

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
“Иркутская государственная сельскохозяйственная академия”**

Энергетический факультет

Кафедра энергообеспечения и теплотехники

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

**Методические указания и задания
для выполнения контрольной работы**

Иркутск – 2014

УДК 621.18 (072)

Методические указания и задания для выполнения контрольной работы студентами направления подготовки 140100 Теплоэнергетика и теплотехника / авт.-сост.: В.А. Бочкарев, Г.С. Кудряшев, С.М. Быкова. – Иркутск, 2014. – 18 с.

Методические указания предназначены для изучения курсов “Котельные установки и парогенераторы”.

Для студентов заочной и очной формы обучения направления подготовки 140100.62,68 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рецензенты:

1. Фролов А.Г. – доцент кафедры теплоэнергетики института энергетики НИ ИрГТУ, канд. техн. наук, доцент

© Бочкарев В.А., Кудряшев Г.С., Быкова С.М., 2014.
© Издательство ИрГСХА, 2014.

1 ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Учебным планом для студентов 3 курса заочной формы обучения по дисциплине “Котельные установки и парогенераторы” предусмотрено выполнение одной контрольной работы, состоящей из четырех заданий и ответы на вопросы самопроверки.

Для выполнения контрольной работы студенту необходимо изучить соответствующую литературу, решить контрольную работу и ответить на вопросы для самопроверки.

Очень важным при изучении курса является ясное и четкое понимание физического смысла определений, встречающихся в различных разделах, например: коэффициент избытка воздуха; теоретическая температура горения; кратность циркуляции; КПД котла брутто и нетто и т.д. Необходимо уделить внимание теоретической части курса. Уметь пользоваться “Нормативным методом расчета котельных агрегатов” и анализировать влияние отдельных составляющих в уравнениях и применять их для решения практических задач. Нужно представлять себе порядок тех или иных величин, характеризующих котельные процессы: знать ориентировочно величины коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в различных поверхностях нагрева, скоростей газов, рабочей среды, характер зависимости термодинамических свойств воды и водяного пара от параметров и т.д.

Тщательно изучая теорию, не следует забывать о необходимости знать и прикладную (конструктивную) часть курса, а также вопросы, связанные с эксплуатацией парогенераторов. Нужно уметь иллюстрировать свои ответы на вопросы для самопроверки (и при сдаче экзамена) схемами, конструктивными эскизами и графиками функциональных зависимостей.

В случае если при изучении курса, выполнении контрольной работы и ответах на вопросы для самопроверки возникнут затруднения, студенту следует обратиться на кафедру за разъяснениями. Необходимо стремиться к возможно более полному использованию вопросов для самопроверки.

Задание на выполнение контрольной работы и ответа на вопросы самопроверки студенты получают на установочной лекции.

При выполнении контрольной работы и ответы на вопросы самопроверки необходимо соблюдать следующие правила:

1. Работа выполняется в обычной ученической тетради;
2. В работе должны быть представлены условия задания соответственно решаемому варианту;
3. Решение задания должно сопровождаться краткими пояснениями, необходимыми обоснованиями и подробными вычислениями;
4. Решение задания следует произвести сначала в общем виде (формула в буквенных выражениях) после необходимых преобразований подставлять соответствующие числовые значения;
5. Необходимо указывать размерность как всех заданных в условиях заданных величин, так и полученных результатов;

6. При ответах на вопросы для самопроверки ссылка на использованную литературу обязательна;

7. В конце работы необходимо предоставить общий перечень использованной литературы и подписать ее.

2 ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

2.1 Задание

Задание №1. Объемы воздуха и продуктов сгорания

Для заданного котельного агрегата и топлива (табл. 1, 2) определить теоретическое количество воздуха, необходимое для сжигания 1 кг рабочего топлива (V^0) и теоретические объемы продуктов сгорания ($V_{N_2}^0$, V_{RO_2} , $V_{H_2O}^0$). Задаться по нормам коэффициентами избытка воздуха в топке и по газоходам котельного агрегата, указанного в задании. Определить объемы газов в топке и уходящих газов (при полном сгорании топлива);

Таблица 1 – Характеристики паровых котельных агрегатов и вопросы для самопроверки

