



Министерство образования и науки Самарской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области

«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»
(ГБПОУ «СЭК»)

Л. Г. Будников

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 13.02.01
Тепловые электрические станции

ПМ. 01 Обслуживание котельного оборудования
на тепловых электрических станциях

МДК 01.01 Техническое обслуживание котельного оборудования
на тепловых электрических станциях

Самара 2017

Методические указания к практическим занятиям по МДК.01.01 *Техническое обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях* ПМ.01 *Обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях* для студентов специальности 13.02.01 /авт. Будников Л.Г. – Самара: ГБПОУ «СЭК», 2017 – 19 с.

Издание содержит методические указания к практическим занятиям по МДК.01.01 *Техническое обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях* ПМ.01 *Обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях*, рекомендации по оформлению работ. Составлено в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 13.02.01.

Рекомендовано к изданию методическим советом ГБПОУ «СЭК» (протокол № 1 от 28.09.2017)

Рецензент:

Яшин В.В – заместитель директора - главного инженера по эксплуатации
Безымянской ТЭЦ

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «Самарский энергетический колледж» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А или по электронной почте info@sam-ek.ru

Общие указания

Практические работы являются одним из основных видов учебных занятий, т.к. выполнение практических работ закрепляет и углубляет теоретические знания, позволяет приобрести практические навыки в решении многих технических вопросов, а также пользоваться справочной литературой и нормами технической документации. Кроме того, выполнение практических работ является подготовкой к курсовому и дипломному проектированию.

Цель практических занятий:

- освоение профессиональных компетенций (ПК):

ПК 1.1 . Проводить эксплуатационные работы на основном и вспомогательном оборудовании котельного цеха, топливоподачи и мазутного хозяйства.

ПК 1.2. Обеспечивать подготовку топлива к сжиганию.

ПК 1.3. Контролировать работу тепловой автоматики и контрольно-измерительных приборов в котельном цехе.

ПК 1.4. Проводить наладку и испытания основного и вспомогательного оборудования котельного цеха.

- закрепление теоретических знаний, полученных в результате изучения модуля ПМ.01 Обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях

Практические работы оформляются в виде рабочей папки. Все чертежи выполняются в технике компьютерной графики. Вывод по самостоятельной работе делается в устной или письменной форме.

Перечень практических занятий

	Название практических занятий
1	Практическое занятие 1. Энергетическое топливо и его характеристики
2	Практическое занятие 2. Элементы теории горения. Продукты сгорания топлива
3	Практическое занятие 3. Тепловой баланс парового котла. Определение расхода топлива
4	Практическое занятие 4. Сжигание энергетического топлива в камерных топках
5	Практическое занятие 5. Парообразующие поверхности нагрева энергетического парового котла
6	Практическое занятие 6. Основы теплогидравлического расчёта паровых котлов
7	Практическое занятие 7. Регулирование температуры перегретого пара
8	Практическое занятие 8. Низкотемпературные поверхности нагрева парового котла
9	Практическое занятие 9. Металлоконструкции и тепловая изоляция парового котла
10	Практическое занятие 10. Классификация паровых котлов
11	Практическое занятие 11. Поверочный и конструктивный тепловой расчёт парового котла
12	Практическое занятие 12. Топливо-транспортные хозяйства и системы пылеприготовления на твёрдотопливных ТЭС

Практическое занятие 1

Энергетическое топливо и его характеристики

Цель: изучение расчётных характеристик энергетических топлив по справочной литературе; расчёт низшей рабочей теплоты сгорания для различных энергетических топлив; пересчёт состава топлива из одной массы на другую.

Методические указания

В соответствии с заданием, в котором указан бассейн добычи (месторождение) топлива, следует выбрать основные расчетные параметры топлива: элементарный химический состав рабочей массы, низшую теплоту сгорания рабочей массы, приведённые влажность и зольность, выход летучих.

При изменении влажности топлива по сравнению с усредненным значением, приведенным в таблице 1, следует произвести пересчёт его низшей теплоты сгорания (в кДж/кг).

После пересчёта теплоты сгорания топлива следует подсчитать его элементарный химический состав. Для этого каждый элемент, входящий в состав топлива, умножается на следующие множители:

100 – при изменении влажности топлива к 100

100 – при изменении зольности и неизменной влажности к 100

при изменении влажности и зольности $100 - 100 - A^a$,

В таблице 1 приведена предельная (максимальная) влажность и зольность некоторых твердых топлив, которые наблюдаются при эксплуатации котельных установок.

В ряде установок приходится сжигать смесь двух топлив, состоящую из твердых или жидкого и твердого топлив, а также из твердого и газообразного или жидкого и газообразного топлив.

Таблица 1

Топливо (рядовое)	Рабочая влажность, %	Предельная рабочая влажность, %
Антрацит АШ	6	9 - 10
Кизеловский уголь	5,5	8 - 10
Сланцы (гдовские)	12	13 - 14
Челябинский уголь	17	19 - 22
Богословский	28	28 - 30
Подмосковный	33	35 - 38
Райчихинский	39	39 - 42
Башкирский	52	55 - 60
Фрезерный торф	50	53 - 58

Низшая теплота сгорания рабочей массы смеси в этом случае подсчитывается (в кДж/кг) по формуле:

$$Q_E = Q_{Si} + Q_{S_2}(1 - g_i),$$

где g_i – массовая доля одного из топлив в смеси;

Q_{Si} , Q_{E_2} – соответственно низшая теплота сгорания рабочей массы одного и другого топлива, кДж/кг.

При сжигании твердого или жидкого топлива в смеси с газом расчет условно ведется не на 1 кг сжигаемой смеси, а на количество газа, приходящегося на 1 кг твердого или жидкого топлива:

$$2S = Q_{1i} + 2L,$$

где $2L$ – количество газа, приходящееся на 1 кг твердого или жидкого топлива, м³/кг;

Q_{1i} – низшая теплота сгорания твердого или жидкого топлива, кДж/кг;

$2S$ – низшая теплота сгорания газа, кДж/м³.

