Особое место в энергетике отводится выработке и использованию электроэнергии, которая производится на электростанциях. Приблизительно 80% выработки электроэнергии приходится на тепловые электростанции, для которых источником тепловой энергии является химическая энергия органического топлива.

На электростанциях топливо сжигается в котлах, полученный пар, в результате этой процедуры, используется на турбинах, которые вращают ротор электрогенератора и вырабатывают электроэнергию.

1 Схема применения котельного агрегата на тепловых электростанциях

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |

1. котельные агрегат;
2. турбина;
3. электрогенератор;
4. конденсатный насос;
5. деаэратор;
6. питательный насос;
7. конденсатор;
8. насос химводоочистки;

В котел подводится топливо и воздух, из котла выходят дымовые газы, зола и шлак (твердое топливо). В котле используется химочистка воды.

Основными параметрами котлов являются: 1) номинальная паропроизводительность; 2) номинальное давление пара; 3) номинальная температура перегрева пара; 4) номинальная температура питательной воды.

Котельные установки подразделяются на:

- низкого давления: Р=9 атм;

- среднего давления: Р=14 – 40 атм;

- высокого давления: Р=100 – 140 атм;

- сверхвысокого давления: Р=255 атм.

В обозначениях котла указывается: 1) тип котла (Е - котлы с естественной циркуляцией; Пр - котлы с принудительной циркуляцией; П - прямоточные котлы). 2) номинальная паропроизводительность в т/ч. 3) номинальное давление пара (атм, кг/см2). 4) номинальная температура перегрева пара в ºС. 5) вид топлива, тип топки.

Например: Е-35-40-450-ГМ (котел с естественной циркуляцией; номинальная паропроизводительность *D* = 35 т / ч; номинальное давление пара *Рп* = 40 атм; номинальная температура перегрева пара *tп.п* = 450 ºС; газомазутный).

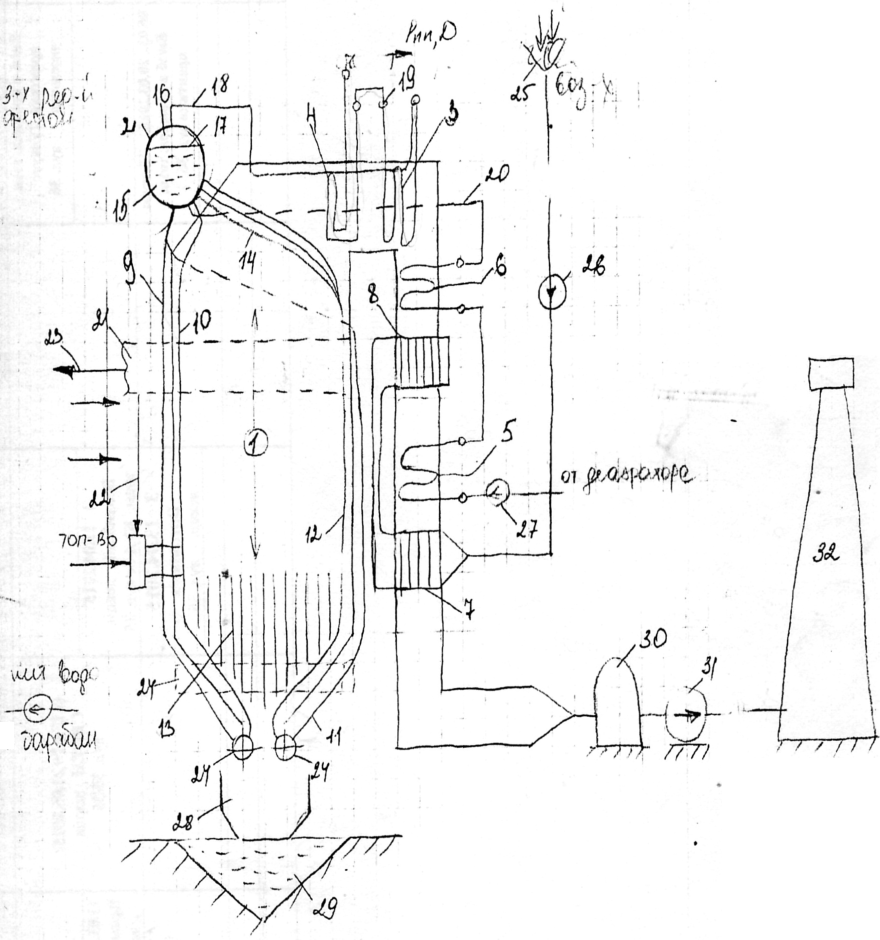
Котлы заводские имеют абривиатуру завода-изготовителя:

