

Лекция 3 Устройство паровых и водогрейных котлов

ТРОШЕВ

Трошев Д.С.
Старший преподаватель
кафедры ПТЭ и Э

Топочные устройства

Топочное устройство, или топка, являясь основным элементом котельного агрегата, предназначена для сжигания топлива с целью выделения заключенного в нем тепла и получения продуктов сгорания с возможно большей температурой. В то же время топка служит теплообменным устройством, в котором происходит теплоотдача излучением из зоны горения на смежные холодные окружающие поверхности нагрева котла, а также устройством для улавливания и удаления некоторой части твердых остатков при сжигании твердого топлива.

В общем случае топка представляет собой камеру, в которую подается топливо (твердое, жидкое газообразное) и окислитель, обычно воздух. В топке в теплообменников продукты сгорания отдают свою теплоту теплоносителю (воде, пару), циркулирующему по трубам, которые размещаются на стенах камеры. В печных топках теплота дымовых газов используется в рабочем пространстве печи для тепловой обработки материалов (или изделий) либо для отопления.

По способу сжигания топлива различают топки:

- Со слоевым сжиганием.

Слоевая топка – техническое устройство, предназначенное для сжигания твердого кускового топлива, имеющее форму параллелепипеда, разделенного колосниковой решеткой того или иного типа на две части: собственно топку и зольник.

Это исторически первый способ сжигания топлива, который много раз совершенствовался.

Сейчас также используют топки:

1. С кипящим слоем (КС)
2. С циркулирующим кипящем слоем (ЦКС)

Такая технология сжигания ограничивает единичную мощность котла, поэтому перешли к факельному сжиганию.

- С факельным (камерным) сжиганием.

Камерная топка – техническое устройство предназначенное для сжигания пылевидного твердого топлива, а также жидкого или газообразного топлив имеющее форму параллелепипеда с подом (нижнее ограждение) расположенным или с уклоном к центру или плоско и имеющее на вертикальных стенах отверстия (амбразуры) для установки горелок или форсунок.

Камерные топки были разработаны в конце 20-х гг. 20 в. для сжигания твёрдого топлива в пылевидном состоянии в факельном процессе, что позволило с высокой надёжностью и экономичностью использовать топливо высокого качества, значительно повысить единичную производительность котлоагрегатов.

Топливо перед подачей в факельную топку очищается, измельчается и высушивается в системе пылеприготовления. Факельные топки оказались весьма удобными для сжигания газообразного и жидкого топлива, причём газообразное топливо не требует предварительной подготовки, а жидкое должно быть распылено форсунками.

При одинаковой площади поперечного сечения камерных и слоевых топок факельный способ обеспечивает большую тепловую мощность.

Основные преимущества камерных топок заключаются в следующем:

- 1) возможность экономичного использования практически всех сортов угля, в том числе и низкосортных, которые трудно сжигать в слое;
- 2) хорошее перемешивание топлива с воздухом, что позволяет работать с небольшим избытком воздуха ($\alpha=1,2\div 1,25$);
- 3) возможность повышения единичной мощности котельного агрегата;
- 4) относительная простота регулирования режима работы и, следовательно, возможность полной автоматизации топочного процесса.

Разновидностью факельных топок являются вихревые топки.

- С вихревым сжиганием.

Вихревые (или циклонные) топки получили распространение в 50-х гг. 20 в., в них частицы твёрдого топлива (размером до нескольких десятков мм) почти полностью сгорают в камере при топке, где создаётся газо-воздушный вихрь.

Раньше этот способ сжигания считался эффективным, т.к. затраты на измельчение снижались, но сейчас применяется редко из-за сложности конструкции.

По конфигурации топочного объема различают:

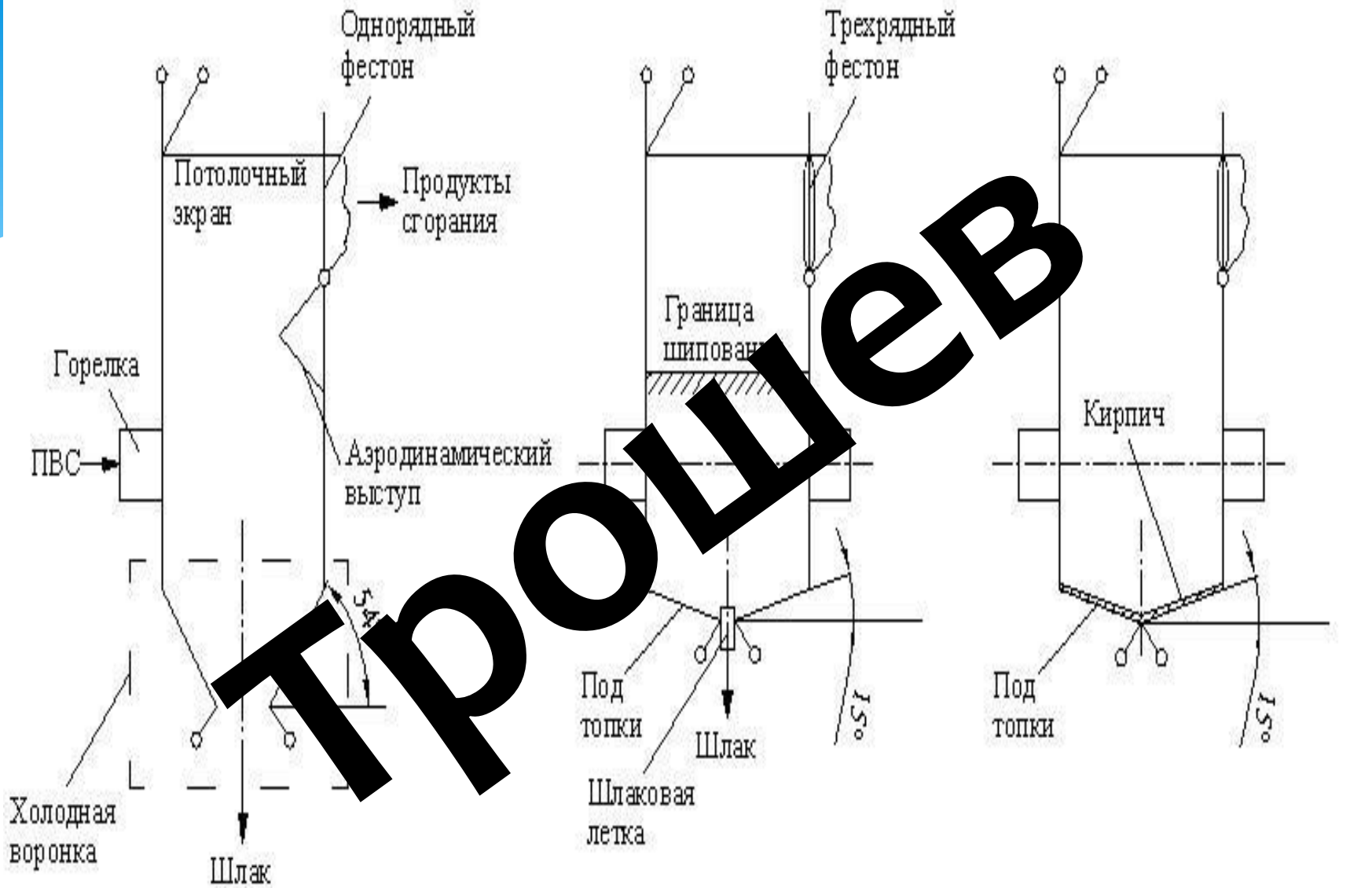
- Открытые топки
 - С ТШУ, ЖШУ, газо-мазутные

Все открытые топки имеют горизонтальное поперечное сечение в виде прямоугольника. Их называют топками призматического типа. В верхней части топки имеет аэродинамический выступ, служащий для улучшения аэродинамической картины на выходе из топки.

- В топках с ТШУ, в нижней части есть холодная воронка, экраны ее наклонены под углом около 54° . Все экраны обычно открыты (обращены поверхностью труб внутрь топки).

- В топках с ЖШУ, экраны нижней части наклонены под углом около 15° , и обычно вся нижняя часть экранов покрыта металлическими шипами, а поверхность шипов – карборундовой смазкой. Она необходима для уменьшения теплосъема в нижней части топки, повышения уровня температур и как следствие, для улучшения условий жидкого шлакоудаления. Шлак выходит из топок с ЖШУ через отверстия, которые называются летками (горло длиной).

- В газо-мазутных топках или с УШУ нижняя наклонная часть называется подом. При сжигании газа вода не образуется, а при сжигании мазута ее образуется очень мало, поэтому в газо-мазутных топках леток нет. При сжигании мазута значение величин падающих радиационных потоков в нижней части топки очень велики, поэтому под таких топков подкладывается кирпичом. В котлах до критических давлений это позволяет избежать в экранах пода образования пароводяной смеси и ее расслоения.



Открытая однокамерная с ТШУ

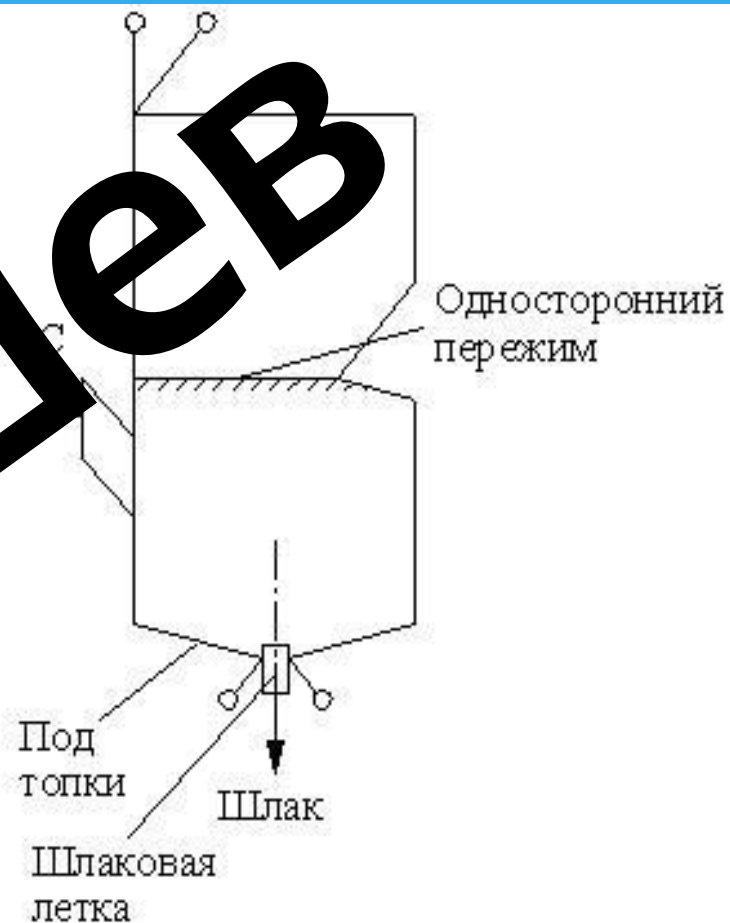
Открытая однокамерная с ЖШУ

Открытая однокамерная газомазутная

- Полуоткрытые топки:
 - С ЖШУ, газо-мазутные.



Полуоткрытая однокамерная с двусторонним пережимом и ЖШУ

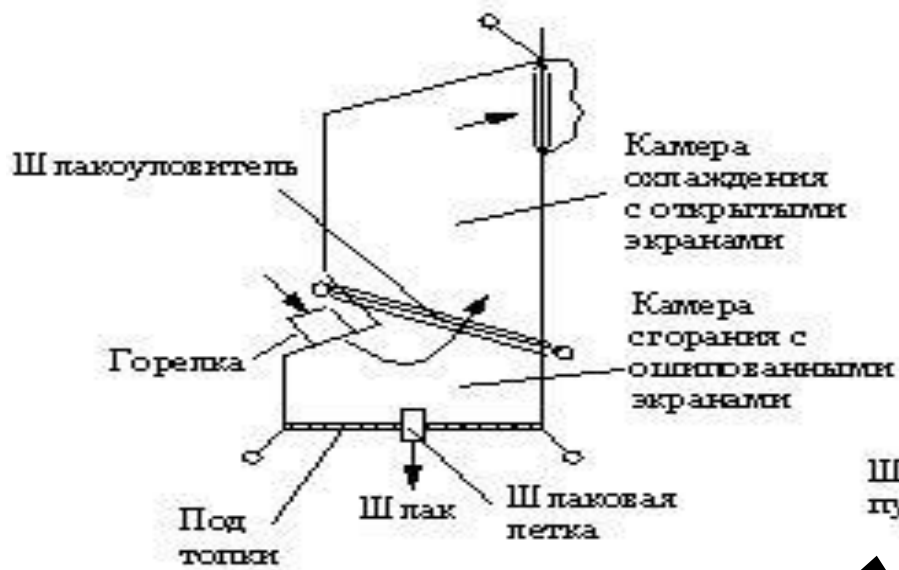


Полуоткрытая однокамерная с односторонним пережимом и ЖШУ

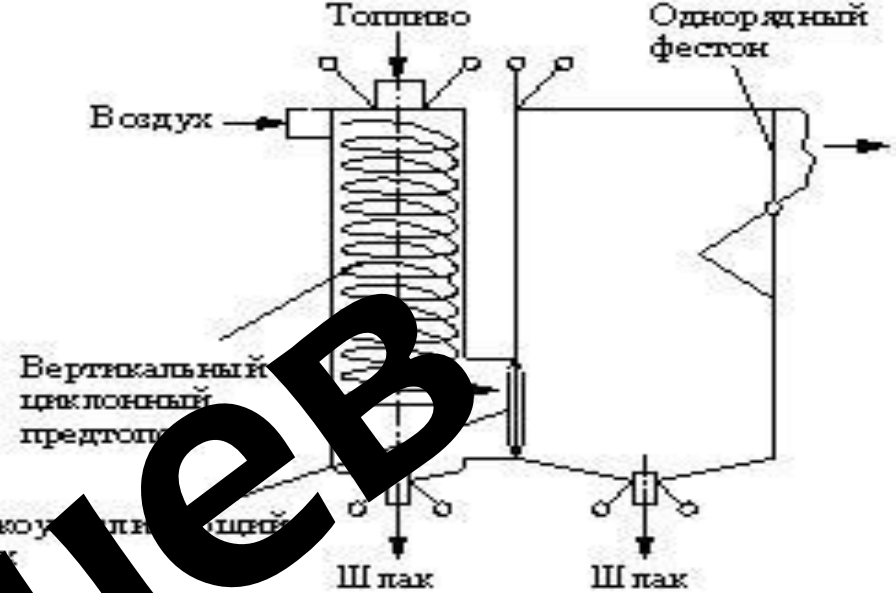
- Двухкамерные, трехкамерные топки:
 - С ЖШУ, реже газо-мазутные.

Отличительным признаком двухкамерных топок является шлакоулавливающий пучок. Обычно это испарительная поверхность нагрева из труб большего диаметра, которые снаружи покрыты карборундовой обмазкой. Шлакоулавливающий пучок необходим для увеличения коэффициента шлакоудаления $a_{\text{шл}}$ (для двухкамерных топок $a_{\text{шл}}=0.4$). Для этого пучка приходится использовать испарительную поверхность нагрева, т.к. он работает в зоне высоких температур (1500÷1600 С) и его нужно охладить.

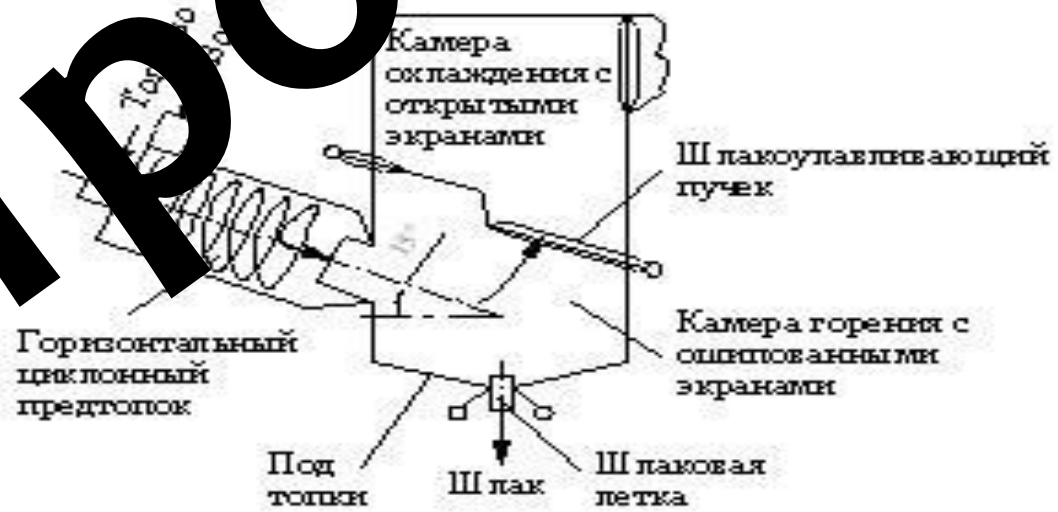
Топка с горизонтальными циклонными предтопками формально является трехкамерной и первой камерой являются два горизонтальных циклонных предтопки. Они имеют сложную конструкцию и их стены экранированы змеевиками из спиральных труб. Эти змеевики ошипованы и покрыты обмазкой, а иногда и закрыты специальной кладкой. В циклоны тангенциально поступает воздух и топливо – жидкая или пастообразная смесь. Частицы топлива подаются здесь не в виде пыли, а в виде комочки с размерами куска 5..10мм, поэтому при использовании таких топок системы пылеприготовления не нужны – получается экономия на размоле топлива. Вторая камера – это камера зажигания, в которой все экраны ошипованы и покрыты обмазкой. Т.к. температура ПВС в циклонах и камере дожигания очень высоки, то трудностей с выходом жидкого шлака нет, а коэффициент шлакоулавливания =0.44..0.45, т.к. есть шлакоулавливающий пучок.



Двухкамерная с ЖШУ (Германская)



Двухкамерная, с вертикальным циклонным предтопком с ЖШУ



Трехкамерная, с горизонтальным циклонным предтопком с ЖШУ

ТРОШЕВ

У котлов БКЗ-210-140-560 такие топки. В эксплуатации они показали надежную работу жидкого шлакоудаления, но из-за высокого уровня температур герметичность в месте сопряжения циклонов с камерой дожигания часто нарушалась. Кроме того, выбросы вредных веществ на котлах с такими топками из-за высокого уровня температур тоже большие – было принято решение провести реконструкцию и оборудовать эти котлы полуоткрытыми топками с ЖШУ.

- Топка с вертикальными циклонными предтопками является двухкамерной, она обладает тем же «+» и «-», что и топка с горизонтальными циклонными предтопками.

-Из-за большой конструктивной сложности и плохих экологических показателей точного процесса, топки с циклонными предтопками давно не производятся.

