6 Лекция

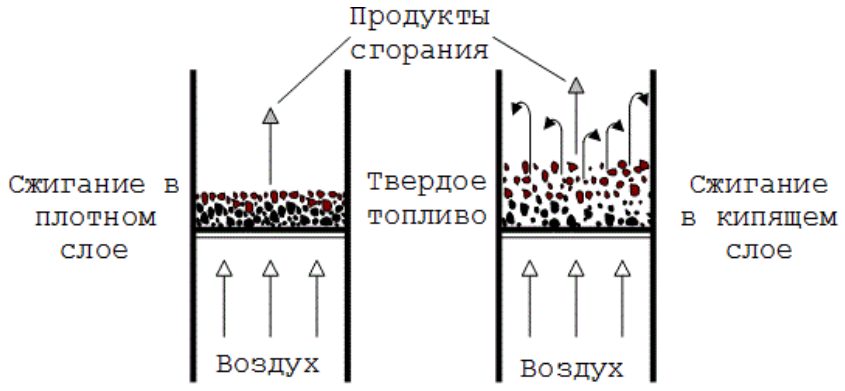
Общие сведения о топочных устройствах котлов. Слоевое и камерное сжигание топлива. Типы топок. Характеристики топочных устройств.

6.1Общие сведения о топочных устройствах котлов. Типы топок

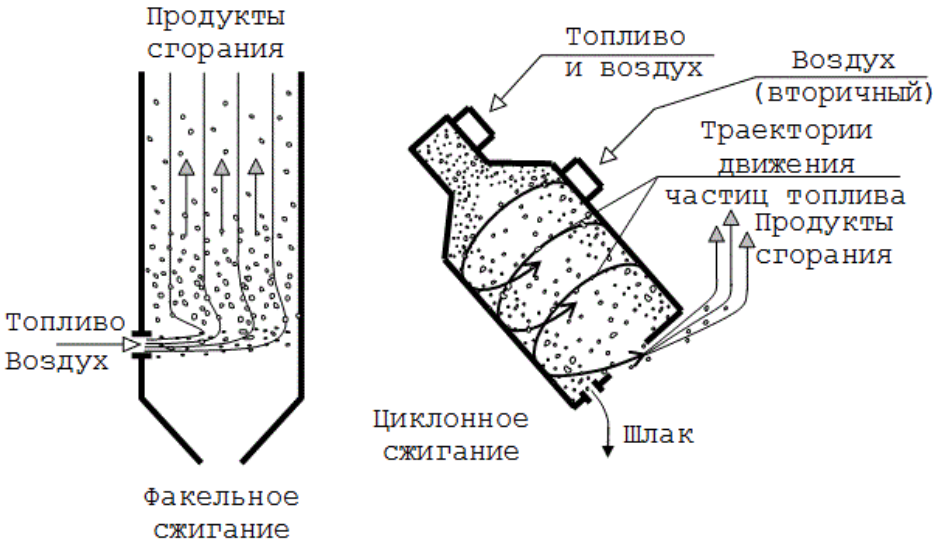
Топка – один из основных элементов котельного агрегата, где происходит процесс горения, при котором химическая энергия топлива преобразуется в тепловую энергию продуктов сгорания, передаваемую далее воде и пару. По виду сжигаемого топлива различают топки для *твердых, жидких* и *газообразных* топлив. Существующие топочные устройства можно разделить на *слоевые и камерные* (см. рисунок 6.1).

Слоевые топки предназначены для сжигания твердого топлива в слое на колосниковой решетке.

Камерные топки предназначены для сжигания твердого топлива во взвешенном состоянии в виде пыли и дробленых частиц, а также жидкое, распыляемое с помощью форсунок, и газообразное.



