Практическое занятие

Задача 2

Паровая турбина мощностью N=12000 кВт работает при начальных параметрах p_1=80 бар и t_1=450^{0}С. Давление в конденсаторе p_2=0,04 бара. В котельной установке, снабжающей турбину паром, сжигается уголь с теплотой сгорания $Q_н^р$=25 МДж/кг. КПД котельной установки равен $\eta_{к.у.}$=0,8. Температура питательной воды $t_{п.в.}$=90^{0}С.

Определить производительность котельной установки и часовой расход топлива при полной нагрузке паровой турбины и условий, что она работает по циклу Ренкина.

<u>Порядок решения.</u> Удельный расход пара турбины

$$d_o = \frac{3600}{h_1 - h_2}, \text{ кг/(кВт·ч)}.$$

Энтальпию h_1 и h_2 находим по h-s диаграмме.

Расход пара паровой турбиной D

$$D_o = Nd_o, \text{ кг/ч},$$

где энтальпия питательной воды $h_{п.в.} = C_p\, t_{п.в.}$.

Часовой расход топлива B равен

$$B = \frac{D_o(h_1 - h_{п.в.})}{Q_н^р \cdot \eta_{к.у.}}, \text{кг/ч}.$$

Задача 4

На заводской ТЭЦ установлены две паровые турбины с противодавлением мощностью N=4000 кВт каждая. Весь пар из турбины направляется на производство, откуда он возвращается обратно в котельную в виде конденсата при температуре насыщения.

Турбины работают с полной нагрузкой при следующих параметрах пара: p_1=35 бар, t_1=435^{0}C, p_2=1,2 бар.

Принимая, что установка работает по циклу Ренкина, определить часовой расход топлива, если КПД котельной $\eta_{к.у.} = 0{,}84$, а теплота сгорания топлива $Q_н^р = 28500$ кДж/кг.

<u>Порядок решения.</u> Удельный расход пара d_o равен

$$d_o = \frac{3600}{h_1 - h_2}, \text{ кг/(кВт·ч)},$$

где энтальпию h_1 и h_2 находим по h-s диаграмме.

Часовой расход пара, потребляемый турбинами

$$D_o = 2Nd_o, \text{ кг/ч}.$$

Количество теплоты, потребляемой производством

$$Q_{пр} = D_о(h_2 - h'_2), \text{ кДж/ч},$$

где $h'_2 = C_p t_н$, а $t_н = f(p_2)$.

Количество теплоты, сообщенного пару в котельной

$$Q = D_о(h_1 - h'_2), \text{ кДж/ч}.$$

Часовой расход топлива B равен

$$B = \frac{Q}{Q_н^р \eta_{ку}}, \text{ кг/ч}.$$

Задача 5

Для условий предыдущей задачи подсчитать расход топлива в случае, если вместо комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на ТЭЦ будет осуществлена раздельная выработка электроэнергии в конденсационной установке и теплоты в котельной низкого давления.

Конечное давление пара в конденсационной установке принять p_2=0,04 бар. КПД котельной низкого давления принять тот же, что для котельной высокого давления, $\eta_{к.у.} = 0{,}84$.

Определить для обоих случаев коэффициент использования теплоты.

Порядок решения. Удельный расход пара на турбину

$$d_o = \frac{3600}{h_1 - h_2}, \text{ кг/(кВт·ч)},$$

где h_1, h_2 находим по h-s диаграмме.

Полный расход пара на турбину

$$D_o = 2Nd_o, \text{ кг/ч}.$$

Количество теплоты, сообщенного пару в котельной,

$$Q = D_o(h_1 - h_2'), \text{ кДж/ч},$$

где $h_2' = C_p t_н$; $t_н = f(p_2) = 29^0$C, C_p=4,19 кДж/(кг·К).

Расход топлива B_1 в котельной высокого давления

$$B_1 = \frac{Q}{Q_н^р \eta_{ку}}, \text{ кг/ч.}$$

Количество теплоты, потребляемого производством $Q_{пр}$ (задача 4), следовательно, расход топлива в котельной низкого давления

$$B_2 = \frac{Q_{пр}}{Q_н^р \eta_{ку}}, \text{ кг/ч.}$$

Суммарный расход топлива в обеих котельных установках $B_о = B_1 + B_2$, кг/ч.