Барнаульский - «БКЗ»;

Таганрогский - «ТКЗ»;

Белгородский - «БелКЗ».

2 Схема и принцип действия парового котла в П-образной компоновке



1. топочная камера;

2.барабан;

3. 1-я часть пароперегревателя (1-я ступень по ходу пара или 2-я часть пароперегревателя по ходу газа);

4. 2-я ступень пароперегревателя (или 1-я часть);

5. 1-я ступень водяного экономайзера;

6. 2-я ступень водяного экономайзера;

7. 1-я ступень воздухоподогревателя;

8. 2-я ступень воздухоподогревателя;

9. опускные трубы фронтового экрана;

10. подъемные трубы фронтового экрана;

11. опускные трубы заднего экрана;

12. подъемные трубы заднего экрана;

13. подъемные и опускные трубы боковых экранов;

14. фестон;

15. водяное пространство барабана;

16. паровое пространство барабана;

17. зеркало испарения;

18. пароперепускные трубы;

19. пароохладитель;

20. линия подвода питательной воды в барабан;

21. короб горячего воздуха;

22. подача горячего воздуха на горелку;

23. подача горячего воздуха в систему пылеприготовления;

24. нижний коллектор топочных экранов;

25. воздухозаборник;

26. дутьевой вентилятор;

27. питательный насос;

28. шлаковая шахта;

29. канал гидрозолоудаления;

31. пылезолоуловитель;

32. дымосос;

33. дымовая труба.

**Принцип действия котла**

Химически очищенная вода питательным насосом подается в нижний коллектор водяного економайзера. Пройдя по трубам нижней и верхней ступеней экономайзера, вода нагревается и по линии подачи питательной воды поступает в барабан парового котла. Из барабана котловая вода по опускным трубам попадает в нижние коллектора топочных экранов и далее в подъемные трубы этих экранов.

В топку через горелку подают топливо и воздух. При воспламенении топливовоздушной смеси в топке происходит процесс горения с выделением лучистой энергии, которая передается от факела горения к поверхности подъемных труб топочных экранов. Вода в подъемных трубах нагревается, кипит в результате чего образуется пароводяная смесь, плотность которой меньше плотности воды в опускных трубах. За счет разности плотностей воды и пароводяной смеси в контуре, образованном барабаном, опускными трубами, нижними коллекторами и подъемными трубами топочных экранов осуществляется процесс циркуляции рабочего тела. Процесс циркуляции происходит под действием естественных сил, поэтому такие котлы называются котлами естественной циркуляции.

Пароводяная смесь поднимается вверх по трубам и далее попадает в барабан котла, где пар отделяется от воды. Вода направляется в водяное пространство, а пар - в паровое. Полученный таким образом насыщенный пар по пароперепускным трубам направляется в пароперегреватель, где он перегревается до заданных параметров и через главную задвижку направляется к потребителю.

Образовавшиеся топочные газы продвигаются вверх по топке, проходят через фестон, пароперегреватель, движутся вниз по конвективной шахте через экономайзеры и воздухоподогреватель и уходят в атмосферу. В топке температура в факеле составляет **(1600…1800) Со**.