Слоевые топки



Камерные топки

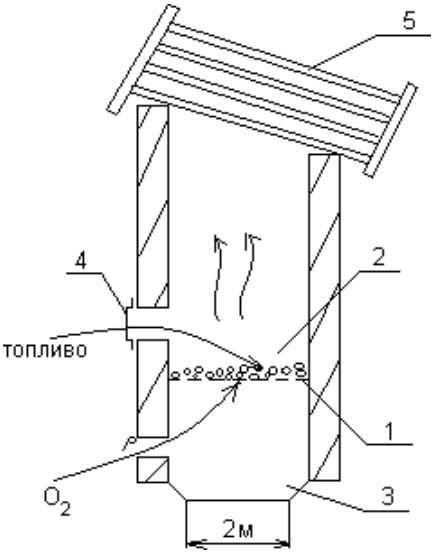
Рисунок 6.1 – Схемы способов сжигания твердого топлива

6.1.1 Слоевое сжигание твердого топлива

Слоевые топки предназначены для сжигания твердого кускового топлива в котлах малой и средней мощности. Слоевые топки подразделяются на: *топки с плотным слоем и топки с кипящим слоем.*

1) Топки с плотным слоем

В зависимости от степени механизации указанных операций топочные устройства можно разделить на: *немеханизированные* (все операции выполняются вручную); *полумехапическне* (механизированы одна или две операции); *механические* (механизированы все операции). По режиму подачи топлива в плотный слой различают топочные устройства с *периодической и непрерывной загрузкой* топлива.



1 – решетка колосниковая;
2 – топочный объем;3 – зольник;
4 – загрузочное окно;
5 – испарительный пучок.

Рисунок 6.2 – Схема немеханической топки

Немеханизированная топка (до D<2,5 т/ч) с ручной периодической подачей топлива на колосниковую решетку представлена на рисунке 7.2. Колосниковая решетка поддерживает сжигаемое топливо и одновременно служит для распределения воздуха, поступающего через нее в слой. Доля живого сечения немеханической топки составляет $\omega = \frac{f_{отв}}{R} \cdot 100\ \% = 10 \div 24\%$.

Достоинства: просты в эксплуатации, пригодны для различных сортов топлив, могут работать со значительными колебаниями тепловой нагрузки, отличаются относительно небольшим расходом энергии на собственные нужды, не требуют дорогостоящих пылеприготовительных устройств.

Недостатки: тяжелый физический труд; небольшая производительность, цикличность процесса; сложность регулирования топливо - воздух.

Полумеханические топки (D=4÷6,5 т/ч). Частичная механизация ручной топки может быть достигнута установкой *поворотных* или *качающихся колосников,* а механизацией загрузки топлива на решетку с применением различных *забрасывателей: механические, пневматические* и *пневмомеханические.*

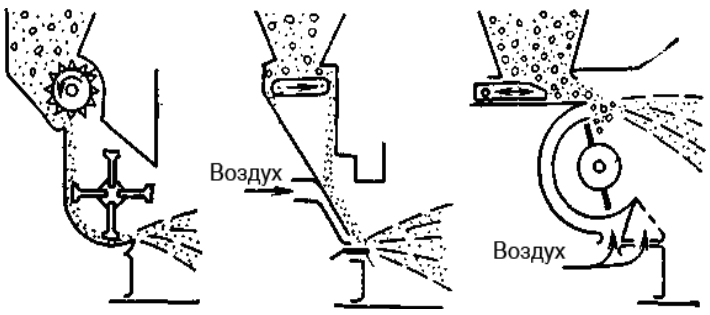


Рисунок 6.3 – Схема полумеханической топки

Достоинства: механизированный процесс подачи топлива ⇒, возрастает производительность, топки пригодны для различных сортов топлив.

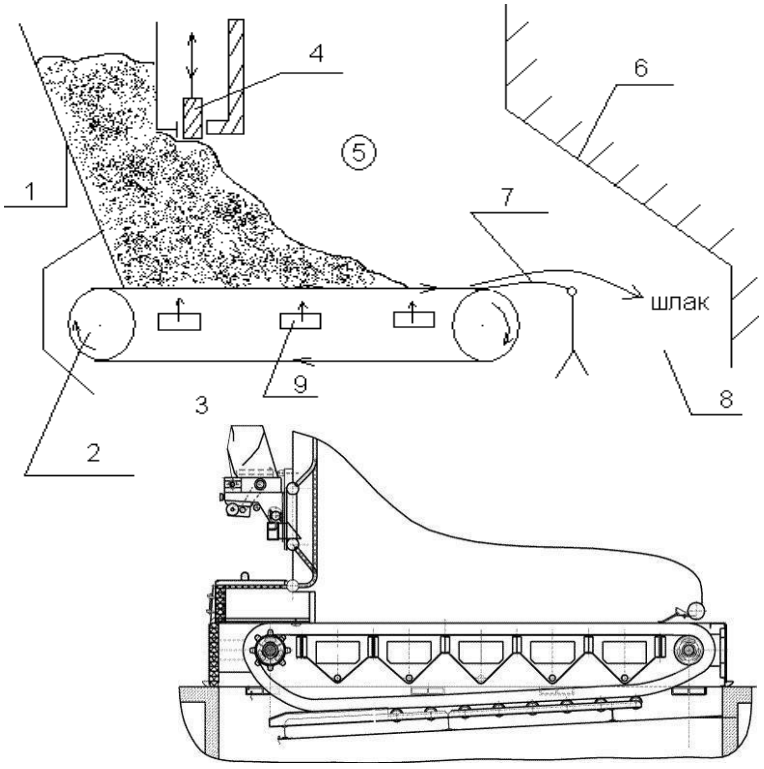
Недостатки: рост расхода энергии на собственные нужды, цикличность процесса; сложность регулирования топливо - воздух.