Практическое занятие 2

Элементы теории горения. Продукты сгорания топлива

Цель: расчёт и составление таблицы объёмов воздуха и продуктов сгорания на участках газового тракта котельной установки: расчёт и составление таблицы энтальпии продуктов сгорания. Построение H-S диаграммы.

Методические указания

По общепринятой методике объёмы продуктов сгорания и воздуха выражаются в кубических метрах при нормальных условиях (0°C и 760 мм рт. ст.) при сжигании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м³ газового топлива.

Для твердого или жидкого топлива расчёт теоретических объёмов воздуха (м³/кг) и продуктов сгорания (при $a = 1$) производят, исходя из состава рабочей массы, по следующим формулам:

теоретический объем воздуха

$$1 - 0,0889 (C^p + 0,375 S^p) + 0,265 - 0,0333 O;$$

теоретические объемы продуктов сгорания:

$$F_{RO} = 0,0187 (C^p + 0,375 S^p);$$

$$V_{H_2O}^o = 0,111 H^p + 0,0124 W^p + 0,0161;$$

$$V = V_{R0} + V_{\&1} + V_{r,0}.$$

При сжигании сланцев происходит дополнительное выделение углекислоты за счет разложения карбонатов, что увеличивает объём трёхатомных сухих газов и общий объём газов на CO^k

$$AV_{So.} = 0,509.$$

Тогда указанные объёмы газов будут составлять

$$V_{rO_i} = 1^{RO_s} + VT = V_T^o + AV.$$

В формуле значение CO_2^k принимается по данным рабочей массы топлива (П4).

При сжигании природного газа расчёт теоретических объёмов воздуха и продуктов сгорания, м³ газа, производится на основании процентного состава компонентов, входящих в него:

- теоретический объем воздуха

$$l_B^{\circ} = 0,0476 [E (0,25) C_T H_T + 0,5 (CO + H_2) + 1,5 H_2 S - 0_2],$$

- теоретические объёмы продуктов сгорания:

$$V_N^{\circ} = 0,791 \Lambda + 0,01 N_2;$$

$$V_{ro} = 1 (2m C_m H_{,,} + CO_T + CO + H_2 S);$$

$$l_{a0}^{\circ} = 0,01 (E 0,5 C_m H_{,,} + H_2 S + H_2 + 0,124 f_T + 1,61 V_B^{\circ}),$$

где d_T – влагосодержание газообразного топлива, при расчётной температуре $10^{\circ}C$ $d_T = 10 \text{ г/м}^3$.

Приведены расчётные теоретические объёмы воздуха и продуктов сгорания для топлив.

Действительные объёмы продуктов сгорания при избытке воздуха в газоходах определяют по формуле

$$Y_T = 1/\Gamma^{\circ} + 1,016(a_T - 1)1/\Gamma^{\circ}.$$

Расчёт объёмов продуктов сгорания в поверхностях нагрева сводят в таблицу по типу таблицы 1, составленной для прямоточного парового котла с промежуточным перегревом пара и регенеративным воздухоподогревателем.

В таблице 2 представлены объёмы продуктов сгорания, объёмные доли трёхатомных газов и концентрация золовых частиц вида сжигаемого топлива.

Объёмы газов и водяных паров определяются по среднему коэффициенту избытка воздуха в поверхности нагрева, равно сумме значений на входе в поверхность и выходе из неё. Объём газов в поверхности определяется в дальнейшей скорости газового потока, определяющей конвективный обмен.

Таблица 2

Величина и расчетная формула	Газоход				
	Топочная камера	Пароперегреватель	Промежуточный	Переходная зона	Экономайзер
Коэффициент избытка воздуха за поверхностью нагрева $a'' = a_T - 5]$ Даг					
Средний коэффициент избытка воздуха в поверхности нагрева a_{cp}					
Объём водяных паров, $\text{м}^3/\text{кг}$, $1/\omega_0 = 1/\text{H}_2\text{O} + 0,0161 K_p - 1) X \chi V_B^{\circ}$					
Полный объём газов, $\text{м}^3/\text{кг}$, $1/\Gamma = 1/\Gamma^{\circ} - f 1,0161 (a_{cp} - 1) V_2$					
Полный объём газов, $\text{м}^3/\text{кг}$, с учетом рециркуляции $V_{rpц} =$					
Объёмная доля трёхатомных газов $\Gamma_{RO} = K_{ЮГ}/K_{\Gamma}$					
Объёмная доля водяных паров $\Gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \Lambda/\text{H}_2\text{O}/1/\Gamma$					
Доля трёхатомных газов и водяных паров $\Gamma_n = \Gamma_{RO2} + \Gamma_j - 20$					
Безразмерная концентрация золовых частиц, кг/кг , $\text{ЦЗЛ} = A P_{a_{y,}}/100 C_{\Gamma}$					

В таблицу 2 включены также объёмные доли трёхатомных газов и концентрация золовых частиц в продуктах сгорания, необходимые для последующего расчета лучистого теплообмена золы, уносимой потоком газа. $O_{\text{ун}}$, выбирается по таблице.

Безразмерная концентрация золовых частиц в потоке газов, кг золы/кг газов, определяется по формуле:

$$p_{\text{з}} = A \cdot O_{\text{ун}} / 100 G_{\text{г}},$$

где масса дымовых газов, кг газов/кг сожжённого топлива при сжигании твердого топлива и мазута составляет:

$$G_{\text{г}} = 1 - 0,01 A_{\text{P}} + 1,306_a U_{\text{В}}^0$$

Практическое занятие 3

Тепловой баланс парового котла. Определение расхода топлива

Цель: определение тепловых потерь и КПД брутто для заданного типа котла; определение расчётным путем часового расхода топлива парового котла.

Методические указания

Коэффициент полезного действия (%) проектируемого парового котла определяется из обратного баланса. Задача расчета сводится к определению тепловых потерь для принятого типа парового котла и сжигаемого топлива.

