

Министерство образования и науки Республике Бурятия
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Гусиноозерский энергетический техникум»

Методические рекомендации
по выполнению курсового проекта по профессиональному
модулю
«Обслуживание котельного оборудования на ТЭС»

2018г

Разработчик:

Волкова Галина Валентиновна, преподаватель ГБПОУ «Гусиноозерский энергетический техникум».

Рецензент: Белых Любовь Владимировна, зам.директора по УР

Содержание:

1. Введение
2. Краткое описание
3. Перевод топлива по формулам
4. Характеристика топлива
5. Теоретические объемы воздуха и продуктов сгорания
6. Энтальпия продуктов сгорания
7. Диаграмма HV
8. Объемы продуктов сгорания, объемные доли 3-х атомных газов и концентрации золы
9. Расчет теплового баланса
10. Расчет топочной камеры
11. Расчет ступеней пароперегревателей
12. Расчет ступеней водяного экономайзера
13. Расчет ступеней воздухоподогревателей
14. Список использованной литературы
15. Каждый лист оформляется в рамку, пример в конце методички (см. приложение 1)

Введение:

Данные рекомендации предназначены для студентов специальности 13.02.01 «Тепловые электрические станции» для очной и заочной формы обучения.

Рекомендации составлены в соответствии с типовой программой ПМ.01 «Обслуживание котельного оборудования на ТЭС».

Курсовой проект – практикум, содержащий тематику, задания и методические рекомендации по выполнению курсового проекта в объеме изучаемой дисциплины, способствующий усвоению, закреплению пройденного материала и проверке знаний. Организация и проведение курсового проекта по профессиональному модулю «Техническое обслуживание котельного оборудования на тепловых электрических станциях» предусмотрено для очной и заочной форм обучения, согласно учебному плану по программе специальности 13.02.01 «Тепловые электрические станции».

Целью курсового проекта является организация и управление самостоятельной работой обучающихся в процессе выполнения задания. При выполнении курсового проекта перед обучающимися ставятся следующие задачи:

- систематизация, закрепление и расширение знаний и применение их для решения конкретных технических, производственных и организационных задач;
- развитие навыков самостоятельной исследовательской, экспериментальной и проектной работы;
- проявление и развитие технического творчества, изобретательности для получения результатов, которые могут иметь реальную, практическую ценность;
- совершенствование навыков графического и текстового оформления результатов проектирования, расчетов и при необходимости экспериментов;

Содержание курсового проекта направлено:

- на стимулирование познавательного интереса к профессиональному модулю «Техническое обслуживание котельного оборудования на ТЭС»;
- на закрепление знаний, умений и навыков;
- на обеспечение работы обучающихся по индивидуальным занятиям;
- на развитие творческого подхода к решению задач профессиональной деятельности;
- на проведение контроля и самоконтроля.

В результате выполнения курсового проекта обучающийся должен:

Научиться/ уметь:

- использовать научно-техническую информацию в своей деятельности;
- выбирать и реализовывать методы ведения научных исследований;
- анализировать и обобщать результаты исследований, доводить их до практической реализации;
- выполнять обработку результатов статических и динамических испытаний;
- конструкций и систем котельного агрегата;
- использовать основные методы обработки результатов и оценки

Владеть:

- навыками использования стандартов в профессиональной деятельности;
- методами работы с нормативной документацией;
- навыками обработки и анализа результатов измерений;

Темы курсовых проектов должны быть актуальными, четко сформулированы, и полностью отражать содержание курсового проекта. В проектах должны решаться

конкретные задачи, которые могут быть востребованы промышленными предприятиями и организациями различных форм собственности, а также разрабатываться или модернизироваться новые или существующие объекты. Все эти вопросы решаются во время прохождения учебных практик на рабочем месте специалиста-руководителя среднего инженерно-технического звена по профилю специальности.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки, в которую входит:

- содержание;
- задание на курсовой проект;
- описание котельного агрегата с приложением общей схемы компоновки поверхностей нагрева;
- тепловой расчет котельного агрегата;
- заключение с анализом полученных результатов;
- список использованных источников.

Результаты расчетов должны быть представлены в международной системе единиц измерения СИ.

Графическая часть курсового проекта состоит из одного или двух листов, чертежей, на компьютере с помощью графопостроителя на формате А1. На чертежах должен быть представлен общий вид котельного агрегата продольным и поперечным разрезами. Поперечный разрез рекомендуется делать совмещенным по топочной камере и конвективному газоходу.

Критерии оценки курсового проекта

Курсовой проект считается выполненной, если студент набрал проходной балл, который составляет половину максимального количества баллов.

Для оценивания работы прилагается эталон и шкала оценок:

Оценка «5» – работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» – работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» – работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» – допущены две (и более) существенные ошибки в ходе работы, которые студент не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Паровой котел - система поверхностей нагрева для производства пара из непрерывно - поступающей в него воды путем использования теплоты, выделяющейся при сжигании топлива.

Котельная установка – это паровой котел и весь комплекс оборудования, обеспечивающих работу парового котла (топливоприготовительные устройства, питательные насосы, дымососы, и др.).

Горение представляет собой реакцию соединения горючих элементов топлива (углерод, водород, сера) с окислителем – кислородом воздуха.

При работе котла неизбежны потери, поэтому степень экономического совершенства парового котла характеризуется его КПД. Для определения КПД составляют тепловой баланс, под которым понимают распределение выделившейся теплоты при сгорании топлива на полезную часть для получения пара требуемых параметров и на тепловые потери.

Пароперегреватели предназначены для перегрева поступающего в него насыщенного пара до заданной температуры. По виду тепловосприятия различают – конвективные, радиационные, полурadiационные.

Водяные экономайзеры предназначены для восполнения потерь питательной воды. Подразделяются на два типа – кипящие и некипящие.

Воздухоподогреватели предназначены для восполнения потерь воздуха, для поддержания температуры горения продуктов сгорания. Различают – рекуперативные и регенеративные.

Теплота сгорания – это количество теплоты, выделяемой при полном сгорании единицы массы, кДж/кг, объема, топлива.

Объем воздуха необходимый для полного сгорания топлива, определяют для твердых и жидких топлив на основании составления реакций горения горючих элементов топлива.

При работе котла под разрежением, создаваемым дымососами, происходит подсос в газовый тракт холодного воздуха из окружающей среды через возникающие неплотности в местах сопряжения отдельных элементов котла.

За счет этого расчет избыток воздуха объем продуктов сгорания постепенно увеличивается, снижается температура газов. Присосы определяются в долях от теоретически необходимого объема воздуха.

Расчет энтальпий продуктов сгорания необходим для определения тепловосприятия поверхностей нагрева и изменения теплосодержания газового потока.

Паровое регулирование основано на снижении энтальпии пара либо путем отбора от чего части теплоты и передачи, этой теплоты питательной воде, либо путем впрыска в пар обессоленной воды и затраты на ее испарение

1. Задан состав топлива по методичкам.
2. Если топливо задано в горючей смеси, то для дальнейших расчетов его надо пересчитать на рабочую массу. После пересчета заносим данные в таблицу 2.

Переход от одной массы к другой осуществляется с помощью коэффициентов пересчёта:

Исходная масса	Искомая масса		
	Рабочая	Сухая	Горючая
Рабочая	1	$\frac{100}{100 - W^p}$	$\frac{100}{100 - (W^p + A^p)}$
Сухая	$\frac{100 - W^p}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^c}$
Горючая	$\frac{100 - (W^p + A^p)}{100}$	$\frac{100 - A^c}{100}$	1

Таблица 2. Характеристика топлива

Наименование, обозначение, размерность	Величина
Содержание углерода на рабочую массу C^p , %	
Содержание водорода на рабочую массу H^p , %	
Содержание серы на рабочую массу S^p , %	
Содержания азота на рабочую массу N^p , %	
Содержание кислорода на рабочую массу O^p , %	
Зольность на рабочую массу A^p , %	
Влажность на рабочую массу W^p , %	
Низшая теплота сгорания Q_n^p , ккал/кг	
Низшая теплота сгорания Q_n^p , МДж/кг	
Приведенная влажность W^p , %·кг/МДж	
Приведенная зольность A^p , %·кг/МДж	
Температуры плавкости золы, °C	
t_1	
t_2	
t_3	
Выход летучих веществ V^g или daf , %	

3. Рассчитываем теоретические объемы воздуха и продуктов сгорания (данные заносим в таблицу 3).

Таблица 3.