Механические топки (D=6,5 - 20 т/ч) применяются для сжигания углей марки АС и АМ. Применение находят механические топки с колосниковыми решетками *прямого и обратного хода.*

В топке с решеткой прямого хода полотно с топливом перемещается от фронта топки к задней стенке (см. рисунок 6.4), а в топке с решеткой обратного хода - от задней стенки к фронту. Применяемые колосниковые полотна бывают *чешуйчатого и ленточного типов.*

Достоинства: механизированный процесс подачи топлива и удаления шлака приводит к увеличению производительности, такие топки пригодны для различных сортов топлив.

Недостатки: сложность регулирования системы топливо – воздух, рост расхода энергии на собственные нужды.



1 - бункер топлива; 2 - зубчатое колесо; 3 - цепная решетка; 4 - шибер; 5 - топка; 6 – огнеупорный свод; 7- шлакосниматель;8 -шлаковый бункер; 9 - воздушные каналы.

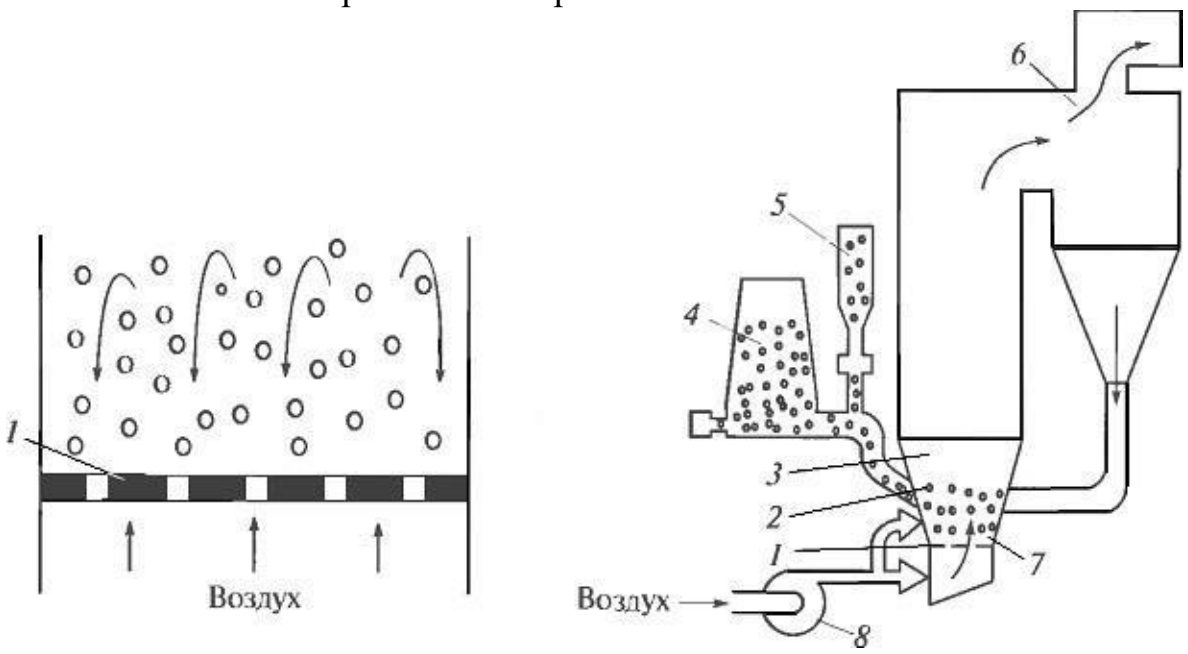
Рисунок 6.4 - Схема механической топки

2) Топки с кипящим слоем

При достижении критической скорости дутья сила давления газового потока в слое становится равной силе тяжести частиц. Слой начинает расширяться, и при дальнейшем увеличении скорости воздуха частицы приходят в движение. Объем слоя увеличивается в 1,2÷1,8 раза.

Эффективное сжигание твердого мелкозернистого топлива (0÷20 мм) может быть достигнуто при использовании принципа *кипящего (псевдоожиженного) слоя* (см. рисунок 6.5). В отличие от плотного (неподвижного) слоя, аэродинамическое сопротивление которого с увеличением интенсивности дутья возрастает по степенному закону, в кипящем слое сопротивление от этого фактора не зависит. При малой скорости дутья слой остается неподвижным и работает как фильтрующий.

Сопротивление кипящего слоя с изменением интенсивности дутья не изменяется, т.к. увеличивается проходное сечение для газа. При чрезмерном увеличении скорости дутья весь слой переходит во взвешенное состояние и может быть вынесен из рабочей камеры.



1 –решетка; 2 – топливо; 3 – топка; 4 – бункер угля; 5 – бункер присадки;
6 – высокотемпературный циклон; 7 – погруженная поверхность нагрева; 8 – вентилятор.

Рисунок 6.5 - Топка для сжигания в кипящем слое

6.1.2 Камерное сжигание топлива

В мощных котельных установках применяется сжигание всех видов топлива: газового, жидкого и твердого в смеси с воздухом в камерных топках. Камерные топочные устройства бывают *пылеугольные и газомазутные* (см. рисунок 6.6).

1) Камерное сжигание твердого топлива

Камерные топки подразделяются на *факельные и вихревые (циклонные)*.

При *факельном* способе сжигания топливо предварительно размалывается в мельницах и пыль вместе с воздухом (аэросмесь) попадает в топку. Такие топки используют в котельных агрегатах средней (10÷42 кг/с) и большой (42 кг/с) производительности.

Циклонный способ сжигания основан на использовании закрученных топливовоздушных потоков. Транспорт топлива осуществляется воздухом. Топливные частицы циркулируют по определенным траекториям в течение времени, необходимого для завершения их сгорания. Под действием центробежных сил частицы движутся в виде уплотненного пристенного слоя, интенсивно перемешиваясь с воздухом.

Время пребывания частиц в циклонной камере выбирается достаточным для выгорания грубой пыли (200 мкм) или дробленого топлива (размер частиц до 5 мм).