Потеря теплоты с уходящими газами зависит от выбранной температуры газов, покидающих паровой котел, и избытка воздуха.

Для большинства видов достаточно сухих и малосернистых твёрдых топлив и газового топлива принимается $Q_{\text{рп}} = Q_{\text{нр}} \cdot 10^3$. Для сильновлажненных твёрдых топлив, когда $N_{\text{г}}^{\text{р}} > 1,6 Q_{\text{нр}}$, и жидких топлив учитывается физическая теплота топлива $Q^{\text{тм}}$, которая зависит от температуры и теплоёмкости поступающего на горение топлива.

Для твердых топлив в летний период времени принимают $U_{\text{л}} = 20^\circ\text{C}$, и теплоемкость топлива $c_{\text{мл}} = 0,042 W^{\text{р}} - f (I - D1 W^{\text{р}})$.

Теплоёмкость сухой массы топлива $c_{\text{л}}$ составляет: бурые угли -1,13; каменные угли -1,09; угли А, ПА, Т - 0,92 кДж/(кг·К). В зимний период принимают $U_{\text{тл}} = 0^\circ\text{C}$ и физическую теплоту не учитывает.

Температура жидкого топлива (мазута) должна быть высокой для обеспечения тонкого распыла в форсунках котла. Обычно она составляет

$$f_{\text{тл}}^{\text{м}} = 90 - 140^\circ\text{C}.$$

Теплоёмкость мазута $c_{\text{л}} = 1,74 + 0,0025 W_{\text{л}}$.

В случае предварительного (внешнего) подогрева воздуха в калориферах перед его поступлением в воздухоподогреватель котла теплоту такого подогрева $Q_{\text{вмп}}$ включают в располагаемую теплоту топлива:

$$O_{\text{вмп}} = (P_{\text{г.в}} + A_{\text{вп}}),$$

где $p_{\text{г.в}}$ – отношение количества горячего воздуха к теоретически необходимому, определяется: $Da_{\text{вп}}$ выбирается по указаниям; $H_{\text{к.в}}^{\circ}$ – энтальпия теоретического объёма холодного воздуха; $H_{\text{ен}}^{\circ}$ – энтальпия теоретического объёма воздуха на

входе в воздухоподогреватель, определяется по формуле, в которую вместо t_x надо подставить $\Gamma_{вп}$

При использовании для распыла мазута паромеханических форсунок в топку котла вместе с разогретым мазутом поступает пар из общестанционной магистрали. Он вносит дополнительную теплоту в топку $Q_{п-ф}$, кДж/кг, определяемую по формуле

$$Q_{п-ф} = r f_n (i_n - 2380),$$

где d_a – удельный расход пара на 1 кг мазута, кг/кг; h_a – энтальпия пара, поступающего в форсунку, кДж/кг

Параметры пара, поступающего на распыл мазута, обычно составляют

$$0,3 - 0,6 \text{ Мпа и } 280 - 350 \text{ }^\circ\text{C};$$

удельный расход пара при номинальной нагрузке $< 2 = 0,03 - 0,05$

При сжигании сланцев в результате разложения карбонатов происходит поглощение части теплоты Q_K , кДж/кг, определяемой из выражения

$$Q_K = 40,6 C_{O_2}^K,$$

где $C_{O_2}^K$ – содержание CO_2 , образующегося при разложении карбонатов, %.

При наличии механического недожога топлива объём продуктов сгорания и их энтальпия будут несколько меньше, чем при полном сгорании топлива. Это учитывается введением поправки $(100 - < 74)$ в формуле.

Потери теплоты с химическим и механическим недожогом топлива ($< 73 - (- < 74)$) зависят от вида топлива и способа его сжигания и принимаются на основании опыта эксплуатации паровых котлов.

Потери теплоты от наружного охлаждения через внешние поверхности котла (или одного корпуса при двухкорпусном исполнении) < 75 , %, невелики и с ростом номинальной производительности котла, кг/с, уменьшаются, что выражается следующей зависимостью:

$$\text{при } \xi_{\text{ном}} = 42 - 250 \text{ кг/с (160—900 т/ч)} < 75^H - (60/A)^{0,5} / \lg A, q = 0,2\%.$$

$$\text{При } A < 250 \text{ кг/с}$$

При нагрузках, отличающихся от номинальной, потери теплоты < 75 увеличиваются и пересчитываются по формуле

$$V < 75 = \wedge < 75^H \xi_{\text{ном}} / \xi >$$

Потери теплоты от наружного охлаждения системы пылеприготовления невелики; они в значительной мере компенсируются выделением теплоты при работе мельниц, и поэтому оба указанных фактора не учитываются.

Потери с физической теплотой удаляемых шлаков q_e , %, при твердом шлакоудалении весьма невелики и учитываются только для многозольных топлив, когда $A^p > 2,5 Q_H^p$, где Q_H^p выражено в МДж/кг. В случае жидкого шлакоудаления определение потерь с теплотой шлаков обязательно при любой зольности топлива

Расчет потерь с физической теплотой шлаков ведется по формуле

$$(ct)_{\text{шл}} A^p Q_p^p,$$

где Q_p^p – доля шлакоулавливания в топочной камере; $(ct)_{\text{шл}}$ – энтальпия шлака, при твердом шлакоудалении принимается $A_{пл} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ и $(c7)_{\text{шл}} = 560 \text{ кДж/кг}$.

В случае жидкого шлакоудаления температура вытекающего шлака принимается $t_{\text{шл}} = 73 + 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура начала плавления золы топлив 73 приведена в приложении.

Практическая работа 4

Сжигание энергетического топлива в камерных топках

Цель: изучение конструкций топок и горелочных устройств по чертежам и макетам.

Практическая работа 5

Парообразующие поверхности нагрева энергетического парового котла

Цель: изучение конструкций парообразующих поверхностей и их элементов по технической документации; изучение конструкций внутрибарабанных сепарационных и промывочных устройств по чертежам.