По способу компоновки горелок различают топки:

- С фронтальной компоновкой
 - Горелки могут располагаться в 1..5 ярусов
- С встречной компоновкой
 - Горелки могут располагаться в 1..5 ярусов
- Со встречно-смещенной компоновкой
 - 1..2 яруса

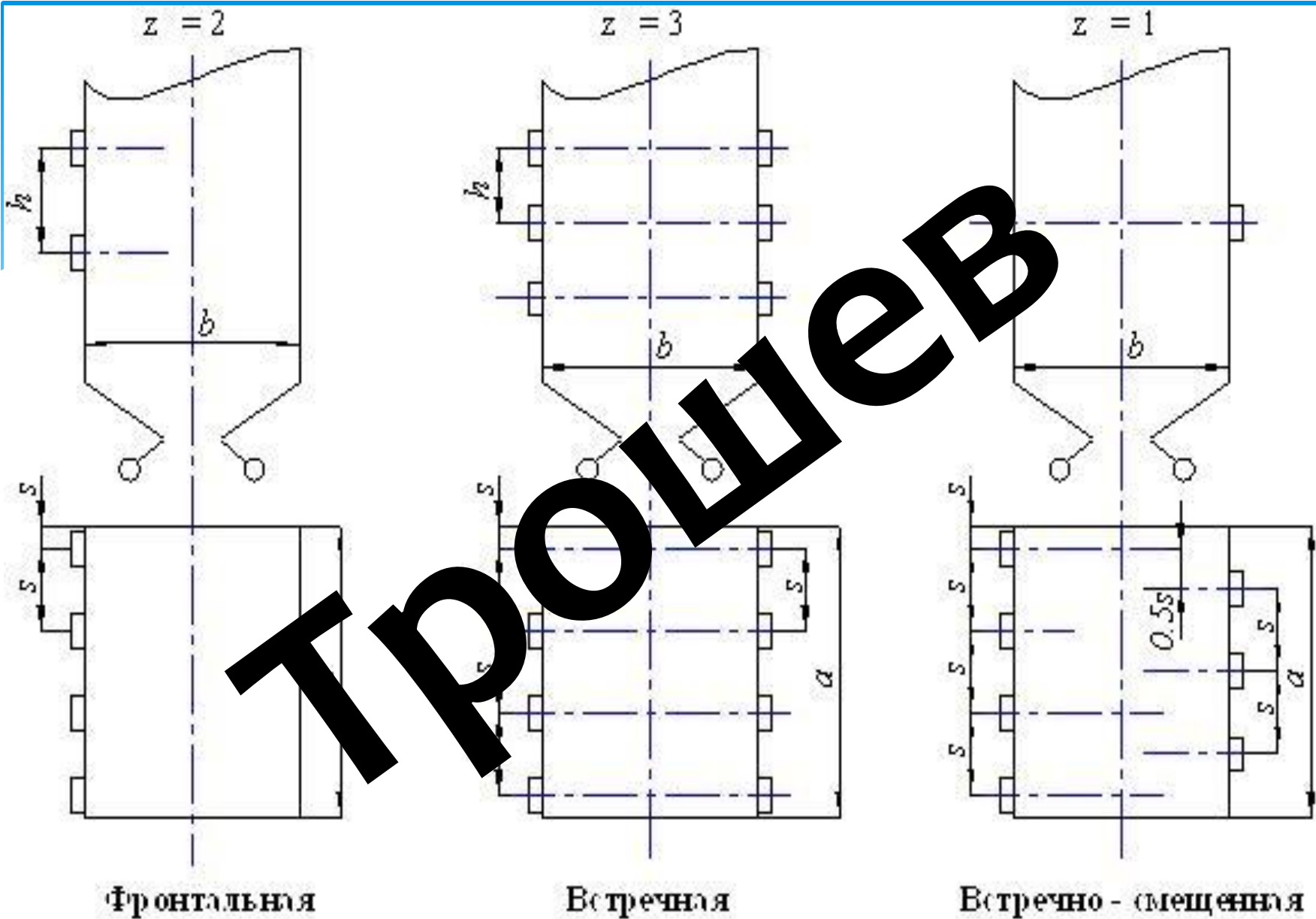
- С тангенциальной компоновкой

-Очень широко используется при твердом и жидком шлакоудалении. Оси горелок в ярусе расположены по касательной к условной окружности диаметром (зависит от шлакоудаления). Топка чаще всего близка к квадратной и . В ярусе может быть 4, 6, 8 горелок

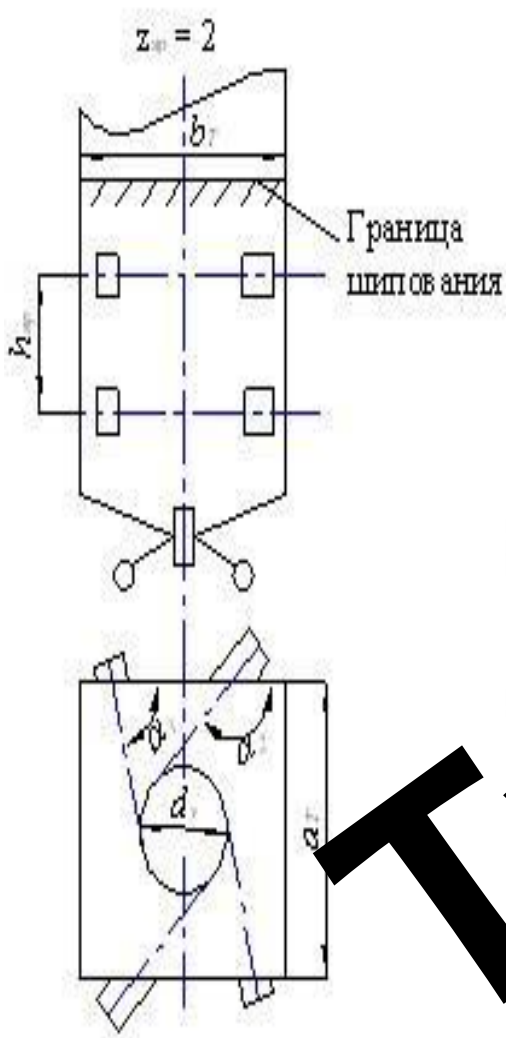
-1..5 ярусов

- С подовой компоновкой (используется только на газо-мазутных топках)
- С потолочной компоновкой (в инвентных котлах)
- С L-образной компоновкой

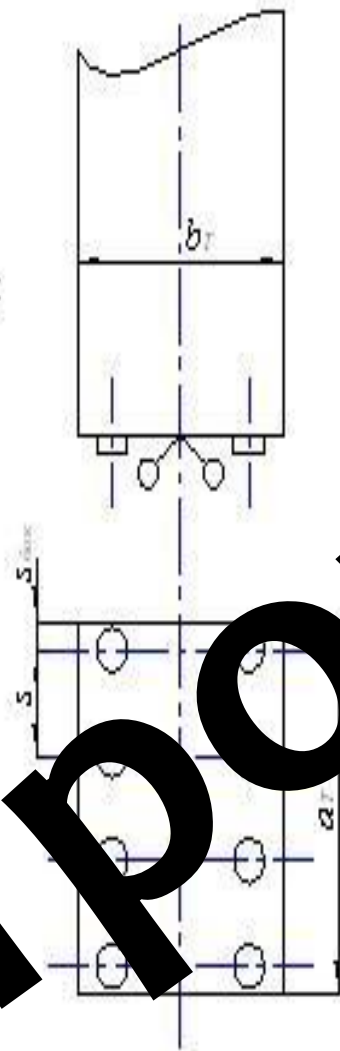
Очень широко используются фронтальная, встречная и тангенциальная компоновки. Встречная и тангенциальная компоновки встречаются на котлах любой паропроизводительности при сжигании газа, мазута, и др. топлив с любым шлакоудалением. Фронтальная компоновка используется на котлах производительностью при сжигании газа, мазута и твердых топлив с ТШУ. Остальные виды встречаются редко.



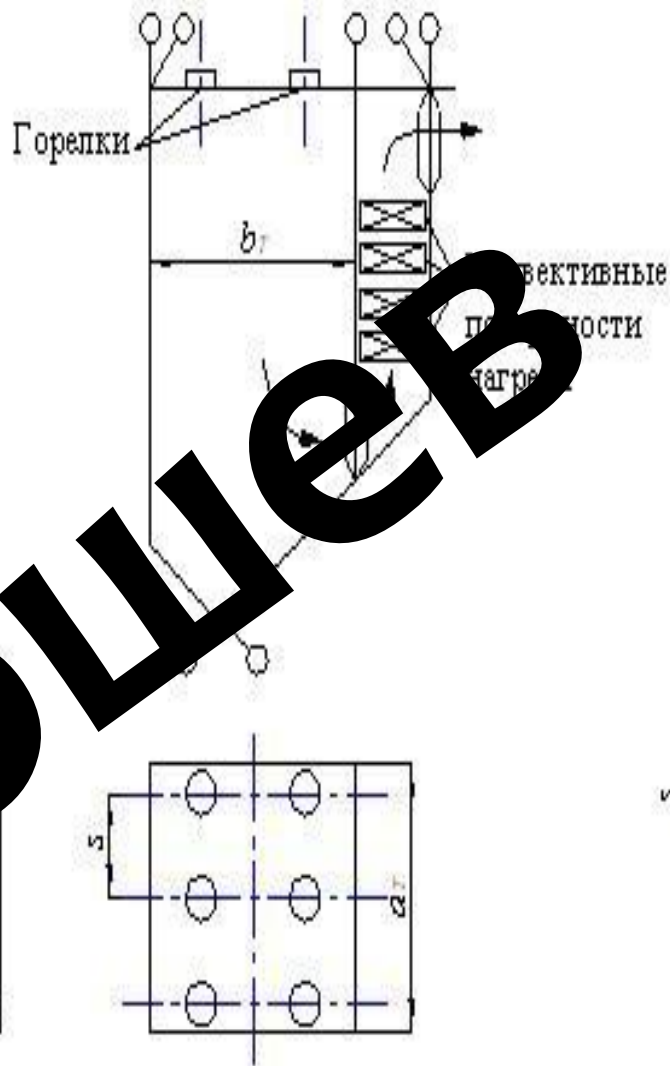
$z_я$ – число ярусов, $S_{бок}$ – боковой простенок, $a_т$ – ширина топки, $b_т$ – глубина топки, $h_{яр}$ – высота яруса, s – шаг.



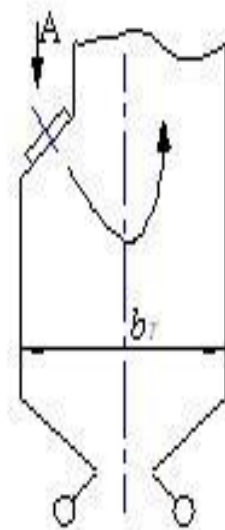
Тангенциальная



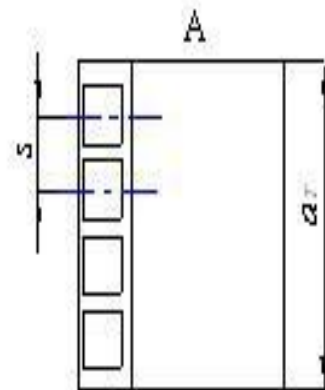
Подовая
(только газо-мазутные котлы)



Потолочная
(инвертные котлы)



L-образная



z_{ϕ} - число ярусов, $s_{бок}$ - боковой простенок, $a_{т}$ - ширина топки, $b_{т}$ - глубина топки, h_{ϕ} - высота яруса, s - шаг

1. Слойные топки. Классификация

Обслуживание топки, в которой сжигание топлива осуществляется на решетке, связано с выполнением следующих операций:

- подача топлива в топку;
- шурование слоя – перемещение кусочков топлива относительно друг друга и по отношению к колосниковой решетке;
- удаление из топки шлака.

Механизация топочных устройств имеет большое значение. При полной механизации кочегар превращается в машиниста парового котла, освобождаясь от необходимости затраты физического труда. Кроме того, уменьшается зависимость эффективности работы от индивидуальных качеств кочегара, и освобождается место при ручном обслуживании.

Механизация повышает общую эффективность работы котельного агрегата, увеличивая экономичность его работы.

Задача механизации топочных устройств особо актуальна в установках малой и средней мощности, потребляющих большое количество топлива.

Механизировать можно одну, две либо все три перечисленные выше операции, из которых состоит обслуживание слоевой топки.

В зависимости от степени механизации указанных операций топочные устройства подразделяют на следующие виды:

- **топки немеханизированные** (ручные топки), в которых все три операции выполняют вручную;
- **топки полумеханические**, в которых механизированы либо одна, либо две операции;
- **топки механические**, в которых механизированы все три операции.

Характер подачи топлива в топку оказывает решающее влияние на производительность и экономичность топочного устройства.

Классификация наиболее типичных и относительно широко распространенных топочных устройств со слоевым сжиганием топлива показана на рисунке.

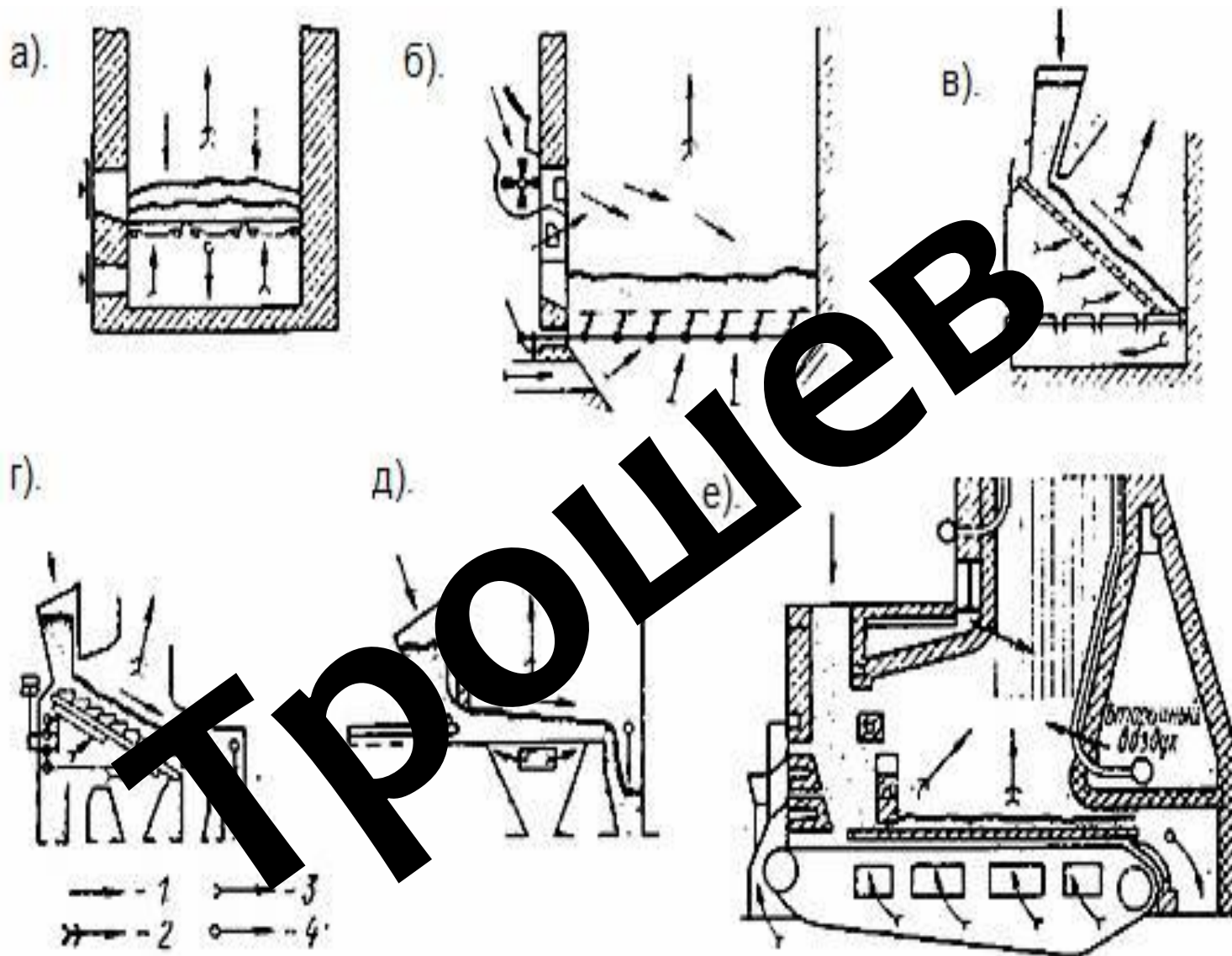


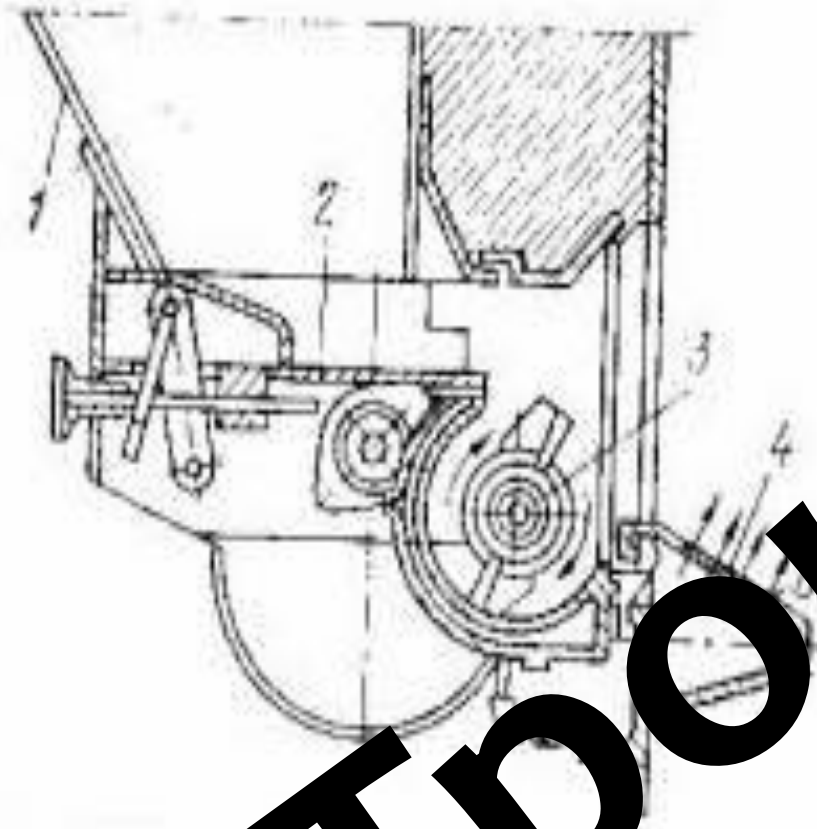
Схема слоевых топок: 1 – топливо; 2 – воздух; 3 – продукты сгорания; 4 – очаговые остатки.

В зависимости от способа организации процесса сжигания топлива слоевые топки можно разделить на три группы:

- 1) с неподвижной колосниковой решеткой и неподвижным слоем топлива (а, б);
- 2) с неподвижной колосниковой решеткой и перемещением топлива по решетке в, г, д);
- 3) с подвижной колосниковой решеткой и движущимся вместе с ней слоем топлива (е).

В показанную на рисунке а топку топливо загружают вручную и вручную удаляют очаговые остатки через зольник. Из-за большой затраты физического труда топки этого типа используют только для котлов малой паропроизводительности (до 0,5 кг/с).

На рисунке б показана полумеханическая топка с пневмомеханическим забрасывателем (ПМЗ) и ручными поворачивающимися колосниками (РПК).



Пневмомеханический
забрасыватель топлива:
1 – бункер; 2 – питатель; 3 –
роторный метатель; 4 –
сопловая решетка.

Трошев

Топливо забрасывается питателем ПМЗ и равномерно распределяется по решетке, удаляют очаговые остатки путем их сбрасывания в зольный бункер при повороте колосников около своей оси от ручного привода. В топке, показанной на рисунке в, загрузка осуществляется под воздействием собственного веса топлива. Топки с наклонной решеткой (с углом наклона 50°, что соответствует углу естественного откоса сжигаемого топлива) используют обычно для сжигания древесных отходов и кускового торфа. Возвратно-поступательное движение колосников на наклонно-переталкивающей решетке (рисунке г) дает возможность осуществить непрерывную шуровку слоя топлива. В таких топках возможно сжигание горючих пластов, бурых углей с большой зольностью и повышенной влажностью и каменных углей с большим выходом летучих веществ.

Топки с шурующей планкой (рисунке д) предназначены для сжигания многослойных бурых и неспекающихся каменных углей. Шурующая планка выполняется в виде трехгранной призмы из литого чугуна или стали. Угол наклона передней плоскости к горизонтальной плоскости составляет 35°, а задней – 15°. При движении вперед (к задней стенке топки) топливо подрезается задней гранью и осуществляется шуровка горящего слоя топлива.

По режиму подачи топлива на решетку различают топочные устройства:

- с периодической загрузкой топлива;
- с непрерывной загрузкой топлива.

В слоевых топках большое значение имеет надежность воспламенения топлива.

По организации тепловой подготовки и воспламенения топлива в слое различают:

- топки с нижним воспламенением;
- топки с верхним воспламенением;
- топки со смешанным воспламенением.

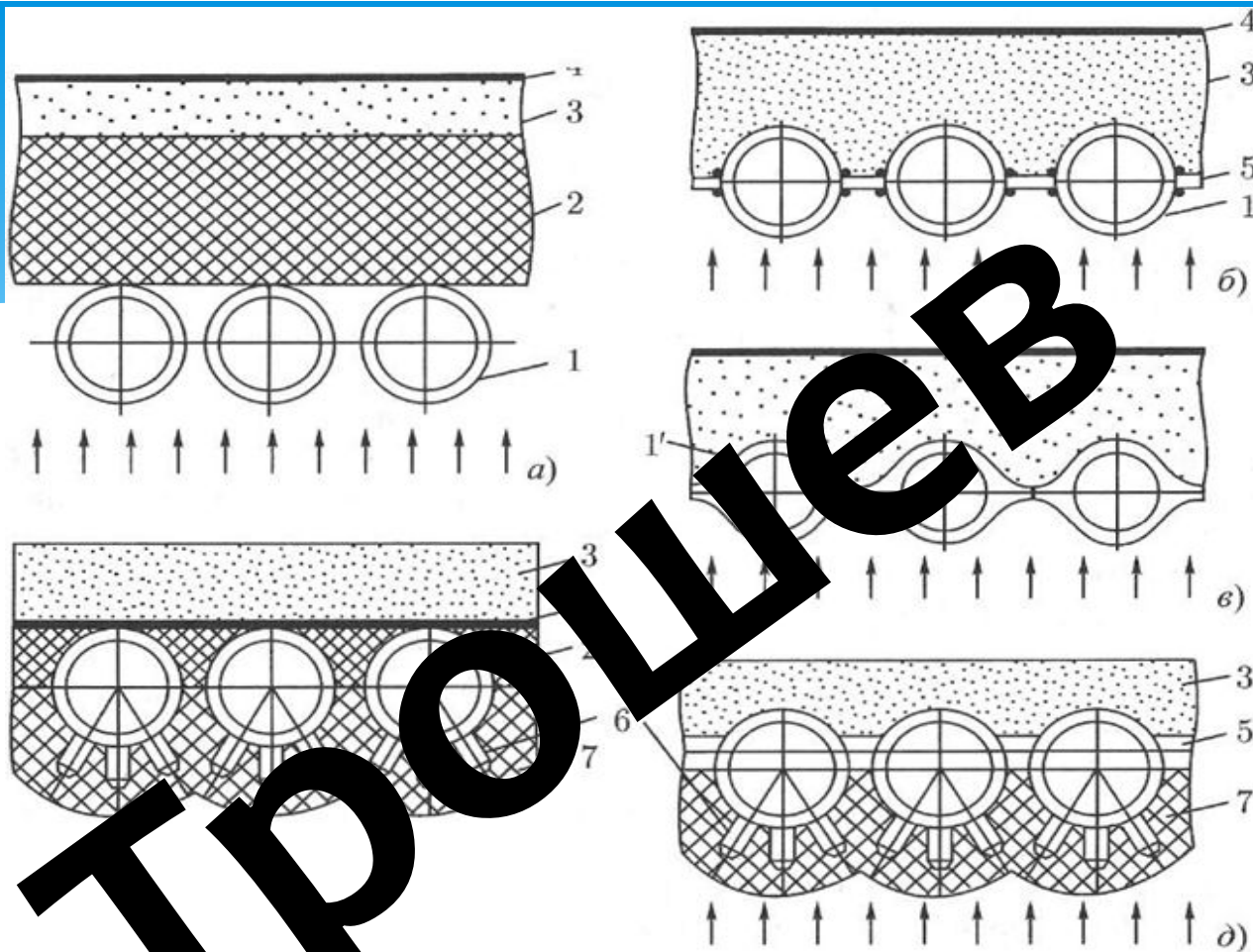
Нижнее, наиболее эффективное воспламенение, обеспечивающее интенсивную тепловую подготовку топлива, достигается при загрузке свежего топлива на горящий слой.