№ варианта	Марка парогенератора	Вид сжигаемого топлива	Параметры парогенератора, °С			Содержание кислорода на выходе из топки, %	Температура топлива, °С	Вопросы для самопроверки
			$t_{пв}$	$t_{ух.г.}$	$t_{х.в.}$			
1	ДКВр-4,0-13	азейский уголь	104	176	35	7,8	20	1,22,43
2	ДКВр-4,0-13	мазут	104	175	45	6,8	95	2,23,44
3	ДКВр-6,5-13	мугунский уголь	104	182	40	7,6	20	3,24,45
4	ДКВр-6,5-13	березовский уголь	104	171	42	7,4	20	4,25,46
5	ДКВр-10-13	ирша-бородинский уголь	104	186	45	8,0	20	5,26,47
6	ДКВр-10-13	черемховский уголь	104	190	40	7,5	20	6,27,48
7	Е-1-9	мазут высокосернистый	70	195	30	8,2	90	7,28,49
8	Е-1-9	азейский уголь	65	180	30	8,1	20	8,29,50
9	КЕ-4,0-14	мугунский уголь	104	190	35	6,8	20	9,30,514
10	КЕ-6,5-14	березовский уголь	104	175	32	7,1	20	10,31,52
11	КЕ-10-14	ирша-Бородинский уголь	104	180	36	7,2	20	11,32,53
12	КЕ-25-14	азейский уголь	104	210	40	6,8	20	12,33,54
13	КЕ-25-14-225	мугунский уголь	104	205	40	6,4	20	13,34,55
14	БЭМ-25-225	мазут сернистый	104	185	40	4,6	105	14,35,56
15	ДЕ-25-14	мазут сернистый	104	190	40	4,8	110	15,36,57
16	КЕ-10-14	мазут высокосернистый	104	195	36	5,1	115	16,37,58
17	КЕ-25-14	мугунский уголь	104	215	40	6,5	20	17,38,59
18	К-50-14	черемховский уголь	104	148	42	3,5	20	18,39,60
19	Б-50-14	азейский уголь	104	144	45	3,4	20	19,40,61
20	БКЗ-75-39	мугунский уголь	145	145	45	3,6	20	20,41,62
21	БКЗ-75-39	ирша-Бородинский уголь	148	138	45	3,4	20	21,42,63

Таблица 2 – Характеристики сжигаемого топлива

№	Вид сжигаемого топлива	Рабочая масса топлива, %							Низшая теплота сгорания	
		W ^P	A ^P	S ^P	C ^P	H ^P	N ^P	O ^P	кДж/кг	ккал/кг
1	азейский уголь	25,0	16,5	0,5	42,7	3,1	0,9	11,3	15990	3820
2	березовский уголь	33,0	4,7	0,2	44,2	3,1	0,4	14,4	15660	3740
3	ирша-бородинский уголь	33,0	7,4	0,2	42,6	3,0	0,6	13,2	15280	3650
4	мугунский уголь	22,0	15,6	0,9	46	3,6	0,9	11,0	17290	4130
5	черемховский уголь	15,0	29,8	0,9	42,5	3,1	0,6	8,1	16410	3920
6	мазут сернистый	0,49	0,05	1,8	85,71	11,45	0,1	0,4	39570	9451
7	мазут высокосернистый	1,0	0,06	2,55	85,04	10,64	0,15	0,56	39060	9329

2.2 Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания

Теоретическое количество воздуха, необходимого для полного сгорания топлива (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$) определяется по формуле:

$$V^0 = 0,0889 \cdot (C^P + 0,375S^P) + 0,265 \cdot H^P - 0,0333 \cdot O^P, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (1)$$

Теоретические объемы продуктов сгорания, полученные при полном сгорании топлива с теоретически необходимым количеством воздуха ($\alpha = 1$):

а) азота

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N^P}{100}, \text{ м}^3/\text{кг}; \quad (2)$$

б) трехатомных газов

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot \frac{C^P + 0,375 \cdot S^P}{100}, \text{ м}^3/\text{кг}; \quad (3)$$

в) водяных паров

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^P + 0,0124 \cdot W^P + 0,0161 \cdot V^0, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (4)$$

Теоретический объем дымовых газов

$$V_r^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (5)$$

В соответствии с [1] (Нормативный метод расчета котельных агрегатов) значения коэффициента избытка воздуха на выходе из топки α_T'' :