Практическая работа 6

Основы теплогидравлического расчёта паровых котлов

Цель: изучение компоновок пароперегревателей паровых котлов.

Практическая работа 7

Регулирование температуры перегретого пара

Цель: изучение конструкций пароперегревателей и устройств для регулирования температуры перегретого пара по чертежам.

Практическая работа 8

Низкотемпературные поверхности нагрева парового котла

Цель: изучение конструкций экономайзеров и воздухоподогревателей по чертежам и макетам.

Практическая работа 9

Металлоконструкции и тепловая изоляция парового котла

Цель: изучение металлоконструкций парового котла по технической документации.

Практическая работа 10

Классификация паровых котлов

Цель: изучение конструкции барабанных и прямоточных паровых энергетических котлов по технической документации.

Общие методические указания

Паровой котел — это устройство, имеющее систему поверхностей нагрева для получения пара из непрерывно поступающей в него питательной воды путем использования теплоты, выделяющейся при сгорании органического топлива.

В современных паровых котлах организуется факельное сжигание топлива в камерной топке, представляющей собой призматическую вертикальную

шахту. Факельный способ сжигания характеризуется непрерывным движением топлива вместе с воздухом и продуктами сгорания в топочной камере.

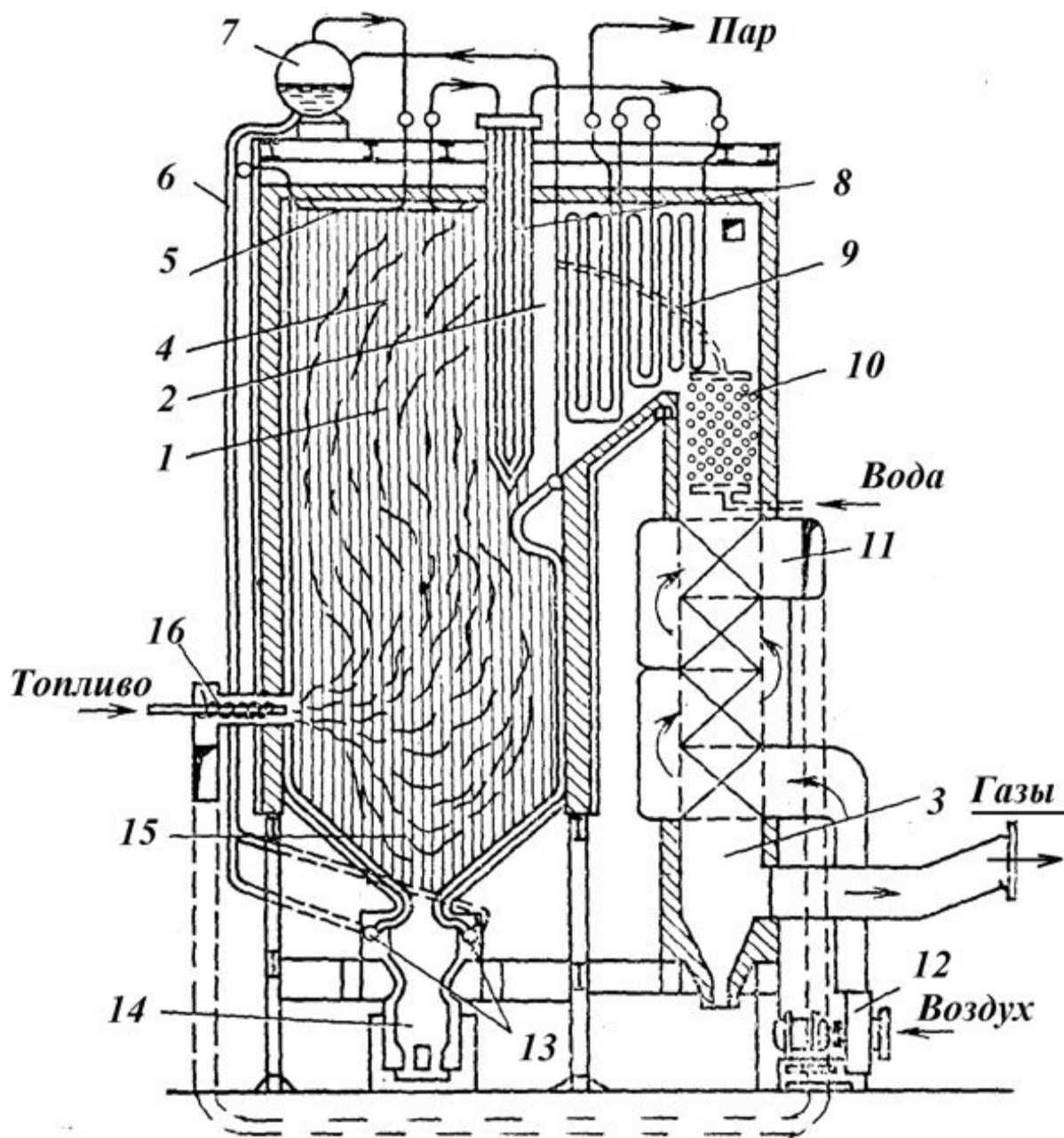


Рис. 1. Схема парового котла ТЭС.

1 – топочная камера (топка); 2 – горизонтальный газоход; 3 – конвективная шахта; 4 – топочные экраны; 5 – потолочные экраны; 6 – спускные трубы; 7 – барабан; 8 – радиационно-конвективный пароперегреватель; 9 – конвективный пароперегреватель; 10 – водяной экономайзер; 11 – воздухоподогреватель; 12 – дутьевой вентилятор; 13 – нижние коллекторы экранов; 14 – шлаковый комод; 15 – холодная коронка; 16 – горелки. На схеме не показаны золоуловитель и дымосос.

В современных паровых котлах организуется факельное сжигание топлива в камерной топке, представляющей собой призматическую вертикальную шахту. Факельный способ сжигания характеризуется непрерывным движением топлива вместе с воздухом и продуктами сгорания в топочной шахте.