Верхнее воспламенение обычно связано с прогревом и воспламенением топлива за счет лучистого теплообмена слоя с топочными газами и обмуровкой и контакта с горящим топливом.

В смешанных схемах воспламенения имеют место частично и верхнее, и нижнее воспламенение.

2. Топочные экраны

Как указано выше, топочные экраны получают до 50% всего тепло восприятия рабочей среды в котле. Они находятся в зоне наиболее высоких температур газов и требуют тщательного конструктивного выполнения для обеспечения надежной работы металла труб. По конструкции различают экраны *гладкотрубные*, в которых трубы расположены вдоль стены топки с небольшим зазором 4-6 мм (а) и *газоплотные*, которые могут быть выполнены двух типов: либо из таких же гладких труб, но с вставками между ними проставками шириной 6-12 мм (б) либо с применением специальных плавниковых труб, сваренных между собой (в). Экраны из таких сварных между собой труб образуют монолитную цельносварную газоплотную конструкцию, их называют *мембранными*.



Типы экранирования топки: а – гладкотрубный экран; б – то же с сварными проставками (мембранный); в – газоплотный экран из плавниковых труб; г – футерованный гладкотрубный экран; д – футерованный мембранный экран; 1 – труба; 1' – плавниковая труба; 2 – огнеупорный бетон; 3 – тепловая изоляция; 4 – уплотнительный слой (обмазка, металлический лист); 5 – металлическая проставка; 6 – приварные шипы; 7 – огнеупорная масса

Для образования в топке зоны устойчивого воспламенения малореакционных топлив, требующих высокой температуры для их интенсивного горения, экраны всех типов на соответствующих участках покрывают огнеупорной массой с закреплением ее на приваренных к трубам шипах. Такие экраны называют футерованными экранами (д).

Гладкотрубные экраны применяют в паровых котлах всех систем, работающих под разрежением газопотока. При естественной циркуляции в целях повышения надежности движения рабочей среды в трубах топочные экраны располагают почти исключительно вертикально и в отдельных случаях круто наклонно. Парообразующие поверхности нагрева проточных котлов и котлов с многократной принудительной циркуляцией можно ориентировать в пространстве любым способом, устанавливая топочные экраны вертикальными, горизонтальными и подъемно-опускными, поскольку здесь есть возможность организации движения пароводяной смеси со скоростью, предотвращающей нарушение гидравлических режимов.

3. Пароперегреватели. Виды, классификация, назначение.

Пароперегреватель предназначен для повышения температуры пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле.

Пароперегреватель — один из наиболее ответственных элементов котельного агрегата, так как он работает в наиболее тяжелых температурных условиях. Змеевики пароперегревателя и коллекторы выполняются из углеродистой стали.

Каждый пароперегреватель представляет собой системы цельнотянутых параллельных труб диаметром $8 \div 40$ мм, изогнутых в виде змеевиков, вальцованных или приваренных к трубным коллекторам. Использование труб небольшого диаметра повышает гибку змеевиков и увеличивает коэффициент теплоотдачи. Толщина стенок труб зависит от рабочего давления пара и может быть от 3 до 5 мм. Устанавливают пароперегреватели на выходе продуктов сгорания из топки, где их температура находится в пределах $700 \div 900$ °С.

По своей конструкции пароперегреватели бывают вертикальные и горизонтальные с поперечным омытием продуктами сгорания. Наиболее широкое распространение получили исключительно вертикальные, так как их крепление получается более простым.

Надежность работы змеевиков зависит от способа подвода насыщенного пара и отвода перегретого пара из него. В зависимости от направления движения газов и пара различают три основные схемы включения пароперегревателя в газовый поток: прямоточную (а), противоточную (б) и комбинированную (в).

При прямоточном включении направление движения продуктов сгорания и пара по змеевикам совпадают, т.е. в одном направлении. В такой схеме наиболее высокая температура газов находится в области наиболее низкой температуры пара, что в принципе должно было бы обеспечить низкие температуры металла пароперегревателя. Однако при наличии в паре жесткой воды, поступающих с насыщенным паром из деаэрационных устройств барабана, соли, содержащиеся в них, будут осаждаться на первых рядах змеевиков, что приводит к резкому повышению температуры металла. В прямоточной схеме движения теплоносителей температурный напор (усредненная по поверхности разность температур между греющей и нагреваемой средой) минимален, что требует наиболее развитых поверхностей нагрева.

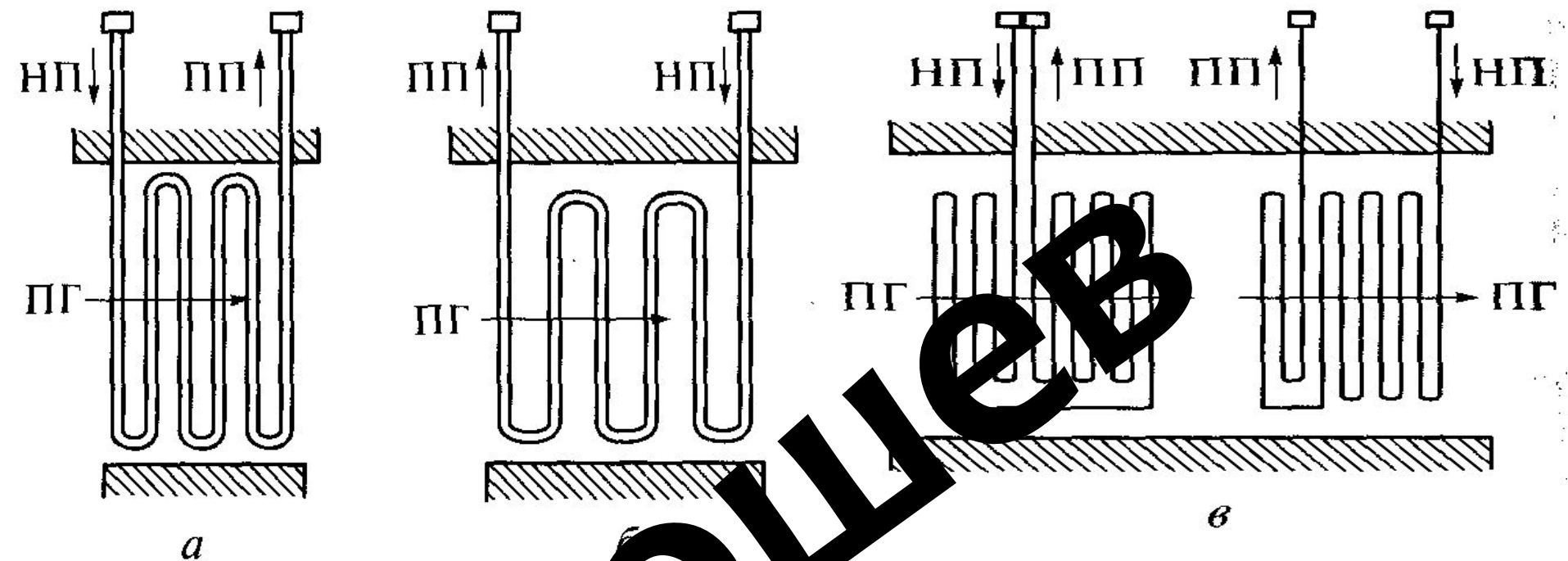


Рис. 17.1. Схемы включения пароперегревателей в газовый поток:
 а – прямоточная; б – противоточная; в – смешанная; стрелками
 показано движение насыщенного пара (НП), перегретого пара (ПП) и
 продуктов горения (ПГ)

При противоточной схеме потоки продуктов сгорания и пара направляются навстречу друг другу. В таком случае змеевики, обогреваемые продуктами сгорания с наиболее высокой температурой, встречают уже перегретый пар, который при этом недостаточно. В результате металл змеевика пароперегревателя работает в наиболее тяжелых температурных условиях. Вместе с тем, температурный напор в этой схеме максимальный и необходимая поверхность теплообмена минимальна, но ее можно изменить при нагреве пара до 400°C .

При комбинированном включении часть змеевиков включается в работу по проточной схеме, а часть — по противоточной. Данная схема является наиболее оптимальной по условиям надежности работы. Соотношение противоточной и проточной частей пароперегревателя выбирается из условия одинаковых температур металла в начале и в конце змеевика его проточной части.

По тепловосприятию пароперегреватели делятся на конвективные и конвективно-радиационные.

Для котлов низкой и средней мощности используют конвективные пароперегреватели, а для котлов с давлением свыше 40 атм. и при температурах нагрева более 250 °С используют конвективно-радиационные пароперегреватели.

Конвективный пароперегреватель обычно устанавливается в горизонтальном соединительном газоходе между топкой и конвективной шахтой котла.

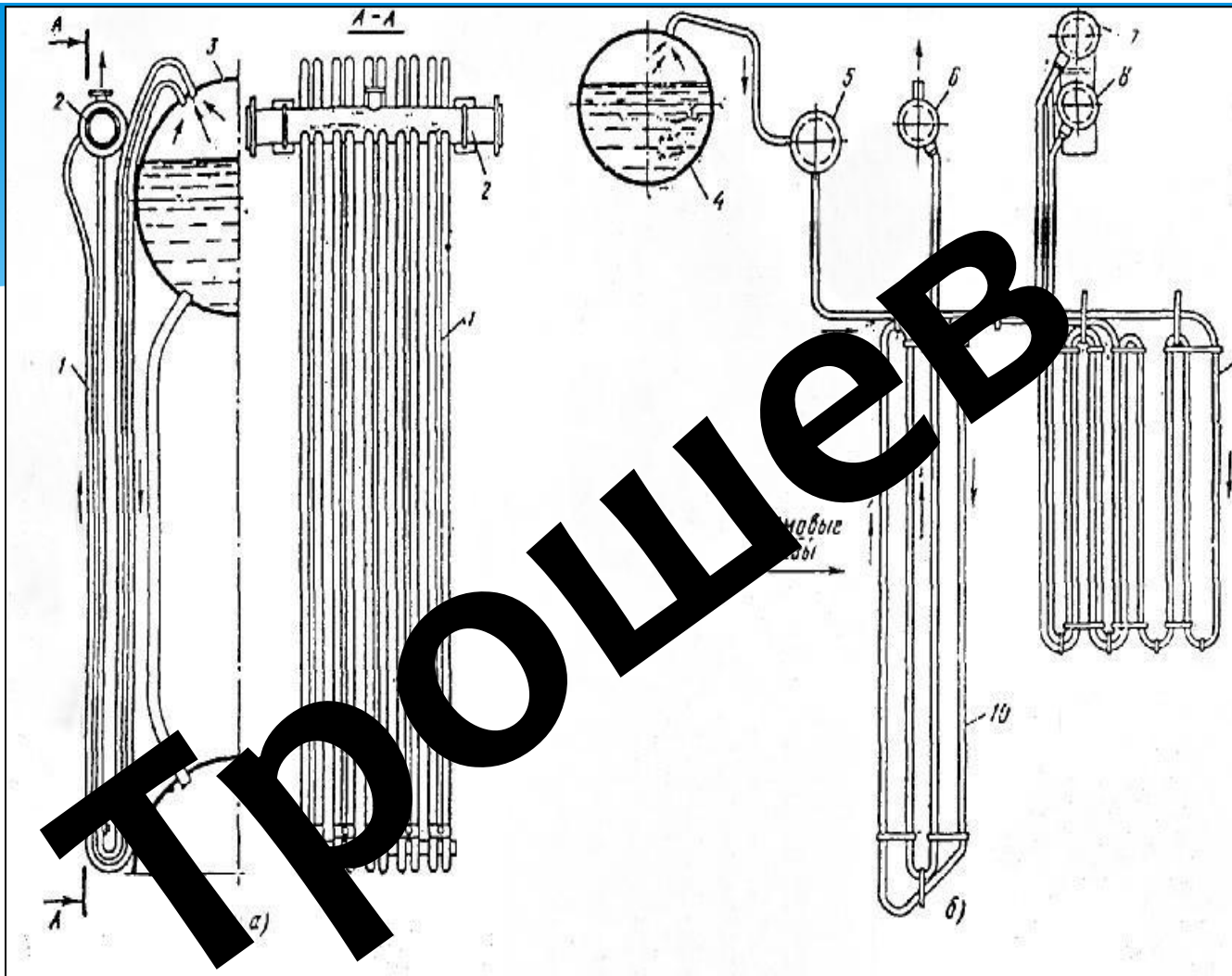
В конвективно-радиационных пароперегревателях конвективная часть устанавливается в газоходе котла, а радиационная — в топке котла.

Температуру пара в котлах с давлением до 2,4 МПа не регулируют. При давлении более 2,4 МПа для регулировки температуры используют редуционно-охладительные установки (РОУ) или промежуточные пароохладители.

Установки РОУ устанавливают на выходе пара из пароперегревателя и регулирование осуществляется путем впрыска определенного количества конденсата в пар.

Промежуточные пароохладители устанавливаются в рассечку между ступенями пароперегревателя. Пароохладитель представляет собой теплообменник по трубкам которого циркулирует питательная вода, а пар поступает в межтрубное пространство. Регулирование температуры перегретого пара производится изменением количества питательной воды, пропускаемой по трубкам пароохладителя. Котлы с температурой перегрева пара выше 400°C должны быть снабжены автоматическими регуляторами температуры перегретого пара.

Пароперегреватель должен иметь манометр, предохранительный клапан, запорную арматуру для отключения пароперегревателя от паровой магистрали, прибор для измерения температуры перегретого пара.



Конвективные паронагреватели:

а – типа ДКВР; б – экранного типа; 1 – трубы пароперегревателя, 2 и 6 – камеры перегретого пара, 3 и 4 – барабаны котла, 5 – камера насыщенного пара, 7 – промежуточная камера, 8 – выходная камера, 9 – змеевики, 10 – первая ступень пароперегревателя.

Поддержание номинальной температуры пара при пониженных нагрузках

Пароперегреватели современных паровых котлов по характеристикам тепловосприятости являются комбинированными, так как состоят из частей с разными условиями теплообмена поверхности пароперегревателя с газовым потоком (радиационный, полурадияционный и конвективный). Во всех случаях поверхность конвективного теплообмена несколько превышает другие, поэтому в целом комбинированный пароперегреватель имеет слабо выраженную конвективную характеристику и при подъеме нагрузки на котле температура перегрева пара несколько растет. Ввиду необходимости глубокого изменения графика нагрузки электростанции желательно иметь возможность в широком диапазоне регулирования паропроизводительности при сохранении номинальной температуры пара. Номинальная температура пара с допустимыми отклонениями не более $+5$ и -10°C должна обеспечиваться: по пару высокого давления — в регулировочном диапазоне нагрузок $0,3-4-1,0$ в прямоточных газомазутных котлах и $0,5 \div 1,0$ в барабанных и прямоточных на твердом топливе, по вторичноперегретому пару — в регулировочном диапазоне $0,6 \div 1,0$.



Классификация методов регулирования температуры пара высокого давления и промежуточного перегрева.

Различают два основных метода регулирования температуры перегрева пара: паровой и газовый с использованием для этого различных схем.

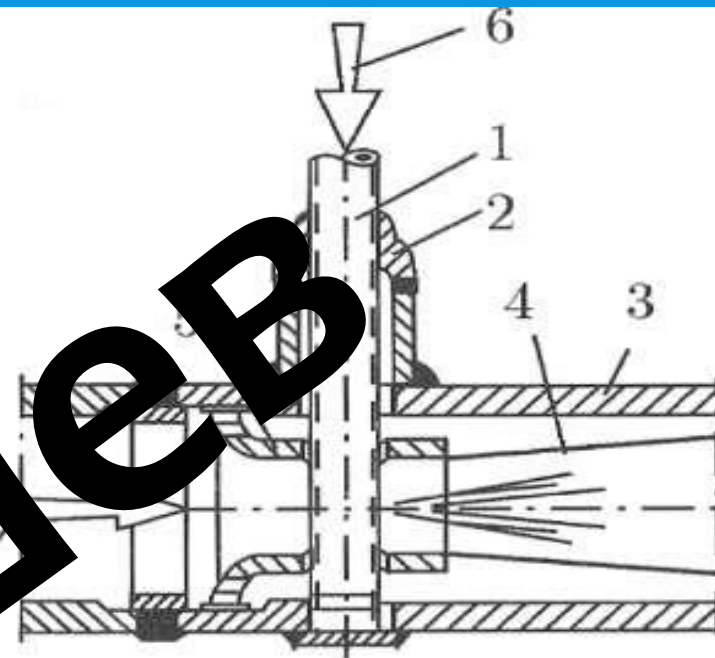
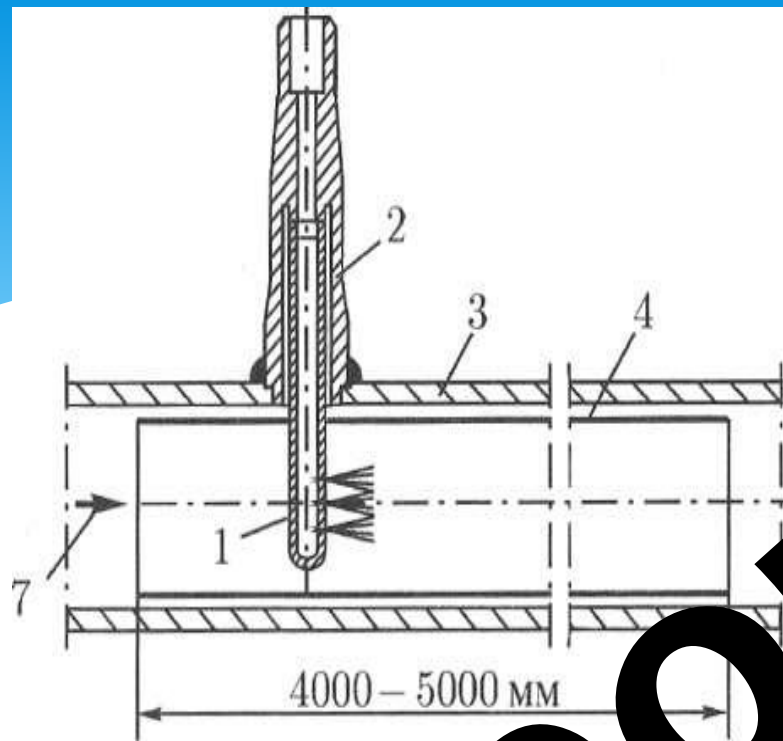
Методы парового регулирования температуры пара

Регулирование температуры пара высокого давления на барабанных котлах основано на понижении температуры по мере перегрева пара при ее превышении заданного значения в регулируемой точке. Поэтому размер поверхности нагрева пароперегревателя устанавливают такой, чтобы при нагрузке 0,5 без каких-либо воздействий обеспечить номинальный перегрев пара. При нагрузках выше 0,5 $V_{ном}$ излишний перегрев пара снимается в пароохладителях. В прямоточных котлах поддержание номинальной температуры обеспечивается изменением соотношения при расчетных поверхностях нагрева парационных и конвективных перегревателей. Устройства для регулирования температуры пара в нескольких местах пароперегревательного тракта используются при переходных режимах для стабилизации температуры пара в этих местах. Регулирование промежуточного перегрева пара обеспечивается путем догрева пара до необходимой температуры при нагрузках ниже номинальной. Для этих целей применяются как паровые, так и газовые методы.

Впрыскивающий пароохладитель. Для поддержания установленной температуры пара высокого давления почти исключительно применяются впрыскивающие пароохладители путем ввода (впрыска) в поток частично перегретого пара питательной воды или конденсата, имеющих температуру на $200 \div 300^\circ\text{C}$ ниже охлаждаемого пара.

Впрыскивающий пароохладитель устанавливают на прямом участке паропровода или в коллекторе длиной 6÷7 м, охлаждающая вода или конденсат вводится в поток пара через форсунку-распылитель с несколькими отверстиями диаметром 3÷6 мм. Во избежание попадания относительно холодной воды на горячие стенки корпуса (коллектора) внутри него установлена разгруженная от давления защитная рубашка цилиндрической формы или в виде сопла Вентури. Ее размер (3÷5 м) определяется расчетной длиной участка испарения и целью влаги.

Снижение температуры перегретого пара впрыскивающим пароохладителем достигается на некотором расстоянии от места ввода воды, так как образование капель конденсата и последующий перегрев, образовавшегося из них пара требует некоторый промежуток времени. На скорость потока пара в пароохладителе более 40 м/с. Уменьшения этого расстояния достигают более тонким распылением воды за счет уменьшения диаметра отверстий форсунки и увеличения перепада давления между впрыскиваемой водой и паром и по возможности увеличением разности температур пара и конденсата.



Впрыскивающий парохладитель: а – с цилиндрической защитной рубашкой; б – с соплом Вентури;

1 – водяная форсунка; 2 – штуцер; 3 – корпус парохладителя; 4 – защитная рубашка; 5 – сопло Вентури; 6 — вход охлаждающей воды; 7 – вход пара.

На котлах низкого давления используются поверхностные пароохладители – охлаждение пара в пароохладителе достигается путем отвода от него теплоты питательной воды, которая пропускается по трубкам теплообменного аппарата. Температуру пара регулируют в этом случае изменением расхода воды.