Наименование, обозначение	Расчетная формула	Величина
Объем воздуха, V_B^O	$0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p$	
Объем трехатомных газов, V_{RO_2}	$0,01866 \cdot (C^p + 0,375 S^p)$	
Объем азота, V_{N_2}	$0,79 V_B^O + 0,008 N^p$	
Объем водяных паров, $V_{H_2O}^O$	$0,111 \cdot H^p + 0,0124 W^p + 0,0161 \cdot V_B^O$	
Объем продуктов сгорания, V_Γ^O	$V_{RO} + V_{N_2}^O + V_{H_2O}^O$	

4. Рассчитываем энтальпию продуктов сгорания (данные заносим в таблицу 4, используя формулы и табличные значения по теплоемкостям)

$t^{\circ}C$	$(CU)_{RO}$	$(CU)_{HO}$	$(CU)_N$	$(CU)_B$
100	169	151	130	132
200	357	304	260	266

300	559	463	392	403
400	772	626	527	542
500	996	794	664	684
600	1222	967	804	830
700	1461	1147	946	979
800	1704	1335	1093	1130
900	1951	1524	1243	1281
1000	2202	1725	1394	1436
110	2457	1926	1545	1595
1200	2717	2131	1695	1754
1300	2976	2350	1850	1913
1400	3240	2558	2009	2076
1500	3504	2779	2164	2239
1600	3767	3001	2323	2403
1700	4035	3227	2482	2566
1800	4303	3458	2642	2729
1900	4571	3688	2805	2897
2000	4843	3926	2964	3064
2100	5115	4161	3127	3232
2200	5387	4399	3290	3399

$$H_{\Gamma}^0 = V_{RO} (CU)_{RO} + V_N (CU)_N + V_{HO} (CU)_{HO}$$

$$H_B^0 = V_B^0 (CU)_B$$

Таблица 4

$\vartheta, ^\circ\text{C}$	$H_{\Gamma}^O,$ кДж/кг	$H_B^O,$ кДж/кг	$H_{\Gamma} = H_{\Gamma}^O + (\alpha - 1)H_B^O$					
			Топка и ширмы $\alpha=1,2$	П/п $\alpha=1,23$	ВЭК II ст $\alpha=1,25$	ВЗП II ст $\alpha=1,28$	ВЭК I ст $\alpha=1,3$	ВЗП I ст $\alpha=1,33$
2200								
2100								
2000								
1900								
1800								
1700								
1600								
1500								
1400								
1300								
1200								
1100								
1000								
900								
800								
700								
600								
500								
400								
300								
200								
100								

При $\alpha=1,2$ рассчитывается от 1000^0 до 2200^0

При $\alpha=1,23$ рассчитывается от 500^0 до 900^0

При $\alpha=1,25$ рассчитывается от 400^0 до 700^0

При $\alpha=1,28$ рассчитывается от 300^0 до 600^0

При $\alpha=1,3$ рассчитывается от 200^0 до 500^0

При $\alpha=1,33$ рассчитывается от 100^0 до 300^0

5. По данным таблицы 4, чертим на миллиметровке диаграмму для дальнейших вычислений.

6. Рассчитываем объемы продуктов сгорания, объемные доли 3-х атомных газов и концентрации золы (данные заносим в таблицу 5)

Таблица 5.

Величина и расчетная формула	Топка и ширма	П/п	ВЭК II ст	ВЗП II ст	ВЭК I ст	ВЗП I ст
Коэффициент избытка воздуха за поверхностью нагрева, α''	1,2	1,23	1,25	1,28	1,3	1,33
Средний коэффициент избытка воздуха в поверхности нагрева, α_{CP}	1,175	1,215	1,24	1,265	1,29	1,315
Объем водяных паров, $V_{H_2O} = V_{H_2O}^O + 0,0161(\alpha_{CP} - 1)V_B^O$						
Полный объем газов, $V_{\Gamma} = V_{\Gamma}^O + 1,0161(\alpha_{CP} - 1)V_B^O$						
Объемная доля водяных паров, $r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{\Gamma}$						
Объемная доля трехатомных газов, $r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_{\Gamma}$						
Доля трехатомных газов и водяных паров, $r_{II} = r_{H_2O} + r_{RO_2}$						
Масса дымовых газов, $G = 1 - 0,01A^P + 1,306\alpha_{CP}V_B^O$						
Безразмерная концентрация золовых частиц, $\mu_{зл} = \frac{A^P \cdot \alpha_{зл}}{100 \cdot G}$, при $\alpha_{зл} = 0,95$						

7. Производим расчет теплового баланса, используя литературу (данные заносим в таблицу 6)

Таблица 6. Тепловой баланс

Наименование, обозначение, размерность	Расчетная формула (способ определения)	Величина
Температура уходящих газов $\vartheta_{ух}$, °C	[2 дополнит источник, с.14, табл. 1.4]	
Энтальпия уходящих газов $H_{ух}$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Температура топлива $t_{тл}$, °C	[2 дополнит источник. с.26]	20
Теплоемкость сухой массы топлива $C_{тл}^c$, кДж/кг·K	[2 дополнит источник. с.26]	Для каменных углей -1,09. Для бурых углей-1,13

Теплоемкость топлива $C_{\text{ТЛ}}$, кДж/кг·К	$0,042W^p + C_{\text{ТЛ}}^c(1-0,01W^p)$	
Физическая теплота топлива $Q_{\text{ТЛ}}$, кДж/кг	$C_{\text{ТЛ}} \cdot t_{\text{ТЛ}}$	
Располагаемое тепло топлива $Q_{\text{р}}^p$, кДж/кг, <u>примечание:</u> перевести МДж в кДж $Q_{\text{н}}^p$	$Q_{\text{н}}^p + Q_{\text{ТЛ}}$	
Температура воздуха, подогретого вне котла $t_{\text{хв}}$, °С	принята	30
Энтальпия холодного воздуха $H_{\text{хв}}^o$, кДж/кг	$1,32 \cdot t_{\text{хв}} \cdot V_{\text{в}}^o$	
Потери тепла с уходящими газами Q_2 , кДж/кг, <u>примечание:</u> $\alpha_{\text{yx}} = 1,33$	$(H_{\text{yx}} - \alpha_{\text{yx}} \cdot H_{\text{хв}}^o) \times (100 - q_4) / 100$	
“ ” q_2 , %	$Q_2 \cdot 100 / Q_{\text{р}}^p$	
Потери тепла с химическим недожогом q_3 , %	[2 дополнит источник, с.36, табл. 4.6]	0
“ ” Q_3 , кДж/кг	[2 дополнит источник, с.36, табл. 4.6]	0
Потери тепла с механическим недожогом q_4 , %	[2 дополнит источник, с.36, табл. 4.6]	0,5-1
“ ” Q_4 , кДж/кг	$Q_{\text{р}}^p \cdot q_4 / 100$	
Потери тепла от наружного охлаждения через внешние поверхности котла q_5 , %. <u>Примечание:</u> $D_{\text{ном}}$ перевод паропроизводительности из т/ч в кг/с	$(60/D_{\text{ном}})^{0,5} / \lg D_{\text{ном}}$	
“ ” Q_5 , кДж/кг	$q_5 \cdot Q_{\text{р}}^p / 100$	
Потери тепла с физической теплотой шлака q_6 , %	[2 дополнит источник. с.28]	0
“ ” Q_6 , кДж/кг	[2 дополнит источник. с.28]	0
КПД брутто котла $\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}$, %	$100 - \sum q_i$	
Полезно использованное тепло $Q_{\text{ка}}$,	$Q_{\text{р}}^p - \sum Q_i$	
Полный расход топлива, B , кг/ч, <u>примечание:</u> перевести МДж в кДж $Q_{\text{н}}^p$; $\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}} / 100$	$D_{\text{ном}}(h_{\text{пп}} - h_{\text{пв}}) / Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}$	
Расчетный расход топлива, $B_{\text{р}}$, кг/ч	$B_{\text{р}} = B \cdot [(100 - q_4) / 100]$	
Коэффициент сохранения теплоты, ϕ	$1 - [q_5 / (\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}} + q_5)]$	

Примечание: предварительный подогрев воздуха от 30°С до 55°С осуществляется рециркуляцией части горячего воздуха на всас дутьевых вентиляторов. В этом случае подогрев воздуха происходит за счет теплоты продуктов сгорания собственно котла, поэтому в уравнении теплового баланса этот подогрев не учитывается, а расчет потерь теплоты с уходящими газами производится от температуры холодного воздуха $t_{\text{хв}} = 30^\circ\text{С}$.

$h_{\text{пп}} = 3432,5$ – энтальпия перегретого пара

$h_{\text{пв}} = 961,4$ – энтальпия питательной воды

8. Производим расчет топочной камеры (данные заносим в таблицу 7)

Таблица 7.

Наименование, обозначение, размерность	Расчетная формула (способ определения)	Величина
Объем топочной камеры $V_{\text{т}}$, м ³	По конструктивным характеристикам	3551 для 640, 2850 для 420 и 320

Полная лучевоспринимающая поверхность топки $H_{\text{л}}^{\text{T}}, \text{м}^2$	По конструктивным характеристикам	1400 для 640, 890 для 420 и 320
Полная поверхность стен $F_{\text{ст}}, \text{м}^2$	По конструктивным характеристикам	1895 для 640, 948 для 420 и 320
Степень экранизации топки ψ	$H_{\text{л}}^{\text{T}} / F_{\text{ст}}$	
Поправочный коэффициент β , А- температурный коэффициент для твердых топлив 1100	A / v_{T}	
Температура газов на выходе из топки v_{T} , <u>примечание:</u> t_1 берется из характеристики топлива	$t_1 - 100$	
Условный коэффициент загрязнения поверхности ζ	[2 дополнит источник, табл. 4.8]	0,45-0,50
Степень черноты факела a_{T}	$\zeta * \beta$	
Коэффициент избытка воздуха в топке α_{T}	[2 дополнит источник, табл. 1.7]	
Присосы воздуха в топку $\Delta \alpha_{\text{T}}$	[2 дополнит источник, табл. 1.8]	
Присосы воздуха в пылесистему $\Delta \alpha_{\text{пл}}$	[2 дополнит источник, стр 18]	
Температура горячего воздуха $t_{\text{г.в}}$	[2 дополнит источник, табл. 1.6]	
Энтальпия горячего воздуха $H_{\text{г.в.}}^0$	HV-диаграмма	
Энтальпия холодного воздуха $H_{\text{х.в.}}^0$	$1,32 * t_{\text{хв}} * V_{\text{в}}^0$	
Отношение количества воздуха на выходе из воздухоподогревателя к теоретически необходимому β''	$\alpha_{\text{T}} - \Delta \alpha_{\text{T}} - \Delta \alpha_{\text{пл}}$	
Тепло, вносимое с воздухом $Q_{\text{в}}$	$\beta'' * H_{\text{г.в.}}^0 + (\Delta \alpha_{\text{T}} + \Delta \alpha_{\text{пл}}) * H_{\text{х.в.}}^0$	
Энтальпия газов на выходе из топки H_{T} , находится при температуре газов на выходе из топки v_{T}	HV-диаграмма	
Тепло, переданное излучение в топке $Q_{\text{л}}$	$\varphi * (Q_{\text{T}} - H_{\text{T}})$	
Полное тепловыделение в топке Q_{T}	$Q_{\text{р}}^{\text{P}} * (100 - q_3 - q_6 / 100) + Q_{\text{в}}$	
Тепловая нагрузка лучевоспринимаемой поверхности нагрева q_{T}	$(B_{\text{р}} * Q_{\text{л}}) / H_{\text{л}}^{\text{T}}$	
Видимое тепловыделение топочного объема $q_{\text{T}}^{\text{в}}$, <u>примечание</u> -низшая теплота сгорания берется в кДж	$(B_{\text{р}} * Q_{\text{н}}^{\text{P}}) / V_{\text{T}}$	
Коэффициент, учитывающий загрязнение ширм, расположенных в выходном окне топки $\psi_{\text{ок}}$	$\Psi * \zeta$	
Эффективная толщина излучаемого слоя в топочной камере S , мм	$(3,6 * V_{\text{T}}) / F_{\text{ст}}$	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами $kg_{\text{гп}}$, 1/ММПа	$\left(\frac{7,8 + 1,6 * r_{\text{н2о}}}{\sqrt{r_{\text{n}}} * S} - 1 \right) * \left(1 - 0,38 * \frac{V_{\text{ср}} + 273}{1000} \right) *$	
Коэффициент ослабления лучей золовыми частицами $k_{\text{злзл}}$, 1/ММПа <u>примечание:</u> _____, μ -безразмерная концентрация золовых частиц из расчетов, _____ - эффективный диаметр		