В топке, горизонтальном газоходе и конвективной шахте находятся поверхности нагрева, выполняемые в виде системы труб, в которых движется

рабочая среда. В зависимости от преимущественного способа передачи тепла к поверхностям нагрева их можно подразделить на следующие виды: радиационные, радиационно-конвективные, конвективные.

В топочной камере по всему периметру и по всей высоте стен обычно расположены трубные плоские системы — топочные экраны, являющиеся радиационными поверхностями нагрева.

В современных конструкциях котлов топочные экраны изготавливают либо из обычных труб либо из плавниковых труб, сваренных между собой по плавникам и образующих сплошную газоплотную оболочку.

Аппарат, в котором вода нагревается до температуры насыщения, называется экономайзером; образование пара происходит в парообразующей (испарительной) поверхности нагрева, а его перегрев — в пароперегревателе.



Рис. 2. Схема выполнения топочных экранов
а — из обычных труб; б — из плавниковых труб

Система трубных элементов котла, в которых движутся питательная вода, пароводяная смесь и перегретый пар, образует, как уже указывалось, его водопаровой тракт.

Для непрерывного отвода теплоты и обеспечения приемлемого температурного режима металлов поверхностей нагрева организуется непрерывное движение в них рабочей среды. При этом вода в экономайзере и пар в пароперегревателе проходят через них однократно. Движение же рабочей среды через парообразующие (испарительные) поверхности нагрева может быть как однократным, так и многократным.

Прямоточными паровыми котлами называют такие котлы, у которых в испарительных поверхностях нагрева рабочее тело (вода, пароводяная смесь и пар) совершает принудительное однократное движение. За один прямой ход, без кругового движения по замкнутому контуру, вода полностью превращается в перегретый пар. Таким образом кратность циркуляции в прямоточных котлах равна единице:

Простейший одновитковый прямоточный котел представляет собой обогреваемую горячими газами трубу в один конец которой подается питательная вода, а из другого конца отбирается перегретый пар.

На экономайзерном участке котла происходит подогрев поступающей питательной воды до температуры насыщения, на испарительном - испарение воды, и на перегревателем - дальнейшее повышение температуры образовавшегося из воды пара (перегрев пара).

Отличием прямоточных котлов от котлов с ЕЦ является то, что экономайзерный, испарительный и пароперегревательный участки четко не разделены между собой, а их протяженность зависит от нагрузки котла. При уменьшении температуры газов или увеличении расхода питательной воды границы экономайзерного и испарительного участков смещаются вправо (по схеме) и их длина увеличивается; при увеличении нагрузки котла или уменьшении расхода питательной воды - смещаются влево, и их длина уменьшается.

Паропроизводительность одновиткового котла (состоящего из одной трубы) обычно не превышает значения 10 т/ч, так как дальнейшее ее увеличение связано с резким возрастанием гидравлических сопротивлений.

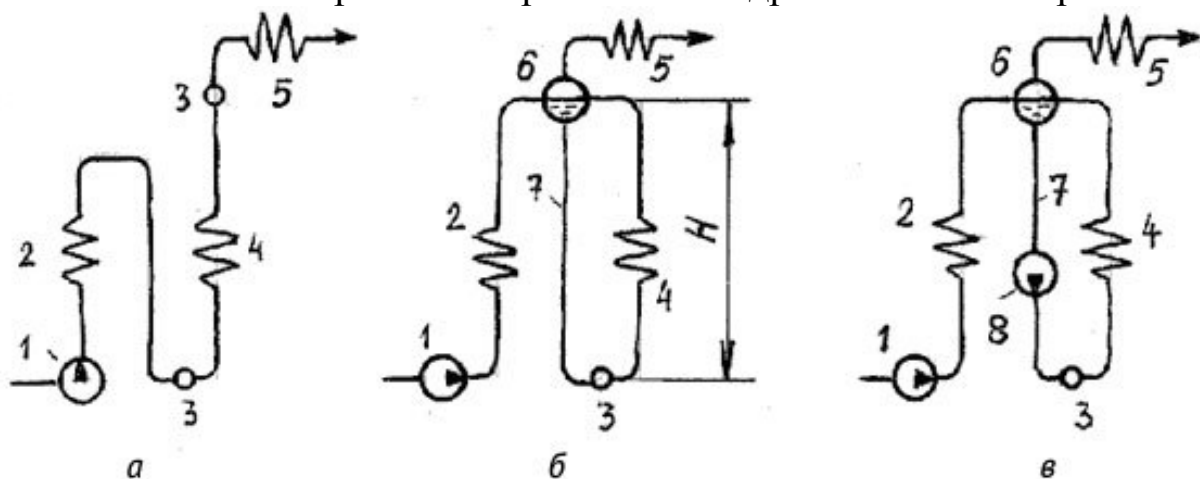


Рис. 3. Схема водопаровых трактов котлов

а – прямоточная схема; б – схема с естественной циркуляцией; в – схема с многократно-принудительной циркуляцией; 1 – питательный насос; 2 – экономайзер; 3 – коллектор; 4 – парообразующие трубы; 5 – пароперегреватель; 6 – барабан; 7 – опускные трубы; 8 – насос многократно-принудительной циркуляции.

И, как следствие, со значительным увеличением мощности и массогабаритных показателей питательного насоса. Для обеспечения больших значений паропроизводительности все мощные прямоточные котлы выполняются многовитковыми.

В многовитковом прямоточном котле питательная вода поступает в раздающий коллектор небольшого диаметра (100×150 мм), откуда распределяется по нескольким параллельно включенным и обогреваемым газами виткам. После испарения и перегрева в трубах поверхностей нагрева образовавшийся пар поступает в смесительный

коллектор, откуда через главный стопорный клапан отбирается на потребители.

С целью обеспечения большей компактности поверхности нагрева прямоточного котла, все параллельно включенные витки выполняют в виде змеевиков. Змеевиковые поверхности нагрева очень хорошо вписываются в

газоходы, что позволяет придавать прямоточным котлам практически любую форму, удобную с точки зрения размещения в котельном отделении.