Тепловой баланс пароохладителя можно записать в форме двух уравнений:

теплосъем в потоке пара

$$Q_n = D_n (h'_{no} - h''_{no})$$

теповосприятие впрыска питательной воды

$$Q_{np} = D_{np} (\Delta h_e - r - \Delta h_n)$$

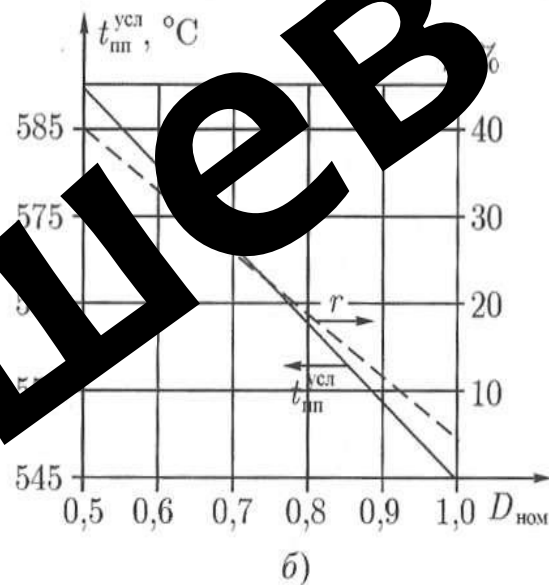
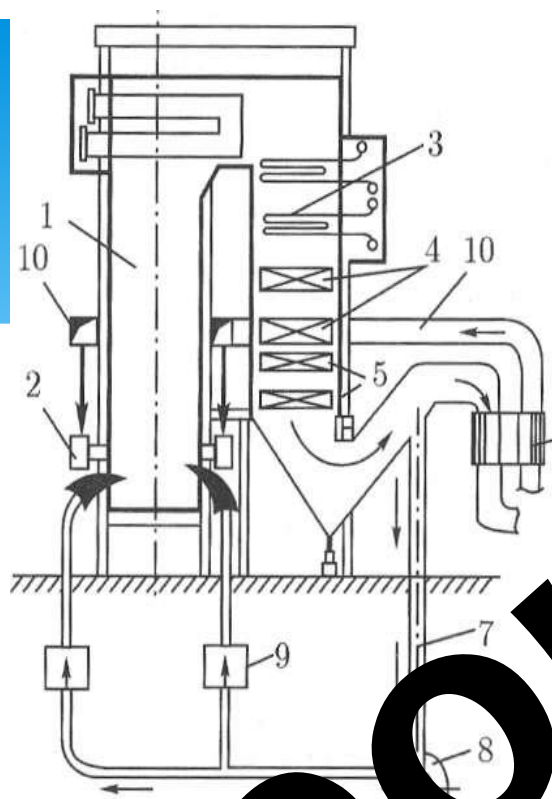
Где $D_n = D_{np}$ — расход пара перед пароохладителем и воды на впрыск, кг/с; $h'_{no} = h''_{no}$ — энтальпия пара на входе и выходе пароохладителя, кДж/кг; $\Delta h_e = \Delta h_n$ — энтальпия недогрева воды до насыщения и перегрева насыщенного пара до окончательной температуры h''_{no} кДж/кг; r — теплота парообразования, кДж/кг.

Методы газового регулирования

Газовое регулирование применяют для поддержания требуемой температуры пара промежуточного перегрева путем перегрева пара при пониженной нагрузке. В этом случае конденсированную поверхность устанавливают таких размеров, чтобы при номинальной нагрузке она обеспечивала заданную температуру пара. Газовое регулирование вызывает дополнительные расходы энергии на тягу и увеличение потерь теплоты сходящими газами. Определенное влияние оказывает оно на температуру перегрева свежего пара, что усложняет эксплуатацию.

Требуемую температуру промежуточного перегрева пара трудно обеспечить только газовым регулированием, поэтому в мощных котлах этот метод применяют совместно с паровым.

Рециркуляция продуктов сгорания. Она обеспечивается возвратом части газов из газохода после экономайзера с температурой $t_{гц} = 350-450^{\circ}\text{C}$ в топочную камеру. Газы рециркуляции вводят либо в кольцевой канал вокруг горелки, либо непосредственно в короб воздуха горелки. Поскольку абсолютное давление газов в топке выше чем в месте отбора их на рециркуляцию, подача газов в топку возможна только специальным дымососом рециркуляции газов. В связи с этим возрастают общие соответствующие затраты энергии котлом на перекачку газов. Кроме того, возврат части газов в топку увеличивает общий объем газов в тракте от топки до места отбора газов и сопротивление этого тракта, отчего дополнительно увеличиваются затраты энергии на тягу в основных дымососах.



Организация рециркуляции дымовых газов в топку (топливо – мазут): а – общая схема; б – изменение условной температуры вторичноперегретого пара от рециркуляции r при разных нагрузках котла; 1 – топка котла; 2 – газомазутные горелки; 3,4 – конвективные поверхности основного и промежуточного пароперегревателей; 5 – экономайзерные поверхности; 6 – РВП; 7 – линия отбора газов на рециркуляцию; 8 – дымосос рециркуляции газов; 9 – регулятор расхода; 10 – короб горячего воздуха.

4. Экономайзеры. Виды, классификация, назначение

В экономайзере питательная вода перед подачей в котел подогревается дымовыми газами за счет использования теплоты продуктов сгорания топлива. Наряду с предварительным подогревом возможно частичное испарение питательной воды, поступающей в барабан котла. В зависимости от температуры, до которой ведется подогрев воды, экономайзеры подразделяют на два типа — **некипящие** и **кипящие**. В некипящих экономайзерах по условиям надежности их работы подогрев воды ведут до температуры на 20 °С ниже температуры насыщенного пара в паровом котле или температуры кипения воды при имеющемся рабочем давлении в водогрейном котле. В кипящих экономайзерах происходит не только подогрев воды, но и частичное (до 10%) ее испарение.

Для очистки поверхности нагрева водяные экономайзеры имеют обдувочные устройства.

В соответствии с требованиями Госгортехнадзора экономайзеры некипящего типа должны быть отключаемыми по водяному тракту и тракту продуктов сгорания (т.е. должны иметь обводные линии).

Устройство обводного газохода для отключения индивидуального водяного экономайзера по тракту продуктов сгорания необязательно при наличии сгонной линии, обеспечивающей возможность постоянного пропуска воды через экономайзер в деаэратор в случае повышения температуры после него. Сгонной линией пользуются при растопке котла.

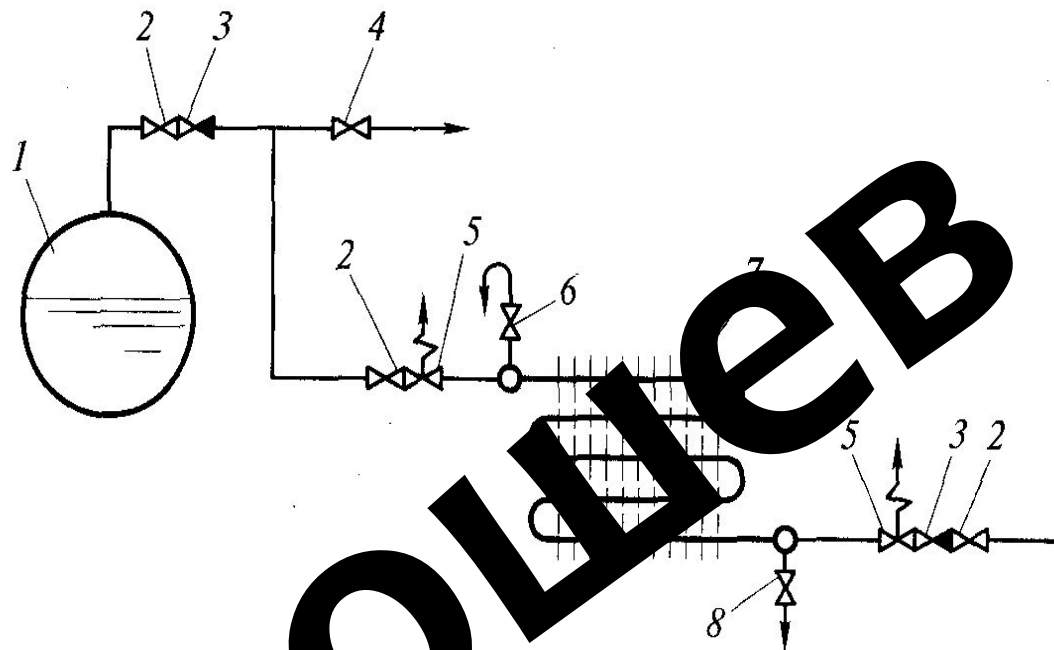


Схема подключения чугунного экономайзера:

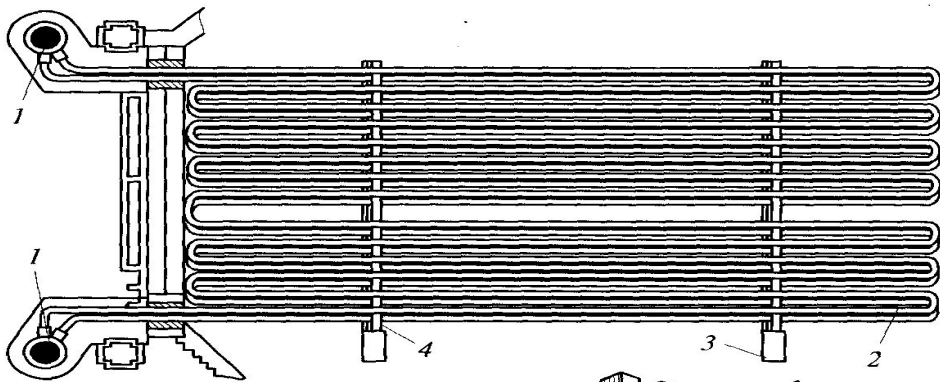
1– барабан котла; 2 – запорный вентиль; 3 – обратный клапан; 4 – вентиль на основной линии; 5 – предохранительный клапан; 6 – вентиль воздушника (по стрелке происходит удаление воздуха в процессе заполнения экономайзера водой); 7 – чугунный водяной экономайзер; 8 – дренажный вентиль экономайзера

На входе воды в экономайзер и выходе из него должны быть установлены два предохранительных клапана 5 и два запорных вентиля 2. Кроме того, необходим манометр, воздушник для удаления воздуха при заполнении системы водой, дренажный вентиль 4 в линии для слива воды из экономайзера, обратные клапаны 3.

Стальные экономайзеры изготавливаются из трубы диаметром 28÷38 мм, которые изгибают в змеевики 2, вальцованные или вваренные в коллекторы 1 круглого или квадратного сечений, размещаемые за пределами газохода.

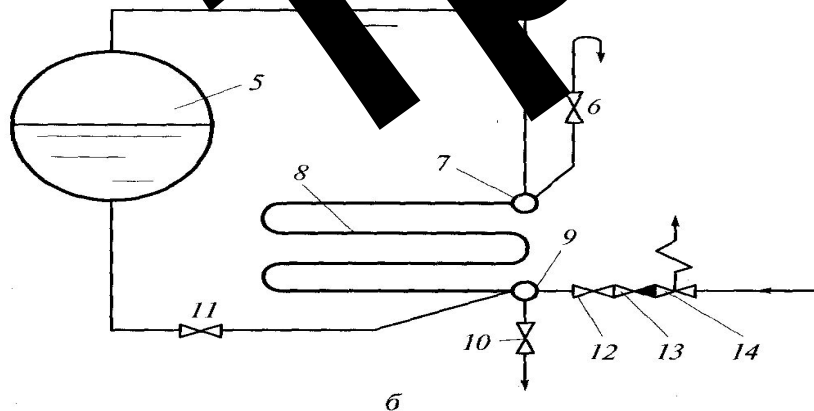
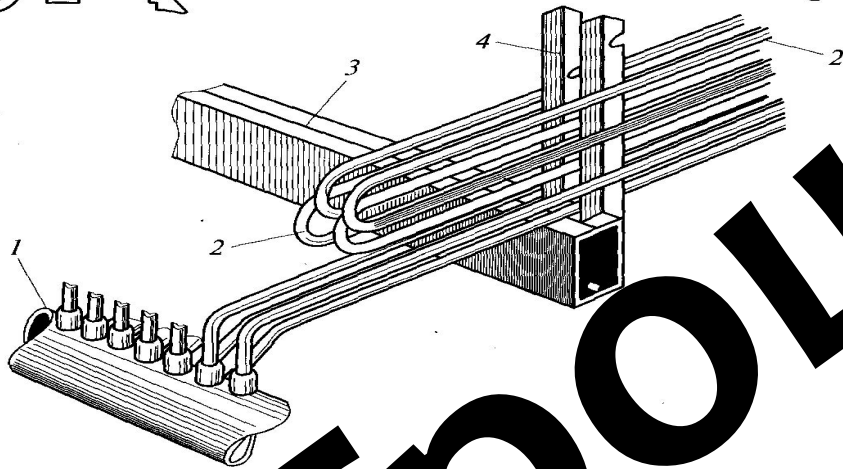
Змеевики располагают в шахматном порядке и подвешивают с помощью специальных подвесов или опирают на опорные балки 3. Для выдерживания заданного шага между змеевиками используются дистанционные гребенки 4.

Схема включения кипятильного стального экономайзера приведена на рисунке. Такие экономайзеры выполняются неотключаемыми по водяному и дымовому трактам.



Стальной трубчатый
экономайзер:

а – общий вид; б – схема
включения кипящего
экономайзера; 1 – коллекторы;
2 – тлеетик; 3 – опорная балка;
4 – траншея; 5 – барабан;
6 – вентиль
воздушника; 7 – выходной
коллектор подогретой воды; 8
– экономайзер; 9 – входной
коллектор; 10 – вентиль на
дренажной линии; 11 – вентиль
на линии рециркуляции; 12 –
запорный вентиль; 13 –
обратный клапан; 14 – пред-
охранительный клапан

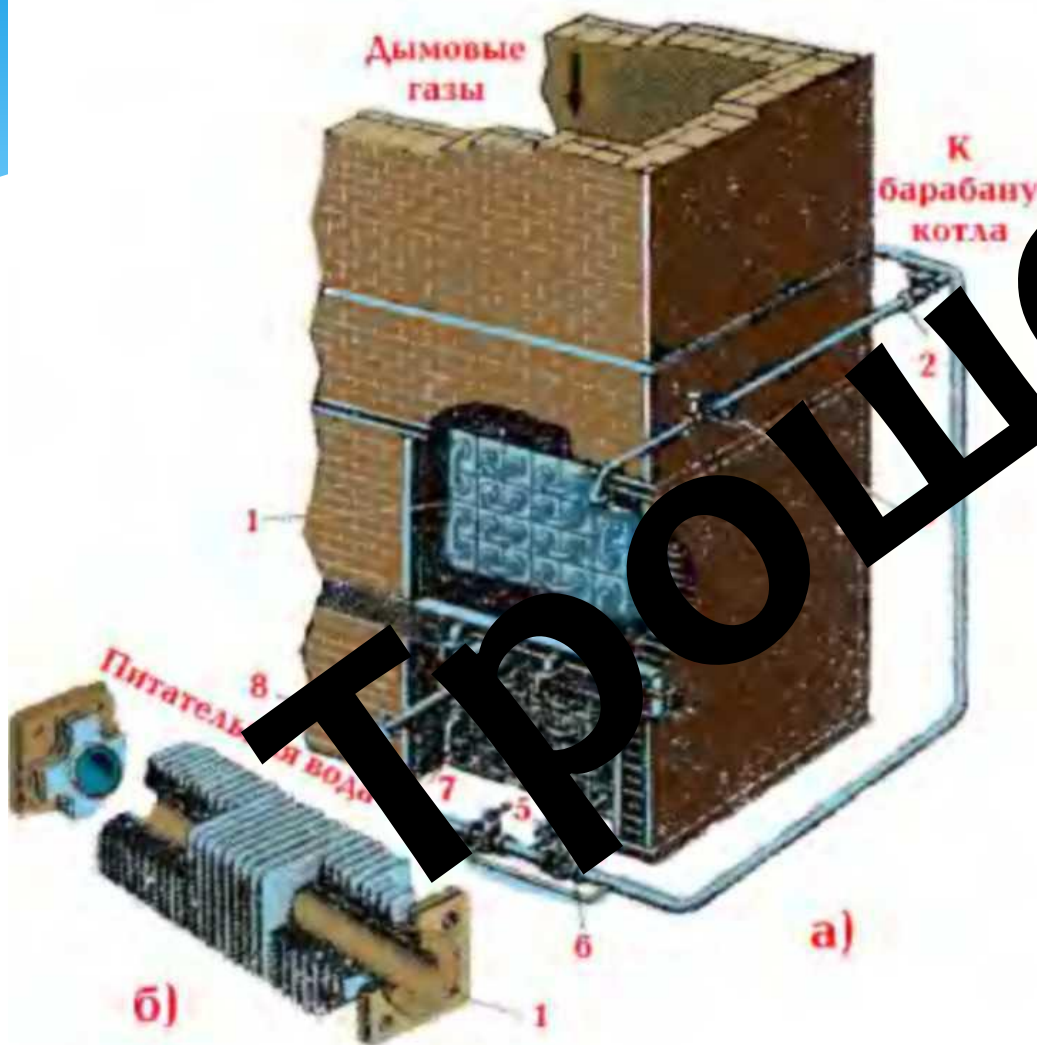


ТРОШЕВ

Во избежание превращения всей воды, находящейся в экономайзере, в пар при растопке котла и его отключении предусматривается устройство рециркуляционной линии. Эта линия соединяет входной коллектор 9 экономайзера с барабаном 5 котла и обеспечивает поступление воды в экономайзер при ее испарении в периоды растопки и останова, когда основная вода в экономайзер не подается. На линии рециркуляции имеется вентиль, который открывается при растопке и отключении котла и закрывается при включении котла в паровой режим.

ТРОШЧЕВ

Ребристый чугунный экономайзер



а) общий вид; б -
ребристая труба; 1 -
ребристая труба; 2, 6 -
вентили для питания
котла водой через шш
мимо экономайзера; 3 -
предохранительный
клапан; 4 - вентиль на
входе воды в
экономайзер; 5 -
обратный клапан; 7 -
соединительный калач; 8 -
обдувочное устройство

Секция экономайзера

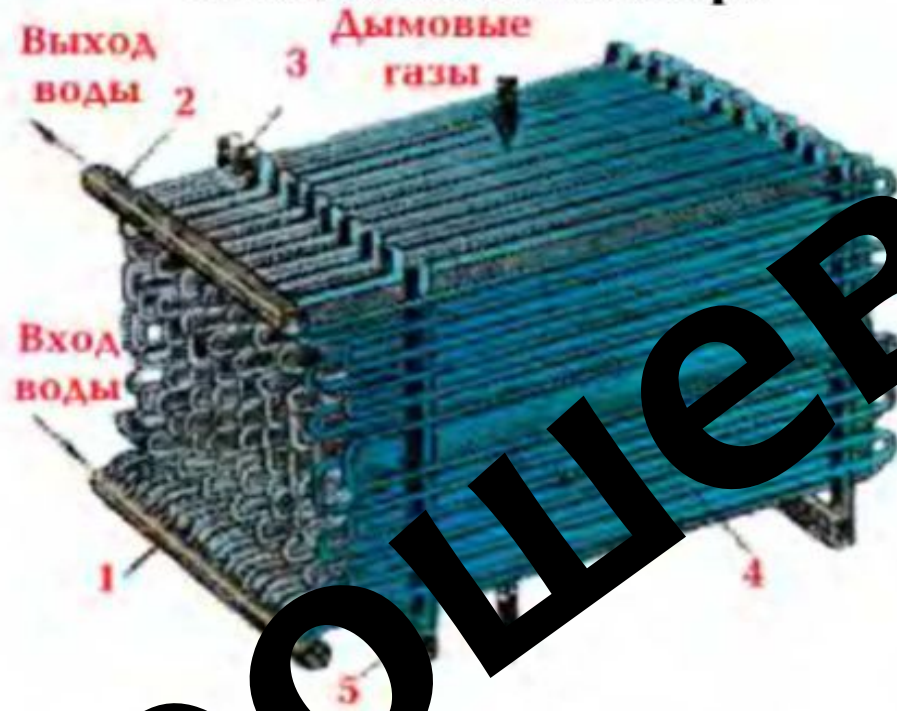


Рис. 43

1 – камера подвода воды; 2 – камера выхода воды; 3 – опорные стойки; 4 – змеевики; 5 – опорная балка

Скорость воды в экономайзере принимают с учетом условий предотвращения в них расслоения пароводяной смеси или прилипания пузырьков воздуха к внутренней поверхности. Для некипящих экономайзеров скорость воды должна быть не менее 0,3 м/с, а для кипящих экономайзеров — не менее 1 м/с.

5. Воздухоподогреватели. Виды, классификация, назначение.