Если котел работает на угольной пыли, то зола топлива плавится, мелкие ее частицы уносятся из топки с уходящими газами, а крупные скопившись на трубах экрана отрываются и скатываются вниз топки, в так называемую холодную воронку, откуда через шлаковую шахту удаляются из котла.

Так как основная масса мелких частиц золы **(80…90 %)** уносится из топки, то на выходе из топочной камеры температуру снижают до **(1000…1200) Со** с тем чтобы частицы расплавленного шлака, летящие в потоке газов не могли застывать на хвостовых поверхностя нагрева.

Чтобы не загрязнять атмосферу золой дымовые газы отделяются от летучей золы в золоуловителях и направляются с помощью дымососов в дымовую трубу.

Дымосос создает разряжение по газовому тракту котла. В топке оно составляет **(5…10)** мм водяного столба, а в газоходе за пароперегревателем до **200** мм водяного столба. Это дает возможность перемещать дымовые газы, но при этом увеличивается опасность присосов атмосферного воздуха в топку, что может привести к снижению КПД котла.

Температура газов за пароперегревателем составляет **(500…600) ºС**. Теплота этих дымовых газов используется в хвостовых поверхностях нагрева для подогрева питательной воды и воздуха. После хвостовых поверхностей температура уходящих газов составляет **(120…180) ºС**. С такой температурой они выбрасываются в атмосферу.

Давление перегретого пара создается питательным насосом. Температура перегретого пара регулируется пароохладителем.

Для уменьшения сопротивления движению дымовых газов на выходе из топки экранные трубы заднего экрана разведены в конвективный пучок-фестон, состоящих из нескольких рядов расположенных в шахматном порядке труб.

Основные элементы котла

1. топка;
2. экранные трубы с фестоном;
3. пароперегреватель;
4. барабан;
5. экономайзер и воздухоподогреватель;
6. воздуховоды и газоходы с обмуровкой;
7. гарнитура (устройство для смотра и очистки поверхности нагрева и газохода);
8. каркас, трубопроводы для пара и воды;
9. запорная регулировочная арматура.

Вспомогательные устройства

1. дутьевые дымососы установки;
2. топливоприготовление и топливоподача в пределах котельного зала;
3. шлакозолоудаляющие и шлакозолоулавливающие устройства;
4. КИПиА контрольно-измерительные приборы и автоматика.

**3 Конструктивное оформление элементов котла**

**3.1 Каракас парогенератора (парового котла)**

Каракас представляет собой металлическую конст­рукцию, предназначенную для установки всех элемен­тов парогенератора: барабана, поверхностей нагрева и коллекторов, обмуровки, изоляции и обшивки, трубо­проводов и коробов, помостов и лестниц обслуживания и др. Каркас передает на фундамент весовую нагрузку парогенератора. Нагрузка на фундамент складывается из веса парогенератора и его каркаса и веса рабочего тела — воды и пара.

Различают каркасы с самостоятельным фундамен­том и каркасы, совмещенные с несущими конструкция­ми здания. Каркас с самостоятельным фундаментом воспринимает всю весовую нагрузку парогенератора и передает ее на фундамент. В этом случае агрегат сво­боден от вибрационных нагрузок, возникающих при работе вращающихся элементов оборудования: дымососов вентиляторов, мельниц и т. п.

На рисунке 1.1 показана схема несовмещенного со зданием каркаса парогенератора при П-образной компоновке.

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |
| Рисунок 1.1 – Каркас котла П – образной компоновке |

Каркас состоит из несущих вертикальных колонн ***1*** и опорных горизонтальных балок ***2***, опорных ферм, соединительных стоек, служа­щих для связи элементов каркаса. Нижние концы несущих колонн имеют опорные башмаки 3. Опорные башмаки колонн анкерными болтами крепятся к фундаменту.