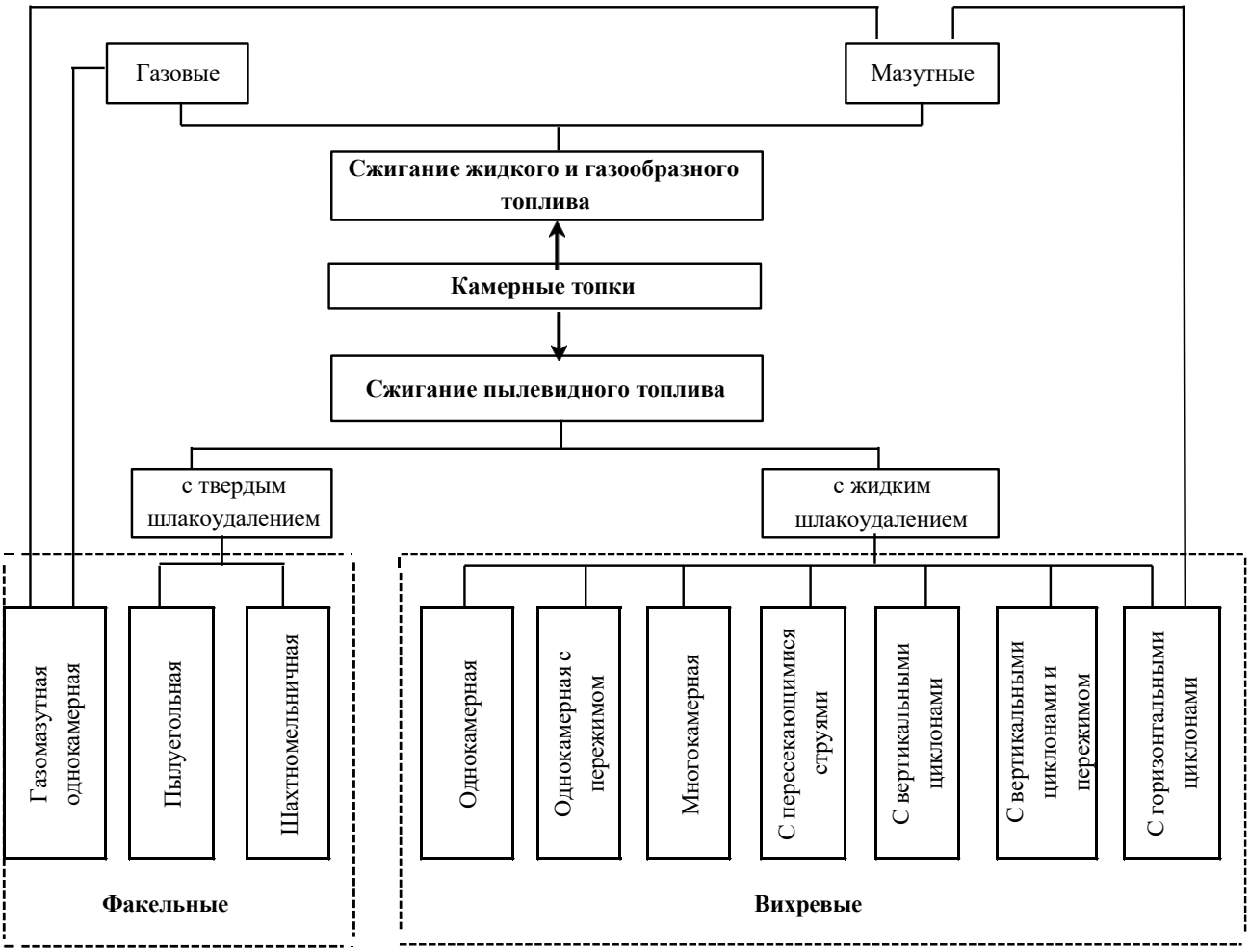


Рисунок 6.6 – Классификация камерных топок

Основные преимущества камерных топок заключаются в следующем: возможность экономичного использования практически всех сортов угля; хорошее перемешивание топлива с воздухом, что позволяет работать с небольшим избытком воздуха (а=1,2÷1,25); возможность повышения единичной мощности котельного