Уплотнения воздухоподогревателя РВП-5100 состоят из регулируемых торцевых и боковых уплотнительных плит и нерегулируемых уплотнительных полос, установленных по границам прохода дымовых газов и воздуха. Подшипниковая опора ротора состоит из верхнего опорного самоустанавливающегося подшипника и нижнего центрирующего радиального подшипника. Привод РВП-5100 цевочный, состоящий из электродвигателя, редуктора, звездочки и цевочного колеса, расположенного на роторе. Этот воздухоподогреватель имеет подъемное (разгрузочное) устройство, состоящее из двух подвижных и двух неподвижных клиньев.

У воздухоподогревателей ТКЗ верхняя подшипниковая опора состоит из радиального двухрядного роликоподшипника, а нижняя — из упорного сферического роликоподшипника, воспринимающего нагрузку от ротора. Привод состоит из электродвигателя и вертикального двухступенчатого редуктора, на выходном валу которого насажена звездочка с зубчатым венцом.

Привод этого воздухоподогревателя устанавливается на подвижной плите опорной рамы. Подвижная плита соединена с амортизатором, который обеспечивает нормальное зацепление звездочки с цевочным колесом ротора при возможных биениях ротора. Для проведения ревизии подшипников и ремонта ротора предусмотрено подъемное устройство, позволяющее поднимать ротор на небольшую высоту при помощи гидравлических домкратов.

Прямоточными парогенераторами принято называть парогенераторы с принудительной циркуляцией рабочего тела (воды) и кратностью циркуляции, равной (или чуть больше) единице. Прямоточный парогенератор состоит из системы обогреваемых змеевиков или лент труб (без барабана), в которых происходят подогрев воды до кипения, испарение воды и перегрев пара.

Прямоточный парогенератор имеет те же элементы поверхностей нагрева, что и барабанный, но имеет и свои специфические элементы.

Особенностью прямоточных парогенераторов является отсутствие фиксированной границы между экономайзерной и испарительной частью, а также между испарительной поверхностью нагрева и пароперегревателем. При изменениях температуры питательной воды, рабочего давления в агрегате, воздушного режима камеры горения и других факторов соотношения между величинами поверхностей нагрева экономайзера, собственно парогенератора и пароперегревателя изменяются.

Преобразование воды в пар происходит в переходной зоне, выполненной в виде змеевиковой поверхности нагрева, включенной в пароводяной контур и расположенной в опускном газоходе парогенератора.

В прямоточных парогенераторах часть солей может удаляться продувкой из сепараторов, включенных в пароводяной тракт в конце переходной зоны. Прямоточные парогенераторы, даже оборудованные специальной системой продувки, предъявляют высокие требования к качеству питательной воды.

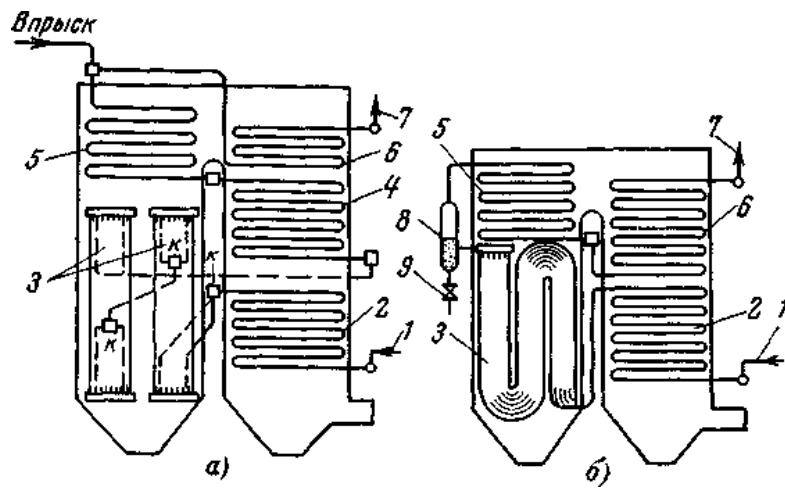


Рис. 4. Основные принципиальные схемы прямоточных парогенераторов
 а - Бенсона; б - Зульцера; 1 - водовод питательной воды; 2 - экономайзер; 3 - испарительная радиационная часть; 4 - переходная зона; 5 - радиационная часть пароперегревателя; 6 - конвективная часть пароперегревателя; 7 - выход перегретого пара; 8 - сепаратор влаги из пара; 9 - продувка парогенератора; κ — паукообразные смесительные коллекторы.

Практическая работа 11

Поверочный и конструктивный тепловой расчёт парового котла

Цель: проверить тепловой расчёт топки котла.

Определение размеров топочной камеры и размещение горелок

Задача теплового расчета топочной камеры заключается в определении ее тепловосприятости, размеров необходимой лучевосприимчивой поверхности экранов и объема топки, обеспечивающих снижение температуры продуктов сгорания до заданного значения.

Для выполнения расчета топки составляется ее предварительный эскиз, который может быть принят близким к эскизу топочной камеры типового котла, указанного в задании к проекту, если, производительность типового котла и характеристика топлива в задании к проекту не сильно отличаются от расчетных. Но чаще всего эскиз создаваемой топки требует заметных изменений по сравнению с типовым чертежом.

Объем топочной камеры (рис. 5) ограничивается осевой плоскостью экранных труб стен и потолка, поверхностью, проходящей через первый ряд труб фестона или ширм, горизонтальной плоскостью, отделяющей половину высоты холодной воронки, или плоскостью пода топки.

