наиболее распространены при высоких давлениях среды (не менее 6,4 МПа) и диаметрах труб до 0,4 м.

При меньших давлениях среды и для больших диаметров трубопроводов применяют *гофрированные компенсаторы-устройства*, основным элементом которых является обечайка изогнутой формы (рис.16.) Иногда (например, в теплосетях) применяют *сальниковые компенсаторы*.

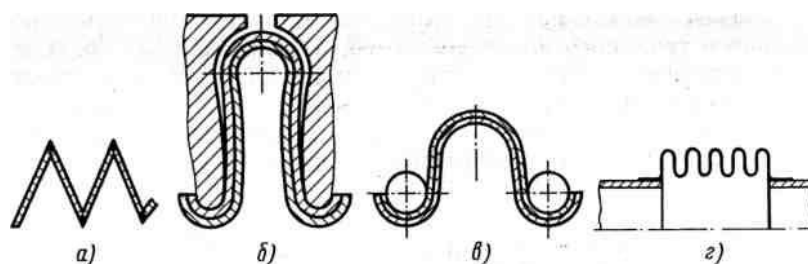


Рис.16. Типы гофрированных компенсаторов  
а — линзовый, б, в — волнистый, г — сальфонный

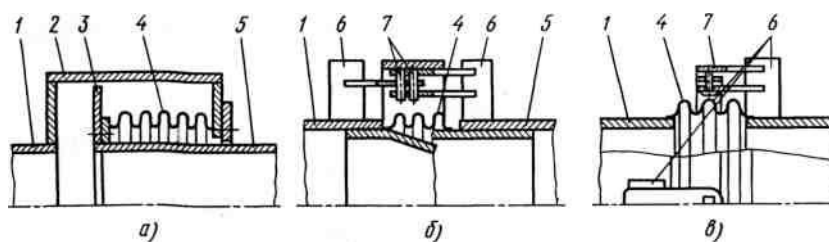


Рис. 17. Компенсаторы

*а* — осевой полуразгруженный, *б* — плоскостно шарнирный, *в* — пространственно шарнирный; 1, 5 — участки трубопроводов, 2 — кожух, 3 — фланец, 4 — гофрированная сальфонная обечайка, 6 — стойки, 7 — шарниры

По форме гофр различают линзовые, волнистые и сальфонные компенсаторы. На компенсаторах предусматривается установка натяжных устройств — для холодной растяжки и кожухов — для защиты от повреждений и для нанесения тепловой изоляции. По виду деформации выделяют осевые (рис. 16, *а* и 17, *а*), угловые плоскостно-шарнирные (рис. 16, *б*) и пространственно-шарнирные (рис. 16, *в*), а также поворотные компенсаторы, по действующим нагрузкам — неразгруженные и полуразгруженные.

В неразгруженных компенсаторах распорные силы от давления среды полностью передаются на гофры и далее на неподвижные опоры и основания, в полуразгруженных (гидравлических или механических) компенсаторах создается соответственно транспортирующей средой или механически уравновешивающая сила, как, например, на рис. 17, где гофрированная обечайка 4, приваренная к патрубку 1 через кожух 2, а к патрубку 5 через фланец 3, омывается рабочей средой снаружи (ее внутренняя полость через сальник соединена с окружающей средой). Осевые компенсаторы обеспечивают возможность продольного теплового удлинения труб, а угловые (рис. 16, *б*, *в*) и поворотные — дополнительно одноплоскостной или пространственный повороты через шарниры 7, соединенные со стойками 6, уменьшая изгибающие

моменты, действующие на трубопровод, и позволяя получать более компактную трассировку трубопроводов.

**Контрольно-измерительные устройства.** Соответствие тепловых перемещений отдельных участков трубопроводов расчетным значениям контролируется с помощью специально устанавливаемых индикаторов-реперов, которые обеспечивают фиксацию перемещений. С помощью индикаторов можно отмечать и регистрировать перемещения линейные, в одной плоскости и пространственные. Реперы крепятся на трубопроводах и в простейшем случае представляют собой штыри-указатели, перемещающиеся с элементами трубопровода вдоль закрепленных на специальном каркасе рамок с градуировочными пластинами.

Для контроля и измерения давления и температуры среды на трубопроводах устанавливают соответственно штуцер с импульсными трубками к приборам, гильзы термометров.

Расход среды контролируют с помощью диафрагм или сопел, имеющих внутренний диаметр меньше диаметра трубопровода. Штуцеры с импульсными линиями присоединяют до и после диафрагмы или до сопла и в его наиболее узком сечении. На показания измерительных устройств оказывают влияние близко расположенные элементы трубопровода (гибы арматура и т. д.)

**Дренажи, продувки, воздушники.** На горизонтальных участках паропроводов может появляться и накапливаться конденсат (например, при прогреве трубопроводов или при локальном охлаждении, нарушении изоляции и т. д.), что может приводить к температурной неравномерности по периметру и толщине труб, вызывать дополнительные напряжения. Кроме того, при остановке оборудования возникает необходимость удалить полностью рабочую среду из трубопроводов. По Правилам Котлонадзора горизонтальные участки трубопроводов следует прокладывать с уклоном не менее 0,004, а в нижних точках каждого отключаемого задвижками участка трубопровода должны предусматриваться дренажи (на трубопроводах с водой — системы опорожнения), т. е. штуцера, снабженные арматурой для опорожнения трубопровода. В ряде случаев дренажи устанавливаются и на гофрах компенсаторов.

Кроме того, в верхних точках трубопроводов предусматриваются также штуцеры с запорной арматурой для отвода воздуха из них, например, при заполнении трубопровода рабочей средой. Это так называемые воздушники. При пуске оборудования необходимо прогревать трубопроводы, пропуская по ним рабочую среду постепенно повышающихся параметров. Для этого на основных трубопроводах перед запорными органами предусматривают отводы со своей арматурой.

Дренажные, продувочные устройства и воздушники соединяются в единую дренажно-продувочную систему.

## 6.2 Арматура котлоагрегата

Арматура представляет собой устройства, устанавливаемые на трубопроводах или сосудах для управления потоками рабочей среды путём изменения проходных сечений с помощью перемещения (поворота) рабочего органа (затвора).

Большинство видов арматуры состоит из корпуса 1 (рис. 18) с крышкой 5, рабочего органа — затвора (золотника) 3, перемещающегося относительно неподвижно установленного (или выточенного) в корпусе седла 2. Между корпусом и крышкой устанавливают прокладки б.

Затвор приводится в движение через шпindel (шток) 4 вручную (с помощью маховика 8) или с помощью электродвигателя через специальную систему перемещающихся (поворотных) шарнирно соединенных тяг. С целью устранения протечек рабочей среды, возникающих в зоне прохода шпинделя через корпус, применяют устройство уплотнения (герметизации). Уплотнение выполняют с помощью сальниковой набивки 9 (рис. 18, а) в сочленениях прохода шпинделя 4 через крышку 5 корпуса 1, сальфонных коробок 10 (рис. 18, б) или эластичных мембран 11, 12 (рис. 18, в) между затвором 3 и седлом 2, отделяющих полость с рабочей средой от затвора со шпинделем 4.

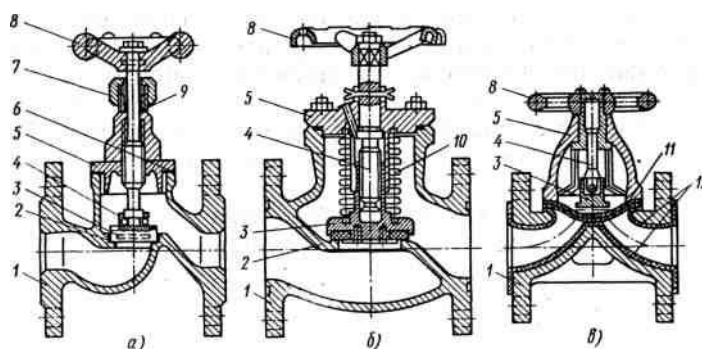


Рис. 18. Арматура (по уплотнению):

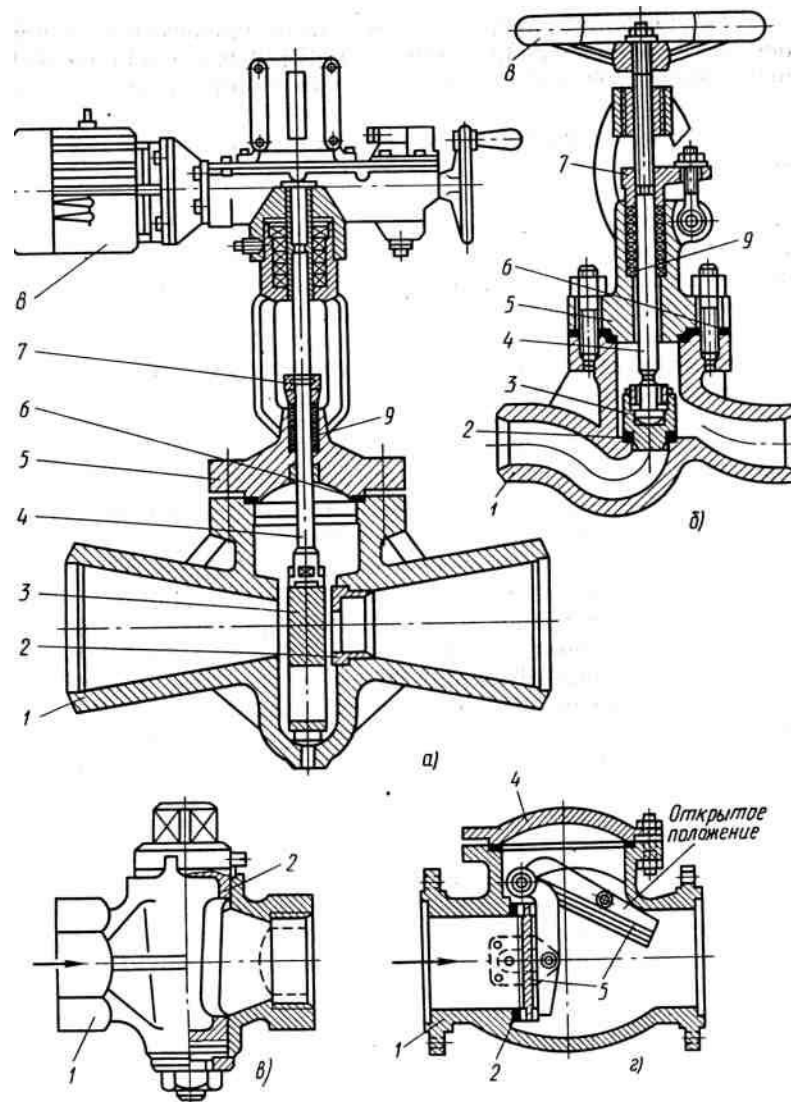
а-сальниковая, б-сальфонная, в-мембранная, 1-корпус, 2-седло, 3-затвор, 4-шток, 5-крышка, 6-уплотнение, 7-гайка, 8-маховик, 9-сальниковая набивка, 10-сальфон, 11,12-эластичные мембраны.