- | | |
|---|-----------------------------|
| а) при слоевом сжигании топлива в ручных топках | $\alpha_T'' = 1,6 - 1,8$; |
| б) в механических топках | $\alpha_T'' = 1,4 - 1,6$; |
| в) при пылеугольном сжигании | $\alpha_T'' = 1,2 - 1,25$; |
| г) при камерном сжигании мазута | $\alpha_T'' = 1,1 - 1,15$. |

Величина коэффициента избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{yxг}$ определяется суммированием коэффициента избытка воздуха в топке с присосами в газоходах, расположенных между топкой и выходом газов из котла ($\Delta\alpha_i$):

$$\alpha_{yxг} = \alpha_T'' + \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i. \quad (6)$$

Для того, чтобы определить коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{yxг}$ необходимо изучить конструкцию котла и принять нормативные значения присосов воздуха в котле.

Нормативные значения присосов воздуха по газовому тракту котла приведены в таблице 3 [1] (Нормативный метод расчета котельных агрегатов).

Таблица 3 – Присосы воздуха по газовому тракту котла

Элементы газового тракта котла		Величина присоса $\Delta\alpha$	
Топочные камеры пылеугольных и газомазутных котлов	С металлической обшивкой труб экрана	0,05	
	С обмуровкой и металлической обшивкой	0,07	
	С обмуровкой и без обшивки	0,1	
Топочные камеры слоевых топков	Механические и полумеханические	0,1	
	Ручные	0,3	
Газоходы конвективных поверхностей нагрева	Первый котельный пучок котлов производительностью ≤ 50 кг/с	0,05	
	Второй котельный пучок котлов производительностью ≤ 50 кг/с	0,01	
	Первичный перегреватель	0,03	
	Экономайзер котлов производительностью > 50 кг/с (каждая ступень)	0,02	
	Экономайзер котлов производительностью ≤ 50 кг/с: – стальной; – чугунный с обшивкой; – чугунный без обшивки.		0,08
			0,1
		0,2	
Трубчатые воздухоподогреватели: – котлов с производительностью > 50 кг/с (каждая ступень); – котлов производительностью ≤ 50 кг/с (каждая ступень).		0,03	
		0,06	

При коэффициенте избытка воздуха больше единицы расчет объема водяных паров и объема дымовых газов ведется по формулам:

а) объем водяных паров

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1)V^0, \text{ м}^3/\text{кг}; \quad (7)$$

б) объем дымовых газов

$$V_2 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha - 1)V^0, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (8)$$

2.3 Определение потерь тепла с уходящими газами

Потери тепла с уходящими газами определяются по формуле:

$$q_2 = \frac{(I_{yxг} - \alpha_{yxг} I_{xb}^0)(100 - q_4)}{Q_p^p}, \quad (9)$$

где Q_p^p – располагаемое тепло на 1 кг твердого или жидкого топлива, кДж/кг.

Для технических расчетов Q_p^p определяется как:

$$Q_p^p = Q_n^p + i_{тл}, \quad (10)$$

где Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$i_{тл}$ – физическое тепло топлива.

$$i_{тл} = C_{тл} \cdot t_{тл}, \quad (11)$$

где $C_{тл}$ – теплоемкость топлива, кДж/кг·К.

Для твердых топлив $t_{тл} = 293 \text{ К}$ (20°C):

$$C_{тл} = 4,19 \cdot \frac{W^p}{100} + C_{тл}^s \cdot \frac{100 - W^p}{100}, \quad (12)$$

где W^p – влажность топлива на рабочую массу, %;

$C_{тл}^s$ – теплоемкость сухой массы топлива, кДж/кг·К.

Для бурых углей $C_{тл}^s = 1,13$ кДж/кг·К, для каменных $C_{тл}^s = 1,09$ кДж/кг·К, $t_{тл} = 293 \text{ К}$ (20°C).

Температура подогретого мазута принимается равной $t_{тл}^m = 363 - 393 \text{ К}$ ($90-120^\circ\text{C}$).

Теплоемкость мазута определяется, кДж/кг·К:

а) при $t_{\text{тл}}^{\text{м}} < 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $C_{\text{тл}} = 1,89 + 0,0053 \cdot t_{\text{тл}}^{\text{м}} ;$

б) при $t_{\text{тл}}^{\text{м}} = 100 - 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $C_{\text{тл}} = 1,3 + 0,0112 \cdot t_{\text{тл}}^{\text{м}} .$

$I_{\text{ухг}}$ – энтальпия уходящих газов при соответствующем коэффициенте избытка воздуха $\alpha_{\text{ухг}}$ и температуре $t_{\text{ухг}}$, кДж/кг.