агрегата; относительная простота регулирования режима работы и, следовательно, возможность полной автоматизации топочного процесса.

На рисунке 6.7 представлены наиболее распространенные виды топочных камер для сжигания твердых топлив.

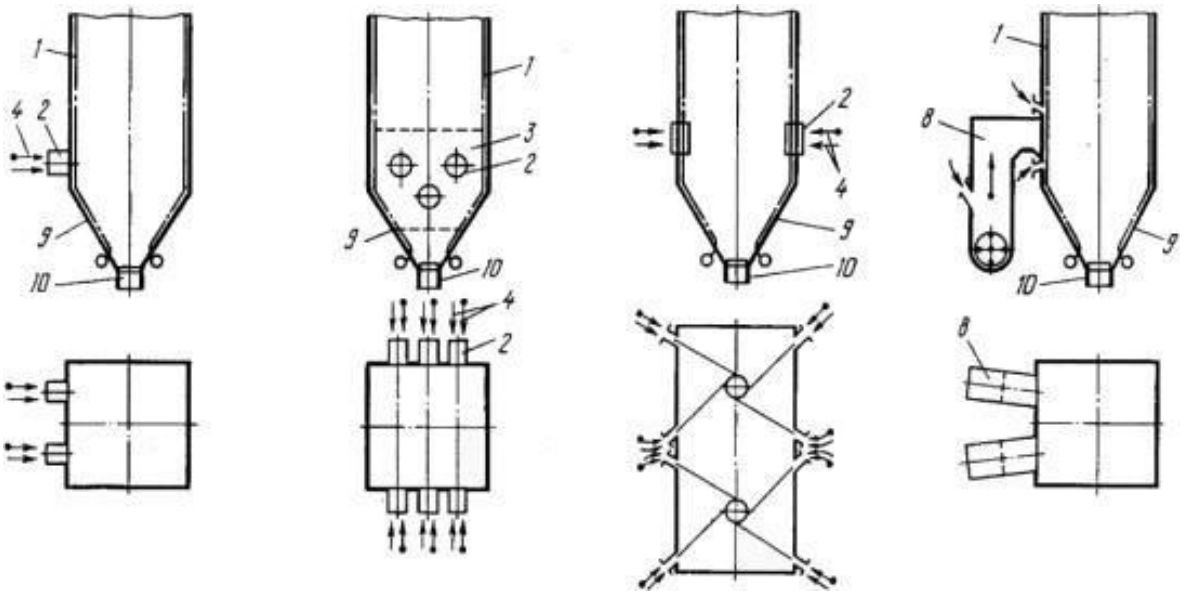
Топочные камеры называются *открытыми*, если топочный объем имеет вертикальные плоские стены (см. рисунок 6.7, а).