Соединение арматуры с элементами трубопровода может осуществляться сваркой (приварная арматура) или на фланцах (фланцевая арматура), а также с помощью муфт или на цапфах.

В котельных установках находит преимущественное применение приварная арматура, как более надёжная.

В соответствии с ГОСТ 24856—81 по назначению различают арматуру: *запорную*, предназначенную для перекрытия потока; *регулирующую* для изменения расхода среды; *распределительно-смесительную* для распределения среды по определенным направлениям или для смешивания потоков; *предохранительную* для защиты оборудования при отклонении параметров среды за рекомендуемые пределы; *обратную*, автоматически предотвращающую обратное движение среды; *фазораспределительную*, обеспечивающую автоматическое разделение рабочей среды по фазовому состоянию.

По перемещению рабочего органа запорно-регулирующей арматуры относительно



**Рис.19. Арматура (по назначению) :**

*а*-задвижка, *б*-клапан, *в*-кран, *г*-обратный затвор, обозначения 1-9 те же, что и на рис.18.

потока можно выделить **з а д в и ж к и** (рис. 19, а), **к л а п а н ы** (рис. 19, б), **к р а н ы** (рис. 19, в) и **з а т в о р ы** (рис. 19, г). В задвижках затвор совершает возвратно-поступательные движения перпендикулярно оси потока рабочей среды, в клапанах — соосно потоку. В кранах регулирующий орган поворачивается вокруг собственной оси, перпендикулярной оси потока. В затворах регулирующий орган поворачивается вокруг оси, не являющейся его собственной осью. Задвижки по сравнению с клапанами имеют меньшее гидравлическое сопротивление и их широко применяют в трубопроводах больших диаметров. К запорно-регулирующей арматуре относятся также конденсатоотводчики, регуляторы уровня и др. Наиболее распространенным видом предохранительной арматуры являются **и м п у л ь с н о - п р е д о х р а н и т е л ь н ы е** устройства, состоящие (для  $P \geq 3,9$  МПа) из главного предохранительного клапана, вспомогательного импульсного устройства и электроконтактного манометра; **о б р а т н ы е** клапаны и затворы.

**Выбор отдельных элементов трубопроводов производят по условному проходу и по параметрам среды, в частности по давлению.**

**Под условным проходом** понимают **номинальный внутренний диаметр присоединяемого трубопровода в миллиметрах**. Номенклатура условных проходов задана Стандартом СЭВ 254—76.

**По ГОСТ 356—80 различают условное, рабочее и пробное давления.**

За **условное давление** принимается наибольшее избыточное давление среды при температуре 293 К, при котором допустима длительная работа элементов трубопровода с заданными (обоснованными расчетами) размерами и выбранными материалами (их характеристиками прочности при 293 К).

Под **рабочим давлением** понимают наиболее избыточное давление, при котором обеспечивается заданный режим эксплуатации арматуры и деталей трубопровода.

Под **пробным давлением** следует понимать избыточное давление, при котором должно проводиться гидравлическое испытание элементов трубопровода на плотность и прочность водой при температуре 278—343 К (или при специально оговариваемых в нормативно-технической документации условиях).

**Взрывные предохранительные клапаны устанавливаются на боковых и потолочных стенах топки и газоходов с целью устранения или уменьшения разрушений обмуровки и обшивки при хлопках и взрывах в топочной камере.** При установке на боковых стенах подводящие газоходы располагают под углом не менее  $45^\circ$ , чтобы исключить отложения золы. **Наиболее распространены круглые взрывные клапаны диаметром 450 мм.**



Взрывной клапан выполняется в виде горизонтально или наклонно расположенного затвора, имеющего с металлическим корпусом подводящего газохода шарнирную связь. При хлопке затвор открывается, выпуская газы и снижая давление в топке, после чего он возвращается в исходное положение. На вновь вводимых мощных котлах взрывные клапаны не устанавливаются.

## **7 КОНСТРУКЦИЯ И РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ВЗРЫВНЫХ КЛАПАНОВ НА КОТЛОАГРЕГАТЕ.**

На практике в настоящее время предохранительные взрывные клапаны конструктивно выполняют в виде:

— мембраны из листового асбеста, толщиной 8—10 мм, свободно укладываемой горизонтально на выступающие элементы котла или кирпичной кладки с уплотнением по периметру мягкой огнеупорной глиной. При взрыве мембрана отбрасывается;

— мембраны из листового асбеста толщиной 2—3 мм, закрепленной в раме из уголков и разрывающейся при взрыве. Иногда применяют мембраны толщиной 5—6 мм с обязательной прорезкой на них крест-накрест канавок глубиной 2—3 мм с тем, чтобы толщина стенок под канавками не превышала 2—3 мм. Разрыв мембраны в этом случае происходит по канавкам;

— чугунной откидной крышки, изолированной со стороны топки огнеупорным кирпичом или огнеупорной массой и закрепляемой на петлях в металлической раме. При взрыве крышка откидывается на петлях;

— плиты из смеси огнеупорной глины с асбестом, армированной металлической сеткой и покрытой листовым асбестом. Плита закрепляется на петлях в металлической раме и при взрыве откидывается. В некоторых случаях такая плита свободно укладывается на выступающие элементы котла или кирпичной кладки газохода с уплотнением по периметру мягкой огнеупорной глиной. При взрыве плита отбрасывается;

— плиты из смеси огнеупорной глины с асбестом, армированной металлической сеткой и покрытой листовым асбестом и кровельной сталью. Плита крепится в наклонном положении к раме с помощью петель и уплотняется по периметру мягкой огнеупорной глиной. При взрыве плита откидывается;

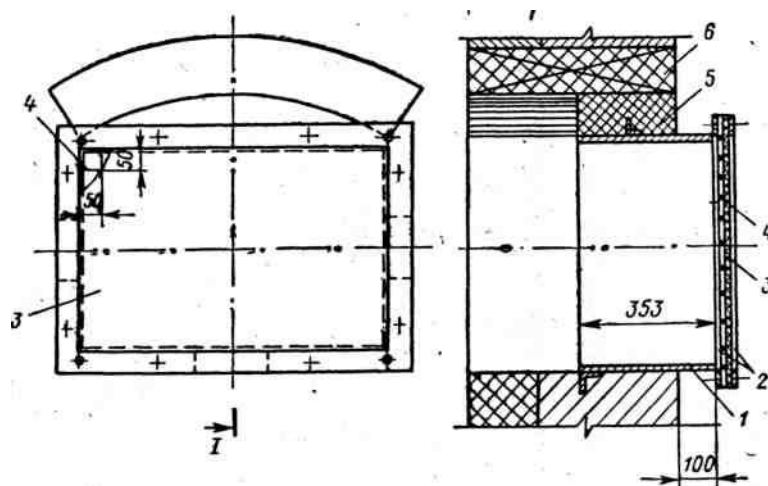
— металлической пластины с отогнутыми по всему периметру краями, погруженными в уплотняющие песочные затворы (предложение М. А. Нечаева). Пластина закрепляется пружиной и цепочкой к раме клапана, при взрыве отбрасывается;

— специальной металлической мембраны, закрепленной в раме и имеющей две диагональные канавки. Толщина стенок под канавками рассчитывается на разрыв при давлении, возникающем в металлическом газоходе при взрыве.

Рассмотрим устройство и работу основных наиболее широко применяемых взрывных клапанов с учётом сформулированных выше требований, которым они должны удовлетворять.

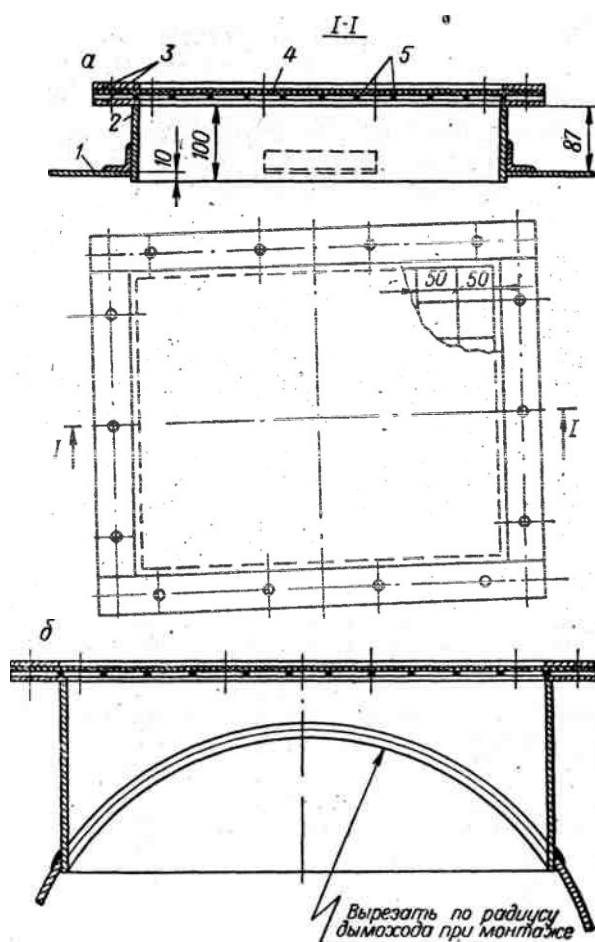
**Асбестовые мембраны толщиной не более 2—3 мм, зажатые по контуру металлическими фланцами, устанавливают на кирпичных (рис. 20) или на металлических газоходах (рис. 21).** Со стороны газохода под мембраной ставят сетку из металлической проволоки диаметром 1 мм и размерами ячеек 50 X 50 мм. Эта сетка придает клапану механическую прочность при возможном прикосновении к асбесту снаружи. Прочность заделки клапана в кладке обеспечивается упорными лапами из уголков, привариваемых к корпусу.

Асбестовые предохранительные взрывные клапаны дешевы и просты в изготовлении, однако во время эксплуатации они могут выходить из строя даже при отсутствии взрывов газовой смеси. **Одной из причин этого является пульсация в топке и газоходах котла, которая вызывает вибрацию асбестовой мембраны и разрушение ее у мест закрепления в раме.** Для уменьшения влияния вибрации на стойкость асбестового листа его снаружи покрывают тонким слоем глины, которая образует твёрдую корочку, незначительно увеличивающую его прочность и жесткость. Часто обслуживающий персонал во избежание разрушения асбеста от вибрации увеличивает его толщину до 8—10 мм или устанавливает несколько листов толщиной 2—3 мм каждый. Это приводит при взрыве газовой смеси к разрушению кладки котла, так как прочность такого клапана, как правило, больше прочности кирпичной кладки.



