Государственное производственное объединение
электроэнергетики «Белэнерго»
Учреждение образования «Минский государственный
энергетический колледж»

Утверждаю
Директор МГЭК
С.М.Алексеев
02 2020

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Методическое пособие по курсовому проектированию
Для учащихся специальности
2-43 01 04 «Тепловые электрические станции»

Автор-преподаватель МГЭК
высшей категории Николаев В.И.

Рассмотрено, обсуждено и одобрено
предметной комиссией
теплотехнических дисциплин
Протокол № 5 от «18» 12 2020
Председатель предметной комиссии
Ю.П.Плеско

Минск 2020

Данное методическое пособие базируется на основании учебной программы по предмету «Котельные установки ТЭС» по специальности 2-43 01 04 предназначено для учащихся дневного и заочного обучения и ориентировано на оказание помощи в выполнении курсового проекта по паровым котлам ТЭС.

Автор – преподаватель МГЭК высшей категории Николаев В.И.

Курсовой проект выполняется в соответствии с бланком-заданием где указаны: тип парового котла, номинальная производительность и параметры перегретого пара, месторождение и марка топлива, температуры питательной воды, холодного и горячего воздуха, а также уходящих газов. В качестве дополнительных данных задаётся величина продувки.

Для последующего расчёта котла выбираются возможные присосы воздуха по газовому тракту, в соответствии с компоновкой котла и расположения поверхностей нагрева. Далее определяются теоретические и действительные объёмы воздуха и продуктов сгорания и их энтальпия, тепловой баланс, а затем выполняется расчёт теплообмена в топочной камере и других поверхностях нагрева в последовательности, соответствующей их расположения по ходу газов. Расчёт ведётся поперечным способом, при этом необходимо задаваться изменением температуры одной из теплообменивающихся сред (разностью температур на выходе и входе). Этим определяется тепловосприятие поверхности в первом приближении. Далее определяются температуры другой среды на концах поверхностей нагрева, температурный напор, скорости газов и рабочей сред и все другие величины, необходимые для вычисления теплового расчёта во втором приближении. При расхождении принятого и расчётного тепловосприятий выше допустимого повторяют расчёт для нового принятого тепловосприятия. В результате расчёта определяют тепловосприятие поверхности, а также температуры и энтальпии сред на входе и выходе и неё.

В записке приводятся краткие пояснения и обоснования выбираемых величин, расчётные формулы, порядок выполнения расчёта. Также содержится таблица объёмов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания, эскизы топки и пароперегревательного тракта, а также принципиальная тепловая схема его. Эскизные размеры приводятся в масштабном приближении.

Расчётно-пояснительная записка заканчивается уточнением баланса теплоты и сводной таблицей расчётных величин, где указываются основные показатели, характеризующие условия работы каждой поверхности нагрева.

Оформление расчётно-пояснительной записки и графической части проекта выполняется в соответствии с существующими ГОСТ и ЕСКД.

В данном методическом пособии приведена последовательность расчёта котельного агрегата, работающего на твёрдом топливе. При выполнении курсового проекта на газовом или мазутном топливе обращать внимание на сноски, в которых указаны особенности проведения их расчёта.

Пояснительная записка

Содержание пояснительной записки.

1. Краткое описание проектируемого парового котла.
2. Характеристика топлива
3. Выбор теоретического количества воздуха, необходимого для горения, коэффициента избытка воздуха на выходе из топки и присосов воздуха в газоходах котла и системе пылеприготовления.
4. Объёмы продуктов сгорания, объёмные доли трёхатомных газов, концентрация золовых частиц (таблица).
5. Составление $H-\theta$ таблицы и построение $H-\theta$ диаграммы.
6. Составление баланса теплоты парового котла, определение расчётного часового расхода топлива и коэффициента сохранения тепла.
7. Конструктивный и тепловой расчёты топки (поверочный).
8. Конструктивный и тепловой расчеты поверхностей нагрева: пароперегревателей, ступени экономайзера.
9. Определение расчётной невязки баланса теплоты парового котла.
10. Составление сводной таблицы теплового расчёта.
11. Список использованных источников.

Приложение: Графическая часть - 1 лист.

1. Краткое описание проектируемого котла (из справочных данных).

2. Расчётные характеристики топлива.

Задано топливо (дать полную расшифровку для твёрдых и жидких топлив, используя табл.1(1), и 1.1(2), 1.2(2)).

Рабочая масса топлива (табл.1(1))

$W^P=, A^P=, S^P=, C^P=, H^P=, N^P=, O^P=$, (суммарно должно составить 100 %)

Определяем:

- низшую теплоту сгорания на рабочую массу (при сжигании твёрдого и жидкого топлива).

$$Q_{H}^P = 0,339C^P + 1,03H^P - 0,109(O^P - S^P) - 0,025W^P, \text{ МДж/кг}$$

- теоретические объёмы воздуха и продуктов сгорания (при сжигании твёрдого и жидкого топлива).

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

$$V_{RO_2} = 0,0187(C^P + 0,375S^P), \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,111H^P + 0,0124W^P + 0,0161 V_B^0, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 V_B^0 + 0,008 N^P, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{\Gamma}^0 = V_{RO_2} + V_{H_2O}^0 + V_{N_2}^0, \text{ м}^3/\text{кг}$$

3. Выбор теоретического количества воздуха, необходимого для горения, коэффициента избытка воздуха на выходе из топки и присосов воздуха в газоходах котла и системе пылеприготовления.

Определение коэффициента избытка воздуха по газоходам котла.

$$\alpha_{\text{пп}} = \alpha_{\text{т}} + \Delta\alpha_{\text{п}}; \alpha_{\text{эк2}} = \alpha_{\text{пп}} + \Delta\alpha_{\text{эк}}; \alpha_{\text{вп2}} = \alpha_{\text{эк2}} + \Delta\alpha_{\text{вп}}; \alpha_{\text{эк1}} = \alpha_{\text{вп2}} + \Delta\alpha_{\text{эк}}; \alpha_{\text{вп1}} = \alpha_{\text{эк1}} + \Delta\alpha_{\text{вп}};$$

$\alpha_{\text{т}}$ – принимаем по таблицам XXVIII-XX [1], а присосы $\Delta\alpha_i$ приняты по таблице XVII [1] (количество присосов по газовому тракту котла – зависят от одно или двухступенчатой компоновки хвостовых поверхностей котла).

4. Определение объёма продуктов сгорания, объёмных долей трёхатомных газов и концентрации золовых частиц.

Величина и расчётная формула	Газоход					
	$\alpha_T = \dots$	$\alpha_{ПП} = \dots$	$\alpha_{ЭК2} = \dots$	$\alpha_{ВП2} = \dots$	$\alpha_{ЭК1} = \dots$	$\alpha_{ВП1} = \dots$
Объём водяных паров, м ³ /кг $V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0.0161(\alpha - 1)V_B^0$						
Полный объём газов, м ³ /кг $V_G = V_G^0 + 1.0161(\alpha - 1)V_B^0$						
Объёмная доля трёхатомных газов $\gamma_{RO2} = V_{RO2} / V_G$						
Объёмная доля водяных паров $\gamma_{H_2O} = V_{H_2O} / V_G$						
Доля трёхатомных газов и водяных паров $\gamma_{П} = \gamma_{RO2} + \gamma_{H_2O}$						
Безразмерная концентрация золовых частиц $\mu_{зл} = a_{УН} A^P / 100 G_r$						

Где $G_r = 1 - 0,01A^P + 1,306 \cdot \alpha_i \cdot V_B^0$

При выполнении курсового проекта на газо-мазутных топливах величина $\mu_{зл}$ не учитывается.

5. Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания и составление H-θ-таблицы и диаграммы (используя таблицу XV [1]).

$\theta, ^\circ\text{C}$	$\frac{H^0_G, \text{кДж}}{\text{кг}}$	$\frac{H^0_B, \text{кДж}}{\text{кг}}$	$C\theta_{зл}$	$\frac{H_{зл}, \text{кДж}}{\text{кг}}$	$H_G = H^0_G + (\alpha - 1) \cdot H^0_B + H_{зл},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$						
					$\alpha_T = \dots$	$\alpha_{ПП} = \dots$	$\alpha_{ЭК2} = \dots$	$\alpha_{ВП2} = \dots$	$\alpha_{ЭК1} = \dots$	$\alpha_{ВП1} = \dots$	

При расчете θ для твердых топлив – до 2000°, а для газомазутных топлив – до 2500°, причем колонки $C\theta_{зл}$ и $H_{зл}$ - не рассчитывать.