Обычно колонны устанавливают только по углам топочной камеры и конвективного газохода (восемь колонн, по четыре на каждую шахту). Все колонны по высоте обвязаны поперечными балками или фермами.Они увеличивают устойчивость каркаса и служат для подвески барабана, поверхностей нагрева и опорных конструкций для помостов обслуживания и пере­дают весовую нагрузку от по­следних на колонны.

Каркас изготовляют из профильного проката (двутав­ров, швеллеров, уголков).

Все несущие элементы каркаса (колон­ны, балки) обычно размещают снаружи обмуровки в целях предохранения их от нагревания.

Применяется два способа крепления барабана к каркасу парогенератора: на опорах и на шарнирных тягах. При первом способе барабан своими конца­ми устанавливается на опоры, закреп­ленные на несущих балках каркаса. Для обеспечения свободного температур­ного расширения барабана при его на­гревании одна опора делается подвижной. Подушка **1** подвижной опоры (см. рис. 1.2) опирается на ролики **2**. Барабан, подвешенный на шарнирных тягах (см.рис. 1.3), также имеет воз­можность свободного расширения.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | D:\media\image1.jpeg |
| Рисунок 1.2 – Подвижная опора барабана | Рисунок 1.3 – Подвеска барабана на шарнирных тягах |

**3.2 обмуровка и изоляция**

Обмуровка представляет собой сплошные наруж­ные стенки, отделяющих газовый тракт парогенератора от окружаю­щей среды. Она должна быть огнеупорной, механиче­ски прочной, достаточно плотной, обладать высокими теплоизоляционными свойствами и хорошо сопротив­ляться воздействию золы и расплавленных шлаков.

Вы­сокая огнеупорность обеспечивает длительную работу обмуровки без ремонта. Хорошие теплоизоляционные свойства необходимы для уменьшения тепловых потерь ***Q5*** от наружного охлаждения. Высокая плотность обмуровки обеспечивает минималь­ный присос воздуха в топку и газоходы, а также пре­дотвращает выбивание пламени и продуктов сгорания в помещение при нарушении топочного режима. Важной характеристикой обмуровки является сопротив­ляемость ее химическому воздействию шлака и механи­ческому воздействию капель шлака и частиц золы.

**3.2.1 Обмуровочные материалы**

Обмуровка современных котлов представляет комбинированную сиситему, выложенную из различных кирпичей, изоляционных материалов, металлических частей, скрепляющих материалов.

В соответствии с условиями работы применяют следующие обмуровочные материалы:

а) огне­упоры - шамотный кирпич, шамотобетон, высокоглиноземлистые огнеупоры, хромитовые огнеупоры. Огнеупорные материалы применяются для внутренней обмуровки или футеровки топки и выдерживают температуру 1200-1800 ºС;

б) изоляционные мате­риалы с допустимой рабочей температурой 800— 900 °С (теплоизоляционный бетон и диатомовый кир­пич);

в) изоляционные термостойкие материалы - легковесный огнеупорный пористый кирпич температура до 600 ºС;

г) асбест в виде картона или шнура и асбоцемент до температуры 500 ºС;

д) изоляционные мате­риалы с допустимой рабочей температурой 400—500°С (совелит, шлаковая вата и др.);

ж) диатомитовый кирпич с допустимой рабочей температурой до 350 Со .

**3.2.2 Типы обмуровки**

Различают обмуровки: 1) тяжелую (или нормальную); 2) накаркасную, которую крепят непосредственно к каркасу котла и передают на него нагрузку от обмуровки, и 3) н а т р у б н у ю, которую крепят непосредственно к трубам и пе­редают на них нагрузку от обмуровки.