Экономия топлива на ТЭЦ в сравнении с раздельной выработкой электроэнергии и теплоты составит

$$\frac{(B_о - B)}{B_о} \cdot 100\,\%.$$

Коэффициент использования теплоты определяется как отношение всей полезно использованной теплоты ко всей затраченной. Следовательно, в случае комбинированной выработки электроэнергии и теплоты

$$\eta_{к.т.} = \frac{3600 \cdot 2N + Q_{пр}}{B \cdot Q_н^р \cdot \eta к.у.}.$$

В случае раздельной выработки обоих видов энергии

$$\eta'_{к.т.} = \frac{3600 \cdot 2N + Q_{пр}}{B_о \cdot Q_н^р \cdot \eta к.у.};$$

$$\eta'_{к.т.} < \eta_{к.т.}$$

Расчетная работа «Расчет отпуска теплоты от ТЭЦ»

- **Задача·№1.¶**

Рассчитать· годовой· отпуск· теплоты· от· ТЭЦ· отдельно· для· производственно-технологических·и·коммунально-бытовых·потребителей.· Данные· для·расчета·взять·по·таблицам·1,·2,·3.·Построить·годовой·график· производственного·технологического·теплоснабжения.¶

- **Решение·задачи·№1¶**

1.→Производственно-технологическое·потребление·тепла¶

1.1·Расчетная·производственно-технологическая·нагрузка¶

$$Q_n^p = D_n^p\left[h_n - \beta_{ок}\left(h_{ок} - h_{хз}\right) - h_{хз}\right](1 + q_n),\text{·МВт¶}$$

¶

Численное· значение· энтальпии· определяется· по· h-s· диаграмме· Долю· тепловых·потерь·в·паропроводе·принять·в·диапазоне·0,06…0,1.¶

1.2·Энтальпия·обратного·конденсата¶

$$h_{ок} = c \cdot t_{ок},\text{·кДж/кг¶}$$

¶

1.3·Энтальпия·холодной·воды·зимой¶

$$h_{хз} = c \cdot t_{хз},\text{·кДж/кг¶}$$

1.3 Энтальпия холодной воды зимой

$$h_{хз} = c \cdot t_{хз}, \text{ кДж/кг}$$

Температуру холодной воды зимой принять равной 5 °С.

1.4 Годовой отпуск пара на производственно-технологические нужды

$$D_п^г = D_п^р \cdot h_п^{ТЭЦ}, \text{ т/год}$$

1.5 Годовой отпуск теплоты на производственно-технологические нужды

$$Q_п^г = Q_п^р \cdot h_п^{ТЭЦ}, \text{ ГДж.}$$

Затем строится годовой график производственно-технологического теплоснабжения:

$$Q_{ii} = \overline{Q_{ii}} \cdot \frac{Q_{i}^{\tilde{a}}}{\sum_{i=1}^{12} \overline{Q_{ii}}}$$

где Q_{ni} – отпуск теплоты за текущий месяц, ГДж;

$\overline{Q_{ii}}$ – отпуск теплоты за текущий месяц в относительных единицах, ГДж (по приложению 1).

2. Коммунально-бытовое потребление тепла

2.1 Расчетная нагрузка отопления

$$Q_o^p = q_o A(1+k_1) = q_o mf(1+k_1), \text{ МВт}$$

По приложению 2. Норму общей площади в жилых зданиях на 1 человека принять равно 18 $м^2$/чел. Коэффициент, учитывающий долю теплового потока на отопление общественных зданий, принять равным 0,25.

2.2 Расчетная нагрузка вентиляции

$$Q_в^p = k_1 k_2 q_o mf, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

Коэффициент, учитывающий долю теплового потока на вентиляцию общественных зданий, принять равным 0,6.

2.3 Расчетная нагрузка горячего водоснабжения

$$Q_г^p = q_г m, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

Укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на 1 человека взять 376 Вт/чел.

2.4 Расчетная нагрузка коммунально0бытовых потребителей

$$Q_к^p = Q_o^p + Q_в^p + Q_г^p, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

3. Средние тепловые нагрузки

3.1 Средняя нагрузка отопления

$$Q_{о}^{ср} = Q_{о}^{р} \frac{t_{в} - t_{о}}{t_{в} - t_{о}^{р}}, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

Среднюю температуру внутреннего воздуха отапливаемых зданий принять, равной 18 °С для жилых и общественных зданий, равной 16 °С – для производственных зданий. Расчетную температуру наружного воздуха для отопления и среднюю температуру наружного воздуха за отопительный период найти по приложению 3.