Значение $\alpha_{\text{ухг}}$ определяется по формуле

$$\alpha_{\text{ухг}} = \alpha_{\text{т}}'' + \sum_{i=1}^n \Delta \alpha_i$$

Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки $\alpha_{\text{т}}''$ рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{т}}'' = \frac{21}{21 - O_{2\text{т}}''} , \quad (13)$$

где $O_{2\text{т}}''$ – содержание кислорода на выходе из топки (задано табл.1), %.

Значение присосов воздуха в котельном агрегате $\sum_{i=1}^n \Delta \alpha_i$ принимается таким же, как и в первом задании.

Энтальпия уходящих газов равна:

$$I_{\text{ухг}} = I_{\text{г}} + (\alpha_{\text{ухг}} - 1)I_{\text{в}}^0 , \text{ кДж/кг.} \quad (14)$$

Значение энтальпии газов ($I_{\text{г}}^0$) и воздуха ($I_{\text{в}}^0$) определяются при температуре уходящих газов при помощи линейной интерполяции. Значения энтальпий $I_{\text{г}}^0$ и $I_{\text{в}}^0$ при температурах 373 К, 473 К, 573 К (100 $^{\circ}\text{C}$, 200 $^{\circ}\text{C}$, 300 $^{\circ}\text{C}$) и $\alpha = 1$ представлены в таблице 4.

Энтальпия холодного воздуха $I_{\text{хв}}^0$ при температуре холодного воздуха определяется пропорцией.

Нормативные значения q_4 представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 4 – Энтальпии воздуха и продуктов сгорания твердых и жидких топлив

Вид сжигаемого топлива	Энтальпия, кДж/кг	Температура, °С		
		100	200	300
Азейский уголь	I_{Γ}^0	685	1388	2123
	$I_{\text{в}}^0$	565	1137	1723
Березовский уголь	I_{Γ}^0	706	1432	2189
	$I_{\text{в}}^0$	568	1141	1731
Ирша-Бородинский уголь	I_{Γ}^0	686	1391	2126
	$I_{\text{в}}^0$	551	1107	1679
Мугунский уголь	I_{Γ}^0	746	1511	2311
	$I_{\text{в}}^0$	625	1257	1904
Черемховский уголь	I_{Γ}^0	676	1371	2096
	$I_{\text{в}}^0$	579	1164	1764
Мазут сернистый	I_{Γ}^0	1594	3227	4928
	$I_{\text{в}}^0$	1420	2856	4327
Мазут высокосернистый	I_{Γ}^0	1554	3144	4803
	$I_{\text{в}}^0$	1386	2788	4224

Таблица 5 – Некоторые значения q_3 , q_4 и $a_{\text{ун}}$ для слоевых топок

Топливо	Потери теплоты, %		Доля золы уноса из топки, $a_{\text{ун}}$
	с химическим недожогом, q_3 , %	с механическим недожогом, q_4 , %	
Топки с ручным обслуживанием, с шурующей планкой			
Антрациты	2	7	0,31
Каменные угли	3 – 5	6	0,19 – 0,21
Бурые угли	2 – 3	8	0,18 – 0,2
Топки типа ПМЗ – РПК			
Антрациты	0,5 – 1	13	0,3
Каменные угли	0,5 – 1	6	0,16
Бурые угли	0,5 – 1	7 – 9	0,15 – 0,22
Топки типа ТЛМЗ и ТЧЗ			
Антрациты	0,5 – 1	13	0,25
Каменные угли	0,5 – 1	6 – 7	0,2 – 0,27
Бурые угли	0,5 – 1	6 – 7	0,19 – 0,25

Таблица 6 – Некоторые значения q_3 , q_4 и $a_{ун}$ для парогенераторов при камерном сжигании

Топливо	Потери теплоты, %		Доля золы уноса из топки, $a_{ун}$
	с химическим недожогом, q_3 , %	с механическим недожогом, q_4 , %	
Мазут	0,5	0,02	1,00
Антрацит	0	6	0,95
Каменный уголь	0	1,0 – 1,5	0,95
Бурый уголь	0	0,5 – 1,0	0,95
Фрезерный торф	0	0,5 – 1,0	0,95
Природный газ	0,05 – 0,1	0	0,95

2.4. Определение КПД котельного агрегата брутто и расхода топлива

Коэффициент полезного действия котельного агрегата брутто определяется по обратному балансу, %:

$$\eta_{ка}^{бр} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6), \quad (15)$$

где q_2 – потери тепла с уходящими газами, %. Принимается из предыдущего расчета.

q_3 – потери тепла от химической неполноты сгорания топлива, %. Определяются по таблице 5 или таблице 6.