6. Расчёт теплового баланса котла

Рассчитываемая величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчёт
Располагаемое тепло топлива	Q_{P^P}	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$Q_{P^P} = Q_{H^P} + Q_{ТЛ} + Q_{ВНШ} + Q_{Ф} - Q_{К}$	
Температура уходящих газов	$\theta_{УХ}$	$^{\circ}\text{C}$	Принята по табл. 1.4.(2) или задана	
Энтальпия уходящих газов	$H_{УХ}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	По $H - \theta$ таблице	
Температура холодного воздуха	$t_{ХВ}^0$	$^{\circ}\text{C}$	Принята	
Энтальпия холодного воздуха	$H_{ХВ}^0$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$V_{В^0} \cdot C_{В} \cdot t_{ХВ}^0$	
Потери тепла от:				
химического недожога	q_3	%	Принято по табл. XXVIII-XX[1]	
механического недожога	q_4	%	Принято по табл. XXVIII-XX[1]	
с уходящими газами	q_2		$\frac{(H_{УХ} - \alpha_{УХ} \cdot H_{ХВ}^0) \cdot 100 - q_4}{Q_{P^P}}$	
от наружного охлаждения	q_5	%	$\frac{\left(\frac{60}{D_{ПП}}\right)^{0.5}}{\log D_{ПП}}$	
с физическим теплом шлаков	q_6		$\frac{a_{ШЛ}(C\theta_{ШЛ})A^P}{Q_{P^P}}$	
Доля злы в уносе	$a_{УН}$	-	Принято по табл. 4.6(2)	
Температура илака при твёрдом шлакоудалении	$\theta_{ШЛ}$	$^{\circ}\text{C}$	Принята	
Сумма тепловых потерь	$\sum q$	%	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$	
КПД котельного агрегата	$\eta_{КА}$	%	$100 - \sum q$	
Давление перегретого пара за котлом	$P_{ПП}$	МПа	Задано	
Давление в барабане	$P_{Б}$	МПа	$P_{ПП} + 0.05 P_{ПП}$	
Давление в экономайзере	$P_{ЭК}$	МПа	$P_{Б} + 0.1 P_{Б}$	
Температура перегретого пара	$t_{ПП}$	$^{\circ}\text{C}$	Задана	
Энтальпия перегретого пара	$h_{ПП}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	Принята по табл. XXV(1) при $P_{ПП}$	
Температура питательной воды	$t_{ПВ}$	$^{\circ}\text{C}$	Принята (задана)	
Энтальпия питательной воды	$h_{ПВ}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	Принята по табл. XXIV(1) при $P_{ЭК}$	
Энтальпия воды на линии насыщения	$h_{КИП}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	Принята по табл. XXIII(1) при $P_{Б}$	
Тепло, полезно использованное в котельном агрегате	$Q_{КА}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$D_{ПП}(h_{ПП} - h_{ПВ}) + D_{ПР}(h_{КИП} - h_{ПВ})$	
Паро-производительность	$D_{ПП}$	кг/с	Задано	
Величина продувки	$D_{ПР}$	кг/с	$1 \div 2 \% \text{ от } D_{ПП} \text{ (или принята)}$	
Полный расход топлива	B	кг/с	$\frac{Q_{КА} \cdot 100}{\eta_{КА} \cdot Q_{P^P}}$	
Расчётный расход топлива	B_P	кг/с	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	
Коэффициент сохранения тепла	ϕ	-	$1 - \frac{q_5}{\eta_{КА} + q_5}$	

7. Расчёт топочной камеры

Составляется эскиз топочной камеры на формате А4 (строится на основании чертежа или по рекомендации рис.4 стр.30[2]). Наносятся размеры.

7.1 Геометрический расчёт топки

Рассчитываемая величина	Обозначение и формула	Размерность	Расчёт
Площади поверхностей:			
Фронтальной стены	F_{Φ}	M^2	
Задней стены	F_3	M^2	
Боковой стены	F_B	M^2	
Потолка	$F_{\text{пот}}$	M^2	
Выходного окна	$F_{\text{окн}}$	M^2	
Пола	$F_{\text{пол}}$	M^2	
Суммарная площадь стен топки	$F_{\text{ст}} = F_{\text{ПОТ}} + F_{\Phi} + F_3 + 2F_B + F_{\text{ОКН}} + F_{\text{ПОЛ}}$	M^2	
Суммарная площадь стен топки закрытых экранами	$F_{\text{экр}} = F_{\Phi} + F_3 + 2F_B - F_{\text{ГОР}} + F_{\text{ПОЛ}}$	M^2	
Площадь горелочных устройств	$F_{\text{гор}} = (\pi d^2 / 4) \cdot n_{\text{ГОРЕЛОК}}$	M^2	
Объем топочной камеры	$V_m = F_B \cdot a$ (a – ширина топки)	M^3	
Диаметр и толщина стен труб экранов	$d \times \delta$ (приняты или заданы)	мм	
Шаги между трубами экранов	$S_{\text{ЭКР}}$	м	
Угловой коэффициент экранов	$X_{\text{экр}} = 1 - 0,2(S_{\text{ТР}}/d - 1)$	-	
Диаметр и толщина потолочных труб	$d \times \delta$ (приняты или заданы)	мм	
Шаги между трубами	$S_{\text{ТР}}$	м	
Угловой коэффициент РП	$X_{\text{пот}} = 1 - 0,2(S_{\text{ТР}}/d - 1)$		
Угловой коэффициент в выходном окне	$X_{\text{окн}}$ (Принято)		
Лучевоспринимающие поверхности: экранов топки	$H^{\text{п}}_{\text{экр}} = F_{\text{экр}} X_{\text{экр}}$	M^2	
потолочных труб	$H^{\text{п}}_{\text{пот}} = X_{\text{пот}} F_{\text{пот}}$	M^2	
выходного окна	$H^{\text{п}}_{\text{окн}} = F_{\text{окн}} X_{\text{окн}}$	M^2	
стен топки	$H^{\text{п}}_m = H^{\text{п}}_{\text{экр}} + H^{\text{п}}_{\text{пот}} + H^{\text{п}}_{\text{окн}}$	M^2	
Эффективная толщина излучающего слоя	$S = 3,6 \cdot V_m / F_{\text{ст}}$	М	

7.2 Тепловой расчёт топки

Расчётная величина	Обозначение	Размерность	Формула или основание	Расчёт
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_T	-	Принят по табл. XVIII – XX [1]	
Присос воздуха в топке	$\Delta \alpha_T$	-	Принят по табл. XVII [1]	
Присос воздуха в системе пылеприготовления	$\Delta \alpha_{\text{пл}}$	-	Принят по табл. XVII [1]	
Температура горячего воздуха	$\theta_{\text{ГВ}}$	°С	Задана (или принята по табл. 1.6(2) стр. 15)	
Энтальпия горячего воздуха	$H^0_{\text{ГВ}}$	кДж/кг	По $H-\theta$ табл.	
Тепло, вносимое в топку воздухом	Q_B	кДж/кг	$(\alpha_m - \Delta \alpha_m - \Delta \alpha_{\text{пл}}) H^0_{\text{ГВ}} + (\Delta \alpha_m + \Delta \alpha_{\text{пл}}) H^0_{\text{ХВ}}$	
Полезное тепловыделение в топке	Q_T	кДж/кг	$Q^{\text{р}}_{\text{П}}((100 - q_3 - q_4 - q_6)/(100 - q_4)) + Q_6$	
Теоретическая (адиабатная) температура в топке	θ_a	°С	По $H-\theta$ табл.	
Относительное положение максимума температур в топке	X_T	-	h_z / H_m (h_z – высота горелки)	
Коэффициент	M	-	ф. 4.26а; 4.26 б; 4.26 в (2)	
Температура газов на выходе из топки	θ''_T	°С	Принимаем, (2) стр. 38-39	
Энтальпия газов на выходе из топки	H''_T	кДж/кг	По $H-\theta$ табл.	
Средняя суммарная теплоёмкость продуктов сгорания	$VC_{\text{ср}}$	кДж/кг. град.	$(Q_m - H''_m) / (\theta_a - \theta''_m)$	
Произведение	$p_n S$	мМпа	$P \Gamma_n S$	