золотых частиц=16, $v_{т''}$ - температура газов на выходе из топки из расчетов		
Коэффициент ослабления лучей частицами горячего кокса K_k	[2 дополнит источник.43]	
Условный коэффициент загрязнения поверхности ζ	[2 дополнит источник, табл. 4.8]	
Коэффициент ослабления лучей топочной средой k , <u>примечание</u> $p=1$	$(k_{гп} + K_k + k_{зл,зл}) \cdot p \cdot S$	
Число Больцмана для камеры сгорания B_0	$\frac{10^{11} \cdot \varphi \cdot B_p \cdot C_{cp}}{5,67 \cdot \xi \cdot F_{cm} \cdot \nu^3}$	
Диаметр внутренних экранных труб d_1/δ	По конструктивным характеристикам	60/6
Шаг между трубами экрана S , мм	По конструктивным характеристикам	64
Температура газов на выходе из топки (камеры сгорания)	$v_{т''} = v_a / [1 + (0,4 / B_0^{0,6})]$	

9. Рассчитываем ступени пароперегревателей, используя литературу (данные заносим в таблицы)

Вторая ступень пароперегревателя (средние ширмы)

Таблица 8.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	38/29 для 640, 29/20 для 420, 25/15 для 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	52/45 для 640, 45/38 для 420, 38/31 для 320
Число рядов по глубине, z_2	по конструктивным характеристикам	58 для 640, 42 для 420, 38 для 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	804 для 640, 725 для 420, 680 для 320
Лучевоспринимающая поверхность нагрева $F_{л''}$, м ²	по конструктивным характеристикам	103 для 640, 95 для 420, 87 для 320
Расчетная поверхность нагрева H_p , м ²	$H - F_{л''}$	
Сечение для прохода газа, f_g , м ²	по конструктивным характеристикам	169 для 640, 153 для 420, 148 для 320
Сечение для прохода пара, $f_{п}$, м ²	по конструктивным характеристикам	0,173 для 640; 0,157 для 420; 0,145 для 320
Дополнительная поверхность нагрева $H_{доп}$, м ²	по конструктивным характеристикам	56 для 640, 48 для 420, 36 для 320
Температура газов на входе, ϑ'_g , °C	Из расчета топки при температуре газов на выходе из топки $v_{т''}$	
Энтальпия газов на входе, H'_g , кДж/кг	HV-диаграмма	

Эффективная толщина излучающего слоя S , мм	Из расчетных характеристик	2,92 для 640; 1,87 для 420 и 320
Число лент по ширине n , шт	по конструктивным характеристикам	13 для 640, 10 для 420, 8 для 320
Температура пара на входе t' , °C	Задается	420 для 640, 280 для 420 и 320
Давление пара на входе P' , МПа	Задается	2,55
Энтальпия пара на входе h' , кДж/кг	(3. табл. III)	3284,5 для 640; 2945,5 для 420 и 320
Температура пара на выходе t'' , °C	Задается	540 для 640, 480 для 420 и 320
Давление пара на выходе P'' , МПа	Задается	2,55
Энтальпия пара на выходе h'' , кДж/кг	(3. табл. III)	3551 для 640, 3212 для 420 и 320
Тепловосприятие пароперегревателя Q_6 , кДж/кг	$D_{вп}(h'' - h')/B_p$	
Расход вторичного пара $D_{вп}$; <u>примечание</u> - перевести т/ч в кг/с	550 т/ч для 640, 330 т/ч для 420, для 320 – 230 т/ч	
Энтальпия газов на выходе $H'_г$, кДж/кг, примечание $\Delta\alpha = 0,03$	$H'_г + \Delta\alpha + H^0_{х.в.} - (Q_6/\varphi)$	
Температура газов на выходе $\vartheta''_г$	HV- диаграмма	
Средняя температура газов, $\vartheta^{cp}_г$, °C	$(\vartheta'_г + \vartheta''_г)/2$	
Средняя скорость газов, $w_г$, м/с; <u>примечание</u> $V^г$ - выход летучих веществ из характеристики топлива	$B_p \cdot V^г \cdot (\vartheta^{cp}_г + 273)/3,6 \cdot f_г \cdot 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, $\alpha_к$, Вт/м ² ·К	(2 дополнит источник, табл. 6.1)	
Средний удельный объем $V^{cp}_п$, м ³ /кг	(3. табл. III)	0,02157 для 640; 0,01955 для 420 и 320
Средняя температура пара, t_{cp} , °C	$(t' + t'')/2$	
Средняя скорость пара, $w_п$, м/с,	$(D_{вп} \cdot V^{cp}_п)/(f_п \cdot 3,6)$	
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, α_2 , Вт/м ² ·К	[2 дополнит источник. табл. 6.1]	
Коэффициент загрязнения, ε , м ² ·К/Вт	[2 дополнит источник. табл. 6.1]	
Коэффициент ослабления лучей 3-атомными газами $K_г$	$\left(\frac{0,8 + 1,6 \cdot r_{н20}}{\sqrt{r_n} \cdot S} \right) \cdot \left(1 - 0,38 \cdot \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Температура загрязненной стенки, t_3 , °C	$t_{cp} + [(\varepsilon + 1/\alpha_2)((B_p Q_6)/(H_p \cdot 4,18))]$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_л$, Вт/м ² ·К	[2 дополнит источник. табл. 6.1]	
Коэффициент теплопередачи, k , Вт/м ² ·К	$(\alpha_к + \alpha_л)/[1 + (\varepsilon + 1/\alpha_2)(\alpha_к + \alpha_л)]$	
Средний температурный напор, Δt_{cp} , °C	$\vartheta^{cp}_г - t_{cp}$	
Тепловосприятие по уравнению		

теплопередачи, Q_T , кДж/кг	$(H \cdot k \cdot \Delta t_{cp}) / B_p \cdot 1000$	
Невязка II ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_T) / Q_6] \cdot 100\%$	

Первый регулятор перегрева впрыском

Таблица 9

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Температура пара на входе t'_n , °C	задается	450 для 640, 370 для 420 и 320
Энтальпия пара на входе, h'_n , кДж/кг	(3. табл. II)	759,8 для 640; 689,8 для 420 и 320
Температура пара на выходе, t''_n , °C	$t' - 15$	
Энтальпия пара на выходе, h''_n , кДж/кг	[3. табл. II]	752,2 для 640; 683,2 для 420 и 320
Количество впрыскиваемого конденсата $D_{впр}$, т/ч, где $h_{впр} = 389,2$	$D(h'_n - h''_n) / (h'_n - h_{впр})$	

Ширмовые перегреватели представляют систему труб с малым шагом, образующую плоскую ленту, имеющую входной и выходной коллекторы. По расположению в топке делятся на горизонтальные и вертикальные. Выбор конструкции ширмы во многом зависит от разности температур газов до ширмы и после нее, числа ширм, особенностей сжигаемого топлива.

Конвективные перегреватели имеют змеевиковую поверхность нагрева с входным и выходным коллекторами. Число труб в одном змеевике может достигать шести. Располагаются змеевиковые поверхности перегревателя в горизонтальном и опускном газоходах.

Экономайзер имеет поверхность змеевикового типа, располагается в конвективном опускном газоходе. Схема движения воды по отношению к продуктам сгорания- противоточная, обтекание труб газами- поперечное, компоновка труб- шахматная или коридорная. Различают одно- и двухступенчатые экономайзеры.