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %. Определяются по таблице 5 или таблице 6.

q_5 – потери тепла от наружного охлаждения, %. Для водогрейных котельных агрегатов определяются по рисунку 1, для паровых котельных агрегатов определяются по рисунку 2.

q_6 – потери тепла со шлаком, определяются по формуле, %:

$$q_6 = \frac{a_{шл} (c v_{зл}) \cdot A^p}{Q_p^p}. \quad (16)$$

где $a_{шл} = 1 - a_{ун}$ – доля золы топлива в шлаке.

$c v_{зл} = 560$ кДж/кг – удельная энтальпия золовых частиц при температуре 600°C .

При сжигании газа и мазута $q_6 = 0$.

Часовой расход топлива сжигаемого в котельном агрегате, кг/ч:

$$B = \frac{Q_1}{Q_p^p \cdot \eta_{ка}^{бр}} \cdot 100 \%, \quad (17)$$

где Q_1 – тепло полезно использованное в котельном агрегате, кДж/ч.

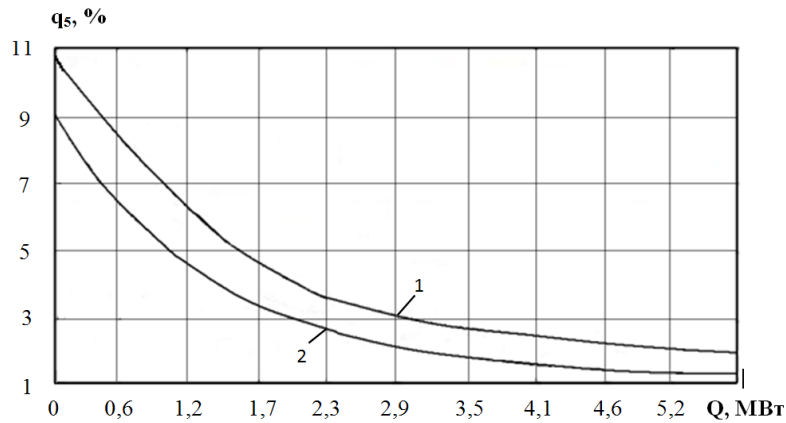


Рисунок 1 – Зависимость потери теплоты в окружающую среду от теплопроизводительности котла при работе экономайзером (1) и без экономайзера (2)