Продолжение таблицы 7.2

Коэффициенты ослабления трёхатомными газами	K_{Γ}	1/мМПа	$\Phi.4.40[2]$	
Золотыми частицами	$K_{\text{ЗЛ}}$	1/мМПа	$\Phi.4.41[2]$	
Коксовыми частицами	$K_{\text{К}}$	1/мМПа	Принято(стр43[2])	
Топочной средой	K		$\Phi.4.39[2]$	
Оптическая толщина излучения слоя	K_{PS}		K_{PS}	
Коэффициент излучения	ζ_{Φ}	—	$1-e^{-K_{\text{PS}}}$	
Коэффициенты тепловой эффективности: гладкотрубных экранов	$\Psi_{\text{ЭКР}}$	—	$\zeta X_{\text{ЭКР}}$	
Условный коэффициент загрязнения	ζ	—	Принимаем по табл. 4.8[2]	
Потолочных труб	$\Psi_{\text{ПОТ}}$	—	$\zeta X_{\text{ПОТ}}$	
Труб в выходном окне	$\Psi_{\text{ОКН}}$	—	$\zeta_{\text{ОКН}} X_{\text{ОКН}}$	
Угловой коэффициент ширм в выходном окне	$X_{\text{ОКН}}$	—	Рис.5.19[2]	
Условный коэффициент загрязнения ширм	$\zeta_{\text{ОКН}}$	—	$\zeta \beta$	
Коэффициент	β	—	A/Θ''_{T} , где A стр 42.[2]	
Средний коэффициент тепловой эффективности	$\Psi_{\text{СР}}$	—	$(\Psi_{\text{ЭКР}} F_{\text{ЭКР}} + \Psi_{\text{ПОТ}} F_{\text{ПОТ}} + \Psi_{\text{ОКН}} F_{\text{ОКН}}) / F_{\text{СТ}}$ стр.41 ф.4.32	
Степень черноты топочной камеры	ζ_{Γ}	—	$\zeta_{\Phi} / (\zeta_{\Phi} + (1 - \zeta_{\Phi}) \Psi_{\text{СР}})$	
Температура газов на выходе из топки	Θ''_{T}	$^{\circ}\text{C}$	$\Phi.7.6[2]$	
Энтальпия	H''_{T}	кДж/кг	По H - Θ табл.	
Количество тепла, воспринятого в топке	Q''_{T}	кДж/кг	$\varphi (Q_{\text{T}} - H''_{\text{T}})$	
Средняя тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	$q_{\text{Л}}$	кВт/м ²	$V_{\text{Р}} Q''_{\text{T}} / H''_{\text{T}}$	
Теплонапряжение топочного объёма	q_{V}	кВт/м ³	$V Q''_{\text{H}} / V_{\text{T}}$	

Примечание.

Если Θ''_{T} – (расчётная) отличается от ранее принятой на $\pm 100^{\circ}\text{C}$, то необходимо ею перезадаваться и сделать пересчёт;

При расчёте топки с жидким шлакоудалением, необходимо учитывать коэффициент тепловой эффективности $\Psi_{\text{ОЩ}}$ ошипованной части.

При расчёте топок работающих на газо-мазутном топливе коэффициенты ослабления лучей (K_{Γ} , $K_{\text{С}}$) необходимо определять по рекомендации стр. 43,44 [2], а затем найти коэффициенты теплового излучения $\zeta_{\text{СВ}}$, ζ_{Γ} , ζ_{Φ} .

Такие же вычисления вносить в дальнейших расчётах поверхностей нагрева котла.

8. Расчёт пароперегревательных поверхностей нагрева.

Рис.8.2. Эскиз пароперегревательного тракта котла.

Тепловую схему и эскиз п/п изобразить в примерном масштабе чертежа на формате А4 .

8.1 Расчёт радиационного потолочного пароперегревателя (РП).

Расчетная величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчет
Диаметр и толщина стен	$d \times \delta$	мм	По чертежу	
Теплоспринимающие РП из точки	$Q_{РП}^I$	кДж/кг	$(Q_{Т}^I / H_{Т}^I) \beta \cdot H_{РП}^I$	
Лучевоспринимающая поверхность РП	$H_{РП}^I$	М ²	$H_{РП}^I = H_{ПОТ}^I$	
Коэффициент распределения тепла по высоте точки	β	-	По табл.4.10 стр47[2]	
Температура пара на входе в РП	$t'_{РП}$	°С	По табл. XXIII[1] при P_B	
Энтальпия	$h'_{РП}$	кДж/кг	По табл. XXIII[1]	
Величина впрысков	$D_{ВПР}$	кг/с	Принимаем 6-8% от $D_{ПП}$	
Величина 1-ого впрыска	$D_{ВПР1}$	кг/с	$(0,4 \div 0,6) D_{ВПР}$	
Величина второго впрыска	$D_{ВПР2}$	кг/с	$(0,4 \div 0,6) D_{ВПР}$	
Приращение энтальпии пара в РП	$\Delta h_{РП}$	кДж/кг	$\frac{Q_{РП}^I \cdot V_P}{D_{ПП} - D_{ВПР}}$	
Энтальпия пара на выходе из РП	$h''_{РП}$	кДж/кг	$h'_{РП} - \Delta h_{РП}$	
Температура пара за РП	$t''_{РП}$	°С	По табл. XXV[1] при P_B	

8.2 Расчёт полурадияционного пароперегревателя (ШП)

8.2.1 Конструктивные характеристики ШП

Расчётная величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчёт
Высота ширмы	$h_{ШП}$	м	по чертежу	
Ширина ширмы	c	м	по чертежу	
Диаметр и толщина стен труб в ШП	$d \times \delta$	мм	по чертежу	
Шаги: поперечный (между ширмами)	S_1	м	по чертежу	
Продольный (между трубами в ширме)	S_2	м	по чертежу	
Относительные шаги: продольный	σ_1	-	S_1/d	
Поперечный	σ_2	-	S_2/d	
Количество ширм поперёк газохода	$n_{ШП}$	шт	по чертежу	
Количество труб в ширме	$n_{ТР}$	шт	по чертежу	
Число параллельно включенных труб	n	шт	$n_{ШП} n_{ТР}$	
Полная поверхность нагрева ШП	$H_{ШП}$	М ²	$2h_{ШП} C_{ШП} n_{ШП}$	
Лучевоспринимающая поверхность нагрева ШП	$H_{ШП}^I$	М ²	$H_{ШП}^I = H_{ОКН}^I$	
Расчётная поверхность нагрева ШП	$H_{ШП}^P$	М ²	по чертежу	
Живое сечение для прохода газов	F_G	М ²	$F_{ОКН} - (h_{ШП} * d * n_{ШП})$	
Живое сечение для прохода пара	$f_{П}$	М ²	$\frac{\pi d_{ВН}^2 n}{4}$	
Толщина излучающего слоя	S	м	$\frac{1,8}{\frac{1}{h_{ШП}} + \frac{1}{S_1} + \frac{1}{c}}$	

Где $h_{ШП}$ – высота ширмы, C – глубина ширмы, определяются по чертежу. Если конструктивные характеристики по чертежам или описанию определить затруднительно, то можно использовать рекомендации позиции 5.3[2].