Вторая ступень пароперегревателя (крайние ширмы)

Таблица 10

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	38/29 для 640, 29/20 для 420, 25/15 для 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	52/45 для 640, 45/38 для 420, 38/31 для 320
Число рядов по глубине, z_2	по конструктивным характеристикам	58 для 640 37 для 420 и 320
Поверхность нагрева, H , m^2	по конструктивным характеристикам	714 для 640 596 для 420 и 320
Лучевоспринимающая поверхность нагрева, $F_{л}^{ш}$, m^2	по конструктивным характеристикам	91 для 640 78 для 420 и 320
Сечение для прохода газа, f_g , m^2	по конструктивным характеристикам	169 для 640 126 для 420 и 320
Сечение для прохода пара, f_p , m^2	по конструктивным характеристикам	0,152 для 640 0,139 для 420 и 320
Расчетная поверхность нагрева, H_p , m^2	$H \cdot F_{л}^{ш}$	
Температура газов на входе, ϑ'_g , °C	$\vartheta''_{топки}$	
Энтальпия газов на входе, H'_g кДж/кг	HV-диаграмма	
Температура пара на входе, t'_p , °C	задается	440 для 640, 350 для 420, 320 для 320
Энтальпия пара на входе, h'_p , кДж/кг	(3. табл 3)	3144,2 для 640; 2945 для 420; 2550 для 320
Энтальпия пара на выходе, h''_p , кДж/кг	(3. табл 3)	3328 для 640, 3144 для 420, 2960 для 320
Температура пара на выходе, t''_p , °C	задается	510 для 640, 460 для 420, 410 для 320
Тепловосприятие ширм на выходе из топки, $Q_{л}^{ш}$, кДж/кг, <u>примечание:</u> $Q_{л}^T$ берется из табл.7	$(Q_{л}^T F_{л}^{ш} \cdot \zeta \cdot \phi) / 737,6$	
Тепловосприятие ширм по балансу Q_6 , кДж/кг, где $D_{впр} = 45$ т/ч	$((D - D_{впр})(h''_p - h'_p) / B_p) - Q_{л}^{ш}$	

Энтальпия газов на выходе за ширмами, $H'_Г$, кДж/кг	$H'_Г + \Delta\alpha \cdot H_{\text{хв}}^0 - Q_6 / \phi$	
Температура газов за ширмами, $\vartheta'_Г$, °С	HV-диаграмма	
Средняя температура газов $\vartheta^{\text{cp}}_Г$, °С	$(\vartheta'_Г + \vartheta''_Г) / 2$	
Средняя температура пара, t_{cp} , °С	$(t'_П + t''_П) / 2$	
Средний удельный объем пара, $V_{\text{cp}}^П$, м/с	(3.табл 3)	0,0194
Средняя скорость газов $W_Г$,	$B_p V^Г (\vartheta^{\text{cp}}_Г + 273) / 3,6 \cdot f_Г \cdot 273$	
Средний температурный напор Δt_{cp} , °	$\vartheta_G^{\text{CP}} - t_{\text{CP}}$	
Средняя скорость пара $W_П$, м/с	$(D - D_{\text{впр}}) \cdot V_{\text{cp}}^П / 3,6 \cdot f_П$	
Тепловосприятие ширм по уравнению теплообмена, $Q_Г$, кДж/кг	$H \cdot k \cdot \Delta t_{\text{CP}} / B_p \cdot 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_Г) / Q_6] \cdot 100\%$	

Отводящие трубы заднего экрана

Таблица 11.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Температура газов перед трубами, $\vartheta'_Г$, °С	$(\vartheta''_{Г \text{ кр, шир}} + \vartheta''_{Г \text{ ср, шир}}) / 2$	
Энтальпия газов перед трубами, $H'_Г$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Температура газов за трубами, $\vartheta''_Г$, °С	$(\vartheta'_Г - 25)$	
Энтальпия газов за трубами, $H''_Г$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Тепловосприятие по балансу, Q_6 , кДж/кг	$(H'_Г - H''_Г) \phi$	

Второй регулятор перегрева впрыска

Таблица 12.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Температура пара на входе, $t'_П$, °С	задается	500 для 640, 450 для 420, 380 для 320
Энтальпия пара на входе, $h'_П$, кДж/кг	Ривкин $h'_П / 4,18$	3323 для 640, 3010 для 420 и 320
Температура пара на выходе, $t''_П$, °С	принимаем	478 для 640, 425 для 420, 390 для 320
Энтальпия пара на выходе, $h''_П$ кДж/кг	$h''_П / 4,18$	3258 для 640, 2945 для 420 и 320
Энтальпия впрыскиваемого конденсата, $h_{\text{впр}}$, кДж/кг	[3. табл. III]	389,2
Количество впрыскиваемого конденсата, D_2 , т/ч	$D(h'_П - h''_П) / (h'_П - h_{\text{впр}})$	

Дополнительная поверхность

Таблица 13.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Поверхность нагрева $F, \text{м}^2$	По конструктивным характеристикам	106 для 640 85 для 420 и 320
Коэффициент теплоотдачи K_1 $\text{кДж/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$0,85 \cdot K$	
Средняя температура газов $\nu_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$(\nu'_{\text{ср,шир}} + \nu'_{\text{кр,шир}})/2$	
Средняя температура пара $t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$(t'_{\text{ср,шир}} + t'_{\text{кр,шир}})/2$	
Температурный напор $\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\nu_{\text{ср}} - t_{\text{ср}}$	
Тепловосприятие поверхности по уравнению теплообмена $Q_{\text{доп}}, \text{кДж/кг}$	$(H_p \cdot K_1 \cdot \Delta t) / B_p \cdot 1000$	

Третья ступень пароперегревателя

Таблица 14.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, $d_1/d_2, \text{мм/мм}$	по конструктивным характеристикам	38/26 для 640, 29/20 для 420, 25/15 для 320
Шаги труб, $S_1/S_2, \text{мм/мм}$	по конструктивным характеристикам	180/71 для 640, 175/68 для 420, 170/62 для 320
Число рядов по глубине, z_2	по конструктивным характеристикам	8 для 640, 6 для 420, 4 для 320
Поверхность нагрева, $H, \text{м}^2$	по конструктивным характеристикам	630 для 640, 590 для 420, 550 для 320
Сечение для прохода газа, $f_g, \text{м}^2$	по конструктивным характеристикам	98,7 для 640; 49,35 для 420; 39,4 для 320
Сечение для прохода пара, $f_p, \text{м}^2$	по конструктивным характеристикам	0,212 для 640; 0,198 для 420; 0,164 для 320
Температура газов на входе, $\theta'_g, ^\circ\text{C}$	На выходе из II ступени крайние ширмы	
Энтальпия газов на входе, $H'_g, \text{кДж/кг}$	HV- диаграмма	
Температура пара на входе, $t'_{II}, ^\circ\text{C}$	На выходе после второго регулятора	478 для 640, 389 для 420 и 320
Энтальпия пара на входе, $h'_{II}, \text{кДж/кг}$	(3. табл III)	3250,4 для 640; 2917,55 для 420 и 320
Температура пара на выходе, $t''_{II}, ^\circ\text{C}$	задается с последующим уточнением	540 для 640, 460 для 420 и 320
Энтальпия пара на выходе, $h''_{II}, \text{кДж/кг}$	[3. табл. III]	3387,1 для 640, 3125 для 420 и 320
Тепловосприятие ступеней по балансу, $Q_b, \text{кДж/кг}$ (при $D_{\text{впр}}=153$)	$[(h'' - h') \cdot (D - D_{\text{впр}})] / B_p$	

Тепловосприятие дополнительной поверхности, $Q_{\text{доп}}$, кДж/кг	По конструктивным характеристикам	50 для 640, 45 для 420 и 320
Теплосодержание газов на выходе, $H''_Г$, кДж/кг	$H'_Г - [(Q_6 + Q_{\text{доп}}) / \varphi]$	
Температура газов на выходе, $\vartheta''_Г$, °С	HV-диаграмма	
Средняя температура газов, $\vartheta_{Г\text{ ср}}$, °С	$(\vartheta''_Г + \vartheta'_Г) / 2$	
Средняя температура пара, $t_{\text{ср}}$, °С	$(t_{\text{п}}^{\perp} + t_{\text{п}}^{\parallel}) / 2$	
Средняя скорость пара, $w_{\text{п}}$, м/с (при $D_{\text{впр}}=14,5$)	$(D - D_{\text{впр}}) * V_{\text{ср}}^{\text{п}} / f_{\text{п}} * 3,6$	
Средний удельный объем $V_{\text{ср}}^{\text{п}}$	[3. табл. III]	0,02251 для 640; 0,01977 для 420 и 320
Средняя скорость газов, $w_Г$, м/с	$B_p * V^Г * (\vartheta_{Г\text{ ср}} + 273) / 3,6 * f_Г * 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, α_k , Вт/м ² *К	(2 дополнит источник стр 122)	
Коэффициент ослабления лучей 3-атомными газами $K_Г$	$\left(\frac{0,8 + 1,6 * r_{\text{н2о}}}{\sqrt{r_{\text{п}}} * S} \right) * \left(1 - 0,38 * \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, α_2 , Вт/м ² *К	[2 дополнит источник.табл.6.1]	
Коэффициент загрязнения ε , м ² *К/Вт	[2 дополнит источник. табл.6.1]	
Температура поверхности загрязнения газом t_3 , °С	$t_{\text{ср}} + (\varepsilon + 1 / \alpha_2) [B_p * Q_6 / H_p]$	
Коэффициент теплоотдачи излучением. $\alpha_{\text{л}}$, Вт/м ² *К	[2 дополнит источник.табл.6.1]	
Коэффициент теплопередачи. k , Вт/м ² *К	$(\alpha_k + \alpha_{\text{л}}) / [1 + (\varepsilon + 1 / \alpha_2) (\alpha_k + \alpha_{\text{л}})]$	
Средний температурный напор. $\Delta t_{\text{ср}}$, °С	$\vartheta_{Г\text{ ср}} - t_{\text{ср}}$	
Тепловосприятие по уравнению теплообмена $Q_{\text{т}}$, кДж/кг	$(H * k * \Delta t_{\text{ср}}) / B_p * 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_{\text{т}} / Q_6)] * 100\%$	

Теплообменник

Таблица 15.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Температура пара на входе, $t'_{\text{п}}$, °С	Из III ступени	524 для 640, 459 для 420 и 320

Энтальпия пара на входе, h'_{II} , кДж/кг	(3. табл III)	810,3 для 640; 695,4 для 420 и 320
Объем тепла в теплообменнике Δh , кДж/кг	$h'_{II} - h''_{II}$	
Энтальпия пара на выходе, h''_{II} , кДж/кг	(3. табл III)	796,3 для 640; 681,4 для 420 и 320
Температура пара на выходе, t''_{II} , °C	задается	503 для 640, 438 для 420 и 320

Третий регулятор перегрева впрыска

Таблица 16.