**Рис. 20.** Асбестовый взрывной клапан на кирпичном газоходе.

**1 — корпус; 2 — фланец; 3 — асбестовая мембрана; 4 — металлическая сетка; 5 — стальной уголок; 6 — свод.**



**Рис. 21. Асбестовый взрывной клапан на металлическом газоходе.**

*a* — прямоугольного, *б* — круглого сечения.

*1* — существующий газоход; *2* — короб; *3* — фланец;

*4* — асбестовая мембрана; *5* — сетка.

**Второй причиной разрушения асбестовых клапанов** является неправильное их размещение в топке или первом газоходе котла, где они подвергаются нагреву излучением пламени или раскаленных участков кладки. Длительная служба асбестового клапана возможна лишь в случае, если он не подвержен лучистому нагреву и движущийся поток продуктов сгорания непосредственно не соприкасается с ним. Для этого асбестовый клапан размещается на уровне наружной поверхности кладки котла или с помощью металлического патрубка отодвигается от газохода наружу. Образующийся при этом за счет толщины кладки и высоты патрубка «газовый мешок» создает естественный изолирующий слой между потоком движущихся газов и асбестом. Чем выше высота патрубка, тем больше охлаждается неподвижный слой газов под мембраной и тем дольше она сохраняется. Однако мембрана, отодвинутая за счет проема в кладке или металлического патрубка от внутренней поверхности объема, в котором происходит взрыв, воспримет создавшееся в нем давление с

некоторым запозданием по сравнению с восприятием остальных ограждающих поверхностей камеры, особенно в случае, если эпицентр взрыва сдвинут от оси патрубка. Следовательно, клапан с выдвинутой наружу мембраной ненадежен и рекомендован быть не может.

**Третьей причиной выхода из строя асбестовых клапанов** является наличие неплотностей как в самой мембране, так и в заделке клапана в кладку. Из-за разрежения в топке или газоходе через неплотности в них проникает воздух и при наличии в продуктах горения несгоревшего газа и соответствующей температуре газ догорает у взрывного клапана, пережигая его. Однако если даже в продуктах горения отсутствуют горючие составляющие, асбестовая мембрана все равно быстро выходит из строя, так как из-за образующихся потоков движущегося воздуха ликвидируется застойная защитная зона, создается циркуляция высокотемпературных продуктов сгорания, соприкасающихся с асбестом и разрушающих его. Отсюда следует, что состояние и плотность асбестовых взрывных клапанов определяют также возможность длительной их эксплуатации.

При выборе места установки клапанов учитывают их конструкцию и температурные условия в камере. Так, при использовании клапанов с асбестовыми мембранами в топке или первом газоходе котла для уменьшения нагрева металлического патрубка иногда футеруют его внутренние поверхности огнеупорным кирпичом. Клапаны, расположенные над другими газоходами котла, не футеруют. **Пример размещения таких клапанов на котлах ДКВР по разработкам Ленгипроинжпроекта показан на рис. 22 (табл. 2).**

Бийский котельный завод рекомендует для установки на котлах ДКВР асбестовые мембраны толщиной 5 мм с крестообразными шлицами глубиной 2 мм (**рис. 23, в, вид А**). При необходимости над мембраной устанавливают защитный кожух (**рис. 23, а**). В одном из заводских вариантов (**рис. 23, б**) мембрана приподнята и расположена в защитном кожухе с упором посередине на металлическую пластину шириной 40 мм (узел 1). Верхняя съемная часть кожуха имеет ручки. Схема расположения взрывных клапанов ( $D_H = 520$  мм) показана на **рис. 23, г**, где приняты следующие размеры (мм):

	<b>ДКВР-2,5-13</b>	<b>ДКВР-4-13</b>	<b>ДКВР-6,5-13</b>	<b>ДКВР-10-13</b>	<b>ДКВР-20-13</b>
<b>L</b>	<b>2090</b>	<b>3075</b>	<b>3850</b>	<b>4180</b>	<b>6550</b>
<b>L1</b>	<b>750</b>	<b>750</b>	<b>820</b>	<b>820</b>	<b>1200</b>

Приподнятая зажатой по контуру мембраны, предлагаемая Бийским заводом (**рис.23, б**) и Ленгипроинжпроектом (**рис. 22**), не может обеспечить своевременного срабатывания клапана и не может быть рекомендована для применения. При размещении клапана над топкой целесообразно применение свободно-лежащей асбоглиняной плиты, а

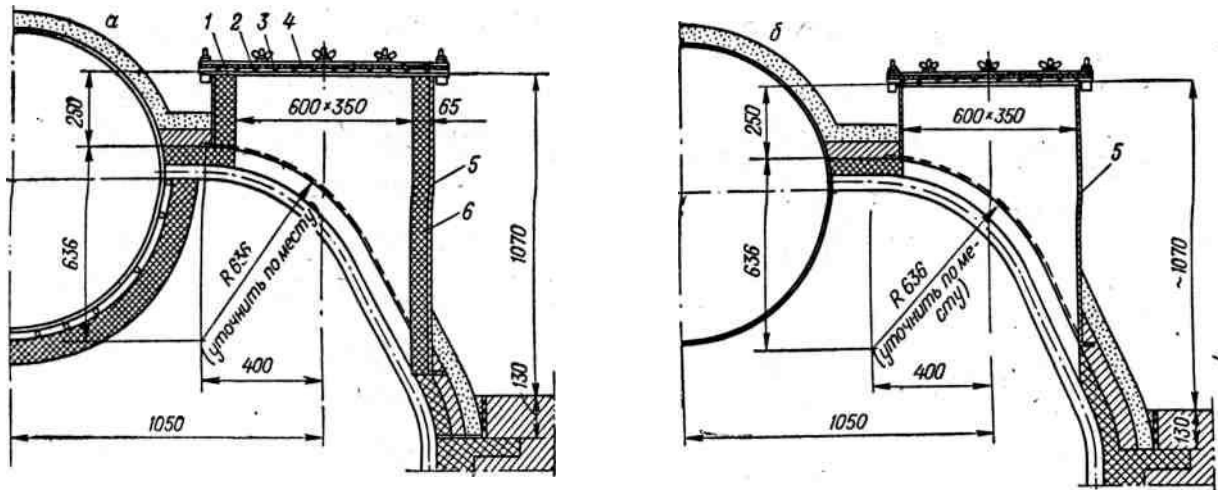


Рис. 22. Установка асбестовых взрывных клапанов на котлах ДКВР (по Ленгипроинжпроекту).

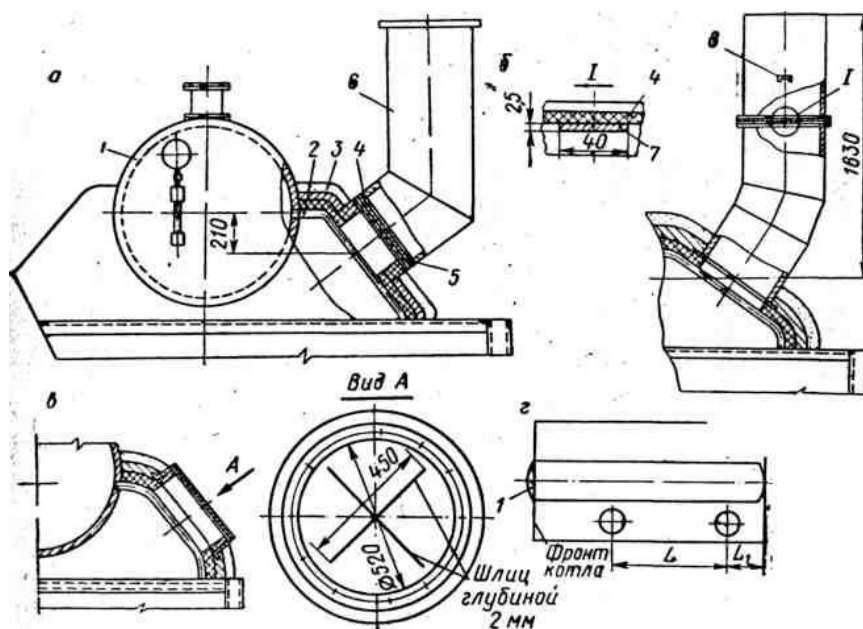
*a* — футерованный клапан (над топкой); *б* — нефутерованный клапан (над газоходом); *в* — схема расположения клапанов.  
 1 — фланец; 2 — сетка; 3 — асбестовая мембрана; 4 — рамка;  
 5 — металлический кожух; *б* — огнеупорный кирпич

Таблица 2. Установочные размеры (мм) взрывных клапанов на котлах ДКВР (по Ленгипроинжпроекту) (см. рис. 22)

Тип котла	ь,	$b_2$	$L_1$	$L_4$	$u$	« х б	в X з
ДКВР-2,5-13	1290		800	900		350X570	350X570
ДКВР-4-13	1050		1115	900		350X570	350X570
ДКВР-6,5-13	870	1060	1285	1050		600X350	600X350
ДКВР-10-13	1208		870	1040	845	600X350	600X350
ДКВР-20-13	1200		1200	300		350X600	500X500

над газоходом — асбестового листа, опирающегося на решетку или сетку. В обоих случаях уплотнение производится по контуру мятой глиной, а вышибная конструкция располагается по возможности на уровне внутренних поверхностей обмуровки котла.

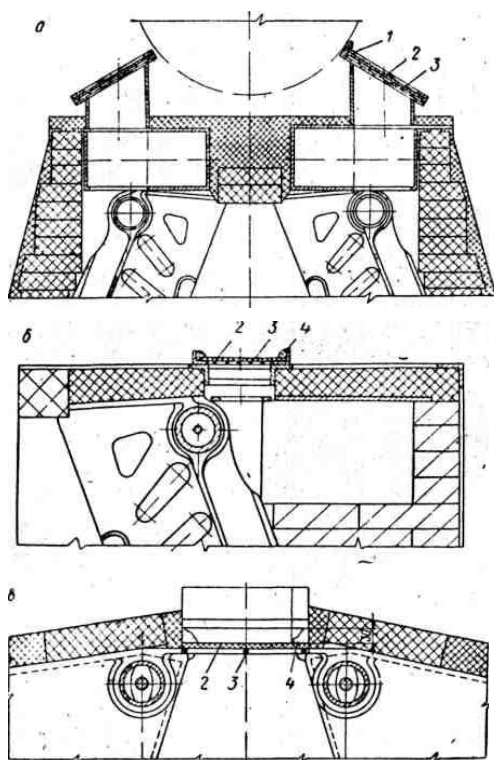
**Различные варианты размещения и конструкции асбестовых взрывных клапанов на чугунных секционных котлах показаны на рис. 24.** Ленгипроинжпроект в некоторых случаях применяет описанные выше асбестовые мембраны толщиной 2—3 мм, закрепленные вместе с опорной сеткой в металлических рамках (см. рис. 24, а). Однако чаще всего он проектирует клапаны из асбестового картона толщиной 10 мм, под которыми укладывается решетка соответствующего размера. Рама решетки изготавливается из проволоки  $d = 3$  мм, а сама решетка с размерами ячеек 50 X 50 мм — из проволоки  $d = 1$  мм. Решетка и асбестовый картон свободно лежат на секции или обмуровке газоходов котла. Сверху клапан



**Рис. 23. Установка асбестовых взрывных клапанов на котлах ДКВР (по данным Бийского котельного завода).**

*а*— с защитным кожухом и сеткой под мембраной; *б*— с защитным кожухом и пластиной под мембраной, *в*— без кожуха с сеткой под мембраной, *г*— схема расположения клапанов.