8.2.2 Тепловой расчёт ШП

Рассчитываемая величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчёт
Температура газов на входе в ШП	$\theta'_{\text{ШП}}$	°С	$\theta'_{\text{ШП}} = \theta''_{\text{т}}$	
Энтальпия газов	$H'_{\text{ШП}}$	кДж/кг	по H - θ табл.	
Температура пара на входе в ШП	$t'_{\text{ШП}}$	°С	$t'_{\text{ШП}} = t''_{\text{рп}}$	
Энтальпия пара	$h'_{\text{ШП}}$	кДж/кг	по табл. XXV[1]	
Температура пара на выходе из ШП	$t''_{\text{ШП}}$	°С	Задаем	
Энтальпия пара на выходе из ШП	$h''_{\text{ШП}}$	кДж/кг	по табл. XXV[1]	
Лучистое тепло, воспринятое из точки	$Q^{\text{л}}_{\text{ШП}}$	кДж/кг	$(Q^{\text{л}}_{\text{т}}/H^{\text{л}}_{\text{т}}) H^{\text{л}}_{\text{ШП}} \beta$	
Коэффициент распределения тепла по высоте точки	β		По табл. 4.10 [2]	
Тепло, воспринимаемое ШП по тепловому балансу	$Q^{\text{б}}_{\text{ШП}}$	кДж/кг	$(D_{\text{ПП}} - D_{\text{ВПр}})/V_{\text{р}} * (h''_{\text{ШП}} - h'_{\text{ШП}}) - Q^{\text{л}}_{\text{ШП}}$	
Энтальпия газов на выходе из ШП	$H''_{\text{ШП}}$	кДж/кг	$H'_{\text{ШП}} - (Q^{\text{б}}_{\text{ШП}}/\phi)$	
Температура газов на выходе из ШП	$\theta''_{\text{ШП}}$	°С	по H - θ табл.	
Средняя температура газов в ШП	$\theta_{\text{ср}}$	°С	$(\theta'' + \theta')/2$	
Средняя температура пара в ШП	$t_{\text{ср}}$	°С	$(t'' + t')/2$	
Скорость газов в ШП	$\omega_{\text{г}}$	м/с	$V_{\text{р}} V_{\text{г}} (\theta_{\text{ср}} + 273)/(273 F_{\text{г}})$	
Скорость пара в ШП	$\omega_{\text{п}}$	м/с	$(D_{\text{м}} - D_{\text{впр}}) V / f_{\text{п}}$	
Удельный объем пара	V	м ³	по табл. XXV[1] при $P^{\text{б}}$ и $t_{\text{ср}}$	
Коэффициенты ослабления лучей: трехатомными газами	$K_{\text{г}}$	1/ммПа	Φ 4.40 [2]	
золотыми частицами	$K_{\text{зп}}$	1/ммПа	Φ . 4.41 [2]	
коксowymi частицами	$K_{\text{к}}$	1/ммПа	Принято	
продуктами сгорания	K	1/ммПа	Φ . 4.39 [2]	
оптическая толщина	KPS	1/ммПа	KPS	
Коэффициент ослабления лучей	ξ_{ϕ}	—	$1 - e^{-KPS}$	
Коэффициенты теплоотдачи: от поверхности к пару	α_2	Вт/м ² К	табл. 6.1[2]	
излучением продуктов сгорания	α_3	Вт/м ² К	табл. 6.1[2]	
Температура загрязненной стенки	t_3	°С	Φ . 6.41 [2]	
Коэффициент теплопередачи конвекцией от газов к поверхности	$\alpha_{\text{к}}$	Вт/м ² К	табл. 6.1[2]	
Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке	α_1	Вт/м ² К	табл. 6.1[2]	
Коэффициент теплоотдачи	K	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$	Табл. 6.1[2]	
Температурный напор в ШП	Δt	°С	$\theta_{\text{ср}} - t_{\text{ср}}$	
Тепловосприятие ШП по уравнению теплоотдачи	$Q^{\text{т}}_{\text{ШП}}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$\frac{k \cdot H^{\text{п}}_{\text{ШП}} \cdot \Delta t}{V_{\text{р}} \cdot 10^3}$	
Отношение величин тепловосприятий	$\frac{Q^{\text{т}}_{\text{ШП}}}{Q^{\text{б}}_{\text{ШП}}}$	%	$\frac{Q^{\text{т}}_{\text{ШП}}}{Q^{\text{б}}_{\text{ШП}}} \cdot 100$	

Если разбаланс величин тепловосприятий превысил ± 2 %, то необходимо перезадаваться температурой пара на выходе из ШП и сделать пересчёт.

8.3 Расчёт конвективного пароперегревателя 1-ой ступени (КП1)

8.3.1 Конструктивные характеристики КП1.

Рассчитываемая величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчёт
Диаметр и толщина стен труб	$d \times \delta$	мм	По чертежу	
-поперечной	S_1	мм	По чертежу	
-продольной	S_2	мм	По чертежу	
Количество змеевиков поперёк газохода	n	шт	$\frac{\alpha}{S_1} - 1$	
Длина змеевика	l	м	По чертежу	
Полная поверхность нагрева КП1	$H_{КП1}$	м ²	$\pi d n l \cdot 2$ (или 3)	
Относительные шаги:				
-поперечный	σ_1	-	$\frac{S_1}{d}$	
-продольный	σ_2	-	$\frac{S_2}{d}$	
Живое сечение для прохода газов	$F_{Г}$	м ²	$a h_{Г} - h_{Г} n d$	
Живое сечение для прохода пара	$f_{П}$	м ²	$\frac{\pi d_{ВН}^2}{4} n * 3$	
Толщина излучающего слоя	S	м	$0,9d(\frac{4S_1 S_2}{\pi d^2} - 1)$	

Если конструктивные данные по чертежам или описанию определить затруднительно, то можно использовать рекомендации по позиции 5.5[2]

8.3.2 Тепловой расчёт КП1.

Рассчитываемая величина	Обозначение	Размерность	Формула или Обоснование	Расчёт
Температура пара на входе в КП1	$t'_{ВПР1}$	°С	$t'_{ШП}$	
Энтальпия пара на входе в КП1	$h'_{ВПР1}$	кДж/кг	$h'_{ШП}$	
Падение энтальпии пара в ВПР1	$\Delta h_{ВПР1}$	кДж/кг	Задаётся в пределах (60-80) кДж/кг	
Энтальпия пара на входе в КП1	$h'_{КП1}$	кДж/кг	$h'_{ВПР1} - \Delta h_{ВПР1}$	
Температура пара на входе в КП1	$t'_{КП1}$	°С	По табл. XXV[3]	
Температура пара на выходе из КП1		°С	Задаётся	
Энтальпия пара на выходе из КП1	$h''_{КП1}$	кДж/кг	По табл. XXV[1]	
Тепловосприятие КП1 по уравнению теплового баланса	$Q^B_{КП1}$	кДж/кг	$((D_{ПП} - D_{ВПР2})/V_{П}) \cdot (h''_{КП1} - h'_{КП1})$	
Энтальпия газа на входе в КП1	$H'_{КП1}$	кДж/кг	По H-θ табл.	
Температура газа на входе в КП1	$\theta'_{КП1}$	°С	$\theta'_{ШП}$	
Энтальпия газов на выходе из КП1	$H''_{КП1}$	кДж/кг	$H'_{КП1} - (Q_{БКП1} / \varphi)$	
Температура газов на выходе из КП1	$\theta''_{КП1}$	°С	По H-θ табл.	
Средняя температура газов в КП1	$\theta_{СР}$	°С	$(\theta'_{КП1} + \theta''_{КП1}) / 2$	
Средняя температура пара в КП1	$t_{СР}$	°С	$(t'_{КП1} + t''_{КП1}) / 2$	
Скорость газов в КП1	$\omega_{Г}$	м/с	$V_{П} \cdot V_{Г} \cdot (\theta_{СР} + 273) / (273 \cdot F_{Г})$	
Скорость пара в КП1	$\omega_{П}$	м/с	$(D_{ПП} - D_{ВПР2}) \cdot V / f_{П}$	
Удельный объём пара	ν	м ³ /кг	По табл. XXV[3]	
Кэф.ослабл.лучей: - трёхатомными газами	$K_{Г}$	1/мМпа	Ф.4.40[2]	
-золотыми частицами	$K_{ЗЛ}$	1/мМпа	Ф.4.41[2]	
-коксовыми частицами	$K_{К}$	1/мМпа	Принято по стр.43[2]	
-продуктами сгорания	K	$\frac{1}{\text{мМпа}}$	Ф.4.39(2)	
Оптическая толщина излучающего слоя	KPS	-	$K \cdot P \cdot S$	

Продолжение таблицы 8.3.2

Коэффициент ослабления лучей	ξ	-	$1 - e^{-KPS}$	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией от поверхности к обогреваемой среде	α_2	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1(2)	
Температура загрязнения Стенки	t_3	°С	Ф.6.41(2)	
Коэффициент теплоотдачи излучение	α_L	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1(2)	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией от газов к поверхности	α_K	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1(2)	
Коэффициент тепловой эффективности	ψ	-	Принимаем по табл. 6.4(2)	
Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке	α_1	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1(2)	
Коэффициент теплоотдачи	K	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1(2)	
Температурный напор в КПП	Δt	°С	$\theta_{CP} - t_{CP}$	
Тепловосприятие КПП по уравнению теплопередачи	Q_{TKPP}	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{k \cdot H_{KPP} \cdot \Delta t}{V_p \cdot 10^3}$	
Отношение величин тепловосприятий	$\frac{Q_{KPP}^T}{Q_{KPP}^B}$	%	$\frac{Q_{KPP}^T}{Q_{KPP}^B} \cdot 100$	

Если разбаланс величин тепловосприятия превысил $\pm 2\%$, то необходимо переадаптоваться температурой пара на выходе из КПП и сделать перерасчёт.