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Температура пара на входе, t'_{II} , °C	Из теплообменника	503 для 640, 438 для 420 и 320
Энтальпия пара на входе, h'_{II} , кДж/кг	(3. табл III)	796,3 для 640; 681,4 для 420 и 320
Температура пара на выходе, t''_{II} , °C	принимается	490 для 640, 425 для 420 и 320
Энтальпия пара на выходе, h''_{II} , кДж/кг	(3. табл III)	767 для 640, 652,1 для 420 и 320
Количество впрыскиваемого конденсата $D_{впр}$, т/ч, где $h_{впр} = 389,2$	$\frac{D(h'_{II} - h''_{II})}{h'_{II} - h_{впр}}$	

Дополнительная поверхность

Таблица 17

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Поверхность нагрева F , м ²	По конструктивным характеристикам	50 для 640, 35 для 420 и 320
Коэффициент теплоотдачи K_2 кДж/м ² *°C	0,8* k	
Температурный напор Δt , °C	$t_{ср} - t_{ср}$	
Тепловосприятие поверхности по уравнению теплообмена $Q_{доп}$, кДж/кг	$[H_p * K_2 * \Delta t] / B_p * 1000$	

Четвертая ступень пароперегревателя

Таблица 18

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	38/26 для 640, 29/20 для 420, 25/15 для 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	90/67 для 640, 85/59 для 420, 80/55 для 320
Число рядов по глубине, z_2	по конструктивным характеристикам	14 для 640, 10 для 420, 6 для 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	870 для 640

		657 для 420 и 320
Сечение для прохода газа, f_g, m^2	по конструктивным характеристикам	76,7 для 640 47,7 для 420 и 320
Сечение для прохода пара, f_p, m^2	по конструктивным характеристикам	0,186 для 640 0,152 для 420 и 320
Температура газов на входе, $g'_g, ^\circ C$	Из III ступени пароперегревателя v''	
Энтальпия газов на входе, $H'_g, kДж/кг$	HV-диаграмма	
Температура пара на входе, $t'_p, ^\circ C$	задается	490 для 640, 450 для 420, 390 для 320
Энтальпия пара на входе, $h'_p, kДж/кг$	3, табл 2	3206,1 для 640; 2906,2 для 420; 2606,3 для 320
Температура пара на выходе, $t''_p, ^\circ C$	задается	524 для 640, 498 для 420, 472 для 320
Энтальпия пара на выходе, $h''_p, kДж/кг$	3, табл 2	3387,1 для 640; 3167,3 для 420; 2948,3 для 320
Тепло, воспринятое паром вследствие охлаждения газов, $Q_6, kДж/кг$	$[(h''_p - h'_p)D_{вп}]/B_p$	
Тепловосприятие дополнительной поверхности, $Q_{доп}, kДж/кг$	принимается	41,2 для 640; 38,4 для 420; 35,6 для 320
Энтальпия газов на выходе, $H''_g, kДж/кг$	$H'_g - [(Q_6 + Q_{доп})/\varphi]$	
Температура газов на выходе, $g''_g, ^\circ C$	HV-диаграмма	
Средняя температура газов, $v_{ср}, ^\circ C$	$(g''_g + g'_g)/2$	
Средняя температура пара, $t_{ср}, ^\circ C$	$(t''_p + t'_p)/2$	
Средняя скорость пара, $w_p, м/с$, где $D_{впр} = 14,5$	$(D - D_{впр}) * V_{ср}'' / f_p * 3,6$	
Средний удельный объем $V_{ср}''$	3, табл 3	0,02342 для 640; 0,001874 для 420 и 320
Средняя скорость газов, $w_g, м/с$	$B_p * V^g * (v_{ср}^g + 273) / 3,6 * f_g * 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, $\alpha_k, Вт/м^2 * К$	(2 дополнит источник табл 6.1)	
Коэффициент ослабления лучей 3-атомными газами Кг	$\left(\frac{0,8 + 1,6 * r_{n2o}}{\sqrt{r_n} * S} \right) * \left(1 - 0,38 * \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, $\alpha_2, Вт/м^2 * К$	(2 дополнит источник, стр 132)	
Коэффициент загрязнения, $\epsilon, м^2 * К/Вт$	(2 дополнит источник, стр 143)	
Эффективная толщина излучающего слоя $S_{мм}$	По конструктивным характеристикам	0,127 для 640; 0,108 для 420 и 320
Температура загрязненной стенки, $t_3, ^\circ C$	$t_{ср} + (\epsilon + 1/\alpha_2)[B_p Q_6 / H_p]$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_l, Вт/м^2 * К$	(2 дополнит источник, стр 141)	
Коэффициент теплопередачи, $k, Вт/м^2 * К$	$(\alpha_k + \alpha_l) / [1 + (\epsilon + 1/\alpha_2)(\alpha_k + \alpha_l)]$	
Средний температурный напор, $\Delta t_{ср},$	$v_{ср}^g - t_{ср}$	

$^{\circ}\text{C}$		
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, Q_T , кДж/кг	$(H \cdot k \cdot \Delta t_{cp}) / B_p \cdot 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_T) / Q_6] \cdot 100$	

Дополнительная поверхность

Таблица 19

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Поверхность нагрева $F, \text{м}^2$	По конструктивным характеристикам	55,3 для 640 32,7 для 420 и 320
Коэффициент теплоотдачи K_2 кДж/м 2 · $^{\circ}\text{C}$	$0,8 \cdot k \cdot 4,18$	
Температурный напор $\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	$t_{cp}^r - t_{cp}$	
Тепловосприятие поверхности по уравнению теплообмена $Q_{доп}$, кДж/кг	$(H_p \cdot K_2 \cdot \Delta t) / B_p \cdot 1000$	

Первая ступень первичного пароперегревателя противоток

Таблица 20

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	38/30 для 640, 29/27 для 420 и 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	90/91 для 640, 78/79 для 420 и 320
Число рядов по глубине, z_2	по конструктивным характеристикам	6 для 640, 4 для 420 и 320
Поверхность нагрева, $H, \text{м}^2$	по конструктивным характеристикам	746 для 640 425 для 420 и 320
Сечение для прохода газа, $f_r, \text{м}^2$	по конструктивным характеристикам	54,7 для 640 27,7 для 420 и 320
Сечение для прохода пара, $f_p, \text{м}^2$	по конструктивным характеристикам	0,265 для 640 0,189 для 420 и 320
Температура газов на входе, $\theta'_r, ^{\circ}\text{C}$	Из IV ступени на выходе	
Энтальпия газов на входе, H'_r , кДж/кг	HV-диаграмма	
Энтальпия пара на входе, h'_p , кДж/кг	3, табл 2	2647,2 для 640; 2157,6 для 420 и 320
Температура пара на входе, $t'_p, ^{\circ}\text{C}$	задается	348 для 640, 285 для 420 и 320
Энтальпия пара на выходе, h''_p , кДж/кг	3, табл 2	2865,9 для 640; 2385,6 для 420 и 320

Температура пара на выходе, $t''_п$, °C	задается	378 для 640, 328 для 420 и 320
Тепло, воспринятое паром вследствие охлаждения газов, Q_6 , кДж/кг (где $D_{впр}=153$)	$[(h''_п - h'_п)(D - D_{впр})]/B_p$	
Энтальпия газов на выходе, $H'_г$, кДж/кг	$H'_г - (Q_6 + Q_{доп}/\phi)$	
Тепловосприятие дополнительной поверхности, $Q_{доп}$, кДж/кг	принимаем	39,59 для 640; 32,5 для 420; 29,6 для 320
Температура газов на выходе, $\vartheta''_г$, °C	HV-диаграмма	
Средняя температура газов, $\vartheta^{cp}_г$, °C	$(\vartheta''_г + \vartheta'_г)/2$	
Средняя температура пара, t_{cp} , °C	$(t'_п + t''_п)/2$	
Средняя скорость пара, $w_п$, м/с (где $D_{впр}=57$)	$(D - D_{впр}) \cdot V_{cp}^п / f_п \cdot 3,6$	
Средний удельный объем $V_{cp}^п$	3, табл 3	0,0114 для 640; 0,0109 для 420 и 320
Средняя скорость газов, $w_г$, м/с	$B_p \cdot V^г \cdot (\vartheta^{cp}_г + 273) / 3,6 \cdot f_г \cdot 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, α_k , Вт/м ² ·К	2 дополнительный источник, стр 122	
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, α_2 , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник, стр 132	
Коэффициент загрязнения, ϵ , м ² ·К/Вт	2 дополнит источник, стр 143	
Температура загрязненной стенки, t_3 ,	$t_{cp} + [(\epsilon + 1/\alpha_2)(B_p Q_6 / H_p)]$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_{л}$, Вт/м ² ·К	2 дополнит источник, стр 141	
Коэффициент теплопередачи, k , Вт/м ² ·К	$(\alpha_k + \alpha_{л}) / [1 + (\epsilon + 1/\alpha_2)(\alpha_k + \alpha_{л})]$	
Средний температурный напор, Δt_{cp} ,	$\vartheta^{cp}_г - t_{cp}$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, Q_t , кДж/кг	$H \cdot k \cdot \Delta t_{cp} / B_p \cdot 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_t) / Q_6] \cdot 100\%$	