*1*— верхний барабан котла, *2*— экранные трубы, *3*— тепловая изоляция, *4*— асбестовая мембрана, *5*— металлическая сетка, *6*— защитный кожух, *7*— металлическая пластина, *8*— ручка.



**Рис. 24. Установка асбестовых взрывных клапанов (по Ленгипроинжпроект) на чугунных секционных котлах.**

*а*— «Тула-3» (с паросборником), *б*— «Тула-3» (водогрейный), *в*— «Универсал-6».

*1*— рама, *2*— асбестовая мембрана, *3*— металлическая стенка, *4*— уплотнение мятой глиной

по периметру уплотняется мятой глиной (см. рис. 24, б, в). Такой клапан срабатывает при минимальном давлении взрыва и полностью освобождает выход газам.

Мосгазопроект при верхней установке клапанов на секционных котлах вместо асбестового картона применяет армированную металлической сеткой плитку из штампованной глины с

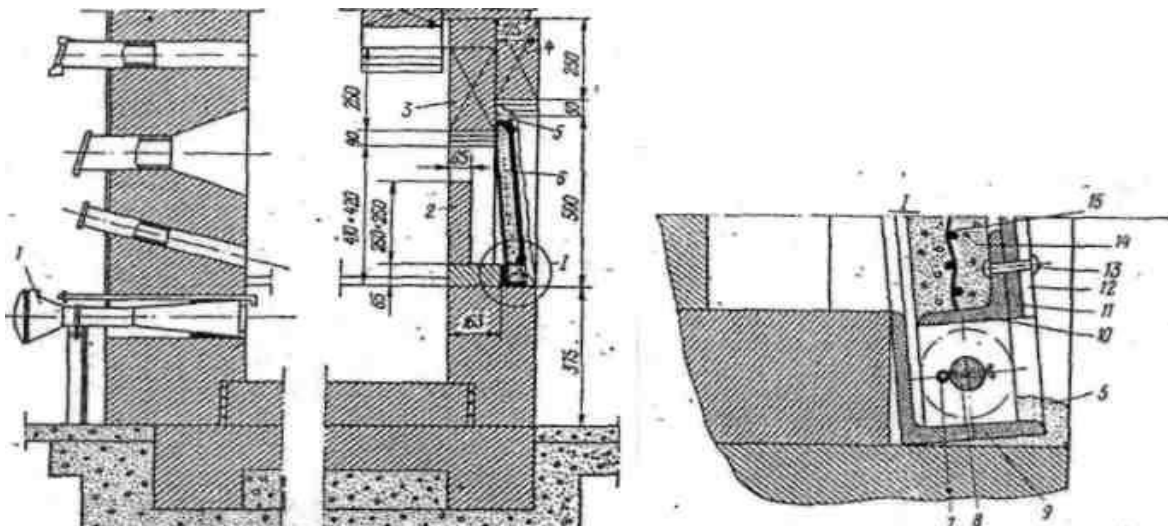
асбестовым очесом, свободно лежащую над чугунными секциями по продольной оси котла или над первым газоходом в непосредственной близости от топки.

Для уплотнения эти клапаны по периметру также промазываются при установке шамотной глиной. Масса плиты должна быть по возможности минимальной. Во избежание травмирования персонала целесообразно крепление вышибной плиты к каркасу с помощью цепочки с пружиной.

Клапаны, представляющие собой армированную шамото-асбестовую плиту, обладают достаточной жаростойкостью, и поэтому их применение в камерах с высокой температурой, например в топках, предпочтительнее, чем асбестовых мембран.

Корпусом такого клапана является рама из уголков (рис. 25), к которой на петлях крепится откидная крышка, изготовленная из смеси шамотной глины с асбестовой крошкой и армированная для прочности металлической сеткой. Снаружи крышка перекрыта листовым асбестом и металлическим листом. В рабочем положении крышка расположена немного наклонно, при взрыве -отбрасывается вниз. Для обеспечения необходимой плотности клапан по всему периметру промазывают мягкой глиной.

При сохранении расчетной площади взрывного клапана прямоугольной формы независимо от верхнего или нижнего расположения петель желательно, чтобы высота клапана была максимально возможной, что приводит к уменьшению необходимого усилия для его срабатывания. При установке клапана на боковой стенке и устройстве защитного металлического отвода, направленного всегда вверх, клапан при срабатывании не должен перекрывать сечение отвода, чтобы не создавать дополнительного сопротивления на пути газов. Использование в этом случае клапана с нижними петлями позволяет не только полностью освободить сечение отвода, но и уменьшить его сопротивление за счет использования открытого клапана в качестве направляющей плоскости в нижней части отвода.



**Рис. 25. Установка взрывного клапана (огнеупорной откидной плиты) на котле «Универсал-6» (по Мосгазпроекту).**

**1** — газовая горелка; **2** — защитная стенка из кирпича; **3,4** — своды над взрывным проемом; **5** — уплотнительная обмазка из мягкой глины; **6** — взрывной клапан; **7** — шплинт; **8** — ось; **9** — опорный уголок; **10** — рама; **11** — асбестовый картон; **12** — стальной лист; **13** — заклепка; **14** — шамотная глина с асбестовым очесом; **15** — армирующая сетка.

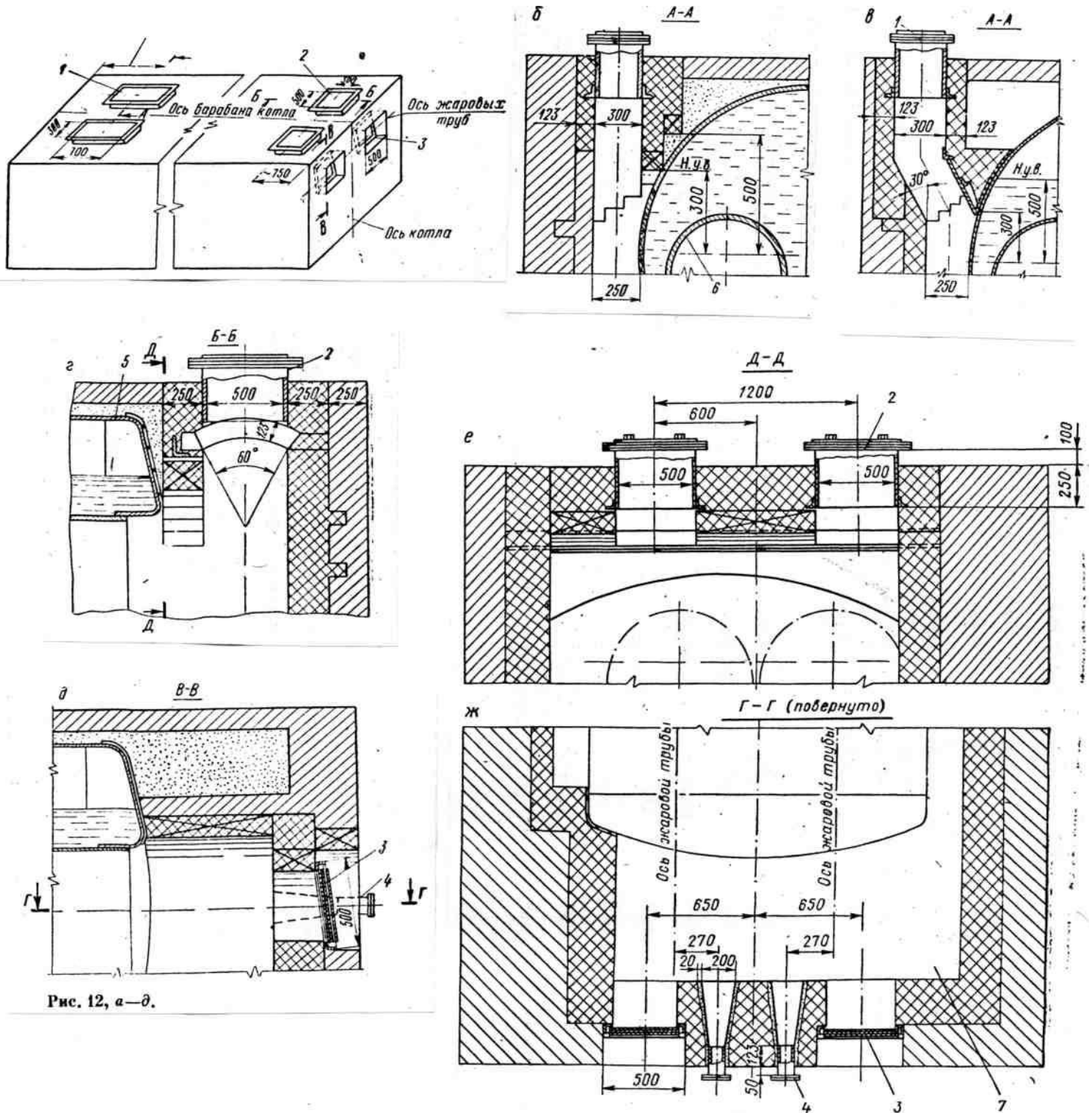


Рис. 12, а—д.

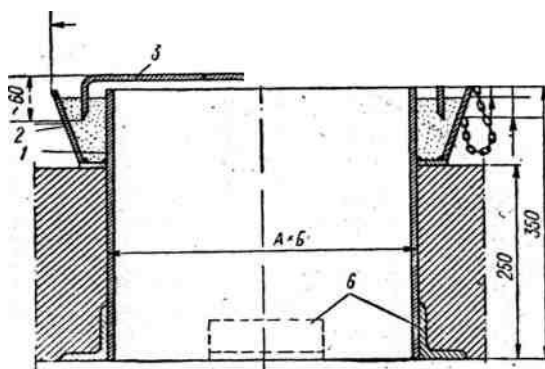
Рис. 26. Установка предохранительных взрывных клапанов на двухжаро-трубном котле (по Ленгипроинжпроект).