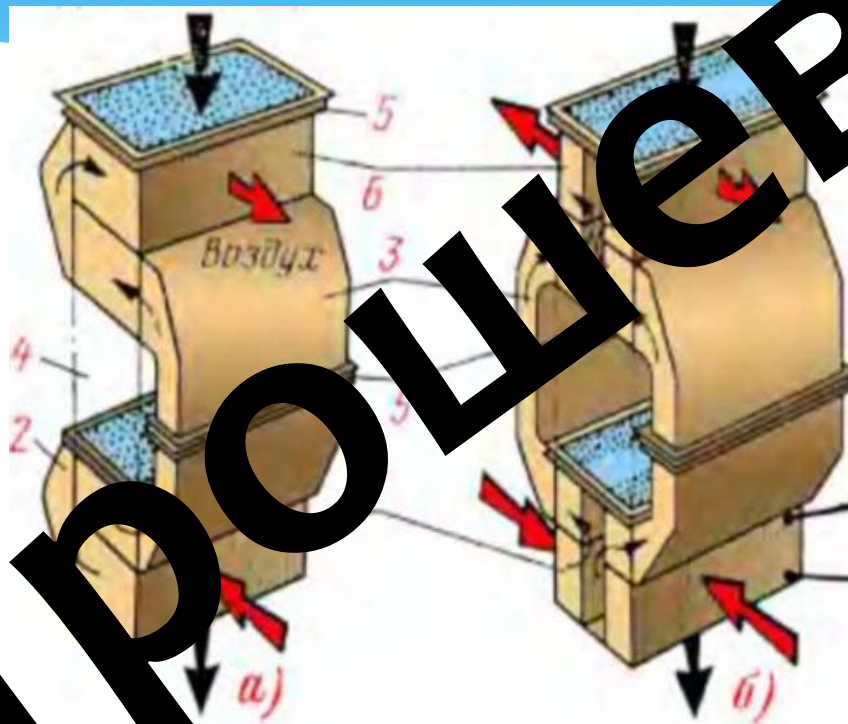
В современных котельных агрегатах воздухоподогреватель играет весьма существенную роль, воспринимая теплоту от уходящих газов и передавая ее воздуху, он уменьшает наиболее заметную статью потерь теплоты с уходящими газами. При использовании подогретого воздуха повышается температура горения топлива интенсифицируется процесс сжигания, повышается коэффициент полезного действия котельного агрегата. Вместе с тем при использовании воздухоподогревателя увеличиваются аэродинамические сопротивления воздушного и дымового трактов,

В регенеративных воздухоподогревателях передача теплоты от продуктов сгорания к нагреваемому воздуху осуществляется путем попеременного нагревания и охлаждения одной и той же поверхности нагрева.

Воздухоподогреватели предназначены для подогрева воздуха поступающего на процесс горения, что уменьшает потери тепла и соответственно увеличивает КПД.

Воздухонагрівачі бувають двох типів:

- 1) рекупераційні (трубчаті);
- 2) регенеративні (вращающиеся).



а - однопоточная схема движения воздуха; **б** - двухпоточная схема: 1 - нижние секции (кубы) воздухоподогревателя; 2 и 3 - перепускные короба для воздуха; 4 - место установки экономайзера; 5 - компенсатор; 6 - верхние секции.

Рекуперативный воздухоподогреватель состоит из стального кожуха, двух плоских трубных досок и стальных тонкостенных трубок, которые при помощи сварки крепятся в трубных досках.

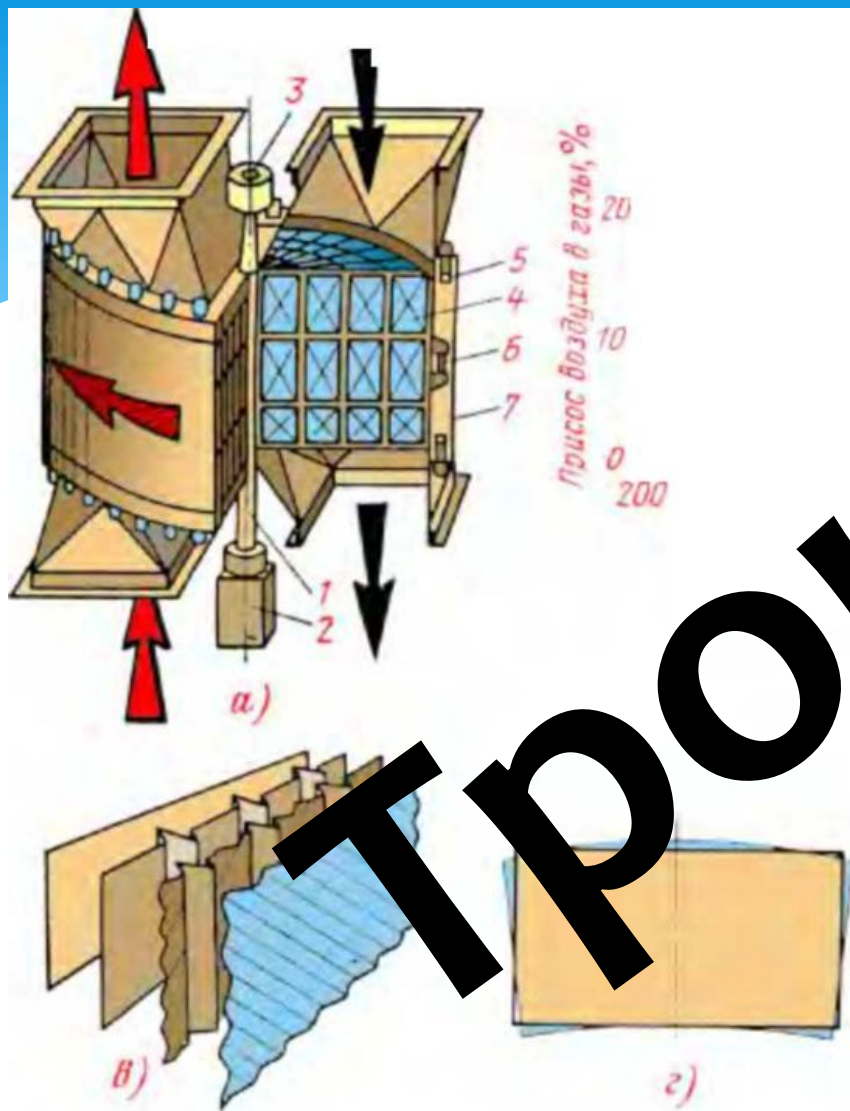
Продукты сгорания проходят через воздухоподогреватель сверху вниз по трубкам, а подогреваемый воздух между трубок, омывая их в поперечном направлении. Такие воздухоподогреватели могут быть одноступенчатыми, двухступенчатыми и многоступенчатыми.

В целях предохранения обслуживающего персонала от ожогов и уменьшения потери тепла при эксплуатации, наружную поверхность кожуха покрывают тепловой изоляцией.

Регенеративные воздухоподогреватели применяются для котлов средней и большой мощности. Воздух в этих воздухоподогревателях нагревается до 250°C при глубоком охлаждении продуктов сгорания.

Воздухоподогреватель представляет собой вертикальный неподвижный цилиндрический корпус, внутри которого расположен вращающийся ротор, установленный на вертикальном валу. Ротор состоит из секций набранных из пластин обладающих хорошей теплопроводностью. Ротор приводится во вращательное движение при помощи электродвигателя, скорость вращения от 2 до 10 оборотов в минуту.

Принцип работы регенеративного воздухоподогревателя заключается в том, что в одну половину корпуса, сверху подаются продукты сгорания, которые опускаются вниз и пронизывают ротор, за счет чего платины нагреваются, а продукты сгорания охлаждаются. Во вторую половину корпуса снизу подается подогреваемый воздух, который поднимается вверх, пронизывая горячие платины, нагревается, а платины охлаждаются. Воздухоподогреватели устанавливаются экономайзером, а рекуперативные могут устанавливаться и в рассечку между ступенями экономайзера, при этом первым по ходу продуктов сгорания должен быть экономайзер. Температура воздуха поступающего в воздухоподогреватель, должна быть не менее чем на 10-15 °С выше температуры продуктов сгорания, во избежание конденсации водяных паров и коррозии поверхностей нагрева.



а - вид аппарата (четвертая часть его условно опущена); б - вид отдельных пластин; в - изменение положения ротора при нагреве; 1 - вал; 2 и 3 - нижняя и верхняя опоры; 4 - секции ротора; 5 - верхнее периферийное уплотнение; 6 - цевка; 7 - кожух.

В трубчатых воздухонагревателях при заданной невысокой температуре уходящих газов можно подогреть воздух до определенной температуры (не выше $300 \div 320$ °С). Для подогрева воздуха до более высоких температур ($380 \div 420$ °С), например, при сжигании влажных топлив, вместо одноступенчатой применяют двухступенчатую компоновку воздухонагревателя, устанавливая между ступенями I и II экономайзер, что позволяет увеличить температурный напор на ступени II и уменьшить ее поверхность нагрева.

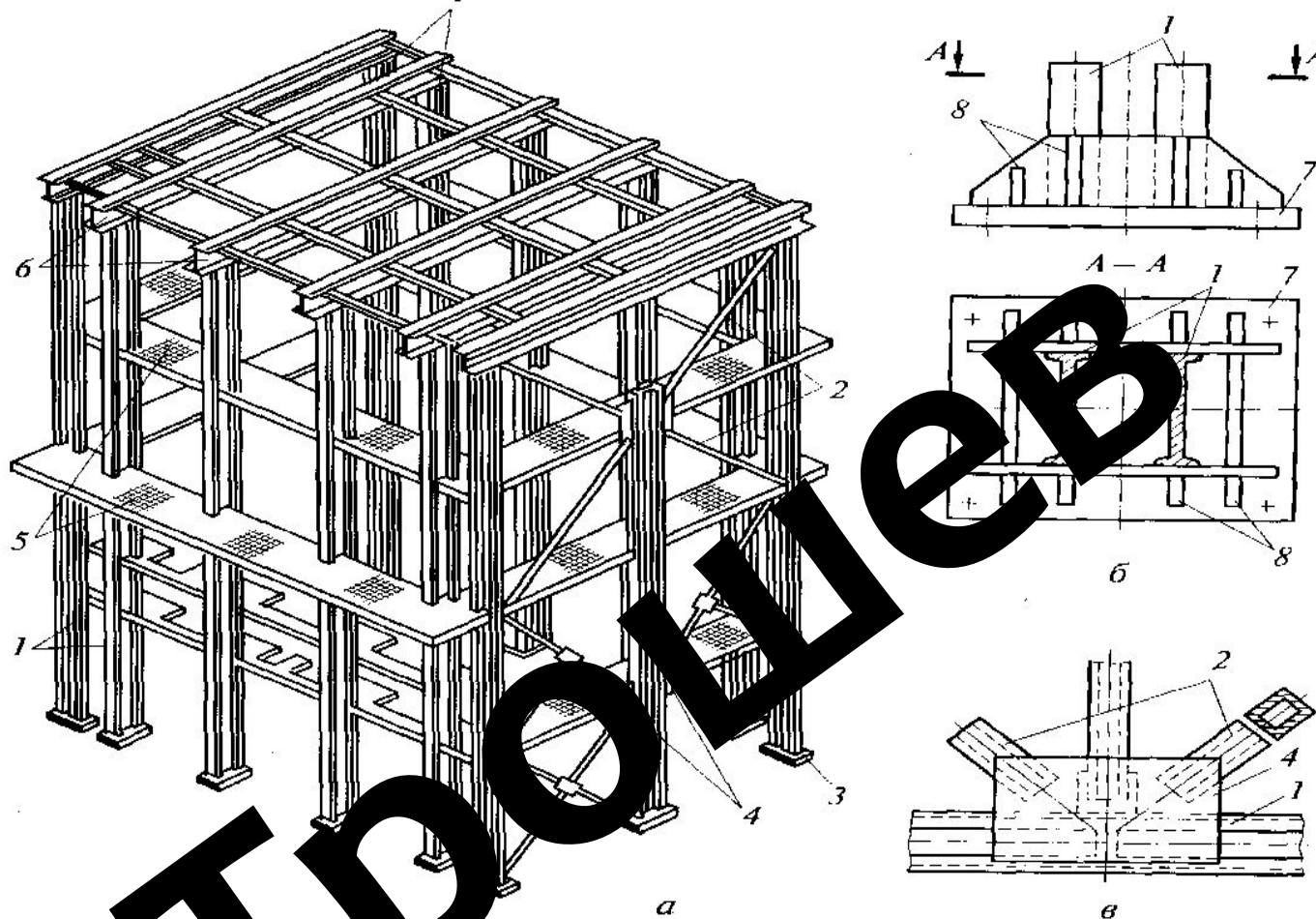
ТРОШЧЕВ

6. Каркас и обмуровка котла

Металлическая конструкция, опирающаяся на бетонный фундамент и поддерживающая барабан котла и трубную систему с водой, лестницы и помосты, а иногда и обмуровку, представляет собой каркас котельного агрегата. В настоящее время чаще всего применяют опорные (несущие) и обвязочные каркасы.

Паровые и водогрейные котлы малой мощности обычно имеют обвязочные каркасы, служащие для крепления обмуровки, гарнитуры и других деталей. Масса металлической части котлов через специальные стойки и рамы передается непосредственно на фундамент.

Котлы вертикальной ориентации большой мощности обычно имеют несущий каркас, который состоит из вертикальных колонн 1, горизонтальных балок 2, горизонтальных ферм 5, раскосов-связей 2 и упорной конструкции из балок 6 потолочного перекрытия. Колонны крупных котлов изготавливаются из сварных профильных балок большого размера. Для уменьшения удельной нагрузки на фундамент по колонны устанавливают опорные башмаки 3, состоящие из опорных плит 7 и ребер жесткости 8. Раскосы-связи фермы выполняют из профильного проката (швеллера, двутавра), связывая их между собой (сваривая) накладками 4.



Каркас котла и его элементы:

- * а – общий вид; б – башмак; в – сочленение балок с раскосами; 1 – колонны; 2 – раскосы-связи; 3 – опорный башмак; 4 – накладки; 5 – горизонтальные фермы (площадки); 6 – балки потолочного перекрытия; 7 – опорная плита; 8 – ребра жесткости

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

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

Обмуровка котла служит для ограждения топочной камеры и газоходов от окружающей среды и для направления движения потока дымовых газов в пределах котельного агрегата. Она работает при достаточно высоких температурах и резком их изменении и должна обеспечивать минимальные потери теплоты в окружающую среду, быть плотной, механически прочной, простой и доступной для ремонта.

Обмуровки принято условно подразделять на: тяжелые, облегченные и легкие, а по способам крепления: на свободно стоящие (на фундаментах), накаркасные (опирающиеся на каркас) и натрубные.

Внутренняя часть свободно стоящей обмуровки, обращенная в сторону высоких температур, выполняется из огнеупорного кирпича и называется футеровкой. Наружная часть обмуровки, называемая облицовкой, выполняется из строительного кирпича.

Кирпичную массивную обмуровку с перевязочным ярусом из огнеупорного материала выполняют в котлах небольшой производительности. Для котлов производительностью 50÷75 т/ч и выше применяют облегченную накаркасную обмуровку, состоящую из слоя шамотного огнеупорного фасонного кирпича, образующих футеровку, слоя легкой весной теплоизолирующей шамотной массы. Через каждые 2,5 м устанавливают разгрузочные кронштейны, на которые опирается обмуровка.

Щитовую обмуровку выполняют в виде отдельных прямоугольных щитов, которые укреплены на каркасе котла. Щит делают многослойным из огнеупорного бетона, армированного стальной сеткой и теплоизолирующих слоев.

Натрубная обмуровка крепится непосредственно к трубам и состоит из слоя хромитовой или шамотной массы и изоляционного слоя из минераловатных матрацев, на который нанесена газонепроницаемая магнезиальная обмазка.

ТРОШШЕВ

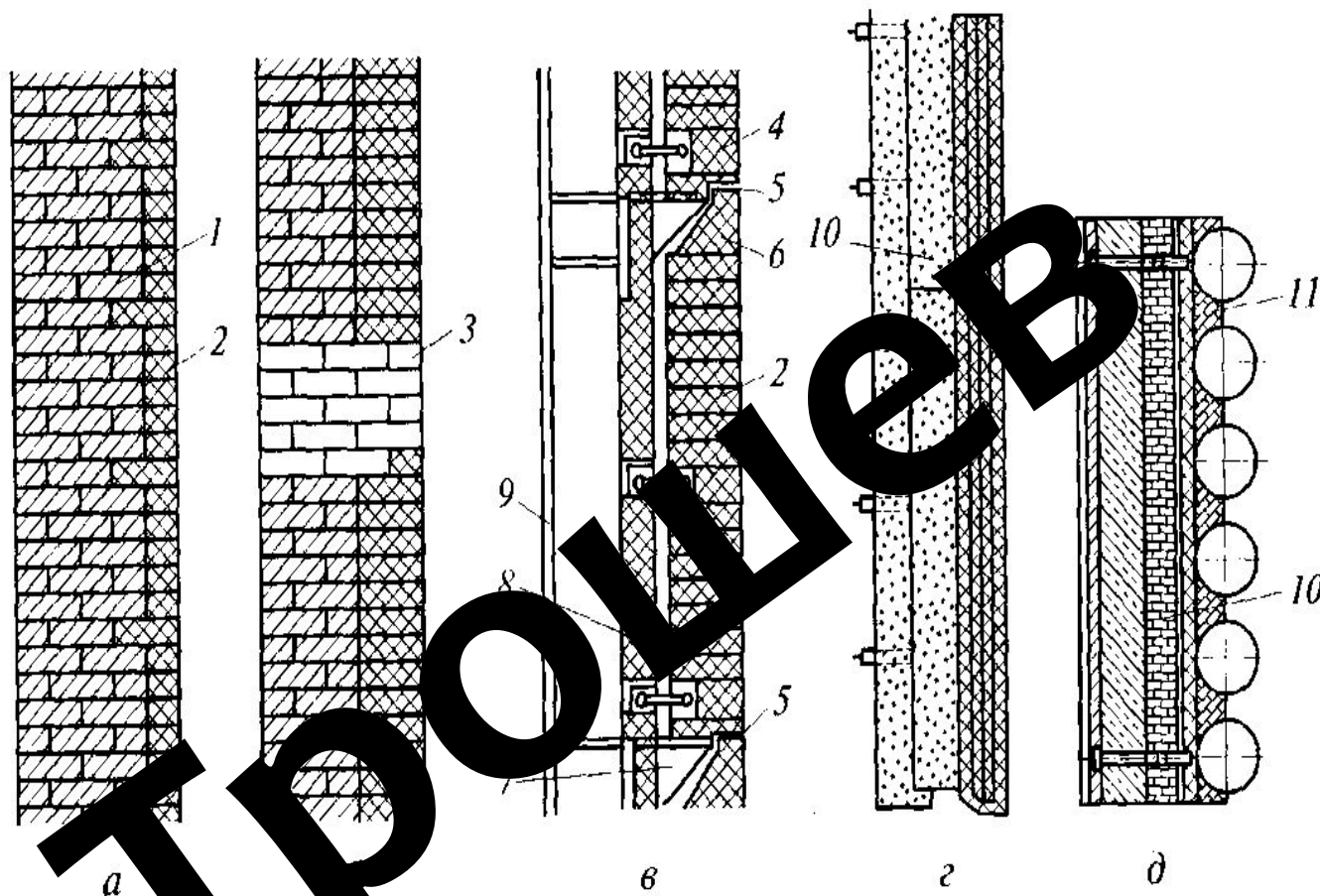


Рис. 12.2. Обмуровка котельного агрегата:

а – свободно стоящая; б – массивная; в – облегченная накаркасная; г – щитовая; д – натрубная; 1,2 – красный и шамотный кирпич; 3 – перевязочный ярус; 4, 6 – шамотные и фасонные шамотные кирпичи; 5 – температурный шов; 7 – кронштейн; 8 – металлическая обшивка; 9 – разгрузочный пояс; 10 – теплоизоляционная плита; 11 – хромитовая или шамотная масса.