8.4 Расчёт конвективного пароперегревателя 2-ой ступени (КП2)

8.4.1 Конструктивные характеристики

8.4.2 Тепловой расчёт КП2

Производится аналогично расчёту КПП (с учётом второго впрыска), но в случае разбаланса, превышающего $\pm 2\%$ производим реконструкцию поверхности нагрева КП2 по следующей методике:

8.4.3 Реконструкция КП2

Новая площадь поверхности КП2	H'_{KPP2}	$м^2$	$\frac{Q_{KPP}^B \cdot V_p \cdot 10^3}{k \cdot \Delta t}$	
Новая длина змеевика	l'	$м$	$\frac{H'_{KPP2}}{\pi d_n \cdot 2}$	
Разность длин змеевиков	Δl	$м$	$l' - l$	

По полученным результатам производим реконструкцию КП2 увеличением (уменьшением) поверхность на n -петель. Данную реконструкцию изобразить на формате А4, используя чертёж котла.

8.5 Расчёт водяного экономайзера (любой ступени).

8.5.1 Конструктивные характеристики.

Рассчитываемая величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчёт
Диаметр и толщина стен	$d \times \delta$	мм	По чертежу	
Шаги: поперечный	S_1	мм	По чертежу	
-продольный	S_2	мм	По чертежу	
Относительные шаги: продольный	σ_1	-	S_1/d	
-поперечный	σ_2	-	S_2/d	
Количество труб в ряду	Z_1	шт	По чертежу	
Количество рядов	Z_2	шт	По чертежу	
Число параллельно включенных труб	n	шт	$Z_1 \cdot Z_2$	
Длина змеевика	L	м	По чертежу	
Полная поверхность нагрева	$H_{ЭК}$	м ²	$\pi d n l$	
Ширина газохода	a		По чертежу	
Глубина газохода	b		По чертежу	
Живое сечение для прохода газов	$F_{Г}$	м ²	По чертежу	
Живое сечение для прохода воды	$F_{И}$	м ²	$(\pi d^2 b n) \cdot n / 4$	
Толщина излучающего слоя	S	м	$0,9d((4S_1S_2/\pi d^2) - 1)$	

Если конструктивные данные по чертежам или описанию определить затруднительно, то можно использовать рекомендации по позиции 5.6[2]

8.5.2 Тепловой расчёт ЭК.

Рассчитываемая величина	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Расчёт
Температура воды на входе в ЭК2	$t'_{ЭК2}$	°С	Задаётся	
Энтальпия воды на входе в ЭК2	$h'_{ЭК2}$	кДж/кг	По табл. XXIV[1]	
Температура газов на входе в ЭК2	$\theta'_{ЭК2}$	°С	$\theta'_{ЭК2} = \theta''_{КП2}$	
Энтальпия газов	$H'_{ЭК2}$	кДж/кг	По H- θ табл.	
Температура воды на выходе из ЭК2	$t''_{ЭК2}$	°С	Задаётся	
Энтальпия воды	$h''_{ЭК2}$	кДж/кг	По табл. XXIV[1]	
Тепло воспринимаемое ЭК2 по балансу	$Q^b_{ЭК2}$	кДж/кг	$D_{ПП}(h''_{ЭК2} - h'_{ЭК2}) / V_P$	
Энтальпия газов за ЭК2	$H''_{ЭК2}$	кДж/кг	$H'_{ЭК} - Q^b_{ЭК}/\phi$	
Температура газов за ЭК2	$\theta''_{ЭК2}$	°С	По H- θ табл.	
Средняя температура газов в ступени	$\theta_{ср}$	°С	$(\theta'' + \theta')/2$	
Средняя температура воды в ступени	$t_{ср}$	°С	$(t'' + t')/2$	
Скорость газов в ступени	$\omega_{Г}$	м/с	$V_P V_{Г} (\theta_{ср} + 273) / 273 F_{Г}$	
Коэф. ослабления лучей: трёхатомными газами	$K_{Г}$	1/ммПа	$\Phi.4.40[2]$	
Золотыми частицами	$K_{ЗЛ}$	1/ммПа	$\Phi.4.41[2]$	
Коксовыми частицами	$K_{К}$	1/ммПа	Принято по стр.43 [2]	
Оптическая толщина излучающего слоя	KPS	-	$K \cdot P \cdot S$	
Коэффициент ослабления лучей	ξ_{Φ}	-	$1 - e^{-KPS}$	
Коэффициент теплоотдачи излучением продуктов сгорания	$\alpha_{л}$	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1[2]	
Коэф. загрязнения	ζ	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл.6.1[2]	
Темп. загрязнённой стенки	t_3	°С	$t_{ср} + \Delta t$ где $\Delta t = 60^\circ\text{С}$	
-конвекцией от газов к поверхности	$\alpha_{К}$	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1[2]	

Продолжение таблицы 8.5.2

<i>-от газов к стенке</i>	α_1	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1[2]	
<i>Коэффициент теплопередачи</i>	K	$\frac{Вт}{м^2К}$	Табл. 6.1[2]	
<i>Температурный напор в ЭК2</i>	Δt	°С	$\theta_{ср}-t_{ср}$	
<i>Тепловосприятие ЭК2 по уравнению теплопередачи</i>	$Q_{ЭК2}^T$	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{k \cdot H_{ЭК2}^P \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3}$	
<i>Отношение величин тепловосприятий</i>	$\frac{Q_{ЭК2}^T}{Q_{ЭК2}^B}$	%	$\frac{Q_{ЭК2}^T}{Q_{ЭК2}^B} \cdot 100$	

При расчёте первой ступени ЭК температура воды – задана.

Если разбаланс составил более $\pm 2\%$, то необходимо перезадаваться температурами воды ЭК и сделать перерасчёт.

9. Определение расчётной невязки баланса теплоты парового котла.

<i>Рассчитываемая величина</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Размерность</i>	<i>Формула или обоснование</i>	<i>Расчёт</i>
<i>Невязка теплового баланса</i>	ΔQ	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{Q_p^P * \eta_{КА}}{100} (Q_{ТЛ} + Q_{ШП}^B + Q_{КП1}^B + Q_{КП2}^B + Q_{ЭК}^B) \cdot \frac{100 - q_4}{100}$	
<i>Относительная невязка баланса</i>	$\frac{\Delta Q}{Q_p^P}$	%	$\frac{\Delta Q}{Q_p^P} = \frac{\Delta Q}{Q_p^P} \cdot 100$	

Величина относительной невязки должна составлять 0,5%, если она выше, то необходимо пересмотреть расчёт ЭК.