3.2 Средняя нагрузка вентиляции

$$Q_{в}^{ср} = Q_{в}^{р} \frac{t_{в} - t_{о}}{t_{в} - t_{в}^{р}}, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

3.3 Средняя нагрузка горячего водоснабжения за отопительный период

$$Q_{г}^{ср} = Q_{г}^{р}, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

3. Средние тепловые нагрузки

3.1 Средняя нагрузка отопления

$$Q_{о}^{ср} = Q_{о}^{р} \frac{t_{в} - t_{о}}{t_{в} - t_{о}^{р}}, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

Среднюю температуру внутреннего воздуха отапливаемых зданий принять, равной 18 °С для жилых и общественных зданий, равной 16 °С – для производственных зданий. Расчетную температуру наружного воздуха для отопления и среднюю температуру наружного воздуха за отопительный период найти по приложению 3.

3.2 Средняя нагрузка вентиляции

$$Q_{в}^{ср} = Q_{в}^{р} \frac{t_{в} - t_{о}}{t_{в} - t_{в}^{р}}, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

3.3 Средняя нагрузка горячего водоснабжения за отопительный период

$$Q_{г}^{ср} = Q_{г}^{р}, \text{ МВт (или ГДж/ч)}$$

3.4 → Средняя нагрузка горячего водоснабжения за неотопительный период¶

$$Q_{гп}^{ср} = Q_{г}^{ср} \frac{55 - t_{хп}}{55 - t_{х}} \beta, \text{ МВт}$$

¶

Температуры холодной воды в отопительный и неотопительный периоды принять равными соответственно 5 °С и 15 °С. Коэффициент, принять равным 0,8 для жилых и общественных зданий; 1,5 – для курортных и южных городов; 1 – для промышленных предприятий.¶

3.5 Средняя нагрузка коммунально-бытовых потребителей за отопительный период¶

$$Q_{к}^{ср} = Q_{о}^{ср} + Q_{в}^{ср} + Q_{г}^{ср}, \text{ МВт (или ГДж/ч).}$$

4. Годовые расходы теплоты

4.1 Годовой расход теплоты на отопление

$$Q_{о}^{г} = Q_{о}^{ср} h_{о}, \text{ ГДж}$$

Длительность отопительного периода взять в приложении 3.

4.2 Годовой расход теплоты на вентиляцию

$$Q_{в}^{г} = Q_{в}^{ср} h_{о} \frac{z}{24}, \text{ ГДж}$$

Время работы системы вентиляции общественных зданий за сутки приять равным 16 ч.

4.3 Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{г}^{г} = Q_{г}^{ср} h_{о} + Q_{гп}^{ср} (8400 - h_{о}), \text{ ГДж}$$

4.4 Годовой расход теплоты на коммунально-бытовые нужды

$$Q_{к}^{г} = Q_{о}^{г} + Q_{в}^{г} + Q_{г}^{г}, \text{ ГДж.}$$

Таблица 1

Величина	Исходные данные по сумме двух последних цифр шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D^{р}_{в}$, кг/с	30	50	100	150	200	250	300	350	400	450
$\gamma_{ст}$	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Климатические условия города	С.-Петербурга	Верхоянска	Костромы	Братска	Риги	Перми	Вильнюса	Архангельска	Волгограда	Иркутска
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$D^{р}_{в}$, кг/с	500	550	600	650	700	750	800	850	900	
$\gamma_{ст}$	0,06	0,05	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	
Климатические условия города	Куйбышева	Якутска	Иваново	Киева	Красноярска	Москвы	Мурманска	Керчи	Тюмени	

Таблица 2

Величина	Исходные данные по последней цифре шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m, тыс.чел.	100	90	80	70	100	90	80	70	80	90
Топливо	Газ (мазут)	Уголь	Газ (мазут)	Уголь	Газ (мазут)	Уголь	Газ (мазут)	Уголь	Газ (мазут)	Уголь
$Q_н^р$, МДж/кг	48,65	15,91	48,71	16,71	49,01	17,25	49,52	18,92	50,31	20,52

Таблица 3

Величина	Исходные данные по предпоследней цифре шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_п$, МПа	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,95	0,85	0,75
$t_п$, °С	-	180	190	200	210	220	225	220	215	205
$\beta_{ок}$	-	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
$t_{ок}$, °С	-	95	95	95	95	95	95	95	95	95
$h^{п}_{тэц}$, ч/год	-	4300	4500	4700	5000	5200	5500	5700	5300	4400

ПРИЛОЖЕНИЕ

П.1. Средние технологические нагрузки (относительные)

Месяц		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Годовое время использования максимума технологической нагрузки $h^{п}_{ТЭЦ}$, ч/год	4300-4600	1	0,92	0,81	0,65	0,59	0,57	0,55	0,56	0,63	0,75	0,88	0,95
	4700-5000	1	0,95	0,89	0,76	0,67	0,61	0,59	0,61	0,67	0,78	0,89	0,96
	5000-5300	1	0,97	0,92	0,77	0,68	0,64	0,63	0,65	0,71	0,83	0,91	0,97

П. 2 Укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление жилых зданий (5 этажей и более) q_o, Вт/м^2

Расчетная температура для отопления t_o, ^{0}C *	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
Здания постройки до 1985г.	65	70	77	79	86	88	98	102	109	115	122
То же после 1985г.	65	67	70	73	81	87	91	95	100	102	108

* Для промежуточных значений t_o соответствующие значения q_o определяются интерполяцией.