Сечение топки по осям труб экранов fT , m^2 , определяется на основании полного тепловыделения при сгорании топлива BQ_{Hr} и теплового напряжения сечения топки q_{fv} :

$$h = BQ_j / q_{fv} \text{ (рис.5).}$$

Расчетное тепловое напряжение q_f зависит от вида топлива, метода его сжигания и тепловой мощности топочной камеры. Предельные теплонапряжения в сечении топки q_f приведены в табл. Расчетные значения $q_{fi} - q_f$ рекомендуются для наиболее мощных котлов с паропроизводительностью $D > 950$ т/ч. В других случаях принимают $17^{(0,74-0,9)} < 7/a$.

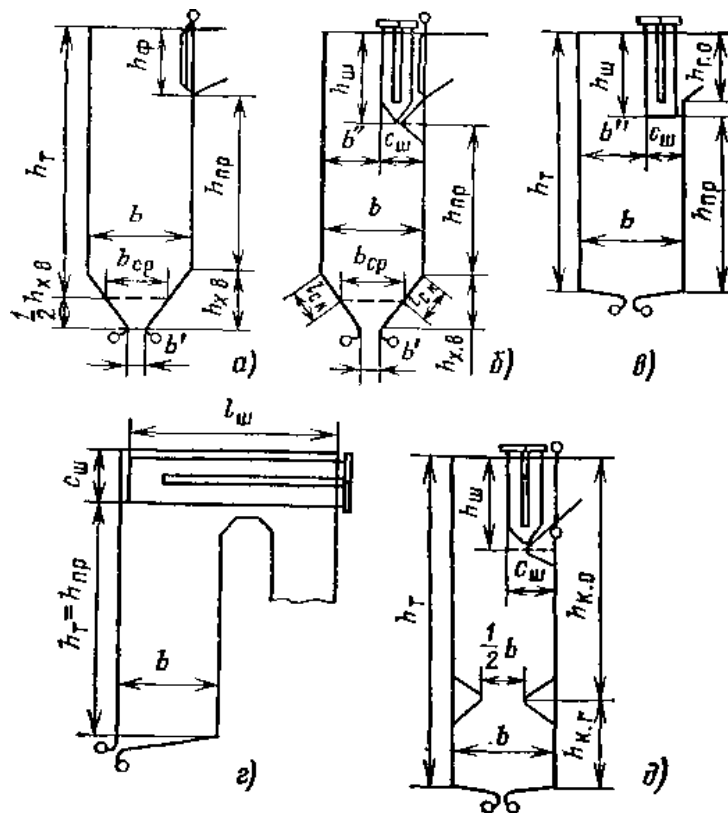


Рис. 5. Расчетные размеры топочных камер:

а, б – топочные камеры для твердых топлив с сухим шлакоудалением; в, г – то же для газа и мазута; д – то же для твердого топлива с жидким шлакоудалением; h_T , h_{np} , $/iXB$ – расчетные высоты соответственно топки, ее призматической части и холодной воронки; h_m , $h_{r'D}$ – высоты ширм и газового окна в плоскости заднего экрана; $c_{ш}$ – глубина ширм (по ходу газов); h_{Kr} , h_{KO} – высоты камеры горения и камеры охлаждения; $/ш$ – длина горизонтальной ширмы

Сечение топки по осям труб экранов f_T , m^2 , определяется на основании полного тепловыделения при сгорании топлива BQ_{Hr} и теплового напряжения сечения топки q_{fi} :

$$h = BQ_j/q_{fv}. \text{ Рис.5.}$$

Расчетное тепловое напряжение q_f зависит от вида топлива, метода его сжигания и тепловой мощности топочной камеры. Предельные теплонапряжения в сечении топки q_f приведены в таблице 3.

Расчетные значения q_{fi} — q_f рекомендуются для наиболее мощных котлов с паропроизводительностью $D > 950$ т/ч. В других случаях принимают $17^{(0,74-0,9)} < 7/a$. Топки с твердым шлакоудалением

Таблица 3

Расположение горелок по высоте	Топливо	Теплонапряжение Q_j , МВт/м ²		
		при фронтальном расположении горелок	при встречном расположении горелок	при тангенциальном расположении горелок
Одноуровневое	Шлакующие каменные и бурые угли	1,75	2,30	-
	Нешлакующие каменные угли	2,90	3,50	2,90
	Фрезерный торф	2,90	-	-

Двухъярусное	Шлакующие каменные и бурые угли	3,50	3,50	2,50
	Нешлакующие каменные угли	4,70	6,40	6,40
	Сланцы эстонские	1,75	2,30	2,30

б. Топки с жидким шлакоудалением и газомазутные

Топливо	Теплонапряжение q^t МВт/м²
Антрациты, полуантрациты, тощие угли	5,2
Каменные и бурые угли	6,4
Природный газ и мазут	9,3

Примечание. К шлакующим каменным углям относятся: донецкий ГСШ, кизеловский Г и отсеvy, кемеровский СС, к шлакующим каменным углям – экнбастузский СС, егоршинский А, куучекниский СС, ткварчельский Ж; для остальных каменных углей следует принимать среднее между шлакующими и нешлакующими каменными углями.

Чем выше q^t , тем меньше сечение топки в плане, но больше её высота. Расчетное теплонапряжение сечения топочной камеры q^t при твердом шлакоудалении и многоярусном расположении горелок принимается выше, чем при одноярусном расположении горелок.

Глубина топочной камеры b при жидком шлакоудалении, сжигании газа и мазута, а также при одноярусном расположении горелок в случае твердого шлакоудаления принимается равной 5—7 диаметрам выходной части амбразуры горелок D_a (меньшие значения—при сжигании газа и мазута). Количество и диаметр амбразур горелок берут из табл. 3

При многоярусном расположении горелок (твердое шлакоудаление) глубина топочной камеры зависит дополнительно от числа ярусов горелок:

$$b = (6^7)^{1/n} \cdot a_{фя},$$

где $фя$ – поправочный коэффициент на число ярусов, равный 1,2; 1,3 и 1,45 при числе ярусов соответственно 2, 3 и 4.

Практическая работа 12

Топливо-транспортные хозяйства и системы пылеприготовления на твёрдотопливных ТЭС

Цель: расчёт и выбор оборудования системы пылеприготовления парового котла.