1. Тяжелая обмуровка (см. рис. 1.1) де­лается двухслойной. Внутренний слой (футеровку) выполняют из огнеупорно­го кирпича 1, наружный (облицовку) — из строительного кирпича 2.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | Огнеупор­ный и строительный кирпичи имеют раз­меры 250 х 125 х 65 мм. В топке и в районе перегревателя тол­щина обмуровки составляет 510—640 мм, ее внутренний слой - 125 мм. В районе экономайзера обмуровку выполняют из обычного красного кирпича толщиной 380 мм.  Тяжелая обмуровка является самоне­сущей и опирается непосредственно на фундамент установки. |
| Рисунок 1.1 – Тяжелая обмуровка |

2. *Накаркасную обмуровку* выполняют трех­слойной (см.рис. 1.2):

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | *1* - колонна каркаса; 2 и 3 - кронштейны;  4 - балка; 5 - шамотный кирпич;  6- диатомовый кирпич; 7 - изоляционные плиты с обшивкой;  8 - асбестовый шнур; 9 - температурный шов.  Рисунок 1.2 - Накаркасная обмуровка |

к газовому тракту примыкает огне­упорный слой (шамотный кирпич), последующие два слоя - изоляционные: диатомовый кирпич и изоляцион­ные плиты. Плотность обмуровки достигается покры­тием ее металлической обшивкой толщиной около 2- 3 мм. Общая толщина накаркасной обмуровки 250- 300 мм. Обмуровку выполняют в виде отдельных поясов высотой 2-4 м с опорой каждого пояса на кронштейны, приваренные к каркасу. Зазоры между поясами (темпе­ратурные швы) заполняют асбестовым шнуром.

3. Разновидностью накаркасной является щитовая обмуровка.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | 1 - первый слой щита из огнеупорного бетона;  2 - стальная сетка;  3 и 4 — термоизолирующие плиты;  5 – газоплотная обмазка.  Рисунок 1.3 - Щитовая обмуровка  Легкая обмуровка накаркасного типа выполняется из щитов, состоя­щих из двух слоев теплоизолирующих материалов, защищенных со стороны омывающих их газов слоем жароупор­ного бетона. Металлическая рамка щитов такой обмуровки крепится к каркасу котла. |

Наружную поверхность обмуровки покрывают сплошным слоем уплотняющей эластичной штукатурки по метал­лической сетке. Металлической обшивки нет. Толщина слоя щитовой обмуровки экранированной топки — 165 мм, в неэкранированной части конвективного газохода — до 250 мм.

Натрубную обмуровку (см. рис. 1.4) выпол­няют многослойной и крепят непосредственно к экран­ным трубам, расположенным с плотным относительным шагом s/d ≈ 1,1.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | 1 - шамотобетон;  2 - металлическая сетка;  3 - изоляционные плиты;  4 - газоуплотнительная штукатурка;  5 - шпилька для крепления обмуровки;  6 - шайба.  Рисунок 1.4 - Натрубная обмуровка открытого типа |

С тыльной стороны ко всем трубам приваривают металлическую сетку, а через каждые 5-6 труб приваривают штыри. На трубы наносят пер­вый слой обмуровки (хромитовую массу, шамотобетон) толщиной около 40 мм. Далее наносят два-три слоя изоляционных плит (теплоизоляционный бетон), кото­рые крепят к трубам металлической шайбой большого диаметра или второй металлической сеткой. Снаружи наносят слой газонепроницаемой штукатурки, обеспечивающей плотность обмуровки.

Экранные трубы топок с жидким шлакоудалением, циклонных топок, а также участков зажигательных поясов топок с удалением шлака в твердом состоянии так­же снабжают натрубной обмуровкой, однако с той лишь разницей, что шипы приваривают к поверхности труб, обращенной к топке, а трубы покрывают по всему периметру хромитовой или карборундовой массой (см. рис. 1.5). Последняя обладает более высокой стойкостью против разъедания шлаком и абразивного износа.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | Рисунок 1.5 - Натрубная обму ровка ошипованного экрана |

**3 Топка для факельного сжигания топлива (камерная топка)**

Камерные топки применяют для сжигания газообразного, жидкого и твердого топлив. Особенностью камерных топок является то, что топливо сжигается в объеме топки во взвешенном состоянии. Для возможности этого жидкое топливо в момент подачи его в топку подвергают распылению до капель мельчайшего размера, мера а твердое топливо размалывают в системах пылеприготовления.