П. 3 Укрупненные показатели среднего теплового потока на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий при температуре воды 55^{0}С $q_г$, Вт/чел.

Средняя за отопительный период норма расхода горячей воды на одного человека в сутки.

	л/сут	$q_{гв}$, Вт/чел.
в жилых домах с душами без ванн	85	320
в жилых домах с сидячими ваннами и душами	95	322
в жилых домах с ваннами длиной 1,5-1,7 м и душами	105	376
в жилых домах высотой более 12 этажей с повышенными требованиями к благоустройству	115	407

П. 4 Климатологические данные городов

Город	Температура наружного воздуха, ^{0}C			Продолжительность отопительного периода, ho,ч	Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха (и ниже), ^{0}C												
	расчетная для отопления t^p_o	расчетная для вентиляции $t^p_в$	средняя за отопительный период t_o		-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	8
Верхоянск	-59	-51	-25,2	6528	756	1389	2017	2512	2958	3345	3674	4015	4392	4799	5313	5975	6528
Якутск	-55	-45	-21,2	6096	-	587	1094	1617	2190	2652	3075	3485	3879	4333	4856	5368	6096
Братск	-43	-30	-10,3	5904	-	21	96	236	478	861	1343	2021	2752	3439	4214	5143	5904
Красноярск	-40	-22	-7,2	5640	-	-	17	83	212	475	839	1378	2149	3054	3986	5028	5640
Иркутск	-37	-25	-8,9	5784	-	-	7	57	171	454	856	1712	2569	3273	3997	4988	5784
Тюмень	-37	-21	-7,5	5280	-	-	5	24	114	284	653	1233	2065	2975	3835	4743	5280
Пермь	-35	-20	-6,4	5424	-	-	-	18	86	227	520	1091	1904	2885	3844	4855	5244
Архангельск	-31	-19	-4,7	6024	-	-	-	27	80	211	439	869	1570	2672	3939	5371	6024
Кострома	-31	-16	-4,5	5376	-	-	-	3	22	79	244	618	1268	2235	3459	4682	5376
Куйбышев	-30	-18	-6,1	4944	-	-	-	-	11	113	398	883	1475	2330	3343	4326	4944
Иваново	-29	-16	-4,4	5208	-	-	-	-	36	94	262	612	1256	2011	3188	4460	5208
Мурманск	-27	-18	-3,3	6744	-	-	-	-	6	38	134	448	1106	2253	3962	5785	6744
Москва	-26	-15	-3,6	4920	-	-	-	-	15	46	167	404	874	1674	2927	4260	4920
С.-Петербург	-26	-11	-2,2	5256	-	-	-	-	-	21	83	274	711	1539	2889	4575	5256

Окончание П. 4 **Климатологические данные городов**

Город	Температура наружного воздуха, ^{0}C			Продолжительность отопительного периода, h_o,ч	Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха (и ниже), ^{0}C												
	расчетная для отопления	расчетная для вентиляции	средняя за отопительный период		-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	8
Волгоград	-25	-13	-3,4	4368	-	-	-	-	-	13	129	432	954	1692	2873	3921	4368
Вильнюс	-23	-9	-0,9	4656	-	-	-	-	-	3	22	126	399	1031	2273	3847	4656
Киев	-22	-10	-1,1	4488	-	-	-	-	-	5	36	166	502	1129	2354	3834	4488
Рига	-20	-8	-0,4	4920	-	-	-	-	-	-	14	91	351	904	2106	3922	4920
Керчь	-15	-4	-2,2	3672	-	-	-	-	-	-	-	12	89	373	1239	2639	3672

П.5 **Отпуск теплоты отТЭЦ**

№ п/п	Потребители	Нагрузка		
		расчетная		годовая, ГДж
		МВт	ГДж/ч	
1.	Технологические (пар)			
2.	Коммунально-бытовые			
	Отопление			
	Вентиляция			
	Горячее водоснабжение			
3.	Сантехнические потребители			
4.	Потребители теплоты по сетевой воде			