Методические указания

Оборудование систем пылеприготовления

Основной установкой любой пылесистемы является углеразмольная мельница. Они различаются по применяемому принципу измельчения топлива и по частоте вращения подвижной части мельницы. Наиболее широкое

распространение получили шаровые барабанные (ШБМ) и молотковые (ММ) мельницы, причем в ШБМ размалывают преимущественно топливо с относительно малым выходом летучих веществ, а ММ используются при размоле молодых каменных и бурых углей, торфа и сланцев. На долю этих видов мельниц приходится около 98% размалываемых твердых топлив. Размол некоторых видов каменных углей более экономично происходит с применением валковых средне - ходных мельниц. В отдельных случаях при размоле «мягких» сильно влажных бурых углей используется мельница-вентилятор.

Шаровая барабанная мельница состоит из барабана диаметром 2 – 4 м и длиной 3 – 10 м, частично заполненного стальными шарами диаметром 30 – 60 мм. Внутренние стенки барабана покрыты броневыми плитами. Сверху корпус барабана имеет тепло - и звукоизоляцию. Сырое топливо вместе с горячим воздухом поступает внутрь барабана через входной патрубок. Барабан приводится во вращение от электрического двигателя через редуктор и ведомую шестерню, находящуюся на барабане.

Оптимальная производительность мельницы получается при частоте вращения, где $L_{ир} =$ критическая частота вращения мельницы, с-1, когда шары за счет центробежных сил «прилипают» к стенкам барабана

$$0,705 \sqrt{Dб'}$$

где $Dб$ – диаметр' барабана мельницы, м.

При оптимальной частоте вращения барабана мельницы шары поднимаются вдоль стенки, а затем отрываются и падают вниз. Размол топлива происходит за счет удара падающих шаров по топливу и перетирания топлива между шарами. Готовая пыль постоянно удаляется из мельницы вентилирующим агентом - воздухом.

Размольная производительность мельницы B_m существенно зависит от диаметра и длины барабана, однако с увеличением диаметра $Dб$ сильно возрастает мощность двигателя мельницы Л/М-ДЗб.

Кроме размольной, выделяют сушильную производительность мельницы, т. е. такое количество топлива, которое может быть подсушено в мельнице от исходной влажности до требуемой влажности пыли $W_{нл}$. Размольная и сушильная производительность мельницы должны быть одинаковыми. Это достигается регулированием количества сушильного агента на входе в мельницу и его температуры.

Мощность, затрачиваемая на вращение мельницы $N_{,,}$, практически не зависит от загрузки топлива из-за большой массы шаров и самого барабана мельницы. Поэтому с уменьшением количества размалываемого топлива удельный расход энергии на размол $9V$, кВт - ч/кг, возрастает.

Практическая работа 13

Газовоздушный тракт котельной установки.

Защита окружающей среды от воздействия ТЭС

Цель: установить элементы аэродинамического расчёта газовоздушного тракта парового котла.

Методические указания

Как уже отмечалось, в котлах с уравновешенной тягой воздушный тракт до топки находится под давлением, развиваемым дутьевым вентилятором, а газовый тракт от топки — под разрежением, создаваемым дымососом. В котлах под наддувом воздушный тракт и газоходы находятся под давлением. При аэродинамическом расчете в зависимости от схемы газовоздушного тракта определяют скорости среды в воздуховодах, газоходах, в расположенных в них поверхностях нагрева и в различном оборудовании тракта. Сопротивление воздушного и газового трактов котла зависит от скорости воздуха и газа и сопротивления отдельных участков. Оно определяет необходимые на – 228 пор Я и мощность N (при заданном расходе среды) тягодутьевых машин: дутьевых вентиляторов и дымососов — в котлах с уравновешенной тягой и дутьевых вентиляторов – в котлах под наддувом. По величинам Я, Q и N выбирают соответствующие тягодутьевые машины.

Сопротивление тракта состоит из следующих составляющих (условно):

- сопротивления трения при течении в прямом канале постоянного сечения, а также при продольном омывании пучка труб;
- местных сопротивлений, связанных с изменением формы канала, его сечения или направления движения; сопротивления поперечного омываемых труб.

При определении потерь на трение используется зависимость, аналогичная .

Коэффициент Я сопротивления зависит от режима течения среды. Для ламинарного, переходного или турбулентного режима течения коэффициент А, принято определять по числу Рейнольдса

$$Re = wd/v,$$

где v — кинематическая вязкость. При турбулентном потоке ($Re > 2300$) величина % зависит от шероховатости поверхности стен, омываемых потоком. Для каналов некруглого сечения вместо диаметра d трубы используется эквивалентный диаметр d^* канала, определяемый по формулам: для канала любого профиля

$$D = 4M1;$$

Местное сопротивление зависит от геометрии канала и определяется с помощью коэффициента ξ гидравлического сопротивления.

Информационное обеспечение

1. Резников М.И., Липов Ю.М. Котельные установки электростанций: Учебник для техникумов.—1-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 258с., ил.
2. Галкин В.И., Куликов В.Е. Эксплуатация и ремонт котельных установок: Учебник для техникумов. — 4-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1983 — 288с., ил.
3. В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева. Теплотехнические испытания котельных установок: Учебник для техникумов. — 3-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1991 — 188с., ил.
4. Жилин В.Н., Семенов В.М. Ремонт парогенераторов: Учебник для техникумов. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1976 — 389с., ил.
5. Липов Ю. М., Самойлов Ю. Ф., Виленский Т. В. Компоновка и тепловой расчет парового котла: Учебник для техникумов. —1-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1988 — 354с., ил.
6. Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учебник для техникумов. — 3-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1989 — 154с., ил.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	3
Практическая работа 1	4
Практическая работа 2	5
Практическая работа 3	7
Практические работы 4 - 9	9
Практическая работа 10	9
Практическая работа 11	14
Практическая работа 12	16
Практическая работа 13	18
Информационное обеспечение	19