Топочные камеры с *пережимом* получаются, когда одна или две стены на определенной высоте имеют выступ внутрь топочного объема (см. рисунок 6.7, б), который условно разделяет топку на камеру сгорания и камеру охлаждения.

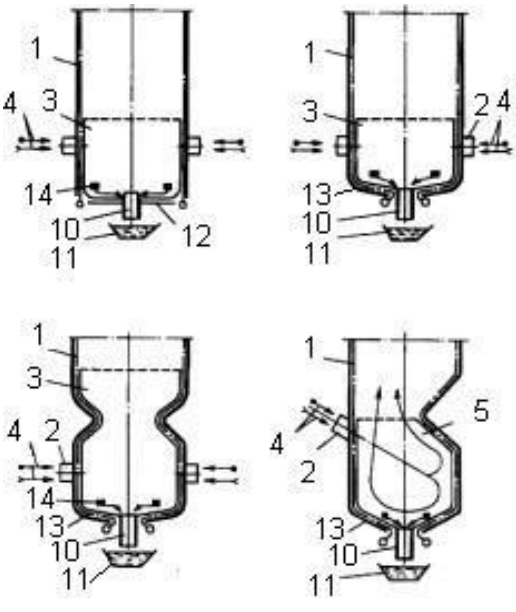
В практике находят применение двухкамерные топки, когда обе камеры (камера горения топлива и камера охлаждения газов) разделены поверхностью нагрева или перемычкой с узким проходом (см. рисунок 6.7, в).

По принципу вывода шлаков в нижней части топки топочные камеры разделяются на топки *с твердым шлакоудалением* (см. рисунок 6.7, а) *и жидким шлакоудалением* (см. рисунок 6.7, б, в).

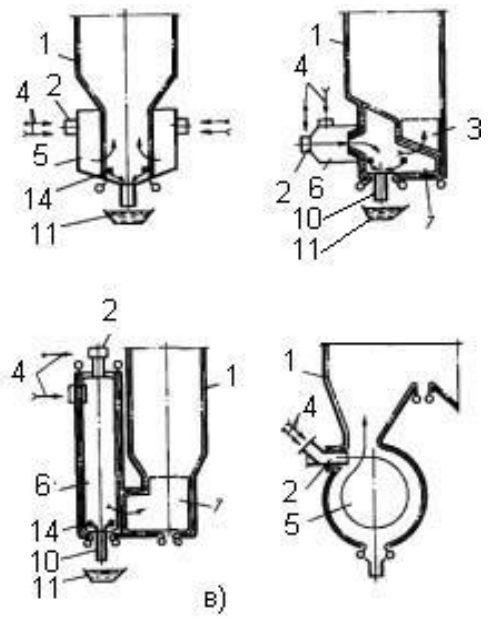
Двухкамерные топки с циклонным способом сжигания топлив применяются редко из-за технологической сложности выполнения топок и повышенного образования вредных газов в зоне высоких температур горения (см. рисунок 6.7, в).