Конструктивные виды топок различны и зависят от рода топлива, производительности. Выполняются в виде вертикально расположенного призматического обьема. Нижняя часть при сжигании жидкого и газообразнго топлива выполняется в виде горизонтально расположенной плоскости (пода), твердого топлива в виде очаговой воронки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| D:\media\image2.jpeg  Топливо:  газовое, твердое  жидкое | D:\media\image1.jpeg  Расположение горелок | D:\media\image1.jpegИспарительные поверхности |

Верхняя часть - в виде наклонного свода или горизонтального потолка.

Внутренняя поверхность стен закрывается трубами – это могут быть испарительные поверхности и поверхности пароперегревателя.

Теплота в топке воспринимается радиацией, поэтому это радиационные поверхности. Величина площади радиационных поверхностей нагрева должна быть такой, чтобы обеспечивалось снижение температуры продуктов сгорания до величины, при которой уносимая зола из расплавленного состояния переходит в гранулированное.

При сжигании газа и мазута температура продуктов сгорания в конце топки (1150…1200) Со. При сжигании твердого топлива эта температура увязывается с температурой сгорания золы. Для твердого топлива υ''т ≤ tз , где tз – темперетура жидкоплавкого состояния, но не выше чем 1150 Со.

Задняя часть топочной камеры вверху перекрывается либо поверхностью котельного пучка, либо поверхностью, образованной разведением труб заднего экрана в 3-4 рядный (фестон).

|  |
| --- |
| Фестон  D:\media\image1.jpeg |

Ввод топлива и воздуха – через горелочные устройства. С их помощью осуществляется образование горючей смеси из топлива и воздуха и формируется факел горения. Горелками определяется аэодинамика в топке. Аэродинамика определяет эффективное сжигание топлива, полноту его сгорания.

Горелочное устройство - основной элемент топок, что относится к газообразному, жидкому и твердому топливам.

Расположение горелок на стен­ках топочной камеры

Полнота выгорания топлива, ус­ловия надежной ра­боты топки определяются размещением горелок. Наибольшее рас­пространение для обычных однока­мерных топок получило фрон­тальное(см. рис. 1,а), встреч­ное (см. рис. 1,б) и угловое (см. рис. 1,в) расположение горелок.

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |
|  |

При фронтальном рас­положении (см. рис. 1,а) по выходе из отдельных горелок горящие струи топливовоздушной смеси первона­чально развиваются самостоятельно, а затем сливаются в общий поток.

При встречном распо­ложении горелки (см. рис. 1,б)могут располагаться как на противо­положных боковых, так и на фрон­тальной и задней стенках, возможна встречно-лобовая и встречно-сме­щенная их компоновка (см. рис. 2).

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |

При встре­чно-лобовой ориентации горелок в топке получается концентрированный удар встречных потоков (см. рис. 2,а).

При встречио-смещенной компоновке горелок (см.рис. 2, б) горящие потоки взаимно проникают друг в друга. При этом имеет место лучшее заполнение факелом топочного объема.

При угловом располо­жении горелок возможны сле­дующие схемы их установки (см. рис. 3): диагональная (см. рис. 3,а), блочная (см. рис. 3,б, рис. 3,в) и тангенциальная (см. рис. 3,г, рис. 3,д). При танген­циальной компоновке горелок целе­сообразно, чтобы горизонтальное се­чение топочной камеры по форме при­ближалось к квадратному.

При фронтальном, встречном и угловом расположении горелки по высоте топки могут размещаться в один-два и более ярусов.

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |

Топочные экраны

Применяются следующие топочные экраны:

1) нормальный гладкотрубный;

2) ошипованый с огнеупорной футеровкой и шлаковым горнесажем;

3) плавниковый;

4) с чугунной браней;

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |

Разводка экранных труб у амбразуры горелок

|  |
| --- |
| D:\media\image1.jpeg |