11. Список используемой литературы

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Санкт-Петербург, 1998г.
2. Ю.М.Липов, Ю.Ф.Самойлов, Т.В.Виленский. Компоновка и тепловой расчет парового котла. М. М.Энергоатомиздат-1988
3. М.И.Резников, Ю.М.Липов. Паровые котлы тепловых электростанций. М.Энергоатомиздат-1987

**ПРИСОСЫ ВОЗДУХА В КОТЛАХ И СИСТЕМАХ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ
НА НОМИНАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ**

Таблица XVII

А. Присосы воздуха по газовому тракту котла

Элементы газового тракта котла		Величина присоса Δq
Топочные камеры пылеугольных и газомазутных котлов	Газоплотные	0.02
	С металлической обшивкой труб экрана	0.05
	С обмуровкой и металлической обшивкой	0.07
Топочные камеры слоевых топок	С обмуровкой и без обшивки	0.10
	Механические и полумеханические Ручные	0.10 0.30
Газоходы конвективных поверхностей нагрева	Газоплотный газоход от толки до воздухоподогревателя (величина присоса распределяется равномерно по расположенным в газоходе поверхностям нагрева)	0.02
	Негазоплотные газоходы:	
	Фестон, ширмовый перетреватель	0
	Первый котельный пучок котлов производительностью ≤ 50 кг/с	0.05
	Второй котельный пучок котлов производительностью ≤ 50 кг/с	0.10
	Первичный перетреватель	0.03
	Промежуточный перетреватель	0.03
	Переходная зона прямооточного котла	0.03
	Экономайзер котлов производительностью > 50 кг/с (каждая ступень)	0.02
	Экономайзер котлов производительностью ≤ 50 кг/с	
	стальной	0.08
	чугунный с обшивкой	0.10
	чугунный без обшивки	0.20
	Трубчатые воздухоподогреватели	
	котлов производительностью > 50 кг/с (каждая ступень)	0.03
котлов производительностью ≤ 50 кг/с (каждая ступень)	0.06	
Регенеративные воздухоподогреватели (вместе «горячая» и «холодная» набивки)		
котлов производительностью > 50 кг/с	0.15	
котлов производительностью ≤ 50 кг/с	0.20	
Пластинчатые воздухоподогреватели (каждая ступень)	0.10	
Золуловители	Электрофильтры	
	котлов производительностью > 50 кг/с	0.10
	котлов производительностью ≤ 50 кг/с	0.15
Циклонные и батарейные	0.05	
Скрубберы	0.05	
Газоходы за котлом	Стальные (каждые 10 п.м.)	0.01
	Кирпичные борона (каждые 10 п.м.)	0.05

**РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕРНЫХ ТОПОК С ТВЕРДЫМ ШЛАКОУДАЛЕНИЕМ
ДЛЯ КОТЛОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ≥ 10 кг/с**

Таблица XVIII

№ п/п	Топливо	Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки α_T	Тепловое напряжение объема топки по условиям горения q_v , кВт/м ³	Тонкость пыли		Потеря тепла от механической неполноты сгорания		Доля золы, уносимой газами $a_{зп}$
				R_{90} , %	R_{1000} , %	в зоне активного горения $q_{4ак}$, %	в топке q_4 , %	
1	Антрацитовый штыб	1.20 - 1.25 ¹⁾	140	6 - 7	0	15	7 - 8	0.95
2	Тощие угли	1.20 - 1.25 ¹⁾	160	8 - 10	0	10	5	0.95
3	Каменные угли с выходом летучих $V^{daf} \geq 25\%$	1.15 - 1.20 ¹⁾	175	20 - 25	0	8	1.0 - 1.5 ²⁾	0.95
4	Отходы углеобогащения и ОК-II	1.15 - 1.20 ¹⁾	160	20	0	10	2 - 3 ²⁾	0.95
5	Бурые угли малозольные с $A_{пр}^I \leq 1$ кг. %/МДж многозольные с $A_{пр}^I > 1$ кг. %/МДж многозольные с температурой сгорания летучих $Q_{лет} < 20$ МДж/кг	1.20 - 1.25 ³⁾ 1.20 - 1.25 ³⁾	180 180	40 - 50 40 - 50	0.8 - 1.0 0.8 - 1.0	3 - 4 5	0.5 1 - 2 ²⁾	0.95 0.95
6	Фрезерный торф	1.20	160	—	—	—	0.5 - 1.0	0.95
7	Сланцы	1.15 - 1.20 ¹⁾	120	35	0	3	0.5	0.95

¹⁾ Меньшее значение - для топок с газоплотными экранами.

²⁾ Меньшее значение - для малозольных топлив с $A_{пр}^I \leq 1.4$ кг. %/МДж, большее - для топлив повышенной зольности.

³⁾ Бóльшее значение - при газовой сушке и низкотемпературном сжигании углей.

Примечания:

1. Показатели таблицы по п.п. 1, 2 и 4 не распространяются на котлы производительностью 10 - 20 кг/с, поскольку указанные в этих п.п. угли не должны сжигаться в котлах такой производительности.

2. При производительности котла в диапазоне 100 - 70 % q_4 принимают по таблице;

при производительности котла, равной 50 % номинальной, q_4 нужно увеличить в 1.5 раза для всех топлив, кроме фрезерного торфа и сланцев.

3. Указанные значения q_4 для АШ и Т даны для нормативного топлива.

При отклонении качества топлива q_4 определяют соотношением $q_4 = (q_{4норм} \cdot A_{пр}^I) / (A_{пр}^I)_{норм}$.

4. При сжигании пыли в смеси с газом или мазутом α_T принимают как для твердого топлива;

q_4 принимают по указаниям п. 5-08.

5. Значение α_T учитывает воздух, поступающий в топку с рециркулирующими газами и сушильным агентом при газовой сушке.

6. Потеря тепла от химической неполноты сгорания в топке котла принимается $q_3 = 0$.

**РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕРНЫХ ТОПОК
ГАЗОМАЗУТНЫХ КОТЛОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ≥ 45 кг/с**

Таблица XX

№ п/п	Топливо	Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки α_T	Тепловое напряжение объема топки по условиям горения q_v , кВт/м ³	Суммарный недожог $q_3 + q_4$, % при нагрузках котла в процентах от номинальной	
				$D = 100$	$70 \leq D < 100$
1	Мазут	1.02 - 1.03 ¹⁾	200 - 220	0.10 - 0.15 (0.15 - 0.20) ²⁾	0.15 - 0.20 (0.20 - 0.25) ²⁾
2	Природный газ	1.03 - 1.05 ¹⁾	200 - 220	0.05 - 0.07	0.05 - 0.10
					$D < 70$

¹⁾ Меньшее значение - для топок с газоплотными экранами.

²⁾ Значения в скобках - для топок, не оборудованных газоплотными цельносварными экранами.

Примечания:

- Значения α_T указаны для одноступенчатого подвода воздуха в топку котла (весь воздух подается равномерно через все горелки, неравномерность значений коэффициентов избытка воздуха по горелкам - не более $\pm 5\%$).
При двухступенчатом подводе воздуха α_T увеличивают на 0.02 - 0.05 (уточняется при наладке).
Коэффициент избытка воздуха в горелках $\alpha_{г} = \alpha_T \cdot \Delta\alpha_T$.
- Для котлов производительностью < 45 кг/с (160 т/ч), величина суммарного недожога $q_3 + q_4$ может быть увеличена в 1.5 - 2 раза.
При этом должны быть приняты меры для обеспечения надежной работы экранов и перегревателя.
- Величина суммарного недожога $q_3 + q_4$ при производительности котла менее 70 % номинальной при указанных значениях α_T приведена в качестве контрольной, характеризующей нормальную организацию топочного процесса.
- В эксплуатации на нагрузках менее 70 % номинальной для обеспечения величины суммарного недожога $q_3 + q_4$ не более 0.1 - 0.5 % α_T монотонно увеличивают до 1.05 (при всех работающих горелках).

**УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ И ЭНТАЛЬПИИ СУХОГО НАСЫЩЕННОГО ПАРА И ВОДЫ
НА КРИВОЙ НАСЫЩЕНИЯ**