а — схема расположения клапанов на котле; установка клапана: б — на втором газоходе водогрейного котла, в — на втором газоходе парового котла, г, е — на перекрытии поворотной камеры (II вариант), д, ж — на торцевой стенке поворотной дымовой камеры (I вариант). 1 — передний клапан; 2 — задний клапан при верхнем расположении; 3 — то же, при торцевом; 4 — смотровое окно; 5 — барабан котла; б — жаровая труба; 7 — новоротная дымовая камера



В случае, когда топка или газоход имеют удлиненную форму, особенно возрастает относительная эффективность клапанов, располагающихся вблизи возможного очага воспламенения. Это означает, что в таких газоходах (например, боровых) целесообразно по длине располагать не один, а несколько клапанов, каждый из которых может иметь несколько меньшую площадь, обеспечивая тем самым выброс продуктов горения при взрыве хотя бы через часть клапанов. Кроме того, если такой газоход имеет достаточно большую механическую прочность (например, жаровая труба, длина которой достигает 8—10 м), то с учетом, что взрывная волна будет двигаться вдоль него, целесообразно клапан располагать непосредственно против торца такого газохода, например на задней стенке дымовой поворотной камеры жаротрубного котла по оси каждой жаровой трубы (**рис. 26, вариант I**). Только в случае, если жаротрубный котел с торца примыкает к стене котельной и установка клапанов на задней стенке неосуществима, их располагают в перекрытии той же поворотной камеры (**рис. 26, вариант II**). На втором газоходе жаротрубного котла взрывные клапаны располагают в верхней его части так, чтобы они находились над участками, соединяющими второй и третий газоходы котла. Смещение клапана от барабана к периферии у парового котла связано с необходимостью теплоизоляции барабана не менее чем на 100 мм ниже уровня в нем воды в месте расположения клапана. Клапаны жаротрубных котлов, устанавливаемые на втором газоходе и на перекрытии поворотной дымовой камеры, имеют асбестовые мембраны. Следует рекомендовать замену зажатых по контуру мембран свободнолежащими асбестовыми или асбоглиняными пластинами с уплотнением по краям мятой глиной. На задней стенке дымовой камеры (вариант I) устанавливают клапаны в виде армированных пластин из огнеупорной глины с асбестом (**см. рис. 25**).

На **рис. 27** показана опытная конструкция взрывного клапана с песочным затвором, предложенная М. А. Нечаевым для применения на котлах и газоходах котельной.



**Рис.27. Взрывной клапан с песочным затвором.**

Клапан состоит из корпуса 1, к которому в верхней части по всему периметру приварен лоток 2, заполняемый мелкозернистым кварцевым песком. К нижней части корпуса при установке клапана в кирпичной обмуровке приварены четыре лапы 6 из уголка 50 X J50 X 5. Сбросной частью клапана является металлическая крышка 3 толщиной 2 мм, отогнутые края которой погружены в песок, предотвращающий подсос воздуха в газоходы, находящиеся под разрежением. Во избежание травмирования обслуживающего персонала крышка закреплена к корпусу цепочкой 5 и пружиной 4 общей длиной  $l$  (табл. 3). Клапан такой конструкции может устанавливаться только на газоходах, температура в которых не превышает 400—500° С во избежание перегрева и коробления крышки. При необходимости нижняя поверхность крышки может быть покрыта теплоизолирующим материалом. Если газоход металлический, то корпус клапана к нему приваривается.

**Таблица 3. Размеры и масса клапанов с песочным затвором (опытная разработка Ленгипроинжпроект)**

Показатели	Номер клапана					
	3	4	5	6	7	8
Размеры, мм:	400	400	400	500	500	600
<i>A</i>	400	500	600	500	600	600
<i>A</i>	542	542	542	642	642	742
<i>B</i>	—	642	742	642	742	742
<i>B</i>	542	470	470	570	570	570
<i>Г</i>	470	36	'	42	48	55
<i>l</i> Масса,	31		42			

На кирпичных газоходах котлов и котельной (боровах) взрывные клапаны устанавливаются в зависимости от местных условий на их вертикальных или горизонтальных поверхностях, а конструкция клапана обычно применяется в соответствии с рис. 20. Если во время эксплуатации клапан может быть поврежден, то горизонтальный клапан должен быть огражден, а вертикальный снабжен откидной металлической крышкой, прикрепленной к раме клапана на петлях. **Необходимо, чтобы при горизонтальном расположении клапана крышка полностью свободно открывалась на 180°, а при вертикальном — имела нижние петли.** Если клапан имеет ограждающий кожух, то для осмотра и ремонта асбестовой мембраны в нем должна быть предусмотрена щель высотой не менее 350 мм, перекрытая металлической подъемной заслонкой. Ширина щели должна позволять свободно вводить через нее новую асбестовую мембрану.

Учитывая особую прочность мембран, зажатых по контуру, целесообразно на горизонтальных участках применять свободнолежащие асбестовые листы или асбоглиняные плиты, а на вертикальных — эти же плиты с нижними петлями.

Более удобно вместо подъемных заслонок на кожухе применять кассетный клапан, предложенный Ленпроектом (рис.28).

кожухе применять кассетный клапан, предложенный Ленпроектом (рис. 14).

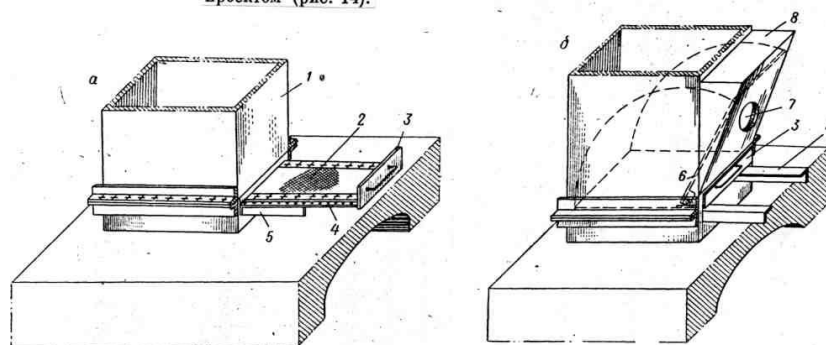


Рис. 28. Предохранительный взрывной клапан кассетного типа.

1 — защитный воздух; 2 — свободнолежащая плита; 3 — выдвигаемая рама; 4 — опорная металлическая сетка под плитой; 5 — направляющие уголки; 6 — откидная плита на петлях; 7 — отверстие для наблюдения за клапаном и возвращения его в рабочее положение

В этом случае для замены или ремонта клапана кассета вынимается из кожуха или выдвигается частично, а по окончании этих работ вводится в кожух по направляющим. Место соприкосновения передней стенки кассеты с кожухом уплотняется мятой глиной. Эксплуатация кассетных взрывных клапанов подтвердила их преимущества по сравнению с другими конструкциями. При коротком защитном кожухе можно рекомендовать укладку в кассету лежащих свободно на металлической решетке асбестового листа ( $b = 10$  мм) или асбоглиняной плиты с уплотнением по краям мятой глиной (рис. 28, а). При высоком защитном кожухе следует предусматривать откидной клапан и специальный карман в кожухе, куда клапан отбрасывается при взрыве (рис. 28, б).

Если дымовая труба находится на некотором расстоянии от котельной, то взрывные клапаны устанавливаются на борозе снаружи помещения. В этом случае клапаны должны быть защищены от попадания на них атмосферных осадков и поверхностных вод, а также надежно ограждены от доступа к ним посторонних лиц. Для этого асбестовую взрывную мембрану располагают внутри защитного металлического кожуха, имеющего наклонную откидную крышу, а вокруг кожуха ставят ограждение из металлических прутков. В зоне примыкания кожуха к борозе предусматривают цементную отмостку для стока дождевой воды и талого снега.

Из всего сказанного следует, что взрывные клапаны предохранят обслуживающий персонал от поражения взрывной волной или частями разрушенного

оборудования. Для этого необходимо обеспечить повседневное наблюдение за состоянием взрывных клапанов и их своевременный ремонт. Следует помнить, что наличие предохранительных взрывных клапанов ни в коем случае не снижает требований к обслуживающему персоналу о строгом соблюдении всех правил безопасности и эксплуатационных инструкций для котельных. Чем меньше площадь взрывного клапана, зажатого по контуру, и чем больше его форма отличается от круга или квадрата, тем большее давление требуется, чтобы его разрушить и обеспечить сброс давления из камеры. Например, при изменении отношения сторон прямоугольного стекла ( $\delta = 2$  мм) от 1 : 1 до 1 : 2 и 1 : 3 при сохранении неизменной площади требуемое для разрушения усилие возрастает соответственно примерно на 25 и 55% (при размерах стекла 600 X 600 мм).

**На котлах паропроизводительностью до 10 т/ч количество взрывных клапанов, их размеры и расположение определяются проектной организацией.** Их устанавливают в обмуровке топки, последнего газохода котла, экономайзера и золоуловителя. Общую суммарную площадь клапанов в этом случае рекомендуется принимать не менее  $0,025 \text{ м}^2$  на каждый кубический метр объема топки и газоходов. На котлах производительностью от 10 до 60 т/ч взрывные предохранительные клапаны, размещенные в верхней части топки или в верхней части обмуровки котла над топкой, должны иметь общее сечение не менее  $0,2 \text{ м}^2$ . На каждом из указанных выше газоходов (кроме топки) устанавливают не менее двух взрывных клапанов с общим сечением не менее  $0,4 \text{ м}^2$ . **На котлах производительностью более 60 т/ч, работающих на пылевидном, газовом и жидком топливе, установка взрывных предохранительных клапанов не обязательна.** На малогабаритных водотрубных котлах энергопоездов, работающих на жидком и газовом топливе, допускается устанавливать по одному взрывному предохранительному клапану сечением не менее  $0,15 \text{ м}^2$  в топке и не менее  $0,3 \text{ м}^2$  в каждом газоходе.

Взрывные клапаны разрешается не устанавливать в обмуровке одноходовых по уходящим газам котлов, а также в газоходах перед дымососом. На вертикальных цилиндрических (одноходовых) котлах в случаях, когда дымовая труба не расположена непосредственно над котлом, взрывные клапаны целесообразно устанавливать на горизонтальном участке газохода, как можно ближе к котлу.

**Площадь одного взрывного клапана согласно СНиП II—37—76 должна быть не менее  $0,05 \text{ м}^2$ .** Следует, однако, отметить, что на отопительных и производственных котлах применять клапаны площадью меньше  $0,15—0,18 \text{ м}^2$  нецелесообразно.