а) однокамерные топки с твердым шлакоудалением;



б) однокамерные открытые топки с пережимом для жидкого шлакоудаления;



в) двухкамерные топки с циклонным методом сжигания топлива и жидким шлакоудалением.

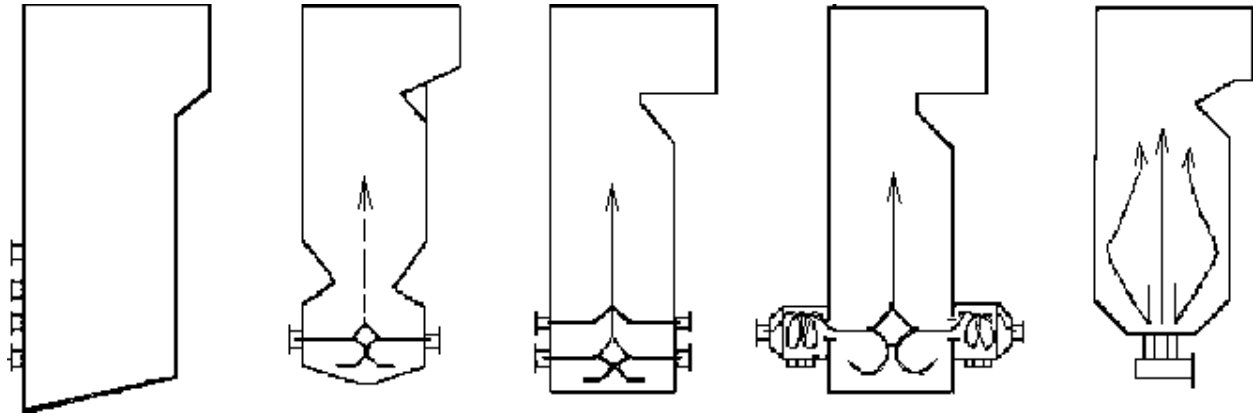
Рисунок 6.7 - Виды топочных камер для сжигания твердых топлив

2) Камерное сжигание жидкого и газообразного топлива

Условия сжигания природного газа и мазута имеют много общего, что позволяет выполнять топочные камеры для этих видов топлива одинаковой конструкции.

Горенке мазута и газа происходит в парогазовом состоянии (гомогенная среда) по законам цепных разветвленных реакций. Интенсивность горения в обоих случаях определяется условиями перемешивания, а максимально допустимые тепловые напряжения топочного объема имеют близкие значения (300 кВт/м^3 - для мазута и 350 кВт/м^3 - для природного газа).

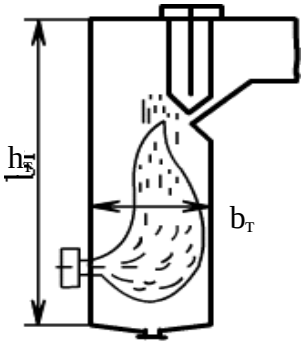
Практическое отсутствие золы исключает вероятность шлакования настенных экранов и необходимость в шлакоудалении. В связи с чем, для обоих видов топлива под топки выполняют горизонтальным или слабонаклонным с выполнением лазов для ремонтных работ (см. рисунок 7.8).



а) открытая топка с однофронтальным многоярусными горелками; б) топка с пережимом и встречным расположением горелок; в) открытая топка с встречным двухъярусным расположением горелок; г) топка с встречными циклонными предтопками; д) топка с подовыми горелками прямоточного или вихревого типа.

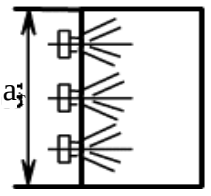
Рисунок 6.8 - Виды топочных камер для сжигания газа и мазута

Характеристики топочных камер



Геометрически топочная камера характеризуется линейными размерами: *шириной фронта* $a_т$, *глубиной* $b_т$ и *высотой* $h_т$, размеры которых определяются тепловой мощностью топки, тепловыми и физико-химическими характеристиками топлива.

Произведение $f_т=a_т \cdot b_т$, м^2, - сечение топочной камеры.



Ширина фронта топки ($a_т$=9,5÷31 м) зависит от вида сжигаемого топлива, тепловой мощности парового котла. С увеличением мощности парового котла размер $a_т$ растет, но не пропорционально росту мощности, характеризуя, таким образом, увеличение тепловых напряжений сечения топки и скорости газов в ней.