Поворотная камера

Таблица 21

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Лучевоспринимающая поверхность нагрева, $H_{л}$, м ²	по конструктивным характеристикам	140 для 640 72 для 420 и 320
Площадь стен поворотной камеры, $F_{ст}$, м ²	по конструктивным характеристикам	616 для 640 473 для 420 и 320
Объем поворотной камеры, V , м ³	по конструктивным характеристикам	906 для 640 720 для 420 и 320
Сечение для прохода пара, $f_п$, м ²	по конструктивным характеристикам	0,322 для 640 0,256 для 420 и 320
Средняя температура пара в поворотной камере, t_{cp} , °C	принимаем	350 для 640, 280 для 420 и 320

Средняя скорость пара, $w_{п}, \text{ м/с}, D_{впр}=61$	$(D-D_{впр}) \cdot V_{п}^{п} \text{ ср}/f_{п} * 3,6$	
Средний удельный объем $V_{ср}^{п}$	3, табл 3	0,01323 для 640; 0,01158 для 420 и 320
Тепло, переданное излучением в камеру, $Q_{доп}, \text{ кДж/кг}$	задаемcя с последующим уточнением	80 для 640 66 для 420 и 320
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, $\alpha_2, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	2 дополнит источник, стр 132	
Коэффициент загрязнения, $\epsilon, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	2 дополнит источник, стр 143	
Температура загрязненной стенки, $t_3, ^\circ\text{C}; Q_{л}$ берется как $Q_{доп}$	$t_{ср} + [(\epsilon + 1/\alpha_2)(B_p Q_{л}/H_{л})]$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_{л}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	2 дополнит источник, стр 141	
Тепло, переданное излучением, $Q_{л},$ кДж/кг	$\alpha_{л}(t_{ср} - t_3)H_{л}/B_p * 1000$	
Энтальпия газов за поворотной камерой, $H', \text{ кДж/кг}$; примечание для 640 H' перегретый п/п = 3432,5; для 420 и 320 H' перегретый п/п = 3051,7	$H'_{\text{перегретый п/п}} - Q_{л}/\phi$	
Температура газов за поворотной камерой, $\vartheta', ^\circ\text{C}$	HV-диаграмма	
Лучевоспринимающая поверхность п/п в поворотной камере $H_{л}^{пот}$	задается	98 для 640 67 для 420 и 320
Тепловосприятие потолочного пароперегревателя $Q_{л}^{пот}$, <u>примечание:</u> Q_T^3 берется из третьей ступени, $\zeta=0,45-0,50$; ϕ берется из табл. 6	$(Q_T^3 * H_{л}^{пот} * \phi * \zeta)/737,6$	
Тепловосприятие п/п на насыщенной стороне Q, <u>примечание:</u> $Q_{доп}^3$ берется из третьей ступени, $Q_{доп}^4$ берется из четвертой ступени	$Q_{доп}^3 + Q_{доп}^4 + Q_{пов}^к$	
Энтальпия пара на входе в I ступень п/п $H'_{ст.}, D_{впр}=37$	$H_{пп} + [Q * B_p / (D - D_{впр})]$	
Температура пара на входе в I ступень п/п $t'_{ст}$	HV - диаграмма	
Теплосодержание пара на входе в ширму $H'_{ш}, D_{впр}=57$, <u>примечание:</u> примечание для 640 $H'_{\text{перегретый п/п}}=$ 3432,5; для 420 и 320 $H'_{\text{перегретый п/п}}=$ 3051,7	$H'_{I \text{ ст. первич п/п}} + (\Sigma Q * B_p / (D - D_{впр}))$	
Температура пара на входе в ширму $t'_{ш}$	3, табл III	
Тепловосприятие п/п после I ступени ΣQ , <u>примечание:</u> $Q_{доп}^4$ берется из четвертой ступени	$Q_{доп}^4 + Q_{л}^{пот}$	

Вторичный пароперегреватель (выходная ступень), прямоток

Таблица 22

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, $d_1/d_2, \text{ мм/мм}$	по конструктивным характеристикам	43/44 для 640, 37/38 для 420 и 320

Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	120/65 для 640, 80/45 для 420 и 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	1924 для 640 1547 для 420 и 320
Сечение для прохода газа, f_g , м ²	по конструктивным характеристикам	71,8 для 640 54,8 для 420 и 320
Сечение для прохода пара, f_n , м ²	по конструктивным характеристикам	0,73 для 640 0,44 для 420 и 320
Энтальпия пара на входе, h'_n , кДж/кг	[3. табл. III]	3366,2 для 640; 3155,3 для 420 и 320
Температура пара на входе, t'_n , °C	задается	456 для 640, 388 для 420 и 320
Температура пара на выходе, t''_n , °C	задана	545 для 640, 456 для 420 и 320
Энтальпия пара на выходе, h''_n , кДж/кг	[3. табл. III]	3566,5 для 640; 2945,6 для 420 и 320
Тепловосприятие по балансу, Q_6 , кДж/кг	$(h''_n - h'_n)D_6 / B_p$	
Средняя температура пара, t^{cp} , °C	$(t'_n + t''_n) / 2$	
Средний удельный объем пара ϑ_{cp}^n	[3. табл. III]	0,02251 для 640; 0,01847 для 420 и 320
Температура газов на выходе, ϑ''_r , °C	HV-диаграмма	
Энтальпия газов на выходе, H''_r , кДж/кг	$H_r' + [(Q_6/\phi) - \Delta\alpha_{вп} \cdot H^0_{хв}]$	
Тепловосприятие обвязывающего змеевика, $Q^{обв}_6$, кДж/кг	принимается	231 для 640 145 для 420 и 320
Энтальпия газов на входе, H'_r , кДж/кг	H " поворотная камера	
Температура газов на входе, ϑ'_r , °C	u" поворотная камера	
Средняя температура газов, ϑ^{cp}_r , °C	$(\vartheta'_r + \vartheta''_r) / 2$	
Средняя скорость газов, w_r , м/с	$B_p \cdot V_r \cdot (\vartheta^{cp}_r + 273) / (3,6 \cdot f_r \cdot 273)$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, α_k , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Эффективная толщина излучающего слоя, S , м	$[0,9d_1(\pi \cdot S_1 \cdot S_2 / 4 \cdot d_2 - 1)] / 10^3$	
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов, $p_n S$, м·МПа	$r_n S$	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами, k_r , 1/м·МПа	$\left(\frac{0,8 + 1,6 \cdot r_{n2o}}{\sqrt{r_n} \cdot S} \right) * \left(1 - 0,38 \cdot \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Коэффициент ослабления лучей золовыми частицами, $k_{зл}$, 1/м·МПа	[1.140, рис.6.13]	
Средняя скорость пара, w_n , м/с	$D_{вп} \cdot V_{cp}^n / f_n \cdot 3,6$	
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, α_2 , Вт/м ² ·К	[2 дополнит источник. табл.6.1]	
Коэффициент загрязнения, ϵ , м ² ·К/Вт	[2 дополнит источник. табл.6.1]	
Температура загрязненной стенки, t_3 , °C	$t_{cp} + (\epsilon + 1/\alpha_2) B_p Q_6 / H$	

Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_{\text{л}}$, Вт/м ² ·К	[2 дополнит источник, табл.6.1]	
Коэффициент теплопередачи k , Вт/м ² ·К	$(\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}}) / [1 + (\varepsilon + 1/\alpha_2)(\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}})]$	
Средний температурный напор, $\Delta t_{\text{ср}}$,	$v^{\text{ср}}_{\text{г}} - t_{\text{ср}}$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, $Q_{\text{т}}$, кДж/кг	$(H \cdot k \cdot \Delta t_{\text{ср}}) / B_{\text{р}} \cdot 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_{\text{б}} - Q_{\text{т}}) / Q_{\text{б}}] \cdot 100\%$	

Обвязывающий змеевик

Таблица 23

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Поверхность нагрева $H_{\text{р}}$	По конструктивным характеристикам	240 для 640, 170 для 420 и 320
Коэффициент теплоотдачи $K_{\text{р}}$	0,8*К	
Тепловосприятие обвязывающего змеевика $Q_{\text{т}}$	$H_{\text{р}} \cdot K_{\text{р}} \cdot \Delta t / B_{\text{р}} \cdot 1000$	
Энтальпия газов за змеевиком $H_{\text{г}}''$	$H''_{\text{вых.ст}} - Q_{\text{т}}/\varphi$	
Температура газов за змеевиком v'' °С	HV- диаграмма	

Входная ступень вторичного пароперегревателя, противоток

Таблица 24

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	42/43 для 640; 35/33 для 420 и 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	120/65 для 640, 80/45 для 420 и 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	2000 для 640, 1750 для 420 и 320
Сечение для прохода газа, $f_{\text{г}}$, м ²	по конструктивным характеристикам	76,2 для 640; 48,2 для 420 и 320
Сечение для прохода пара, $f_{\text{п}}$, м ²	по конструктивным характеристикам	0,758 для 640; 0,457 для 420 и 320
Энтальпия пара на входе, $h'_{\text{п}}$, кДж/кг	[3. табл. III]	3106,6 для 640; 2784,5 для 420 и 320
Температура пара на входе, $t'_{\text{п}}$, °С	задается	340 для 640, 280 для 420 и 320
Температура пара на выходе, $t''_{\text{п}}$, °С	задана	456 для 640, 296 для 420 и 320
Энтальпия пара на выходе, $h''_{\text{п}}$, кДж/кг	[3. табл. III]	3366,2 для 640; 3044,1 для 420 и 320
Тепловосприятие по балансу, $Q_{\text{б}}$, кДж/кг	$D_{\text{вп}} (h''_{\text{п}} - h'_{\text{п}}) / B_{\text{р}}$	
Средняя температура пара, $t_{\text{ср}}$, °С	$(t'_{\text{п}} + t''_{\text{п}}) / 2$	
Средний удельный объем пара $\vartheta_{\text{ср}}^{\text{п}}$	[3. табл. III]	0,01722 для 640; 0,01288 для 420 и 320