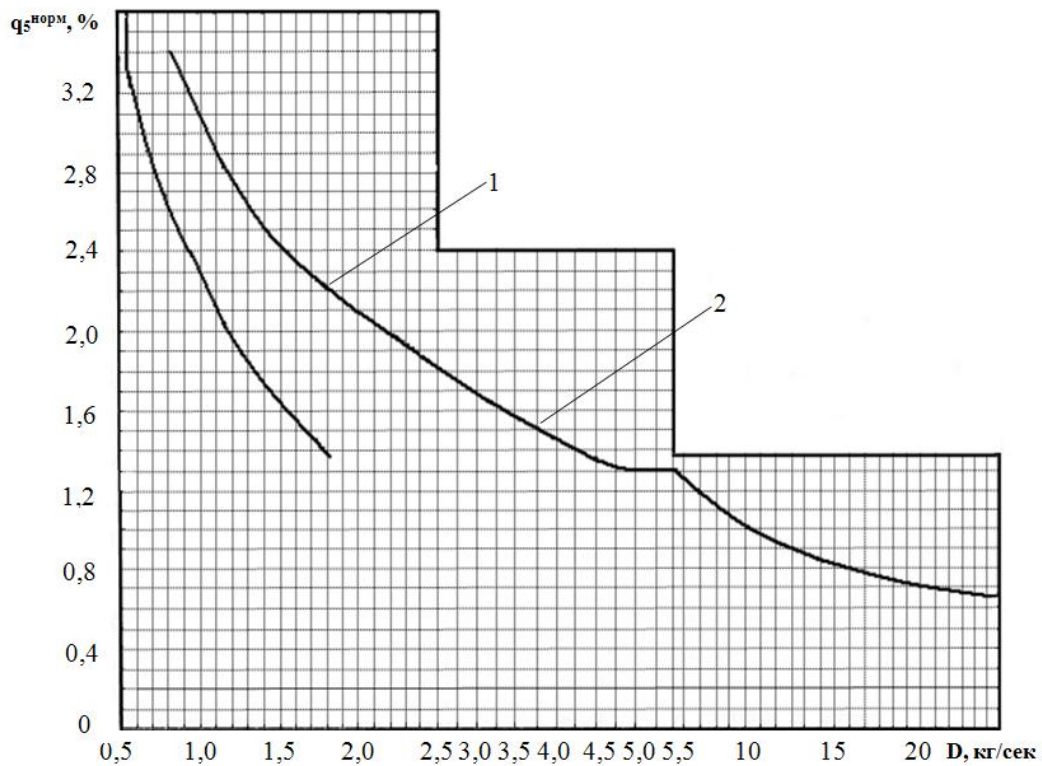


Рисунок 2 – Потери тепла q_5^{norm} в окружающую среду в зависимости от номинальной паропроизводительности котла: 1 – собственно котлоагрегат без хвостовых поверхностей; 2 – котлоагрегат с хвостовыми поверхностями

В водогрейном котельном агрегате Q_1 равно номинальной теплопроизводительности котельного агрегата, кДж/ч. Если теплопроизводительность задана в МВт или Гкал/ч, то её необходимо перевести в кДж/ч используя соотношение:

$$1 \text{ Гкал/ч} = 1,163 \text{ МВт} = 4,19 \text{ ГДж/ч.}$$

Для парового котельного агрегата Q_1 определяется по формуле:

$$Q_1 = D_0(i_0 - i_{пв}) + p \cdot D_0(i_{пр.в} - i_{пв}), \quad (18)$$

где D_0 – номинальная паропроизводительность котельного агрегата, кг/ч;
 i_0 – энтальпия пара, определяется по номинальным параметрам пара: по давлению (P_0) и температуре (t_0) на выходе из котельного агрегата, кДж/кг;
 $i_{пв}$ – энтальпия питательной воды, определяется по давлению питательной воды ($P_{пв}$) и температуре питательной воды ($t_{пв}$), кДж/кг;
 $p = 0,03$ – величина непрерывной продувки;
 $i_{пр.в}$ – энтальпия продувочной воды, определяется по давлению в барабане котла, кДж/кг.

Для барабанных котельных агрегатов $P_{пв} = (1,3 \div 1,4) \cdot P_0$; $P_6 \approx 1,2 \cdot P_0$.

При определении энтальпий i_0 , $i_{пв}$, $i_{пр.в}$ для котлов на насыщенном паре и водогрейных котлов можно воспользоваться таблице 6.

2.5 Определение удельного расхода условного топлива на выработанный ГДж тепла

Удельный расход условного топлива на выработанный ГДж тепла определяется по формуле:

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{выр}}, \text{ кг у.т./ГДж} \quad (19)$$

где B_y – расход условного топлива, кг ут/ч:

$$B_y = B \cdot \frac{Q_n^p}{29320}$$

где B – расход топлива подаваемого в котельный агрегат (принимается равным как в третьем задании), кг/ч.

29320 кДж/кг – теплота сгорания условного топлива.

В водогрейном котельном агрегате $Q_{выр}$ равно его номинальной теплопроизводительности (Q_1), кДж/ч.

В паровом котельном агрегате $Q_{выр}$ равно теплу полезно использованному в котельном агрегате (см. задание 3), кДж/ч.

Значение энтальпий пара и воды см. [2, стр. 64].