## 8. Источники

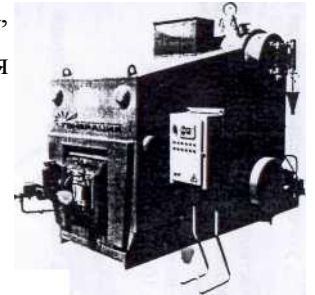
1. ГОСТ 3619-82 (СТСЭВ 3034-81) Котлы паровые стационарные. Типы и основные параметры // Издание официальное Е. – М.: ГК СССР по стандартам, 1982. – 10 с.
2. ГОСТ 10617-83 Котлы отопительные производительностью от 0,10 до 3,15 МВт. Общие технические условия // Издание официальное. – М.: ГК СССР по стандартам, 1983. – 13 с.
3. ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Серия 10. Выпуск 24 «Научно-техн. центр по безопасности промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 216 с.
4. СНиП П-35-76\* Котельные установки. Нормы проектирования (с изменением №1). – Изменение №1 утверждено Госстроем России от 11.09.97 г. №18-52 и внесено в текст документа; измененные пункты отменены\*. – М.: Госстрой России, 1977.
5. Шур И.А. Средства повышения безопасности работы газифицированных котельных. [Текст] // Библиотека мастера газового хозяйства. – Л.: «Недра», Ленинградское отд-е, 1964. – 187 с.: ил.
6. Роддатис К.Ф. Котельные установки [Текст]: Учеб. пособие для студентов неэнергетических специальностей вузов. – М.: «Энергия», 1977. – 432 с.: ил.
7. Ковалев А.П. и др. Парогенераторы: Учебник для вузов. [Текст] / А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский; Под общ. ред. А.П. Ковалева. – М.: Энергоатом издат., 1985. – 376 с.: ил.
8. Двойнишников В.А. и др. Конструкция и расчет котлов и котельных установок [Текст]: Учебник для техникумов по спец. «Котлостроение» // В.А. Двойнишников, Л.В. Деев, М.А. Изюмов. – М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.: ил.

## Приложение А (справочное)

### Котлы Е-1,0-0,9;1,6-0,9;2,5-0,9

Котлы серии Е предназначены для выработки насыщенного пара, потребляемого предприятиями всех отраслей промышленности для технологических, отопительных и бытовых нужд.

Комплект поставки котла серии Е : блок котла, питательный насос, дымосос, система топливная, лестница с площадкой, вентилятор, система управления, горелочное устройство.

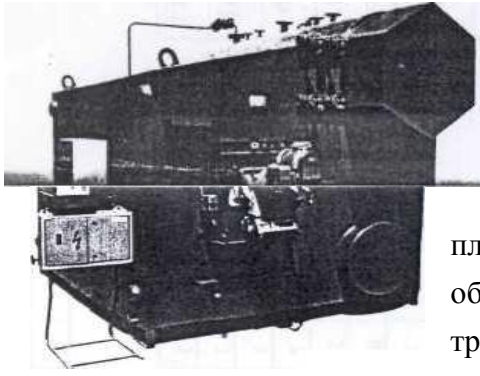


**Котел Е-1,0-0,9**

#### Технические характеристики

Тип котлоагрегата	Е-1,0-0,9 М	Е-1,0-0,9 Г	Е-1,0-0,9 Р	Е-1,6-0,9 ГМ, ГМН (с наддувом)	Е-2,5-0,9 ГМН (с наддувом)	Е-2,5-0,9 ГМ
Номинальная паропроизводительность, т/ч, не менее	1,0	1,0	1,0	1,6	2,5	2,5
Рабочее давление насыщенного пара на выходе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более	0,8 (8,0)	0,8 (8,0)	0,8 (8,0)	0,8	0,8	0,8
Топливо	мазут, нефть	природный газ	уголь каменный	газ, мазут, нефть	газ, мазут, нефть	газ, мазут, нефть
Влажность насыщенного пара, %, не более	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Объем воды в котле, м <sup>3</sup>	1,1	1,1	1,1	1,64	2,52	2,68
Полная поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	31,6	31,6	31,6	47,13	80,13	80,13
Коэффициент полезного действия, %, не менее	90	90,5	81,5	89	89	90,5
Аэродинамическое сопротивление, Па	69	72	119	491	670	670
Давление (+), разрежение {-} в топке, Па	-30	-30	-30	<+300	<+500	-30
Температура питательной воды, °С	60±10	50±10	50±10	50±10	50±10	50±10
Температура уходящих газов, °С	235	230	290	238	235	225
Масса котла, кг, не более	4100	4060	3780	6100	6400	6700
Габариты котла, м, не более (длина x ширина x высота)	4,2x2,35x2,9	4.2x2.3x2.9	4.35x2,3x3,0	4.2x2,85x2.9	5.35x3.2x2,4	5.35x3,2x2,4

## Устройство и принцип работы котлов серии Е



### Котел Е-2,5-0,9 (общий вид)

Паровые котлы серии Е: Е-1,0-0,9; Е-1,6-0,9; Е-2,5-0,9 вертикально-водотрубные двухбарабанные с естественной циркуляцией. Трубные системы котлов газоплотные и выполнены по однотипной конструктивной схеме: два барабана, верхний (1) и нижний (2) в одной вертикальной плоскости; барабаны соединены между собой пучком труб, образующих конвективную поверхность нагрева. Расположение труб коридорное; омывание труб продуктами горения поперечное; боковые (3) и потолочный (4) экраны образуют радиационные поверхности топки. Экраны посредством коллекторов (5, 6, 7) включены в циркуляционный контур. Особенностью циркуляционной схемы данных котлов является отсутствие необогреваемых питательных и отводящих труб.

Конвективная и экранные поверхности нагрева выполнены из труб диаметром 51 мм.

Конструкция топки и перегородок (8) в газовом тракте определяются тепловой мощностью котла и видом основного топлива. Котлы работают как при разрежении в топке, так и под наддувом.

При сжигании топлива в топке котла образуются дымовые газы высокой температуры. Газы, проходя по дымоходам котла, омывают пучки труб, по которым движется (циркулирует) вода. В результате газы отдают воде часть своей теплоты, вода за счет разности плотностей поднимается в верхний барабан, преобразуясь в пароводяную смесь, а затем в пар. Пар раздается из котла через патрубков (11). Охлажденные дымовые газы через дымоходы и дымовую трубу удаляются в атмосферу дымососом или паровым эжектором. С целью минимизации тепловых потерь внешних поверхностей теплоизлучения теплоизоляция выполнена плотно прилегающей из волокнистых материалов (10) с декоративной обшивкой тонколистовым металлом. Подовая и часть фронтальной поверхностей покрыты термобетоном (9).

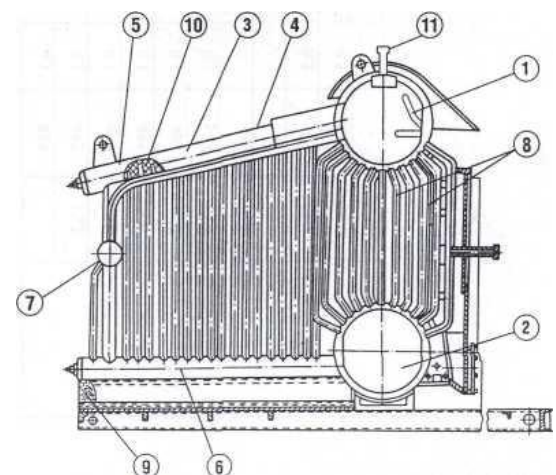
Система питания котла водой включает: питательный насос, дополнительно комплектуется установкой водоподготовки, конструкция и технологическая схема, которой определяется химсоставом исходной воды.

Котлы, в зависимости от вида топлива, комплектуются автоматизированными горелками газовыми, жидкотопливными или комбинированными. При работе на твердом топливе котел комплектуется угольной топкой.

### Система управления

По желанию Заказчика или в соответствии с проектными решениями котельных котлы комплектуются горелками с позиционным или плавным регулированием тепловой мощности, автоматикой и КИП для управления как оператором, так и с диспетчерского пульта.

Система управления котельной обеспечивает: автоматический пуск горелочного



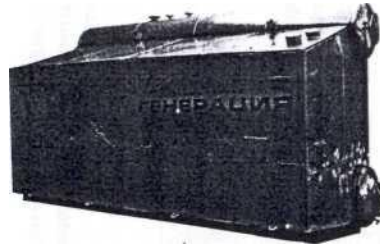
устройства по заданной программе с предварительным проветриванием топки и газового тракта котла; позиционное регулирование уровня воды в барабане, температуры топлива (для жидкотопливных горелок); позиционное или плавное регулирование тепловой мощности в зависимости от типа используемой горелки; защиту котла: по допустимым уровням воды; по аварийному превышению давления пара; по погасанию факела горелки; по допустимым уровням давления в топке; по перегрузке электродвигателей оборудования.

## **Приложение Б (справочное)**

### **Котлы серии ДЕ,МЕ**

Газомазутные вертикально-водотрубные паровые котлы с естественной циркуляцией серии ДЕ, производительностью 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч предназначены для выработки насыщенного или перегретого пара, используемого на технологические нужды промышленных предприятий, в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

На базе котлов серии ДЕ разработаны котлы серии МЕ, имеющие на 20% большую поверхность нагрева и больший КПД.



Преимущества: надежность в эксплуатации и повышенный ресурс, высокий КПД - до 93%, возможность работы котла как в паровом, так и в водогрейном режиме, котел транспортабелен, поставляется на монтаж единым блоком, легко монтируется и подключается к инженерным коммуникациям. Котлы поставляются блоком, который включает в себя: верхний и нижний барабаны с внутрибарабанными устройствами, трубную систему экранов и конвекторов пучка (в случае необходимости-параперегреватель), опорную раму, изоляцию и обшивку.