Температура газов на выходе, $\vartheta''_Г$, °C	HV- диаграмма	
Энтальпия газов на выходе, $H''_Г$, кДж/кг	$H'_Г - (Q_6/\phi)$	
Энтальпия газов на входе, $H'_Г$, кДж/кг	Н " выходная ступень	
Температура газов на входе, $\vartheta'_Г$, °C	v" выходная ступень	
Средняя температура газов, ϑ_{cp} , °C	$(\vartheta'_Г + \vartheta''_Г) / 2$	
Средняя скорость газов, $w_Г$, м/с	$B_p \cdot V^Г \cdot (\vartheta_{cp} + 273) / 3,6 \cdot f_Г \cdot 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, α_k , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник, табл.6.1	
Эффективная толщина излучающего слоя, S, м	Из выходной ступени	8,7 для 640; 6,8 для 420 и 320
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов, $p_n S$, м·МПа	$r_n S$	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами, $k_Г$, 1/м·МПа	$\left(\frac{0,8 + 1,6 \cdot r_{n20}}{\sqrt{r_n} \cdot S} \right) \cdot \left(1 - 0,38 \cdot \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Средняя скорость пара, $w_{п}$, м/с	$D_{вп} \cdot V_{cp}^п / f_{п} \cdot 3,6$	
Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару, α_2 , Вт/м ² ·К	[2 дополнит источник. табл.6.1]	
Коэффициент загрязнения, ϵ , м ² ·К/Вт	[2 дополнит источник. табл.6.1]	
Температура загрязненной стенки, t_3 , °C	$t_{cp} + [(\epsilon + 1/\alpha_2)(B_p Q_6/H)]$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_{л}$, Вт/м ² ·К	[2 дополнит источник, табл.6.1]	
Коэффициент теплопередачи k , Вт/м ² ·К	$(\alpha_k + \alpha_{л}) / [1 + (\epsilon + 1/\alpha_2)(\alpha_k + \alpha_{л})]$	
Средний температурный напор, Δt_{cp} ,	$v_{cp} - t_{cp}$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, Q_T , кДж/кг	$(H \cdot k \cdot \Delta t_{cp}) / B_p \cdot 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_T) / Q_6] \cdot 100$	

Водяной экономайзер (вторая ступень)

Таблица 25

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	32/24 для 640, 27/19 для 420 и 320
Шаг труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	75/55 для 640, 54/34 для 420 и 320
Число рядов по ходу газов, z_2	по конструктивным характеристикам	14 для 640, 9 для 420 и 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	2138,5 для 640; 1755,5 для 420 и 320
Сечение для прохода газов, $f_Г$, м ²	по конструктивным характеристикам	67,3 для 640; 48,4 для 420 и 320
Температура газов на выходе, $\vartheta''_Г$,	задается	350 для 640, 285

°C		для 420 и 320
Энтальпия газов на выходе, $H''_Г$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Температура газов на входе, $\vartheta'_Г$, °C	v'' выходная ступень	
Энтальпия газов на входе, $H'_Г$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Тепловосприятие по балансу, Q_6 , кДж/кг	$(H_Г - H'_Г + \Delta \alpha H_{XB}) \varphi$	
Температура воды на входе, $t'_В$, °C	принимает	230 для 640, 175 для 420 и 320
Энтальпия воды на входе, $H'_В$, кДж/кг	[3. табл. III]	1019,1 для 640; 1004,3 для 420 и 320
Энтальпия воды на выходе, $H''_В$, кДж/кг	$H'_В + (Q_6 B_p / D) \cdot \dots$	
Температура воды на выходе, $t''_В$, °C	[3. табл. III]	
Средний температурный напор Δt_{cp} , °C	$(t^+ t^-) / 2$	
Коэффициент использования поверхности нагрева ξ , м ² ·К/Вт	[1.115, табл.6.1]	0,45-0,5
Средняя температура газов. $\vartheta^p_Г$, °C	$(\vartheta'_Г + \vartheta''_Г) / 2$	
Средняя скорость газов. w, м/с	$B_p \cdot V_Г \cdot (\vartheta^p_Г + 273) /$ $3,6 \cdot f_Г \cdot 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, α_k , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник ,стр 122	
Эффективная толщина излучающего слоя, S, мм	$0,9 d_1 (4 S_1 S_2 / \pi d_2 - 1)$	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами, $k_{ГП}$, 1/м·МПа	$\left(\frac{0,8 + 1,6 \cdot r_{H_2O}}{\sqrt{r_n} \cdot S} \right) * \left(1 - 0,38 * \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Температура загрязненной стенки, t_3 , °C	$t^p_В + 100$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_{л}$, Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент загрязнения, ϵ , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент теплопередачи, k , Вт/м ² ·К	$(\alpha_k + \alpha_{л}) / (1 + \epsilon (\alpha_k + \alpha_{л}))$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, $Q_Г$, кДж/кг	$(K \cdot H \cdot \Delta t_{cp}) / B_p \cdot 1000$	
Невязка ступени ΔQ	$[(Q_6 - Q_Г) / Q_6] \cdot 100$	

Воздухоподогреватель (вторая ступень)

Таблица 26

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	40/37 для 640, 28/25 для 420 и 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	60/42 для 640, 30/12 для 420 и 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	13300 для 640, 6650 для 420 и 320

Сечение для прохода газа, $f_{\Gamma}, \text{ м}^2$	по конструктивным характеристикам	34,9 для 640; 28,4 для 420 и 320
Сечение для прохода воздуха, $f_{\text{в}}, \text{ м}^2$	по конструктивным характеристикам	43,5 для 640; 27,3 для 420 и 320
Число рядов по ходу воздуха, z_2	по конструктивным характеристикам	54 для 640, 38 для 420 и 320
Температура воздуха на входе, $t'_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	принимается	240 для 640, 167 для 420 и 320
Энтальпия воздуха на входе, $H'_{\text{в}}, \text{ кДж/кг}$	3, табл. III	1386,44 для 640; 1127,5 для 420 и 320
Температура воздуха на выходе, $t''_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	задаётся с последующим уточнением	373 для 640, 289 для 420 и 320
Энтальпия воздуха на выходе, $H''_{\text{в}}, \text{ кДж/кг}$	3, табл. III	2875 для 640, 2616,1 для 420 и 320
Отношение количества горячего воздуха к теоретически необходимому, $\beta_{\text{ср}}$	$\alpha_{\text{т}} - \Delta\alpha_{\text{т}} - \Delta\alpha_{\text{пл}} + \Delta\alpha_{\text{вп}}/2$	
Тепловосприятие по балансу, $Q_{\text{б}}, \text{ кДж/кг}$	$\beta_{\text{ср}}(H''_{\text{в}} - H'_{\text{в}})$	
Средняя температура воздуха, $t^{\text{ср}}_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	$(t'_{\text{в}} + t''_{\text{в}})/2$	
Энтальпия воздуха при средней температуре, $H_{\text{ср}}, \text{ кДж/кг}$	$1,32 \cdot t^{\text{ср}}_{\text{в}} \cdot V^{\circ}_{\text{в}}$	
Температура газов на выходе, $\vartheta''_{\Gamma}, ^\circ\text{C}$	принимается	480 для 640, 380 для 420 и 320
Энтальпия газов на выходе, $H''_{\Gamma}, \text{ кДж/кг}$	HV-диаграмма	
Энтальпия газов на входе, $H'_{\Gamma}, \text{ кДж/кг}$	$H''_{\Gamma} + \left(Q_{\text{б}} / \varphi \right) \cdot \Delta\alpha_{\text{вп}} \cdot H_{\text{ср}}$	
Температура газов на входе, $\vartheta'_{\Gamma}, ^\circ\text{C}$	HV-диаграмма	
Средняя температура газов, $\vartheta^{\text{ср}}_{\Gamma}, ^\circ\text{C}$	$(\vartheta'_{\Gamma} + \vartheta''_{\Gamma})/2$	
Средняя скорость газов, $w_{\Gamma}, \text{ м/с}$	$V_{\text{р}} \cdot V_{\Gamma} \cdot (\vartheta^{\text{ср}}_{\Gamma} + 273) / (3,6 \cdot f_{\Gamma} \cdot 273)$	
Коэффициент теплоотдачи с газовой стороны, $\alpha_1, \text{ Вт/м}^2\text{К}$	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами $k_{\Gamma\text{п}}, 1/\text{м} \cdot \text{МПа}$	$\left(\frac{0,8 + 1,6 \cdot r_{\text{н2о}}}{\sqrt{r_{\text{н}}}} \cdot S \right) \cdot \left(1 - 0,38 \cdot \frac{V_2 + 273}{1000} \right)$	
Средняя скорость воздуха, $w_{\text{в}}, \text{ м/с}$	$V_{\text{р}} \cdot \beta_{\text{ср}} \cdot V^{\circ}_{\text{в}} (t^{\text{ср}}_{\text{в}} + 273) / (3,6 \cdot f_{\text{в}} \cdot 273)$	
Коэффициент теплоотдачи с воздушной стороны, $\alpha_2, \text{ Вт/м}^2\text{К}$	[2 дополнит источник .табл 6.1,]	
Коэффициент использования поверхности нагрева, $\varepsilon, \text{ м}^2\text{К/Вт}$	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент теплопередачи, $k, \text{ Вт/м}^2\text{К}$	$\varepsilon \cdot [\alpha_1 \cdot \alpha_2 / (\alpha_1 + \alpha_2)]$	
Средний температурный напор, $\Delta t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$(t'_{\text{в}} + t''_{\text{в}})/2$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, $Q_{\text{т}}, \text{ кДж/кг}$	$(H \cdot k \cdot \Delta t_{\text{ср}}) / V_{\text{р}} \cdot 1000$	