Таблица XXIII

<i>p</i> МПа	<i>t</i> °С	<i>v</i> ' м³/кг	<i>v</i> " м³/кг	<i>i</i> ' кДж/кг	<i>i</i> " кДж/кг	<i>r</i> кДж/кг	<i>p</i> МПа	<i>t</i> °С	<i>v</i> ' м³/кг	<i>v</i> " м³/кг	<i>i</i> ' кДж/кг	<i>i</i> " кДж/кг	<i>r</i> кДж/кг
0.001	6.982	0.0010001	129.208	29.33	2513.8	2484.5	2.60	226.03	0.0012011	0.07685	971.7	2801.2	1829.5
0.002	17.511	0.0010012	67.006	73.45	2533.2	2459.8	2.70	228.06	0.0012050	0.07402	981.2	2801.5	1820.3
0.003	24.098	0.0010027	45.668	101.00	2545.2	2444.2	2.80	230.04	0.0012088	0.07138	990.5	2801.7	1811.2
0.004	28.981	0.0010040	34.803	121.41	2554.1	2432.7	2.90	231.96	0.0012126	0.06892	999.5	2801.8	1802.3
0.005	32.90	0.0010052	28.196	137.77	2561.2	2423.4	3.00	233.84	0.0012163	0.06662	1008.4	2801.9	1793.5
0.006	36.18	0.0010064	23.742	151.50	2567.1	2415.6	3.10	235.66	0.0012200	0.06446	1017.0	2801.9	1784.9
0.007	39.02	0.0010074	20.532	163.38	2572.2	2408.8	3.20	237.44	0.0012237	0.06243	1025.5	2801.8	1776.3
0.008	41.53	0.0010089	18.106	173.87	2576.7	2402.8	3.30	239.18	0.0012273	0.06052	1033.7	2801.7	1768.0
0.009	43.79	0.0010094	16.206	183.28	2580.8	2397.5	3.40	240.88	0.0012310	0.05872	1041.8	2801.5	1759.7
0.010	45.83	0.0010102	14.676	191.84	2584.4	2392.6	3.50	242.54	0.0012345	0.05702	1049.8	2801.3	1751.5
0.012	49.45	0.0010119	12.364	206.94	2590.9	2384.0	3.60	244.16	0.0012381	0.05540	1057.6	2801.0	1743.4
0.014	52.58	0.0010133	10.696	220.03	2596.4	2376.4	3.70	245.75	0.0012416	0.05388	1065.3	2800.7	1735.4
0.016	55.34	0.0010147	9.4348	231.60	2601.3	2369.7	3.80	247.31	0.0012451	0.05243	1072.8	2800.3	1727.5
0.018	57.83	0.0010160	8.4470	242.00	2605.7	2363.7	3.90	248.84	0.0012486	0.05105	1080.2	2799.9	1719.7
0.020	60.09	0.0010172	7.6515	251.46	2609.6	2358.1	4.00	250.33	0.0012521	0.04974	1087.5	2799.4	1711.9
0.022	62.16	0.0010183	6.9967	260.14	2613.2	2353.1	4.10	251.80	0.0012555	0.04849	1094.6	2798.9	1704.3
0.024	64.08	0.0010194	6.4483	268.18	2616.6	2348.4	4.20	253.24	0.0012589	0.04729	1101.7	2798.4	1696.7
0.026	65.87	0.0010204	5.9819	275.68	2619.7	2344.0	4.30	254.66	0.0012623	0.04615	1108.6	2797.8	1689.2
0.028	67.55	0.0010214	5.5804	282.70	2622.6	2339.9	4.40	256.05	0.0012657	0.04506	1115.5	2797.2	1681.7
0.030	69.12	0.0010223	5.2308	289.31	2625.3	2336.0	4.50	257.41	0.0012691	0.04402	1122.2	2796.5	1674.3
0.040	75.89	0.0010265	3.9949	317.65	2636.8	2319.2	4.60	258.76	0.0012725	0.04302	1128.9	2795.9	1667.0
0.050	81.35	0.0010301	3.2415	340.57	2646.0	2305.4	4.70	260.08	0.0012758	0.04206	1135.4	2795.2	1659.8
0.060	85.95	0.0010333	2.7329	359.93	2653.6	2293.7	4.80	261.38	0.0012792	0.04114	1141.9	2794.4	1652.5
0.070	89.96	0.0010361	2.3658	376.77	2660.2	2283.4	4.90	262.66	0.0012825	0.04026	1148.3	2793.6	1645.3
0.080	93.51	0.0010387	2.0879	391.72	2666.0	2274.3	5.00	263.92	0.0012858	0.03941	1154.6	2792.8	1638.2
0.090	96.71	0.0010412	1.8701	405.21	2671.1	2265.9	5.20	266.38	0.0012925	0.03780	1167.0	2791.1	1624.1
0.100	99.63	0.0010434	1.6946	417.51	2675.7	2258.2	5.40	268.77	0.0012990	0.03631	1179.1	2789.3	1610.2
0.150	111.37	0.0010530	1.1597	467.13	2693.9	2226.8	5.60	271.09	0.0013056	0.03492	1191.0	2787.4	1596.4
0.200	120.23	0.0010608	0.88592	504.7	2706.9	2202.2	5.80	273.36	0.0013122	0.03363	1202.6	2785.4	1582.8
0.250	127.43	0.0010675	0.71881	535.4	2717.2	2181.8	6.00	275.56	0.0013187	0.03241	1213.9	2783.3	1569.4
0.300	133.54	0.0010735	0.60586	561.4	2725.5	2164.1	6.20	277.71	0.0013252	0.03127	1225.1	2781.1	1556.0
0.350	138.88	0.0010789	0.52425	584.3	2732.5	2148.2	6.40	279.80	0.0013318	0.03020	1236.0	2778.8	1542.8
0.400	143.62	0.0010839	0.46242	604.7	2738.5	2133.8	6.60	281.85	0.0013383	0.02920	1246.8	2776.4	1529.6
0.450	147.92	0.0010885	0.41392	623.2	2743.8	2120.6	6.80	283.85	0.0013448	0.02824	1257.3	2773.9	1516.6
0.500	151.85	0.0010928	0.37481	640.1	2748.5	2108.4	7.00	285.80	0.0013514	0.02734	1267.7	2771.4	1503.7
0.600	158.84	0.0011009	0.31556	670.4	2756.4	2086.0	7.20	287.71	0.0013579	0.02649	1278.0	2768.7	1490.7
0.700	164.96	0.0011082	0.27274	697.1	2762.9	2065.8	7.40	289.59	0.0013645	0.02568	1288.0	2766.1	1478.1
0.800	170.42	0.0011150	0.24030	720.9	2768.4	2047.5	7.60	291.42	0.0013711	0.02492	1298.0	2763.3	1465.3
0.900	175.36	0.0011213	0.21484	742.6	2773.0	2030.4	7.80	293.22	0.0013777	0.02419	1307.8	2760.4	1452.6
1.000	179.88	0.0011274	0.19430	762.6	2777.0	2014.4	8.00	294.98	0.0013843	0.02349	1317.5	2757.5	1440.0
1.10	184.06	0.0011331	0.17739	781.1	2780.4	1999.3	8.20	296.71	0.0013909	0.02283	1327.0	2754.5	1427.5
1.20	187.96	0.0011386	0.16320	798.4	2783.4	1985.0	8.40	298.40	0.0013976	0.02220	1336.5	2751.4	1414.9
1.30	191.60	0.0011438	0.15112	814.7	2786.0	1971.3	8.60	300.07	0.0014043	0.02159	1345.8	2748.3	1402.5
1.40	195.04	0.0011489	0.14072	830.1	2788.4	1958.3	8.80	301.70	0.0014111	0.02101	1355.1	2745.1	1390.0
1.50	198.28	0.0011538	0.13165	844.7	2790.4	1945.7	9.00	303.31	0.0014179	0.02046	1364.2	2741.8	1377.6
1.60	201.37	0.0011586	0.12368	858.6	2792.2	1933.6	9.20	304.89	0.0014247	0.01993	1373.2	2738.5	1365.3
1.70	204.30	0.0011633	0.11661	871.8	2793.8	1922.0	9.40	306.45	0.0014316	0.01942	1382.2	2735.1	1352.9
1.80	207.10	0.0011678	0.11031	884.6	2795.1	1910.5	9.60	307.98	0.0014385	0.01893	1391.1	2731.6	1340.5
1.90	209.79	0.0011722	0.10464	896.8	2796.4	1899.6	9.80	309.48	0.0014455	0.01845	1399.9	2728.0	1328.1
2.00	212.37	0.0011766	0.09953	908.6	2797.4	1888.8	10.0	310.96	0.0014526	0.01800	1406.6	2724.4	1315.8
2.10	214.85	0.0011808	0.09488	919.9	2798.3	1878.4	10.2	312.42	0.0014597	0.01756	1417.3	2720.8	1303.5
2.20	217.24	0.0011850	0.09064	930.9	2799.1	1868.2	10.4	313.86	0.0014668	0.01714	1425.8	2717.1	1291.3
2.30	219.54	0.0011891	0.08676	941.6	2799.8	1858.2	10.6	315.27	0.0014740	0.01674	1434.4	2713.2	1278.8
2.40	221.78	0.0011932	0.08319	951.9	2800.4	1848.5	10.8	316.67	0.0014813	0.01635	1442.8	2709.4	1266.6
2.50	223.94	0.0011972	0.07990	962.0	2800.8	1838.8	11.0	318.04	0.0014887	0.01597	1451.2	2705.4	1254.2