## Технические характеристики и комплектация котлов серии ДЕ, МЕ

Тип котлоагрегата	ДЕ-4-14ГМО	ДЕ-6,5-14ГМО	ДЕ-10-14ГМО	ДЕ-16-14ГМО	ДЕ-25-14ГМО	МЕ-4,0-1.4ГМ	МЕ-6,5-1.4ГМ	МЕ-10-1.4ГМ
Паропроизводительность, т/ч	4	6,5	10	16	25	4,0	6,5	10
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1.3(13)	1.3(13)	1.3(13)	1,3(13)	1,3(13)	1.3(13)	1.3(13)	1.3(13)
Температура пара, °С	194	194	194	194	194	194	194	194
Вид топлива	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут
Расчетный КПД, % на газе/мазуте	90,8/89,5	91,1/89,8	93,0/90,0	93,1/90,1	93,05/ 91,3	93/91	93,3/91,6	93,6/91,6
Масса котла в объеме заводской поставки, кг	12506	13908	17681	20743	27843	16650	21425	27100
Габаритные размеры, мм:								
длина	4200	4800	6530	8655	10195	4560	5550	6540
ширина	3980	3980	3980	5205	5315	3960	3960	
высота	5050	5050	5050	6050	6095	4630	4630	4630
Экономайзер: чугунный стальной	ЭБ2-94И БВЭС1-2	ЭБ2-142И БВЭСП-2	ЭБ2-236И БВЭСШ-2	ЭБ1-330И БВЭС1У-1	ЭБ1-808И БВЭСТ-1	ЭЧБ-82 БВЭС1-2	ЭЧБ-124 БВЭС11-2	ЭЧБ-165 БВЭСШ-2
Вентилятор, об/мин.	ВДН-8 (1000)	ВДН-9 (1000)	ВДН-10 (1000)	ВДН-9 (1000)	ВДН-11.2 (1000)	ВДН-8 (1000)	ВДН-9 (1000)	ВДН-10 (1000)
Дымосос	ДН-9 (1000)	ДН-11,2 (1000)	ДН-10 (1500)	ДН-11.2 (1500)	ДН-12,5 (1500)	ДН-9 (1000)	ДН-11,2 (1000)	ДН-10 (1500)
Горелка: газомазутная	ГМ-2,5	ГМ-4,5	ГМ-7	ГМ-10	ГМП-16	ГМ-2,5	ГМ-4,5	ГМ-7
газовая	МДГГ-400	МДГГ-400	МДГГ-800	МДГГ-1200	МДГГ-1800	МДГГ-400	МДГГ-400	МДГГ-800

Примечание. Котлы поставляются блоком в обмуровке и обшивке.

### Устройство котлов серии ДЕ, МЕ

Топочная камера котлов размещается сбоку от конвективного пучка, оборудованного вертикальными трубами, развальцованными в верхнем и нижнем барабанах, что делает их более ремонтпригодными и надежными в эксплуатации.

Основными составными частями котлов являются верхний и нижний барабаны, конвективный пучок, фронтальной и боковой экраны, образующие топочную камеру.

Котлы производительностью 4; 6,5; 10 т/ч выполнены с одноступенчатой схемой испарения. В котлах производительностью 16 и 25 т/ч применено двухступенчатое испарение. Во вторую ступень испарения вынесены первые по ходу газов трубы конвективного пучка и опускные необогреваемые трубы.

Пароперегреватель котлов производительностью 6,5 и 10 т/ч выполнен в виде змеевика из труб. На котлах производительностью 16 и 25 т/ч пароперегреватель - вертикальный, из

двух рядов труб, дренируемый.

В качестве хвостовых поверхностей нагрева котлов применяются стальные или чугунные экономайзеры. Котлы оборудованы системами очистки поверхностей нагрева при работе на жидком топливе.

Котлы имеют опорную раму, передающую все нагрузки на фундамент. Свобода температурных перемещений элементов котлов обеспечивается неподвижным закреплением передней опоры нижнего барабана и подвижным креплением за счет овальных отверстий для болтов, которыми крепится задняя опора к раме котла.

Каждый котел ДЕ снабжен двумя пружинными предохранительными клапанами, один из которых является контрольным. На котлах без пароперегревателя оба клапана устанавливаются на верхнем барабане котла, и любой из них может быть выбран как контрольный. На котлах с пароперегревателем контрольным клапаном является клапан выходного коллектора перегревателя.

### **Эксплуатационные параметры**

Номинальная паропроизводительность и параметры пара, соответствующие ГОСТ 3619-82, обеспечиваются при температуре питательной воды 100°C при сжигании топлива: природного газа с удельной теплотой сгорания 29300-36000 кДж/кг (7000-8600 ккал/м<sup>3</sup>) и мазута марок М40 и М100 по ГОСТ 10588-75.

Диапазон регулирования 20-100% от номинальной паропроизводительности. Допускается кратковременная работа с нагрузкой 110%.

Поддержание температуры перегрева у котлов с пароперегревателями обеспечивается в диапазоне нагрузок 70-100%.

Котлы ДЕ могут работать в диапазоне давлений 0,7-1,4 МПа. В котельных, предназначенных для производства насыщенного пара без предъявления жестких требований к его качеству, паропроизводительность котлов ДЕ при пониженном до 0,7 МПа давлении может быть принята такой же, как и при давлении 1,4 МПа.

Для котлов ДЕ пропускная способность предохранительных клапанов соответствует номинальной производительности котла при давлении не ниже 0,8 МПа.

Нормы качества питательной воды и пара должны соответствовать требованиям, регламентируемым Правилами Госгортехнадзора России.

Солесодержание котловой воды в первой ступени испарения котлов без пароперегревателя должно быть не более 3.000 мг/кг, для котлов с пароперегревателем - не более 2000 мг/кг. Солесодержание котловой воды второй ступени испарения должно быть не более 4500 мг/кг.

Средний срок службы котлов между капитальными ремонтами при числе часов использования установленной мощности 2500 ч/г - 3 года, средний срок службы - 25 лет.

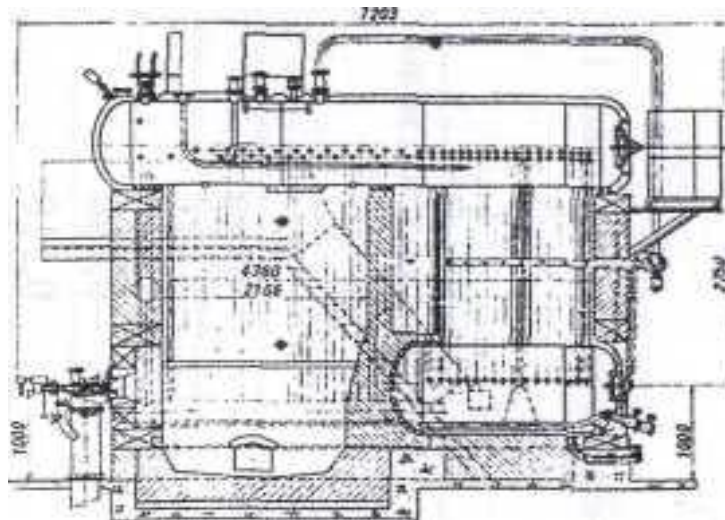
Все котлы поставляются полностью в собранном виде без натрубной изоляции. Погруженные на железнодорожную платформу вместе с креплениями, котлы вписываются в габарит 1-В, предназначенный для вагонов, допускаемых к обращению по сети железных дорог СНГ широкой колеи.

## Приложение В (справочное)

### Паровые котлы серии ДКВР

Паровые котлы ДКВР-2,5; 4; 6,5; 10 с газомазутными топками - двухбарабанные, вертикально-водотрубные, предназначены для выработки насыщенного или перегретого пара, идущего на технологические нужды промышленных предприятий, в системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Преимущества: надежная гидравлическая и аэродинамическая схема работы котла обеспечивает высокий КПД - до 91%, низкий уровень затрат на эксплуатацию и обслуживание, котел ДКВР имеет сборную конструкцию, что позволяет монтировать его в котельной, не разрушая стен и быстро подключить к уже существующим системам, возможен перевод котла с одного вида топлива на другой, широкий диапазон регулирования производительности (от 40 до 150% от номинала) позволяет использовать котел с максимальной эффективностью, и значительно экономить затраты на теплоэнергоснабжение, возможность перевода котла в водогрейный режим, конструкция котла позволяет использовать под заказ различные варианты комплектации КИПиА, в том числе автоматизированными горелками.



**Котел ДКВР-4-14ГМ. Продольный разрез.**

## Технические характеристики и комплектация котлов ДКВР.

Тип котлоагрегата	ДКВР-2,5-13ГМ	ДКВР-4,0-13ГМ	ДКВР-6.5-13ГМ	ДКВР-10-13ГМ	ДКВР-20-13ГМ
Паропроизводительность номинальна т/ч	2,5	4	6,5	10	20
Давление пара, МПа(кг/см)	1,3(13)	1,3(13)	1,3(13)	1,3(13)	1,3(13)
Температура пара, °С	194	194	194	194	194
Поверхность нагрева котла, м <sup>2</sup> : радиационная / конвективная / общая	17,7/73,6/91,3	21,4/116,9/138,3	27,9/197,4/225,8	47,9/229,1/227,0	51,3/357,4/408,7
Объем котла, м <sup>3</sup> : паровой / войной	1,57/4,00	2,05/5,55	2,55/7,80	2,63/9,11	1,80/10,5
Вид топлива	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут	газ, мазут
Расход топлива, м <sup>3</sup> /ч (кг/ч): газа (мазута)*	194(180)	310 (288)	505 (468)	776 (720)	1550 (1440)
Расчетный КПД, % :газ / мазут	90/88,8	90/88,8	91/89,5	91/89,5	92/90
Масса, кг	7068	7800	12200	16000	43700
Габаритный размер котла (длина x ширина x высота), мм	4120x3200x4343	5410x3430x4345	6520x3830x4345	6860x3830x6315	9775x3215x7660
Экономайзер: чугунный	ЭБ2-94	ЭБ2-142	ЭБ2-236	ЭБ1-330	ЭБ1-646И
стальной	ИБВЭСІ-2	ИБВЭСІІ-2	ИБВЭСІІІ-2	ИБВЭСІV-1	-
Вентилятор	ВДН-8(1500)	ВДН-10(1000)	ВДН-9(1500)	ВДН-11,2(1000)	ВДН-12,5(1000)
Дымосос	ДН-9 (1000)	ДН-9 (1000)	ДН-9 (1000)	ДН-10 (1500)	ДН-13(1500)
Горелка: газомазутная газовая	ГМГ-1.5М МДГГ-180	ГМГ-2М (2 шт.) МДГГ-250	ГМГ-4М (2 шт.) МДГГ-400 (1 шт.) МДГГ-250 (2 шт.)	ГМГ-4М (2 шт.) МДГГ-400 (2 шт.)	ГМГ-5М (3 шт.) МДГГ-500 (3 шт.) МДГГ-8С0 (2 шт.)
Поставка (блоком, россыпью, т.д.)	блок, россыпь	блок, россыпь	блок, россыпь	россыпь	россыпь

### Устройство и принцип работы котла серии ДКВР

Конструктивная схема котлов серии ДКВР паропроизводительностью до 10 т/ч одинаково независима от используемого топлива и применяемого топочного устройства.

Котел имеет верхний длинный и нижний короткий барабаны, расположенные вдоль оси котла, экранированную топорную камеру и развитый кипяильный пучок из гнутых труб. Для устранения затягивания пламени в пучок и уменьшения потерь с уносом и химическим недожогом топочная камера котлов ДКВР-2,5; ДКВР-4; ДКВР-6,5 делится шамотной перегородкой на две части: собственно топку и камеру догорания. На котлах ДКВР-10 камера догорания отделяется от топки трубами заднего экрана. Между первым и вторым рядами труб котельного пучка всех котлов также устанавливается шамотная перегородка, отделяющая пучок от камеры догорания.