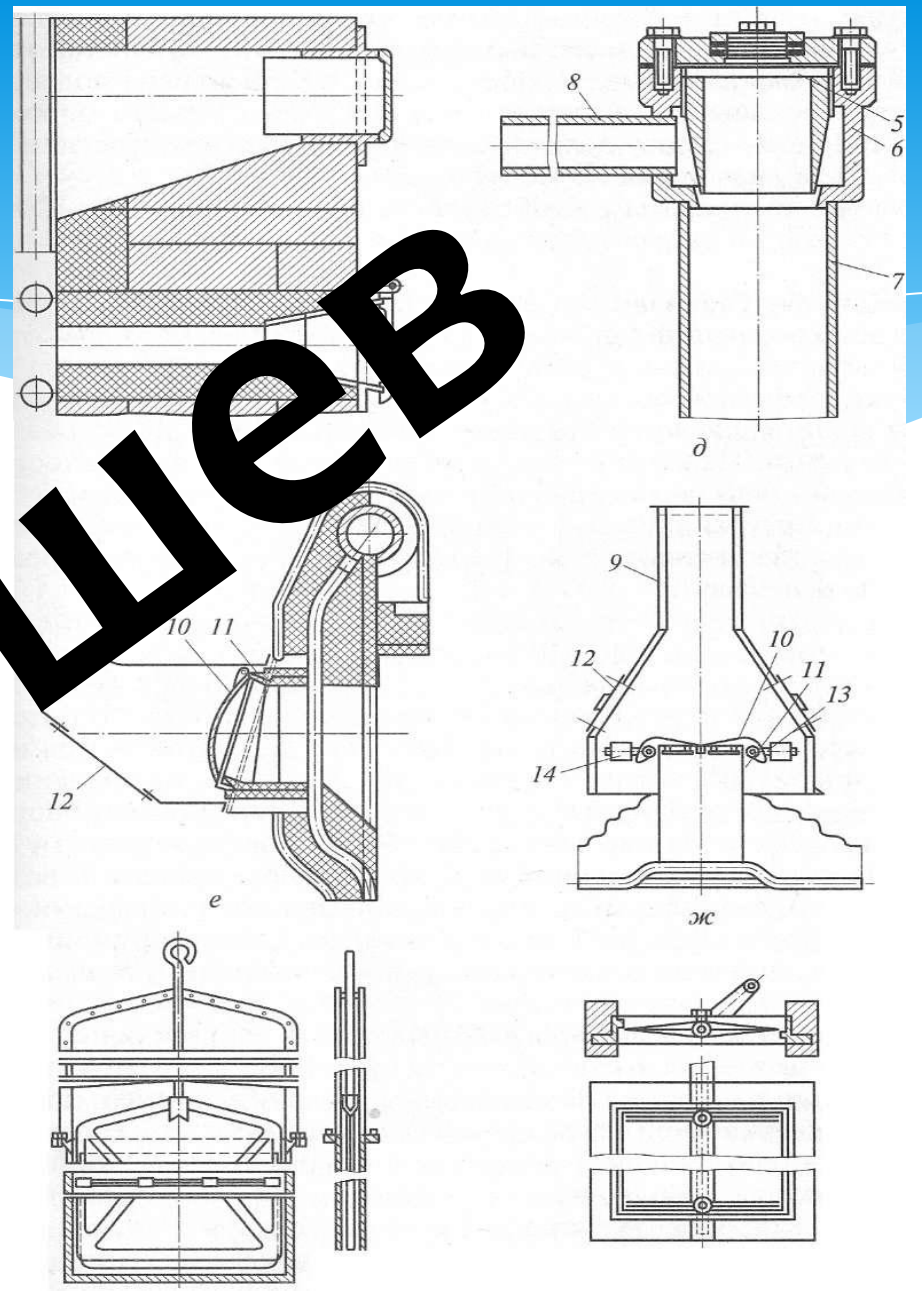
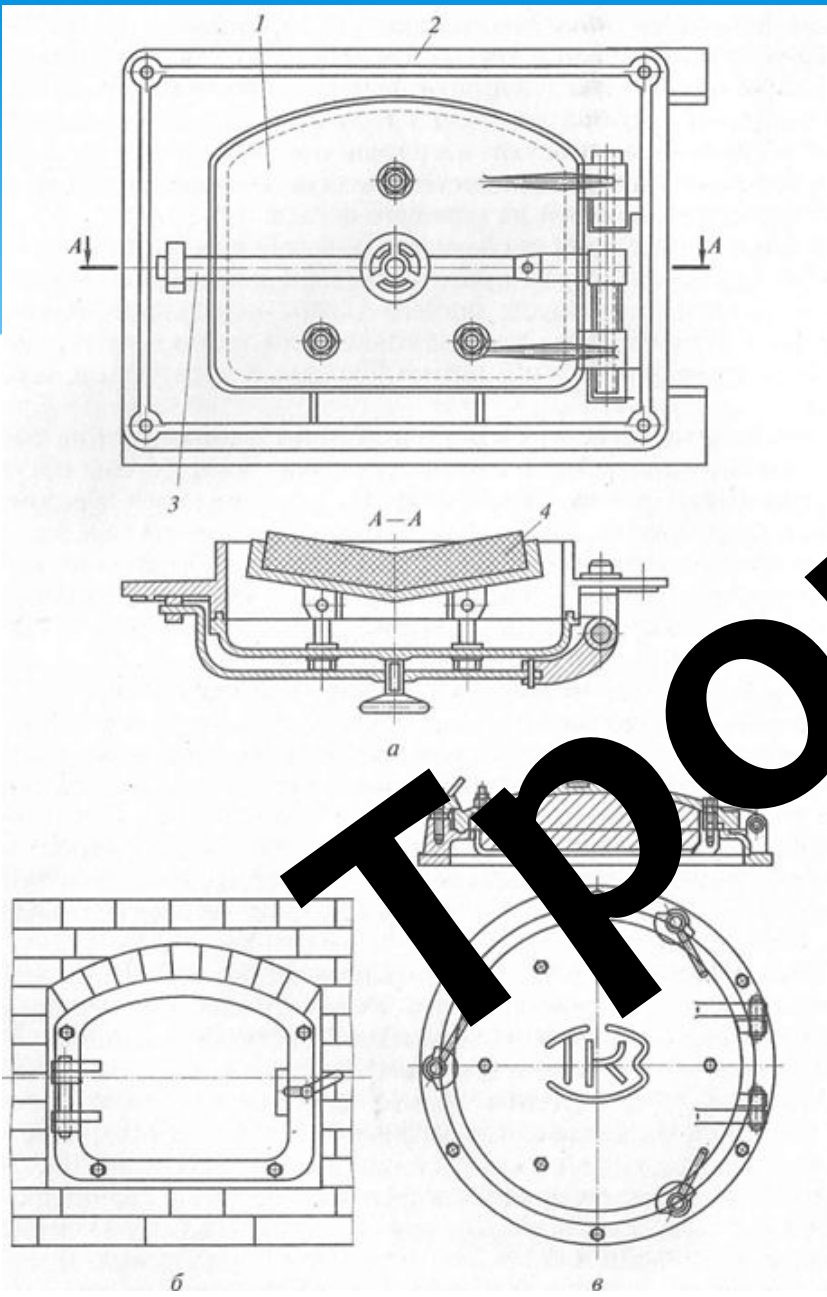
7. Гарнитура котла

Для обслуживания топки и газоходов в котельном агрегате используется следующая гарнитура: лазы, закрываемые дверцы, гляделки, взрывные клапаны, шиберы, поворотные заслонки, обдувочные аппараты, дробеочистка.

Закрывающиеся дверцы, лазы в обмуровке предназначены для осмотра и производства ремонтных работ при останове котла. Для наблюдения за процессом горения топлива в топке и состоянием первичных газоходов служат гляделки. Взрывные предохранительные клапаны используются для защиты обмуровки от разрушения при хлопке в топке и газоходах котла и устанавливаются в верхних частях топки, первичного газохода агрегата, экономайзера и в своде.

Размещение, число и размеры предохранительных клапанов выбираются проектной организацией из расчета 250 см² площади взрывного клапана на 1 м³ объема топки или газоходов котла.

Взрывные клапаны представляют собой рамки из углового железа круглой или квадратной формы, закрытые листовым асбестом толщиной 2÷2,5 мм, плотно закрепленные в соответствующих проемах, сделанных в кладке топки и дымоходах котла. В момент взрыва давлением образовавшихся газов асбестовый картон разрывается, и газы получают выход наружу, благодаря чему давление их падает и снижается возможность опасного разрушения. В момент взрыва створка клапана после разрушения картона откроется, а после выхода газов наружу через газоотводящий короб под действием своего веса или специальных грузов закроется.



ПРОЦЕВ

Гарнитура котла: а – дверца с уплотнениями и обмурованным металлическим экраном к топочной камере; б, в – лазы прямоугольной и круглой формы в обмуровке; г, д – гляделки для топочных камер и газоходов; е, ж – взрывные клапаны для установки в боковых стенах и потолке котельного агрегата; з – шибер; и – поворотная заслонка; 1 – дверца; 2 – рама; 3 – щеколда; 4 – экран; 5 – сужение; 6, 11 – корпус; 7 – патрубок; 8 – труба для подвода воздуха; 9 – отводящий короб; 10 – створка клапана; 12 – люк; 13 – рычаг; 14 – груз.

При работе на газообразном топливе, чтобы предотвратить скопление горючих газов в топках, дымоходах, боровых котельной установки во время перерыва в работе, в них всегда должна поддерживаться небольшая тяга: для этого в каждом отдельном борове котла к сборному борову должен быть свой шибер с отверстием в верхней части диаметром не менее 50 мм.

Обдувочные аппараты и пробоочистка предназначены для очистки поверхностей нагрева от золы и сажи.

8. Арматура котлов

Вентили и задвижки

Арматурой котла называют находящиеся под давлением рабочей среды (воды и пара) устройства для управления движением этой среды. Наиболее применяемыми типами арматуры являются вентили, задвижки и клапаны.

К арматуре причисляют и водоуказательные колонки барабанных котлов. На рисунке показана распространенная конструкция вентиля на давление 100-140 кгс/см².

Через корпус вентиля проходит вода или пар, расход которых регулируется поднятием или опусканием тарелки и изменением расстояния между тарелкой и седлом.

Перемещение тарелки осуществляется путем поворота штурвала, соединенного посредством механических шестерен со втулкой.

Внутри втулки установлена верхняя нарезная часть шпинделя. Когда втулка с шестерней вращается вокруг своей оси, шпиндель удерживается от вращения направляющей поверхностью или планкой и перемещается по резьбе вверх или вниз.

Вместе со шпинделем перемещается присоединенная к его нижнему концу тарелка.

Штурвал, шестерни и втулка присоединены к мостику (траверсе), укрепленному на крышке вентиля. Уплотнение места выхода шпинделя через крышку производится сальником с набивкой.

Регулировать количество пропускаемых через трубопровод воды или пара можно при движении их через вентиль в любом направлении.

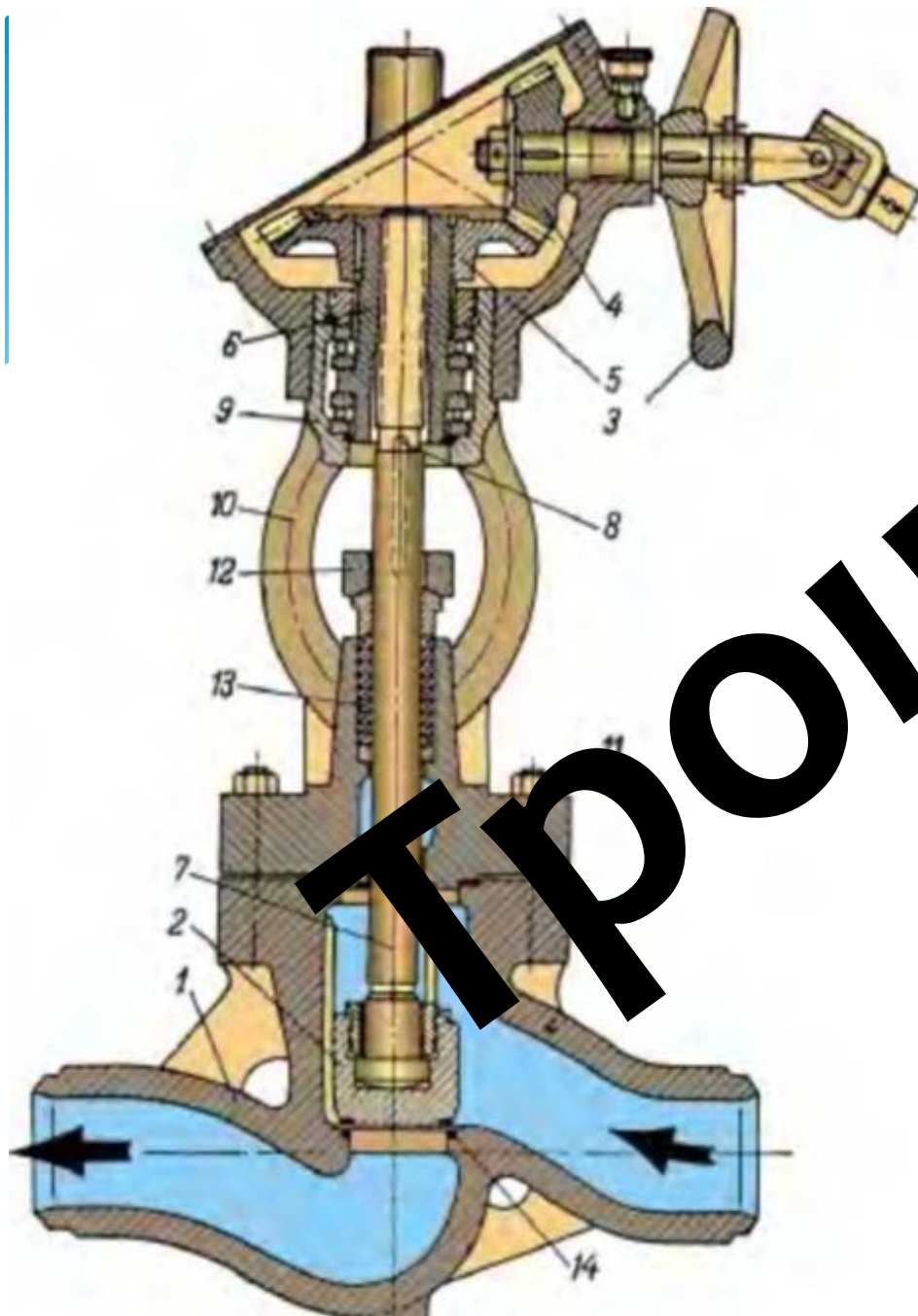
Но от направления течения жидкости зависит удобство открытия и закрытия вентиля.

Если жидкость подается под тарелку, то есть сначала проходит через седло, а потом омывает тарелку, то значительно облегчается открытие вентиля, но требуется большее усилие для полного его закрытия.

Подача жидкости под тарелку удобна также тем, что в периоды, когда вентиль закрыт, нагружается сальник.

Если жидкость подается в обратном направлении, то есть на тарелку вентиля, то затрудняется его открытие из полностью закрытого положения.

ТРОШКОВ



Вентиль высокого давления с коническим приводом

1 - корпус; 2 - тарелка; 3 - штурвал для ручного управления, к оси которого присоединена штанга дистанционного управления; 4 и 5 - щеки; 6 - втулка; 7 - шпиндель; 8 - направляющая поверхность; 9 - мостик (траверса); 10 - опорная колонка; 11 - крышка; 12 - сальник; 13 - набивка сальника; 14 - седло.

Но закрытие вентиля получается более плотным вследствие использования давления жидкости для прижатия тарелки к седлу. Это особенно ценно для арматуры высокого давления.

Обычно в вентилях малого диаметра жидкость подается под тарелку. У вентилей большого диаметра осуществляется подача жидкости на тарелку, а для облегчения закрытия применяют разгрузку вентиля путем отвода воды по мимо вентиля по трубе малого диаметра (по байпасу) или путем установки в средней части основной тарелки вентиля разгрузочной тарелки малого диаметра.

ТРОШИН

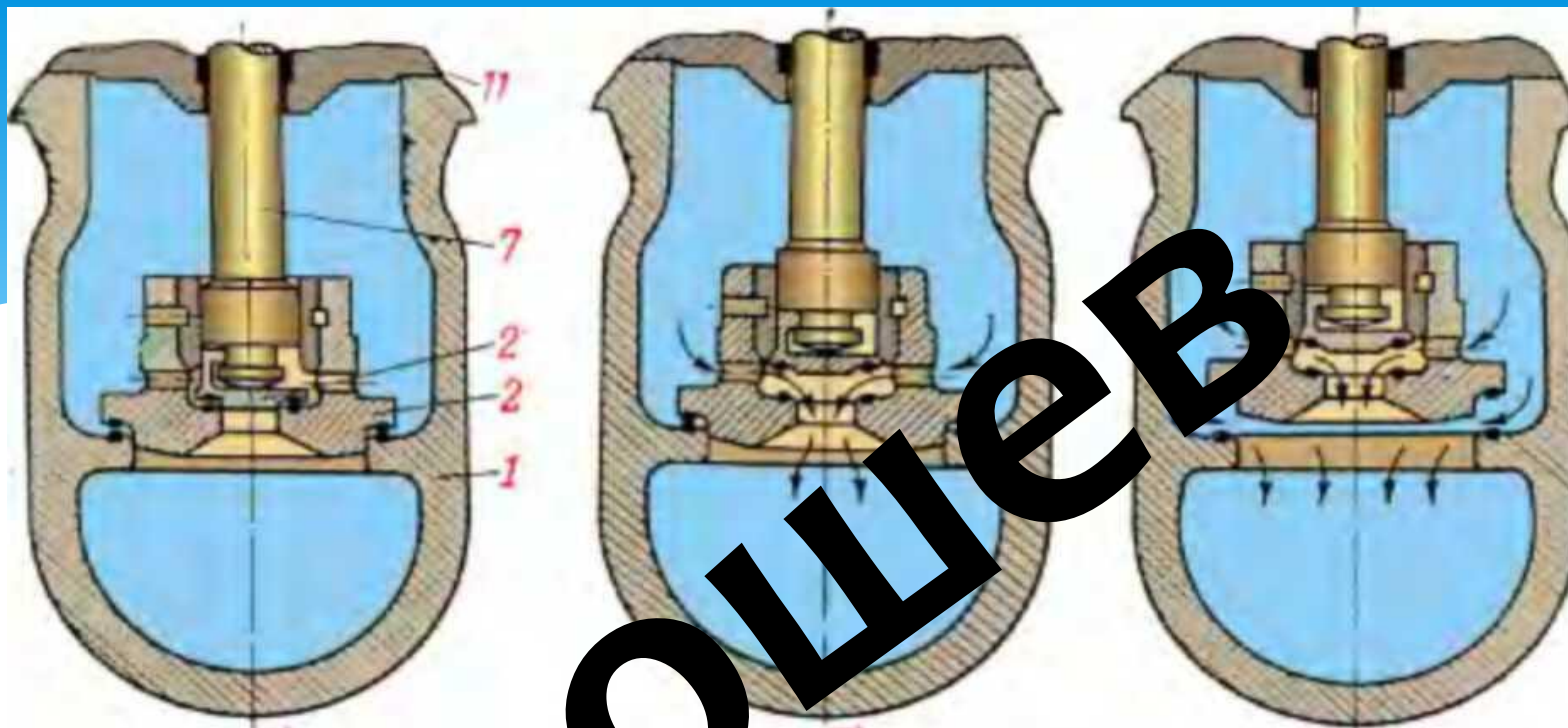


Рис. 68 - Схема открытия вентиля с разгрузочной малой тарелкой
а - закрытие вентил; **б** - открытие малой тарелки; **в** - полное открытие вентиля:

1 - корпус; 2 - тарелка; 3 - штурвал для ручного управления, к оси которого присоединена штанга дистанционного управления; 4 и 5 - шестерни; 6 - втулка; 7 - шпindel; 8 - направляющая поверхность; 9 - мостик (траверса); 10 - опорная колонка; 11 - крышка; 12 - сальник; 13 - набивка сальника; 14 - седло.

На рис. 68 показано, как при подъеме шпинделя сначала происходит подъем малой тарелки на определенную высоту и как затем она поднимает за собой основную тарелку.

Неплотность затвора вентиля чаще всего вызывается попаданием между седлом и тарелкой песка, окалины или других посторонних предметов.

В отличие от вентиля, которыми изменяют (регулируют) количество проходящей рабочей среды, задвижки устанавливают только для того, чтобы иметь возможность полностью прекратить ее подачу.

Механизм задвижки допускает только два положения: полное открытие либо полное закрытие.

У задвижек и вентилях одноклапановая верхняя часть - привод для вращения шпинделя и конструкция сальника.

Как у вентиля, так и у задвижки может быть установлен вертикальный штурвал с коническим приводом (рис. 67) или горизонтальный, соединенный со шпинделем цилиндрическими шестернями, показанными пунктиром на рис. 69.

Дополнительная паразитная шестерня служит для того, чтобы сохранить обычную резьбу на шпинделе и в то же время обеспечить привычное для людей вращение штурвала по часовой стрелке при закрытии арматуры вручную.

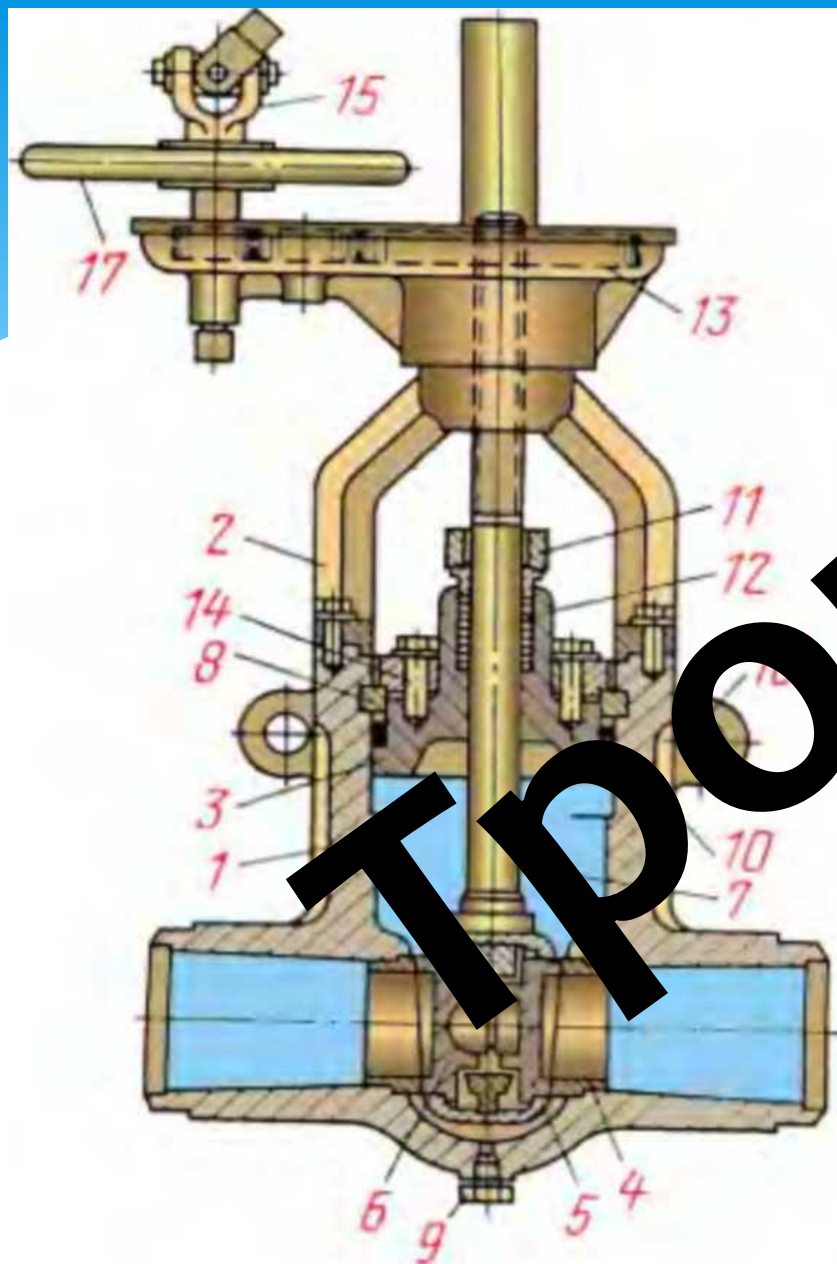


Рис. 69 - Задвижка с встроенной крышкой при высоком давлении рабочей среды

1 - корпус; 2 - буфаль; 3 - крышка; 4 - седло; 5 - торец; 6 - грибок; 7 - шпиндель; 8 - резьбовое кольцо; 9 - пробка для соединения водяного объема корпуса с байпасной линией; 10 - набивка периферийного сальника крышки; 11 - сальник шпинделя; 12 - набивка сальника шпинделя; 13 - коробка для передаточных шестерен; 14 - опорный диск; 15 - шарнир для дистанционного управления; 16 - рым для транспортировки задвижки; 17 - штурвал для ручного управления.