Таблица 7 – Термодинамические свойства воды и водяного пара
на линии насыщения

Давление P , МПа	Температура насыщения $t_{н}$, °С	Энтальпия, кДж/кг		Энтальпия, ккал/кг		Давление P , кгс/см ²
		воды, i'	пара, i''	воды, i'	пара, i''	
0,020	60	251	2609	60	623	0,20
0,025	65	272	2618	65	625	0,25
0,030	69	289	2625	68,7	627	0,3
0,035	73	303	2630	72,2	628	0,35
0,040	76	318	2636	75,4	629,5	0,40
0,050	81	341	2645	81	631,6	0,50
0,060	86	360	2653	85,5	633,5	0,60
0,070	90	377	2660	89,5	635,1	0,70
0,080	93	392	2665	93	636,4	0,80
0,090	97	405	2670	96,3	637,6	0,90
0,10	99,5	417	2675	99,2	639	1,00
0,12	104,4	439	2683	104,4	640,7	1,20
0,15	111	463	2693	111	643,1	1,50
0,2	120	505	2707	119,9	646,3	2,00
0,3	133	562	2725	133,4	650,7	3,00
0,5	151	640	2749	152,1	656,3	5,00
0,6	158,5	670	2757	160	659	6,0
0,7	165	697	2763	166	660	7,0
0,8	170	721	2769	171	661	8,0
0,9	175	743	2774	176	662	9,0
1,0	180	762	2778	181	664	10,0
1,2	188	798	2785	190	665	12,0
1,4	195	830	2790	197	666	14,0
1,5	198	844	2792	201	667	15,0
2,0	212	907	2799	216	669	20,0
2,2	217	931	2801	221	669	22,0
2,4	222	952	2802	226	669	24,0
2,6	226	972	2803	231	670	26,0
3,0	234	1008	2803	240	670	30,0
4,0	250	1008	2801	258	669	40,0
4,2	253	10958	2801	262	669	42,0
4,4	256	1105	2795	265	668	44,0
4,6	259	1120	2795	268	668	46,0
5,0	264	1154	2794	274	667	50,0
6,0	275	1214	2784	288	665	60,0

Вопросы для самопроверки

1. Из каких основных элементов состоит органическое топливо и какова роль этих элементов при сжигании топлива в топках и использовании его тепла?
2. Напишите формулы реакции окисления элементов топлива для случаев его полного и неполного сгорания?

3. Дать определение коэффициента избытка воздуха. Зачем вводится избыточный воздух в топочную камеру? Как он влияет на процессы горения и теплообмен между продуктами сгорания и поверхностями нагрева?
4. Определение располагаемого тепла и как оно используется в котельных агрегатах. Тепловые потери в котельных агрегатах.
5. КПД котельного агрегата брутто и нетто. Определение КПД котельного агрегата по прямому и обратному балансу.
6. Как зависят от коэффициента избытка воздуха потери тепла: с уходящими газами; от механического и химического недожога?
7. От каких факторов зависят потери тепла с физическим теплом шлаков и когда этими потерями можно пренебречь?
8. Какими показателями характеризуется степень интенсивности процессов сгорания топлива в топке?
9. На какие потери тепла в котельном агрегате оказывают влияние зольность и влажность топлива?
10. В чем заключается подготовка твердого топлива для камерного сжигания?
11. В чем заключается подготовка жидкого топлива к сжиганию? Привести схему мазутного хозяйства.
12. В чем заключается подготовка газообразного топлива к сжиганию? Привести схему газового хозяйства.
13. Слоевое сжигание твердого топлива. В чем заключаются его достоинства и недостатки.
14. Сжигание твердого топлива в “кипящем” слое. В чем заключаются его достоинства и недостатки?
15. Достоинства и недостатки котельных агрегатов с естественной циркуляцией?
16. Достоинства и недостатки прямоточных котельных агрегатов?
17. Маркировка котельных агрегатов согласно ГОСТ и заводская.
18. Схема котельной установки с естественной циркуляцией. Назначение элементов в схеме.
19. Схемы подачи воздуха в котельные агрегаты и удаление дымовых газов.
20. Понятие о теоретической температуре горения, температуры факела, температуре газов на выходе из топки. Как влияют присосы воздуха, влажность топлива и температура горячего воздуха, подаваемого горению, на уровень температур в топке котла?
21. Понятие условного топлива и где этим понятием пользуются в котельной технике?
22. Структуры двухфазного потока в вертикальных и горизонтальных трубах.
23. Какие конструктивные меры служат для повышенной надежности циркуляции в котлах с естественной циркуляцией?
24. Как изменяется температура рабочей среды и металла по длине водопарового тракта в прямоточных котельных агрегатах?