Внутри котельного пучка имеется чугунная перегородка, которая делит его на первый и второй газоходы и обеспечивает горизонтальный разворот газов в пучках при поперечном омывании труб. Вход газов из топки в камеру догорания и выход газов из котла - асимметричные. При наличии пароперегревателя часть кипяtilьных труб не устанавливается; пароперегреватели размещаются в первом газоходе после второго-третьего рядов кипяtilьных труб.

Для осмотра барабанов и установки в них устройств, а также для чистки труб на днищах имеются овальные лазы размером 325x400 мм.

Барабаны внутренним диаметром 1000 мм на давление 1,4 МПа изготавливаются из стали 16ГС или С9Г2С и имеют толщину стенки 13 мм. Экраны и кипяtilьные пучки котлов выполняются из стальных бесшовных труб.

Для удаления отложений шлама в котлах имеются торцевые лючки на нижних камерах экранов, для периодической продувки камер имеются штуцеры диаметром 32x3 мм.

Пароперегреватели котлов типа ДКВР, расположенные в первом по ходу газов газоходе, унифицированы по профилю для котлов одинаковых давлений и отличаются для котлов разной производительности лишь числом параллельных змеевиков.

Пароперегреватели - одноходовые по пару, обеспечивают получение перегретого пара без применения парохладителей. Камера перегретого пара крепится к верхнему барабану, одна опора этой камеры делается неподвижной, а другая - подвижной.

### **Циркуляционная схема котла ДКВР**

Питательная вода поступает в верхний барабан по двум питательным линиям, откуда по последним рядам труб конвективного пучка поступает в нижний барабан. Питание экранов производится необогреваемыми трубами из верхнего и нижнего барабанов. Фронтальной экран котла ДКВР-10 питается водой из опускных труб верхнего барабана, задний экран - опускных труб нижнего барабана. Пароводяная смесь из экранов и подъемных труб пучка поступает в верхний барабан.

Все котлы снабжены внутрибарабанными паросепарационными устройствами для получения пара.

Котлы ДКВР-2,5, ДКВР-4 и ДКВР-6,5, поставка которых может осуществляться одним транспортабельным блоком и в разобранном виде, имеют опорную раму сварной конструкции, выполненную из стального проката.

Котлы ДКВР-10 опорной рамы не имеют. Неподвижной, жестко закрепленной точкой котла является передняя опора нижнего барабана. Остальные опоры нижнего барабана и камер боковых экранов выполнены скользящими. Камеры фронтальной и заднего экранов крепятся кронштейнами к обдувочному каркасу. Камеры боковых экранов крепятся к опорной раме.

Котел снабжен контрольно-измерительными приборами и необходимой арматурой: предохранительные клапаны, манометры и трехходовые краны к ним, рамки указателей уровня

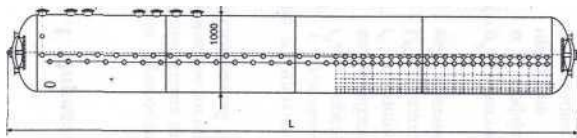
со стеклами и запорные устройства указателей уровня, запорные вентили и обратные клапаны питания котлов, запорные вентили продувки барабанов, камер экранов, регулятора питания и пароперегревателя, запорные вентили отбора насыщенного пара (для котлов без пароперегревателей), запорные вентили для отбора перегретого пара (для котлов с пароперегревателями), запорные вентили на линии обдувки и прогрева нижнего барабана при растопке котлов (для котлов ДКВР-10), вентили для спуска воды из нижнего барабана, запорные вентили на линии ввода химикатов, вентили для отбора проб пара.

Для котлов серии ДКВР-10 поставляются также запорный и игольчатый вентили для непрерывной продувки верхнего барабана.

На газоходах котлов устанавливается чугунная гарнитура.

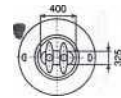
### Барабаны к котлам ДКВР

Соединения трубной системы котла ДКВР с барабаном производятся вальцованные, а не сварные, что повышает ремонтпригодность и надежность котла. Использование автоматизированных комплексов сварки позволяет изготавливать барабаны ДКВР высокого качества. ПГ «Генерация» осуществляет отдельную поставку ремкомплектов ДКВР и барабанов ДКВР.



Верхний барабан котлов ДКВР-4, ДКВР-6,5, ДКВР-10

Нижний барабан котлов ДКВР-4, ДКВР-5,6, ДКВР-10



Барабан котла ДКВР, вид сбоку

### Габаритные размеры барабанов к котлам ДКВР

Габаритные размеры,	ДКВР-4	ДКВР-6,5	ДКВР-10	ДК8Р-20
L, мм	5418	6680	6990	5300
L1, мм	2414	3266	3587	5300

### Эксплуатационные параметры

Многочисленные испытания и длительный опыт эксплуатации большого числа котлов ДКВР подтвердили их надежную работу на пониженном по сравнению с номинальным давлением. Минимальное допустимое давление (абсолютное) для котлов ДКВР-2,5; 4; 6,5; 10 равно 0,7 МПа (7 кгс/см<sup>2</sup>).

С уменьшением рабочего давления КПД котлоагрегата не уменьшается, что подтверждено сравнительными тепловыми расчетами котлов на номинальном и пониженном давлениях.

Элементы котлов рассчитаны на рабочее давление 1,4 МПа, безопасность их работы обеспечивается установленными на котле предохранительными клапанами.

С понижением давления в котлах до 0,7 МПа комплектация котлов экономайзерами не изменяется, так как в этом случае недогрев воды в питательных экономайзерах до температуры насыщения пара в котле составляет более 20°C, что удовлетворяет требованиям правил Госгортехнадзора.

#### **Микродиффузионные газовые горелки серии МДГГ**

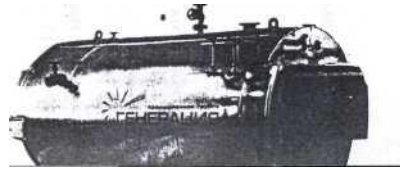
Горелка газовая блочная укомплектована современной газовой арматурой, обеспечивающей безопасную высокоэффективную работу котла. В конструкции горелки используются лучшие качества кинетического и диффузионного механизма сжигания топлива, что обеспечивает высокие параметры короткого факела и экономию газа до 30% в сравнении с традиционными горелками.

## Приложение Г (справочное)

### Паровые жаротрубные котлы серии Ем «Генерация»-1,0; 1,6; 2,5 т/ч

Котлы паровые жаротрубные серии Ем «Генерация» предназначены для выработки насыщенного пара низкого давления для технологических нужд в машиностроении, нефтяной и газовой промышленности, химическом производстве, сельском хозяйстве, пищевой и других отраслях промышленности.

Конструктивно котел выполнен по трехходовой схеме: жаровая труба и два пучка дымогарных труб (второй и третий ходы) расположены в водяном объеме и создают максимальную поверхность теплообмена. Газоплотная схема котла позволяет эксплуатировать его как под разрежением, так и под наддувом.



**Преимущества:** высокая эффективность паропроизводства при КПД 91%; простота, технологичность, ремонтпригодность конструкции обеспечивает эксплуатационный срок службы котла более 15 лет; изготовление трубных пучков из бесшовных труб с использованием современных технологий электросварки повышает надежность эксплуатации котлов; возможность работы котла как под разрежением, так и под наддувом с автоматизированными горелками существенно расширяет зону эксплуатации данных котлов, включая зоны с жесткими экологическими ограничениями; максимальная готовность котла к эксплуатации.

#### Технические характеристики

Тип котлоагрегата	Ем-1,0-0,9 ГМН	Ем-1,6-0,9 ГМН	Ем-2,5-0,9 ГМН
Номинальная паропроизводительность, т/ч, не менее	1,0	1,6	2,5
Тепловая мощность, МВт	0,68	1,09	1,7
Рабочее давление пара, МПа	0,8	0,3	0,8
Расчетное топливо	Природный/попутный газ, мазут, нефть		
Объем воды в котле, м <sup>3</sup>	3,4	5,3	8,8
Полная поверхность нагрева, м <sup>2</sup> *	34,8	53,04	102,9
КПД (газ/мазут), %, не менее	91/90	91/90	91/90
Аэродинамическое сопротивление, Па	410	375	285
Температура питательной воды на входе, °С	50	50	50
Номинальная температура пара на выходе, °С	174,5	174,5	174,5
Габариты котла (длина x ширина x высота), м, не более	3,38x1,9x1,87	4,9x2,45x2,18	5,2x2,6x2,5
Масса котла сухая, кг	3810	8090	10870



Котлы эксплуатируются с вентиляторными (наддувными) автоматизированными горелками, арматурой и ЗИП ведущих мировых и российских производителей. Наилучшие показатели производства пара достигаются при использовании наддувных горелок с плавным регулированием тепловой мощности и при непрерывном регулировании подачи питательной воды в зависимости от параметров потребляемого пара.

### Паровые котлы серии МЗК

Паровые водотрубные цилиндрические вертикальные котлы серии МЗК предназначены для получения насыщенного пара с температурой 175°C и абсолютным давлением 0,9 МПа, используемого для технологических и отопительных нужд. Котлы поставляются единым транспортабельным блоком в собранном виде в обмуровке и обшивке. Отличаются высокой степенью монтажной готовности, минимальными затратами на пуско-наладочные работы, простотой и удобством в эксплуатации. В комплект поставки котла входит горелочное устройство, дутьевой вентилятор, комплект средств управления, арматура в пределах котла, насос, приборы контроля, лестница с площадкой и др.



### Технические характеристики

Тип котлоагрегата	МЗК-7АЖ-2	МЗК-7АГ-2
Паропроизводительность,	1.0	1.0
Давление пара, МПа	0.8	0.8
Топливо	жидкое топливо	природный газ
Температура питательной воды, °С	50	50
КПД, %	89	69
Габаритные размеры	2300x2100x2800	2300x2100x2800
Масса котла, кг	2490	2520

**Климов Геннадий Матвеевич,**  
Климов Михаил Геннадьевич,  
кафедра теплогазоснабжения

Устройство паровых котельных агрегатов [Текст].

Методическая разработка к практическим занятиям, к курсовому и дипломному проектированию для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140104 «ПТ», 270109 «ТГВ», 280101 «БЖД в техносфере»

Подписано к печати..... Формат 60x90 1/8

Бумага газетная. Печать офсетная

Уч.изд. л. .... Усл.печ.л. .... Тираж 300 экз.

Заказ № .....

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

603950, Н.Новгород, Ильинская, 65

Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65