Симметричное расположение седел и тарелок внутри задвижки позволяет направлять через нее воду или пар в любую сторону.

Если задвижка полуоткрыта, то ее седла омываются рабочей средой неравномерно, из-за чего происходит их быстрое испарение.

Задвижку нельзя применить для регулирования количества проходящей рабочей среды.

На рис. 67 изображена прикрепленная шпильками съемная крышка вентиля. На рис. 69 крышка находится внутри корпуса и под давлением воды сжимает колцевую набивку. При разборке во время ремонта отвинтив шпильки поднимают опорный диск и, опустив немного крышку, вынимают разъемное кольцо.

При закрытии водяной задвижки ее корпус остается наполненным водой. Когда отключают подачу воды по линии малого диаметра (байпас), то вода внутри корпуса расширяется от нагревания и с большой силой проталкивает тарелки к седлам.

Возможно повреждение седел и даже растрескивание корпуса задвижки. Во избежание этого водяной объем корпуса через нижнюю пробку соединен с пространством между двумя вентилями на байпасе.

Тугое поворачивание шпинделя вентиля или задвижки (заедание) чаще всего объясняется следующими причинами:

- чрезмерным зажатием при закрытии арматуры;
- слишком большой затяжкой сальника и трением между его набивкой и шпинделем;
- перекос шпинделя;
- снятием резьбы шпинделя или втулки.

Арматуру высокого давления присоединяют к трубопроводу на сварке.

Трошчев

Клапаны.

Клапаном называется запорный или регулирующий орган автоматического действия.

У паровых котлов имеются обратные, питательные, редукционные и предохранительные клапаны.

Обратный клапан препятствует движению рабочей среды в обратном направлении. Так, например, обратные клапаны на питательных линиях закрываются при аварийном падении давления в питательных трубопроводах и препятствует выпуску воды из котла.

По конструкции обратные клапаны подразделяют на подъемные и поворотные.

В подъемных клапанах (рис. 70, а) запорным органом является тарелка (золотник) 2, хвостовик которой входит в направляющий канал прилива крышки.

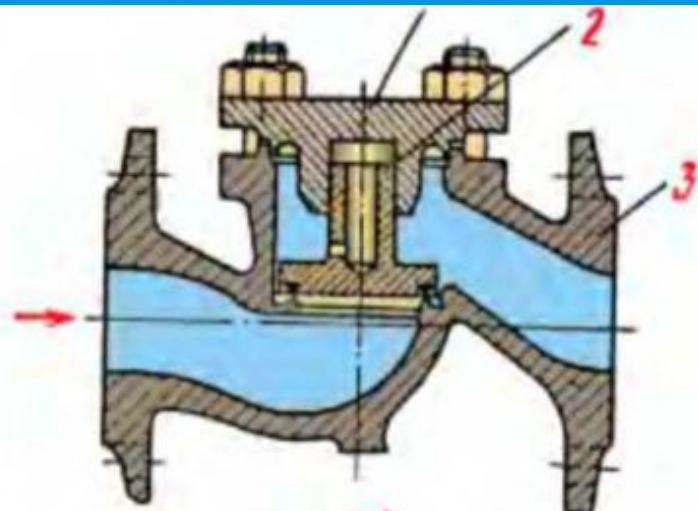
В поворотных клапанах (рис. 70, б) тарелка 6 поворачивается вокруг оси 7 и перекрывает проход.

Обратные клапаны устанавливают в котельных обычно на напорных линиях центробежных насосов, на питательных линиях перед котлом для пропуска воды только в одном направлении и в других местах, где имеется опасность обратного движения среды.

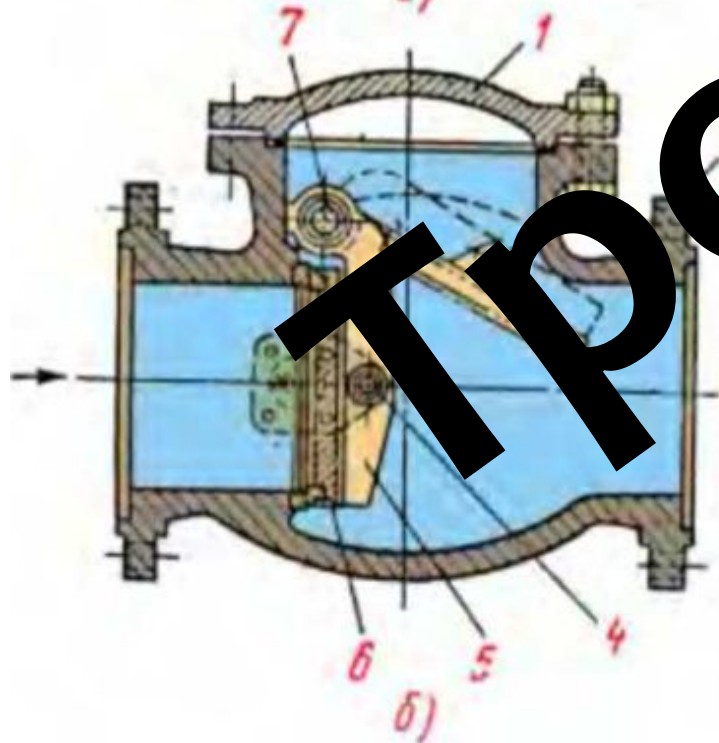
Питательный клапан служит для автоматического регулирования питания котла в соответствии с расходом пара.

В клапанах, устанавливаемых на вертикальных котлах, вода прижимает к седлу вертикальный шибера.

Соприкасающиеся поверхности седла и шибера покрыты наплавленным и затем отполированным слоем твердой высоколегированной стали. На рисунке клапан изображен в закрытом положении. По мере перемещения шибера вверх все большее отверстие в седле открывается и пропускает воду, количество которой растет почти пропорционально перемещению шибера.



а)



б)

Рис. 70 а Обратные клапаны
а - подъемный; б - поворотный: 1 - крышка; 2 - золотник; 3 - корпус; 4 - ось клапана; 5 - рычаг; 6 - тарелка; 7 - ось рычага.

ТРОШЧЕВ

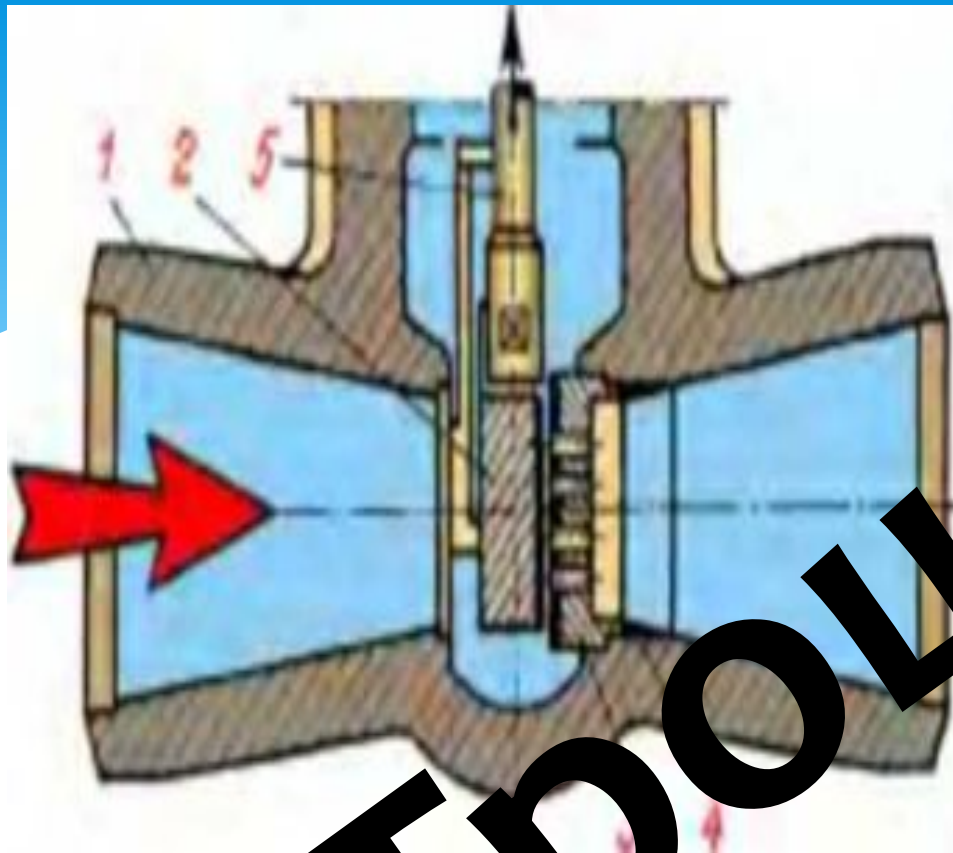


Рис. 70 б Нижняя часть регулирующего питательного клапана

1 - корпус; 2 - стержень; 3 - седло; 4 - скользящий контакт; 5 - шток. Стрелка указывает направление движения воды.

Предохранительный клапан. Он представляет собой автоматически действующее устройство для выпуска пара из котла в случае, если по какой-либо причине давление в котле превышает допустимое.

Предохранительные клапаны большей частью изготовляют вентильного типа. В зависимости от того, чем уравнивается сила, создаваемая давлением среды на тарелку запорного устройства - давлением груза или пружины, клапаны выполняют грузовыми или пружинными (рис. 72).

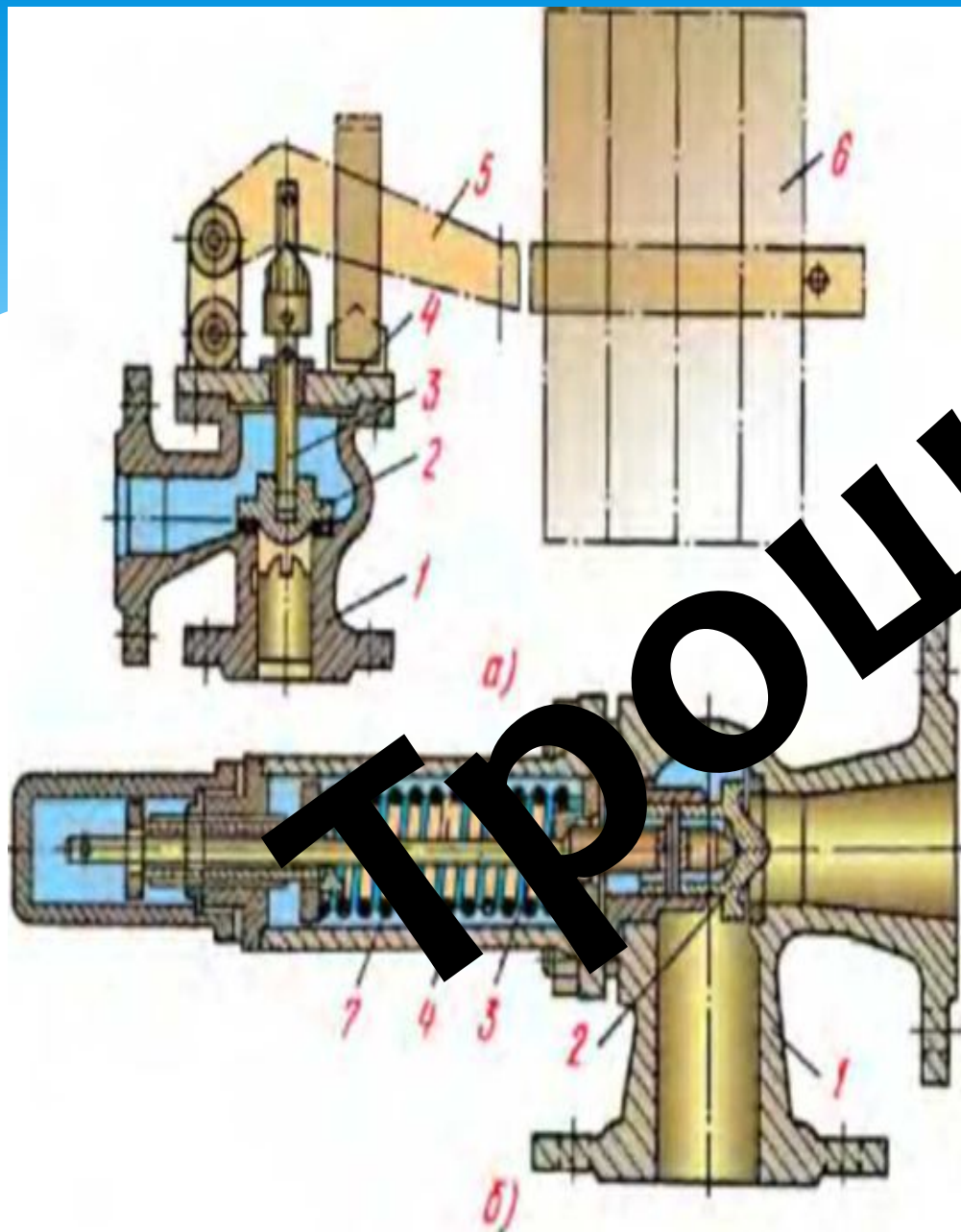


Рис. 72 Предохранительные клапаны

а - с рычажным; б - пружинный: 1 - корпус; 2 - затвор; 3 - шпindelь; 4 - крышка; 5 - рычаг; 6 - груз; 7 - пружина

9. Барабаны котлов

Устройства для очистки пара в барабане котла

Осушение пара в барабане. Для всех работающих на электростанциях котлов с естественной циркуляцией считается недопустимым вынос из барабана с паром даже небольшого количества котловой воды. Попадая в пароперегреватель, эта вода испаряется и содержащиеся в ней вещества (соли) остаются на внутренней поверхности обогреваемых труб в виде твердого осадка.

Постепенно толщина такого осадка увеличивается и передача тепла от газов к пару затрудняется.

Трубы пароперегревателя нагреваются до чрезвычайно высокой температуры, из-за чего возможны их повреждение и аварийная остановка котла.

Для получения чистого пара необходимо его полное осушение, то есть отделение (сепарация) из него капель воды.

Унос воды с паром предотвращается находящимися внутри барабана сепарационными устройствами, которые отделяют (сепарируют) влагу от пара.

В настоящее время большинство изготавливаемых в России котлов имеют барабаны диаметром 1300-1600 мм.

Иные условия имеют место при вводе пароводяной смеси в барабан над уровнем воды. Осушение пара иногда значительно облегчается благодаря тому, что из экранной трубы всегда входят в барабан только крупные капли воды.

Первая и основная задача должна заключаться в том, чтобы не допустить размельчения этих капель и образования водяной пыли.

Улавливание крупных капель и брызг относительно несложно, труднее уловить мельчайшую водяную пыль (туман).

Размельчение капель воды в барабане котла происходит при столкновении двух пароводяных потоков либо при ударе пароводяного потока о стенку, перегородку или уровень воды.

Разбрызгивание воды при ударе об уровень воды или металлическую стенку зависит от скорости пароводяного потока. При малой скорости разбрызгивание уменьшается.

В большой мере разбрызгивание зависит от угла между направлением струи и поверхностью стенки или уровня воды. Разбрызгивания не происходит при косом ударе потока.

Эффективное осушение пара достигается в циклонных сепараторах, размещаемых внутри барабана - внутри барабанных циклонах. Пароводяная смесь вводится в вертикальные стальные цилиндры, по касательной к их внутренней поверхности, благодаря чему в каждом циклоне возникает вращательное (вихревое) движение воды и пара. При этом вода как более тяжелая, отжимается к стенкам циклона и стекает вниз. Как и в других сосудах, где воде сообщается вихревое движение, её поверхность имеет вид воронки, внутри которой собирается пар, выходящий из верхней части циклона (рис. 24).

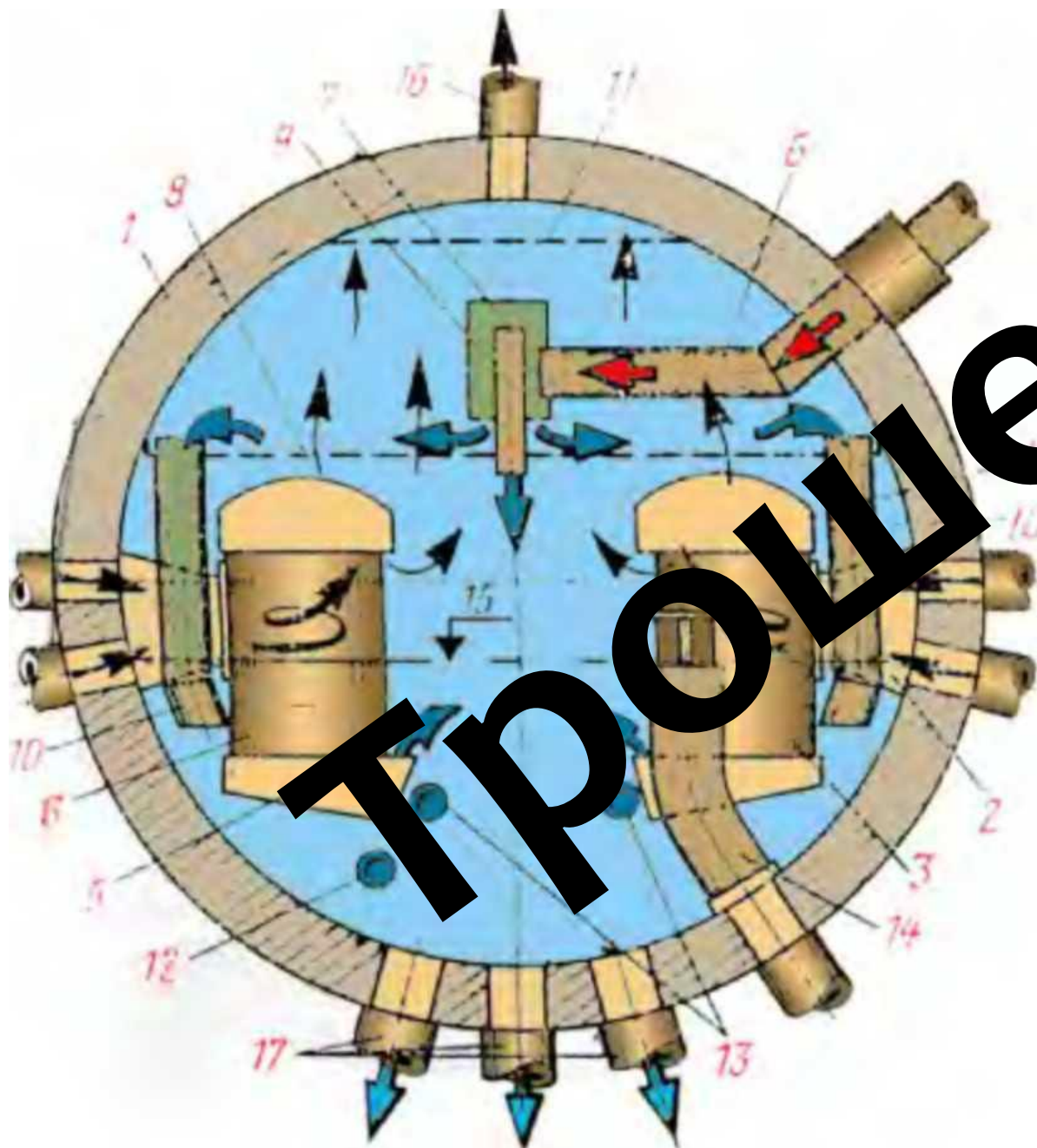


Рис. 24 Внутрибарабанные устройства с паросушительными циклонами

1 - барабан; 2 - короб для вводимой в барабан пароводяной смеси; 3 - циклон; 4 - крышка циклона; 5 - поддон циклона; 6 - труба, подающая питательную воду; 7 - раздающий короб питательной воды; 8 - промывочный щит; 9 - насадка, отводящая воду мимо промывочных щитов; 10 - труба для слива питательной воды; 11 - верхний дырчатый лист; 12 - труба для подачи фосфатов; 13 - труба для парового разогрева барабана при растопке котла; 14 - труба аварийного сброса воды; 15 - средний уровень воды; 16 - вывод насыщенного пар; 17 - водоопускные трубы экранов

Расположенный под циклоном поддон препятствует чрезмерному удлинению водяной воронки и передаче вихревого движения воде, находящейся вне циклона.

На поверхности воды в барабане нет ни «фонтов» ни волн. Диаметр циклонов определяется возможностью их прохождения через торцевые лазы барабана.

В барабанах котлов большой производительности устанавливают по несколько десятков циклонов, которые загромождают внутренний объем барабана и затрудняют ремонтные работы. Однако попытки значительного упрощения конструкции циклонов и уменьшения их размеров приводят к снижению их эффективности.

Из других стационарных устройств часто применяют жалюзийные щиты (рис. 2).