Оценочно *ширину фронта* $a_т$, м можно определить по формуле

$$a_m = m \cdot D^{0,5} \qquad (6.1)$$

где D - паропроизводительность котла, кг/с;

m - числовой коэффициент (1,1 - 1,7) зависит от D.

Глубина топочной камеры ($b_т$=6÷10,5 м) определяется размещением горелок на стенах топочной камеры и обеспечением свободного развития факела в сечении топки так, чтобы высокотемпературные языки факела не оказывали давление на охлаждающие настенные экраны.

Высота топочной камеры ($h_т$=15÷65 м) должна обеспечивать полное сгорание топлива по длине факела в пределах топочной камеры и размещение на ее стенах требуемой поверхности экранов, необходимых для охлаждения продуктов сгорания до заданной температуры:

$$h_т^{гор} = w_г \cdot \tau_{преб}, \qquad (6.2)$$

где $w_г$ - средняя скорость газов в сечении топки, м/с;

$\tau_{преб}$ - время пребывания единичного объема газа в топке, с.

Основной тепловой характеристикой топочных устройств паровых котлов является тепловая мощность топки:

$$Q_т = B \cdot (Q_н^р + Q_{доп} + Q_{гв}), \text{ кВт}. \qquad (6.3)$$

Интенсивность процесса сжигания характеризуется следующими показателями:

1) Характеристикой, определяющей уровень *энерговыделения* (*тепловым напряжением*) в топочном устройстве, является допустимое тепловое напряжение топочного объема (характеризует время пребывания топлива в топочной камере):

$$q_v = \frac{B \cdot Q_н^р}{V_т}, \text{ кВт/м}^3, \qquad (6.4)$$

где $V_т$ - объем топочной камеры, м^3;

q_v =140÷180 кВт/м^3 - при сжигании углей с твердым шлакоудалением и q_v=180÷210 кВт/м^3 - при жидком шлакоудалении.

2) На уровне расположения горелок выделяется наибольшее количество теплоты, здесь расположено ядро факела и резко растет температура топочной среды. Если отнести все тепловыделение в растянутой по высоте топки зоне горения к сечению топки на уровне горелок, то получим важную расчетную характеристику - *тепловое напряжение сечения* топочной камеры:

$$q_f = \frac{B \cdot Q_н^р}{f_т}, \text{ кВт/м}^2, \qquad (6.5)$$

где $f_т$ – поперечное сечение топочной камеры, м^2.

Максимально допустимые значения q_f нормируются в зависимости от вида сжигаемого топлива, расположения и типа горелок и составляют от 2300 кВт/м^2 - для углей с повышенными шлакующими свойствами, до 6400 кВт/м^3 - для углей с высокими температурами плавления золы.

С ростом значения q_f увеличивается температура факела в топке, в том числе вблизи экранов, заметно увеличивается тепловой поток излучения на них. Ограничение значений q_f определяется для твердых топлив исключением интенсивного процесса шлакования настенных экранов, а для газа и мазута - предельно допустимым ростом температуры металла экранных труб.

3) Если отнести значение тепловосприятие топки к единице поверхности экрана, то получим *среднее тепловое напряжение поверхности нагрева* $q_Л$, кВт/м^2, характеризующее интенсивность тепловой работы металла труб экранов:

$$q_л = \frac{B \cdot Q_л}{F_{ст}^э}, \text{ кВт/м}^2, \qquad (6.6)$$

где $F_{ст}^э$ - поверхность стен топки, закрытая экранами, м^2;

$Q_л$ - тепловосприятие топочных экранов, полученное излучением факела кДж/кг, определяется из теплового баланса топки как разность между удельным полным тепловыделением в зоне ядра факела на уровне расположения горелок без учета отдачи теплоты к экранам $Q_т$, кДж/кг, и удельной теплотой (энтальпией) газов на выходе из топки $H'_т$ при отдаче (потере) небольшой части теплоты через теплоизолирующие стены $Q_л = Q_т - H'_т - Q_{пот} = (Q_т - H'_т) \cdot \varphi$ (где $\varphi = Q_л / (Q_л + Q_{пот})$ - доля сохранения теплоты в топке).