25. Что называется движущим и полезным напором контура циркуляции в барабанных котлах и как эти величины определяются?
26. Область применения барабанных и прямоточных котельных агрегатов.
27. Деаэрация воды. Принцип работы деаэратора.
28. Тепловая схема промышленно-отопительной котельной и её элементы.
29. В чем заключается коллекторный эффект? Как он влияет на надежность работы котла?
30. Как выводятся содержащиеся в питательной воде примеси в котлах с естественной циркуляцией?
31. В чем заключается принцип ступенчатого испарения и его назначение?
32. Каково назначение барабана в котлах с естественной циркуляцией?
33. С помощью каких устройств и способов обеспечивается необходимая чистота пара, вырабатываемого в котельных агрегатах?
34. Какие требования предъявляются к качеству пара, вырабатываемого в котельных агрегатах? Какое это имеет значение для паросиловой установки?
35. Каковы закономерности уноса влаги с паром? Какие меры борьбы с капельным уносом влаги с паром Вы знаете?
36. Как изменяется температура пара на выходе из радиационного, конвективного и комбинированного пароперегревателя с изменением нагрузки на котле? Чем объясняется характер изменения температуры пара?
37. Какими способами регулируется температура первичного и вторичного пара?
38. В чем заключается метод парового регулирования температуры перегрева пара? Конструкция пароохладителя.
39. Как осуществляется газовое регулирование температуры перегрева первичного и вторичного пара?
40. В чем заключаются особенности регулирования температуры перегрева вторичного пара?
41. В чем заключаются особенности пусковой схемы барабанного котла?
42. В чем заключаются особенности пусковой схемы прямоточного котла?
43. Изобразить схемы компоновок котлов; указать области применения, достоинства и недостатки.
44. Принцип компоновки низкотемпературных поверхностей нагрева; температурные напоры на входе и выходе воздухоподогревателя и водяного экономайзера.
45. Как выбирается температура уходящих газов? Факторы, влияющие на величину температуры уходящих газов?
46. Типы поверхностей нагрева прямоточных и барабанных котлов.
47. Конструкции газоплотных экранов. Типы, условия работы, области применения, достоинства и недостатки.

48. Причины внутренней и внешней коррозии? Меры борьбы с ней в области водяных экономайзеров, воздухоподогревателей и пароперегревателей?
49. В чем достоинства и недостатки мембранных экономайзеров? Условия их работы, область применения.
50. Какие типы воздухоподогревателей Вы знаете? Схемы их включения, компоновки, условия работы, достоинства и недостатки.
51. Чем определяется выбор типа воздухоподогревателя? Методы повышения коррозионной стойкости.
52. Что, кроме экономичности сжигания топлива, дает применение воздухоподогревателя? В каких случаях и почему применяется ступенчатый подогрев воздуха?
53. Какие факторы влияют на величину коэффициента теплопередачи в пароперегревателях?
54. Стали каких марок применяются для изготовления различных поверхностей нагрева?
55. Какие требования предъявляются к конструкции современного котла с точки зрения его монтажа?
56. Какие поверхности нагрева подвергаются высокотемпературной коррозии? Каков механизм этого явления?
57. Какие поверхности нагрева подвергаются низкотемпературной коррозии? В чем её сущность?
58. От каких факторов зависит золотой износ поверхностей нагрева? Какие поверхности подвергаются золотому износу в наибольшей степени? Меры защиты от золотого износа.
59. Какие факторы и как влияют на теоретическую температуру горения? Как влияет теоретическая температура горения на радиационный теплообмен?
60. Каким способом можно интенсифицировать процесс теплообмена в конвективных поверхностях нагрева?
61. По каким соображениям выбираются оптимальные значения скорости газов в газоходах котельного агрегата?
62. Каковы перспективы повышения параметров пара в теплоэнергетике? Чем они стимулируются? Чем сдерживаются?
63. Как влияют технические характеристики топлива на конструкцию котельного агрегата?

Рекомендуемая литература

1. Тепловой расчет котлов: нормативный метод / Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб., 1998. – 256 с.
2. Роддатис К.Ф. Котельные установки / К.Ф. Роддатис. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
3. Нечаев В.В. Теплогенерирующие установки / В.В. Нечаев, В.А. Бочкарев. – Иркутск, 2010. – 102 с.