Воздухоподогреватель (первая ступень)

Таблица 27

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	40/37 для 640, 27/24 для 420 и 320
Шаги труб, S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	60/42 для 640, 30/12 для 420 и 320
Относительный поперечный шаг, σ_1	S_1/d_1	1,5 для 640; 0,9 для 420 и 320
Относительный продольный шаг, σ_2	S_2/d_1	1,05 для 640; 0,45 для 420 и 320
Число труб по ширине куба нижнего/верхнего, z_1	по конструктивным характеристикам	279/308 для 640, 253/230 для 420 и 320
Число труб по глубине куба нижнего/верхнего, z_2	по конструктивным характеристикам	98/104 для 640, 78/ 84 для 420 и 320
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	37620 для 640, 18810 для 420 и 320
Сечение для прохода газа, f_g , м ²	по конструктивным характеристикам	32,9 для 640; 26,7 для 420 и 320
Сечение для прохода воздуха, f_b , м ²	по конструктивным характеристикам	43 для 640, 36 для 420 и 320
Температура воздуха на входе, t'_B , °C	задана	55 для 640, 34 для 420 и 320
Энтальпия воздуха на входе, H'_B , кДж/кг	$1,32 \cdot V^\circ_B \cdot t_B$	
Температура воздуха на выходе t''_B , °C	задаемся с последующим уточнением	233 для 640, 212 для 420 и 320
Энтальпия воздуха на выходе, H''_B , кДж/кг	$c_B t_B$	
Отношение количества горячего воздуха к теоретически необходимому, β_{cp}	$\alpha_T - \Delta\alpha_T - \Delta\alpha_{пл} + \Delta\alpha_{вп} + (\Delta\alpha_{вп}/2)$	
Тепловосприятие по балансу, Q_6 , кДж/кг	$\beta_{cp} \cdot (H''_B - H'_B)$	
Средняя температура воздуха, t^{cp}_B , °C	$(t'_B + t''_B)/2$	
Энтальпия воздуха при средней температуре, H_{cp} , кДж/кг	$1,32 \cdot t^{cp}_B \cdot V^\circ_B$	
Температура газов на выходе, $\vartheta''_Г$, °C	Из второй ступени ВЗП	
Энтальпия газов на выходе, $H''_Г$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Энтальпия газов на входе, $H'_Г$, кДж/кг	$H''_Г + (Q_6/\varphi) - \Delta\alpha_{вп} \cdot H_{cp}$	
Температура газов на входе, $\vartheta'_Г$, °C	HV-диаграмма	
Средняя температура газов, $\vartheta^{cp}_Г$, °C	$(\vartheta'_Г + \vartheta''_Г)/2$	
Средняя скорость газов, $w_Г$, м/с	$V_p \cdot V_Г \cdot (\vartheta^{cp}_Г + 273) /$ $3,6 \cdot f_Г \cdot 273$	

Коэффициент теплоотдачи с газовой стороны, α_1 , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Средняя скорость воздуха, w_B , м/с	$B_p \cdot \beta_{cp} \cdot V_B^o (t_B^{cp} + 273) / 3,6 \cdot f_B \cdot 273$	
Коэффициент теплоотдачи с воздушной стороны, α_2 , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент использования поверхности нагрева, ε , м ² ·К/Вт	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент теплопередачи, k , Вт/м ² ·К	$\varepsilon \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 / (\alpha_1 + \alpha_2)$	
Средний температурный напор, $\Delta t_{cp}^{лог}$, °С	$\vartheta_{г}^{cp} - t_B^{cp}$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, Q_T , кДж/кг	$H \cdot k \cdot \Delta t_{cp}^{лог} / B_p \cdot 1000$	

Водяной экономайзер (первая ступень)

Таблица 28

Наименование, обозначение, размерность	Формула, способ нахождения	Величина
Диаметр труб, d_1/d_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	32/24
Шаг труб S_1/S_2 , мм/мм	по конструктивным характеристикам	75/46
Число рядов по ходу газов, z_2	по конструктивным характеристикам	32
Поверхность нагрева, H , м ²	по конструктивным характеристикам	3880
Сечение для прохода газов, $f_{г}$, м ²	по конструктивным характеристикам	51,5
Температура газов на выходе, $\vartheta_{г}'$, °С	HV-диаграмма	271
Энтальпия газов на выходе, $H_{г}'$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Температура газов на входе, $\vartheta_{г}'$, °С	задаемся с последующим уточнением	340
Энтальпия газов на входе, $H_{г}'$, кДж/кг	HV-диаграмма	
Тепловосприятие по балансу, Q_6 , кДж/кг	$(H_{г}' - H_{г}'' + \Lambda \alpha H_{XB}) \varphi$	
Температура воды на входе, t_B' , °С	[2 дополнит источник , табл.1]	
Энтальпия воды на входе, H_B' , кДж/кг	[3. табл. III]	
Энтальпия воды на выходе, H_B'' , кДж/кг	$H_B' + (Q_B B_p / D)$	
Температура воды на выходе, t_B'' , °С	[3. табл. III]	
Коэффициент использования поверхности нагрева, ξ , м ² ·К/Вт	2 дополнит источник .табл 6.1	
Средняя температура газов, $\vartheta_{г}^{cp}$, °С	$(\vartheta_{г}' + \vartheta_{г}'') / 2$	
Средняя скорость газов, w , м/с	$B_p \cdot V_{г} \cdot (\vartheta_{г}^{cp} + 273) / 3,6 \cdot f_{г} \cdot 273$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией, α_k , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Эффективная толщина излучающего слоя, S , мм	по конструктивным характеристикам	8,7

Суммарная поглощательная способность трехатомных, газов $r_{\Pi}S$, м·МПа	$r_{\Pi}S$	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами, $k_{r_{\Pi}}$, 1/м·МПа	$\left(\frac{0,8+1,6*r_{n2o}}{\sqrt{r_n}*S} \right) * \left(1-0,38*\frac{V_2+273}{1000} \right)$	
Коэффициент ослабления лучей золовыми частицами, $k_{зл}\mu_{зл}$, 1/м·МПа	2 дополнит источник .табл 6.1	64,5
Коэффициент ослабления лучей, k , 1/м·МПа	$k_{r_{\Pi}}+k_{зл}\mu_{зл}$	
Средняя температура воды, $t_{\text{в}}^{\text{ср}}$, °С	$(t'_{\text{в}}+t''_{\text{в}})/2$	
Температура загрязненной стенки, t_3 , °С	$t_{\text{в}}^{\text{ср}}+25$	
Коэффициент теплоотдачи излучением, $\alpha_{\text{л}}$, Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	
Коэффициент загрязнения, ε , Вт/м ² ·К	2 дополнит источник .табл 6.1	0,00045
Коэффициент теплопередачи, k , Вт/м ² ·К	$(\alpha_{\text{к}}+\alpha_{\text{л}})/(1+\varepsilon(\alpha_{\text{к}}+\alpha_{\text{л}}))$	
Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, $Q_{\text{т}}$, кДж/кг	$k*N\Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}}/B_p*1000$	

Темы курсовых проектов

1. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Ирша- Бородинского месторождения
2. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Черногорского месторождения
3. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Жс углем Артемовского месторождения
4. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Назаровского месторождения
5. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Татауровского месторождения
6. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Жс углем Олонь-Шибирского месторождения
7. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Итатского месторождения
8. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Абанского месторождения
9. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Джебарики-Хая месторождения
10. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Боготольского месторождения
11. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Черновского месторождения
12. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Нерюнгринского месторождения

13. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Березовского месторождения
14. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Харановского месторождения
15. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Кангаласского месторождения
16. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Забитуйского месторождения
17. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Баян-гольского месторождения
18. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Бикинского месторождения
19. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Черемховского месторождения
20. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Букачачинского месторождения
21. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Тарбагатайского месторождения
22. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Мугунского месторождения
23. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Райчихинского месторождения
24. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Павловского месторождения
25. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Азейского месторождения
26. Расчет котельного агрегата БКЗ -420-140 Ж с углем Каахемского месторождения
27. Расчет котельного агрегата БКЗ -320-140 Ж с углем Уртуйского месторождения
28. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Артемовского месторождения
29. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Харанорского месторождения
30. Расчет котельного агрегата БКЗ -640-140 ПТ-1 с углем Нерюнгринского месторождения

Список литературы:

Рекомендуемая литература:

Основные источники:

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Александров, А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара [Текст]: Справочник. Рек. Гос. Службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98. -2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 168 с.; ил.; 26 см. – 5000 экз. – ISBN 5-903072-43-7.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов. ПБ 1—574-03. – СПб.: Изд. ДЕАН, 2008.

Дополнительные источники:

1. Костерев Ф.М., Кушнырев В.И. Теоретические основы теплотехники :Учебник для энергетических и энергостроительных техникумов.- М.: Энергия-360 с.-40000 экз.
2. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф. Компоновка и тепловой расчет парового котла. Учеб.пособие-М:Энергоатомиздат, 1988-208сю ISBN 5-283-00015-X

Журналы:

Тепловые электрические станции;
Теплоэнергетика;
Энергетик;

Интернет – ресурсы:

1. Теплота - все для Теплотехника и Теплоэнергетика (Электронный ресурс). -Режим доступа: [http:// www.teplota.org.ua](http://www.teplota.org.ua) без регистрации. - Заглавие с экрана. Дата обращения: 25.03.2011.
2. Теплоэнергетическое оборудование (Электронный ресурс).- Режим доступа: <http://www.oborudka.ru> с регистрацией. - Заглавие с экрана. Дата обращения:25.03.2011.
3. Теплоэнергетика (Электронный ресурс). - Режим доступа: <http://www.teploenergetika.info>. с регистрацией. - Заглавие с экрана. Дата обращения 18.04.2011.

Приложение 1

					ППР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		