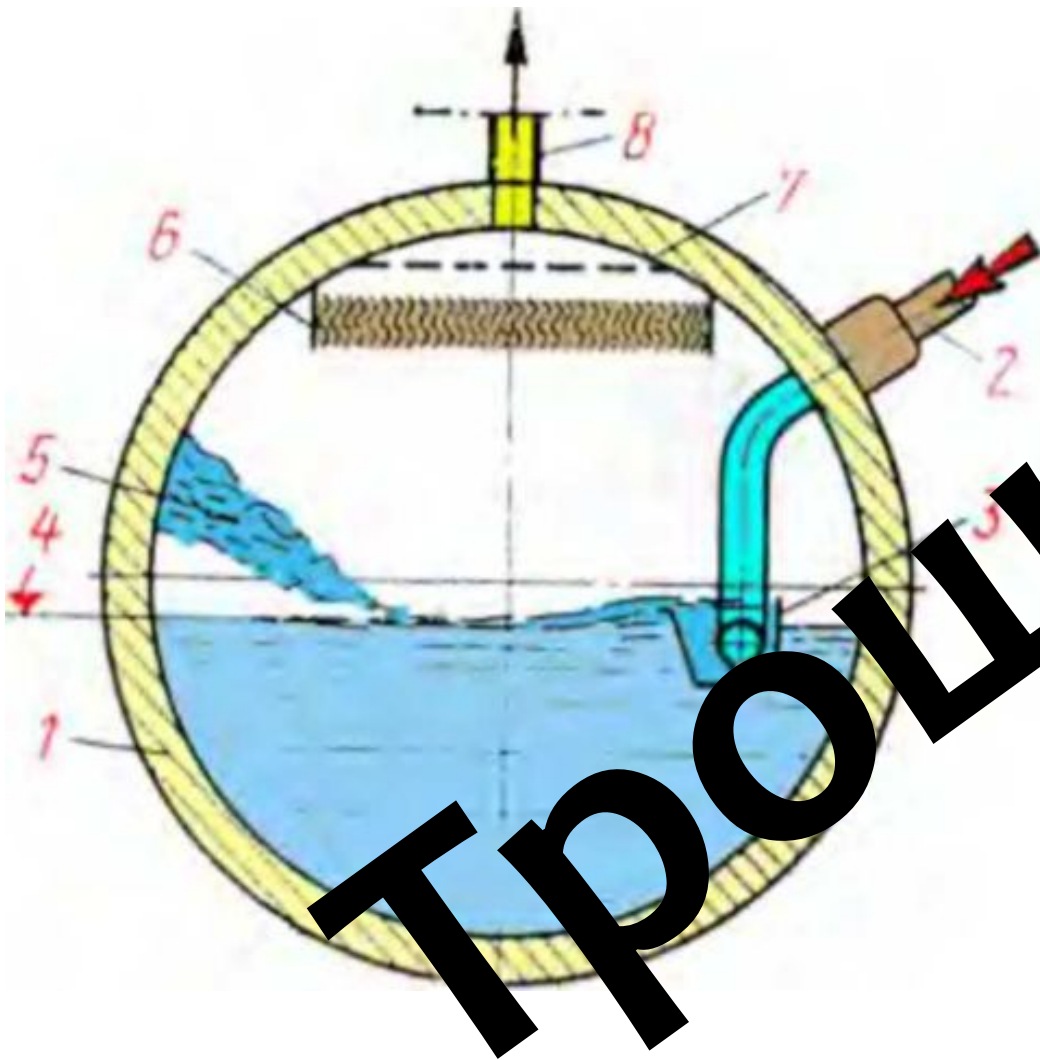


Рис. 25 Схема размыва пены питательной водой и очистки пара в жалюзийных щитах
1 - стенка барабана; 2 - ввод в барабан питательной воды; 3 - питательное корыто; 4 - уровень воды в барабане; 5 - пена; 6 - жалюзийный сепаратор; 7 - дырчатый лист; 8 - вывод пара из барабана

Сущность этого процесса такая же, как при размыве пены в бытовых условиях. Содержание солей в питательной воде меньше, чем в котловой воде, поэтому, соприкасаясь с питательной водой, пена растворяется в ней и высота её слоя уменьшается.

В котлах среднего давления питательную воду часто вводят в питательное корыто, из которого она разливается по поверхности воды в барабане и поглощает пену (рис. 25). Такой размыв пены можно применять только тогда, когда питательная вода нагрета до температуры насыщения (кипения). В противном случае она, как более холодная, опускается в нижнюю часть барабана, почти не соприкасаясь с пеной.

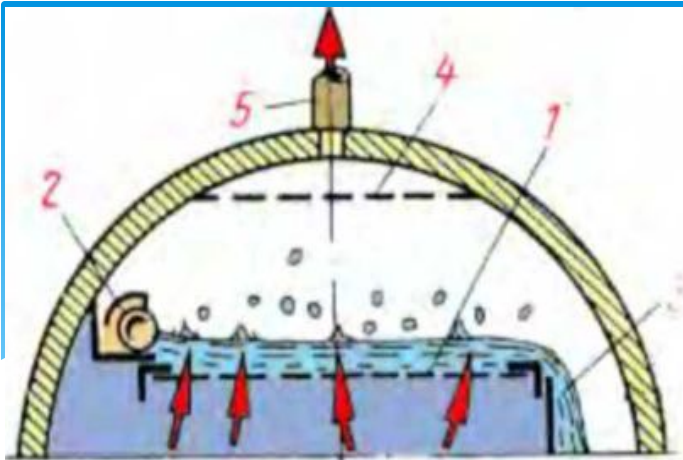
Нельзя делать такого размыва пены там, где уровень воды сильно колеблется под действием турбины и колеблется под уровнем пароводяной смеси.

В большинстве котлов среднего давления питательная вода вводится в верхнюю часть барабана.

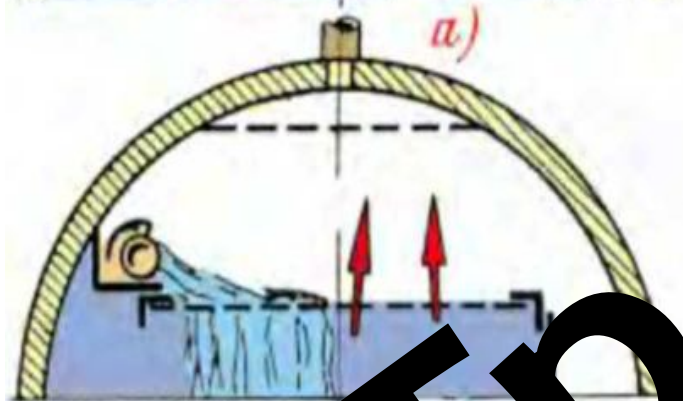
Одновременно с размывом пены производится очистка пара от растворенных в нем солей.

Промывка пар питательной водой. С повышением давления возрастает плотность насыщенного пара и увеличивается растворимость в нем солей.

Особенно опасно наличие в паре растворенной кремниевой кислоты и кремниевых солей, которые при охлаждении пара в турбине могут образовывать на её рабочих лопатках трудно удаляемые отложения.



а)



б)

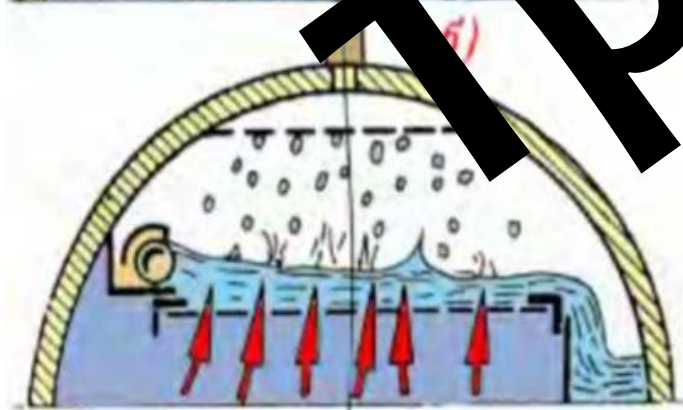


Рис. 26 Условия работы паропромывочного устройства в барабане котла высокого давления

а - правильная работа: а - малая скорость пара; в - высокая скорость пара; 1 - паропромывочный дырчатый щит; 2 - труба питающая воды; 3 - отводящий пар; 4 - верхний дырчатый лист; 5 - паровыводящая труба

ТРОШЕВ

Для очистки от растворенных веществ пар проходит в верхней части барабана через слой питательной воды, которая, как при размыве пены, растворяет эти вещества и вместе с ними сливается в объем котловой воды, где содержание растворенных веществ допускается более высоким.

Питательная вода, выходя из горизонтальной трубы (рис. 26), разливается по поверхности дырчатого щита и удаляется в отводящий короб. Пар проходит вверх через отверстия в дырчатом щите и затем, поднимаясь в слое воды, промывается.

После промывки пар проходит через верхний дырчатый лист, служащий для улавливания вредных брызг питательной воды, и удаляется из барабана в пропариватель.

Для работы пропаривочных устройств необходимо прежде всего, чтобы скорость пара в отверстиях дырчатого щита была при 115 кгс/см² не менее 0,8 м/сек, а при 155 кгс/см - не менее 0,65 м/сек.

При меньшей скорости пар не может препятствовать протеканию питательной воды сквозь отверстия.

Тогда вода сливается не в отводящий короб, а сквозь дырчатый щит, а пар, проходя сквозь другую часть этого щита, почти не смачивается водой.

Кремниевая кислота при этом почти не улавливается (рис. 26, б).

Недопустима и слишком высокая скорость пара, при которой сперва резко увеличивается число брызг над слоем питательной воды, а затем возникают описанные выше «фонтаны», появление которых приводит к быстрому возрастанию толщины слоя воды на промывочных щитах.

Заброс этой воды в пароперегреватель может стать причиной значительного снижения температуры перегретого пара и аварийной остановки паровой турбины.

При наличии в барабане промывочных устройств становится опасной работа котла с нагрузкой, превышающей расчетную.

На промывочные щиты нельзя подавать не только слишком много пар, но и чрезмерно большое количество воды.

Это приводит к увеличению высоты её слоя и также может повлечь за собой унос части воды в пароперегреватель. Поэтому во многих котлах только половина питательной воды используется для промывки пара и каждая вторая питательная труба направлена мимо промывочного устройства под уровень воды в барабане (рис. 27).

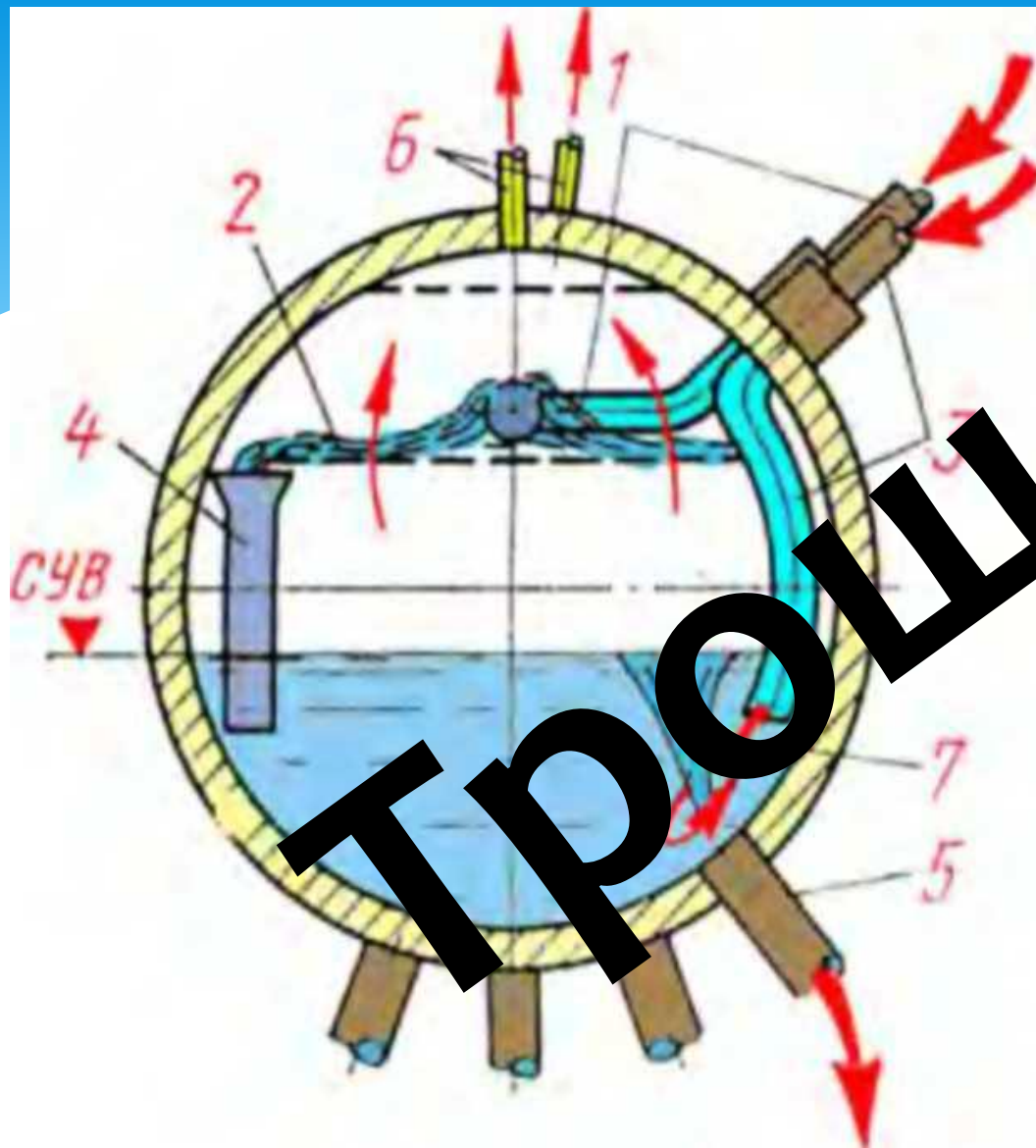


Рис. 27 Схема движения питательной воды в барабане котла

1 - труба, по которой питательная вода направляется на дырчатый лист 2 для промывки пара; 3 - трубы для подачи питательной воды в водяное пространство барабана (трубы 1 и 3 изображены смещенными относительно друг друга); 4 - короб для слива воды с дырчатого листа (короб на противоположной стороне барабана условно не показан); 5 - водоотгонная труба экрана; 6 - отвод пара из барабана; 7 - воронка; СУВ - средний уровень воды в барабане

Излишек воды из короба над промывочными щитами сливается мимо этих щитов через расположенную внутри короба насадку (рис. 24).

При эксплуатации котла с паропромывочным устройством нужно учитывать, что наличие слоя воды в верхней части барабана неизбежно увеличивает возможность её уноса паром. Особенно различные резкие изменения питания котла, при которых временно увеличивается высота слоя воды над промывочными дырчатыми листами.

Это может произойти не только при быстром повышении нагрузки, но при резком снижении давления, когда уменьшается температура кипения и в толщине слоя воды начинают образовываться паровые пузыри.

Недопустимо и при быстром повышении уровня воды в барабане, когда возмущается часть поверхности дырчатых листов, закрытая слоем пены, из-за чего пар проходит через отверстия с повышенной скоростью.

Кроме водоочистительных устройств, в барабане размещают и другое оборудование. Оно несложно, но при его установке нужно учитывать опасность ухудшения качества пар.

Так трубку для подачи фосфатов обычно размещают в нижней части барабана, над водоопукными трубами экранов. Установка этой трубы над подъемными трубами могла бы привести к тому, что фосфаты выбрасывались бы паровыми пузырями на поверхность воды и создали бы над ней слой пены.

На всех энергетических котлах в барабане имеется труба для аварийного слива воды (сброса) излишков воды в случае чрезмерного повышения её уровня. Верхний открытый конец её находится на высоте верхнего допустимого уровня воды в барабане.

ТРОШЧЕВ

Ступенчатое испарение

Принцип действия. Разработанное профессором Э.И. Роммом ступенчатое испарение заключается в разделении водяного объема барабана перегородками на чистый отсек и один или два солевых отсека. К каждому из отсеков, присоединяется своя группа экранов и других испарительных поверхностей барабана (рис.28).

Действие ступенчатого испарения легче понять, рассматривая конкретный пример.

Предположим, что в экранах двух солевых отсеков, присоединенных к обоим концам барабана, образуется 15% вырабатываемого пара.

При нагрузке котла 100 т/час в экранах солевых отсеков ежечасно испаряется 15 тонн воды. Примем солесодержание питательной воды 50 мг/л. Эта питательная вода вводится в чистый отсек. Котловая вода в этом отсеке имеет солесодержание 400 мг/л.

Большая часть воды - в нашем примере 85 из 100 т/час - испаряется при сравнительно невысоком солесодержании.

Если отдельные брызги воды даже и попадут в пароперегреватель, они уносят с собой сравнительно мало солей.

В данном случае не приходится опасаться и высокого слоя пены.

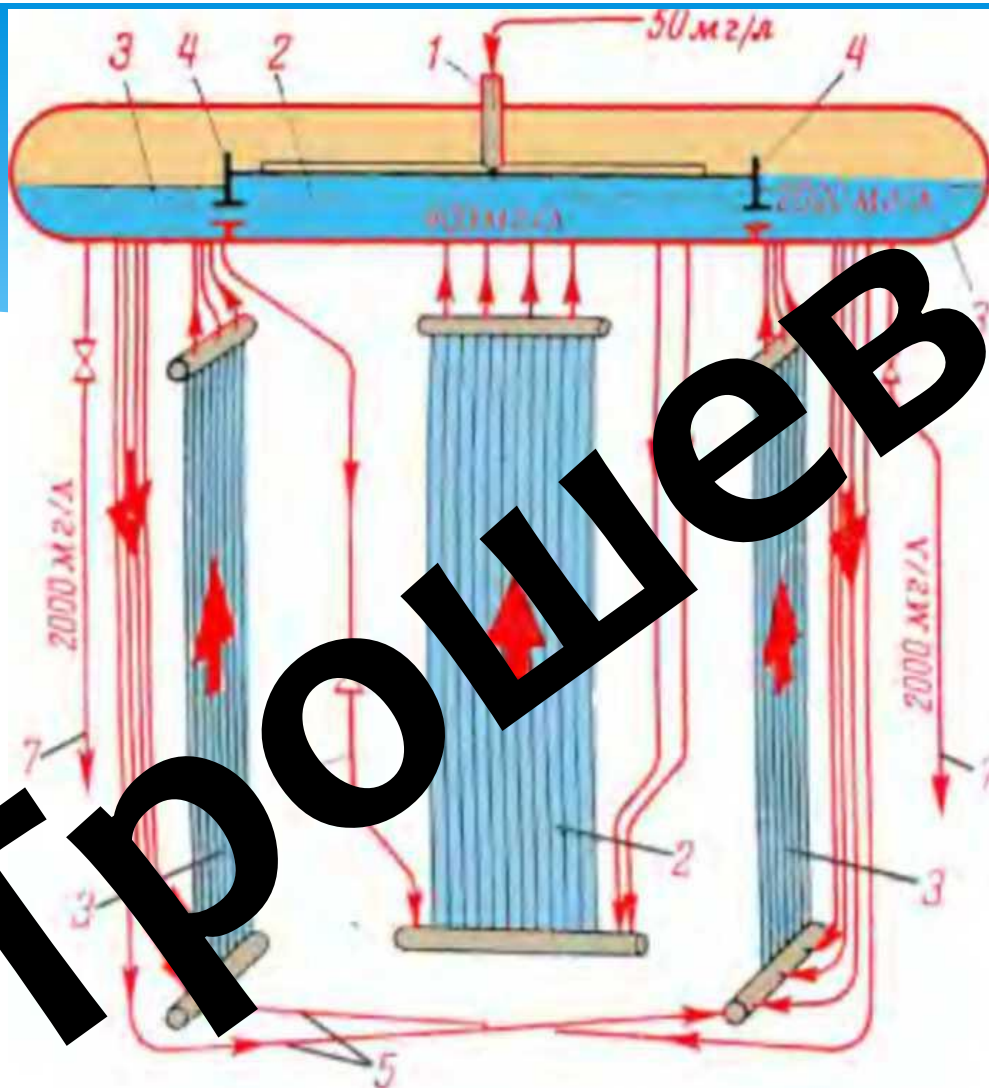
Часть воды из чистого проходит в солевые отсеки и через отверстия в разделительных перегородках (рис. 28)

Эта вода с солесодержанием 400 мг/л является как бы питательной водой для солевых отсеков, в которых котловая вода имеет более высокое содержание солей.

В нашем примере оно равно 1000 мг/л.

Очистка пара, выходящего из солевого отсека, более затруднительна. Этот пар осушают более тщательно, используя для этого свободный объем торцевой части барабана. Все же иногда из солевых отсеков уходит с паром в пароперегреватель некоторое количество солей.

Но такого пара немного - всего 15%.



ТРОШЕВ

Рис. 28 Схема работы двухступенчатого испарения с двумя солевыми отсеками, включенными в торцы барабана

1 - подача питательной воды; 2 - чистый отсек; 3 - солевой отсек; 4 - разделительная перегородка; 5 - уравнивательная труба между солевыми отсеками; 6 - труба с вентилем для регулирования соледержания воды в солевых отсеках; 7 - конденсатная труба

Непрерывная продувка присоединена только к солевым отсекам. С каждым литром удаляемой воды выносятся 2 000 мг солей; следовательно продевать котел нужно примерно в 5 раз меньше, чем без ступенчатого испарения, когда продувочная вода имела бы солесодержание 400 мг/л.

Таков в самых основных чертах принцип ступенчатого испарения в паровом котле.

Разделение барабана на отсеки. В котельных отсеки обычно выделяют один или оба торцевых конца котельного барабана и от 5 до 30% поверхности нагрева экономайзера. Перегородками разделяют только водяные объемы внутри барабана. Перетекание воды из чистого отсека в солевой происходит за счет более высокого уровня воды в чистом отсеке. Чем выше нагрузка котла, тем больше эта разность уровней. Водуказательные колонки устанавливают в каждом из отсеков ступенчатого испарения.

У современных котлов большой мощности барабан имеет длину до 16—20 м. В концах такого барабана даже при отсутствии ступенчатого испарения может быть не одинаковым солесодержание в котловой воде.

Солесодержание воды в правом и левом солевых отсеках может отличаться в несколько раз.