Продолжение таблицы XXIII

p МПа	t °C	v' м ³ /кг	v'' м ³ /кг	i' кДж/кг	i'' кДж/кг	r кДж/кг	p МПа	t °C	v' м ³ /кг	v'' м ³ /кг	i' кДж/кг	i'' кДж/кг	r кДж/кг
11.2	319.40	0.0014961	0.01560	1459.6	2701.5	1241.9	16.8	351.29	0.0017565	0.008581	1683.5	2557.5	874.0
11.4	320.73	0.0015036	0.01525	1467.9	2697.3	1229.4	17.0	352.26	0.0017690	0.008401	1691.6	2550.8	859.2
11.6	322.05	0.0015112	0.01490	1476.2	2693.2	1217.0	17.2	353.22	0.0017818	0.008223	1699.8	2544.0	844.2
11.8	323.35	0.0015189	0.01457	1484.4	2689.0	1204.6	17.4	354.16	0.0017951	0.008048	1708.1	2536.9	828.8
12.0	324.64	0.0015267	0.01425	1492.6	2684.8	1192.2	17.6	355.10	0.0018069	0.007875	1716.4	2529.7	813.3
12.2	325.90	0.0015345	0.01394	1500.7	2680.4	1179.7	17.8	356.04	0.0018231	0.007704	1724.9	2522.2	797.3
12.4	327.15	0.0015425	0.01363	1508.8	2676.0	1167.2	18.0	356.96	0.0018380	0.007534	1733.4	2514.4	781.0
12.6	328.39	0.0015506	0.01334	1516.9	2671.6	1154.7	18.2	357.87	0.0018534	0.007366	1742.1	2506.3	764.2
12.8	329.61	0.0015588	0.01305	1524.9	2667.0	1142.1	18.4	358.78	0.0018696	0.007198	1750.8	2497.9	747.1
13.0	330.81	0.0015670	0.01277	1533.0	2662.4	1129.4	18.6	359.67	0.0018865	0.007032	1759.8	2489.1	729.3
13.2	332.00	0.0015755	0.01250	1541.0	2657.7	1116.7	18.8	360.56	0.0019043	0.006866	1768.9	2479.8	710.9
13.4	333.18	0.0015840	0.01224	1548.9	2653.0	1104.1	19.0	361.44	0.0019231	0.006700	1778.2	2470.1	691.9
13.6	334.34	0.0015927	0.01199	1556.9	2648.2	1091.3	19.2	362.31	0.0019430	0.006534	1787.7	2459.8	672.1
13.8	335.49	0.0016015	0.01174	1564.8	2643.3	1078.5	19.4	363.17	0.0019642	0.006369	1797.5	2449.1	651.6
14.0	336.63	0.0016104	0.01149	1572.8	2638.3	1065.5	19.6	364.03	0.0019869	0.006204	1807.5	2437.8	630.3
14.2	337.75	0.0016195	0.01126	1580.7	2633.2	1052.5	19.8	364.87	0.002011	0.006039	1817.9	2426.1	608.2
14.4	338.86	0.0016288	0.01102	1588.6	2628.1	1039.5	20.0	365.71	0.002038	0.006873	1828.8	2413.8	585.0
14.6	339.96	0.0016382	0.01080	1596.5	2622.9	1026.4	20.2	366.54	0.002066	0.005706	1840.1	2400.9	560.8
14.8	341.04	0.0016483	0.01057	1604.3	2617.1	1012.8	20.4	367.37	0.002098	0.005537	1851.9	2387.3	535.4
15.0	342.12	0.0016580	0.01035	1612.2	2611.6	999.4	20.6	368.18	0.002134	0.005365	1864.5	2372.8	508.3
15.2	343.18	0.0016680	0.01014	1620.0	2606.1	986.1	20.8	368.99	0.002173	0.005189	1877.9	2357.2	479.3
15.4	344.23	0.0016782	0.009930	1627.9	2600.4	972.5	21.0	369.79	0.002218	0.005006	1892.2	2340.2	448.0
15.6	345.27	0.0016886	0.009726	1635.7	2594.6	958.9	21.2	370.58	0.002268	0.004780	1907.6	2321.3	413.7
15.8	346.30	0.0016992	0.009526	1643.6	2588.7	945.1	21.4	371.37	0.002327	0.004609	1924.7	2299.8	375.1
16.0	347.32	0.0017101	0.009330	1651.5	2582.7	931.2	21.6	372.15	0.002408	0.004382	1946.0	2274.2	328.2
16.2	348.32	0.0017212	0.009138	1659.4	2576.6	917.2	21.8	372.92	0.002510	0.004116	1971.0	2241.6	270.6
16.4	349.32	0.0017327	0.008949	1667.4	2570.4	903.0	22.0	373.68	0.002675	0.003757	2007.7	2192.5	184.8
16.6	350.31	0.0017444	0.008763	1675.4	2564.0	888.6							

УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ И ЭНТАЛЬПИИ ВОДЫ

Таблица XXIV

<i>t</i> °C	<i>v</i> м³/кг	<i>i</i> кДж/кг	<i>v</i> м³/кг	<i>i</i> кДж/кг	<i>v</i> м³/кг	<i>i</i> кДж/кг	<i>t</i> °C	<i>v</i> м³/кг	<i>i</i> кДж/кг	<i>v</i> м³/кг	<i>i</i> кДж/кг	<i>v</i> м³/кг	<i>i</i> кДж/кг
	<i>p</i> =0.1 МПа		<i>p</i> =0.2 МПа		<i>p</i> =0.3 МПа			<i>p</i> =1.0 МПа		<i>p</i> =1.5 МПа		<i>p</i> =2.0 МПа	
0	0.0010002	0.0	0.0010001	0.2	0.0010001	0.3	170	0.0011143	719.2	0.0011139	719.5	0.0011135	719.8
10	0.0010003	42.1	0.0010002	42.2	0.0010001	42.3	180	-	-	0.0011271	763.4	0.0011266	763.6
20	0.0010017	84.0	0.0010016	84.0	0.0010016	84.1	190	-	-	0.0011413	807.6	0.0011408	807.9
30	0.0010043	125.8	0.0010042	125.8	0.0010042	125.9	200	-	-	-	-	0.0011560	852.6
40	0.0010078	167.5	0.0010077	167.6	0.0010077	167.7	210	-	-	-	-	0.0011725	897.8
50	0.0010121	209.3	0.0010120	209.4	0.0010120	209.5		<i>p</i> =3.0 МПа		<i>p</i> =4.0 МПа		<i>p</i> =5.0 МПа	
60	0.0010171	251.2	0.0010171	251.2	0.0010170	251.3	0	0.0009987	3.0	0.0009982	4.0	0.0009977	5.1
70	0.0010228	293.0	0.0010228	293.1	0.0010227	293.2	10	0.0009988	44.9	0.0009984	45.9	0.0009979	46.9
80	0.0010292	335.0	0.0010291	335.0	0.0010291	335.1	20	0.0010004	86.7	0.0009999	87.6	0.0009995	88.6
90	0.0010361	377.0	0.0010361	377.0	0.0010360	377.1	30	0.0010030	128.4	0.0010025	129.3	0.0010021	130.2
100	-	-	0.0010437	419.1	0.0010436	419.2	40	0.0010065	170.1	0.0010060	171.0	0.0010056	171.9
110	-	-	0.0010518	461.4	0.0010518	461.4	50	0.0010108	211.8	0.0010103	212.7	0.0010099	213.6
120	-	-	0.0010606	503.7	0.0010606	503.8	60	0.0010158	253.6	0.0010153	254.4	0.0010149	255.3
130	-	-	-	-	0.0010700	546.3	70	0.0010215	295.4	0.0010210	296.2	0.0010205	297.0
	<i>p</i> =0.4 МПа		<i>p</i> =0.6 МПа		<i>p</i> =0.8 МПа		80	0.0010278	337.3	0.0010273	338.1	0.0010268	338.8
0	0.0010000	0.4	0.0009999	0.6	0.0009998	0.8	90	0.0010347	379.2	0.0010342	380.0	0.0010337	380.7
10	0.0010001	42.4	0.0010000	42.6	0.0009999	42.8	100	0.0010422	421.2	0.0010417	422.0	0.0010412	422.7
20	0.0010015	84.2	0.0010014	84.4	0.0010014	84.6	110	0.0010503	463.4	0.0010498	464.1	0.0010492	464.8
30	0.0010041	126.0	0.0010040	126.2	0.0010040	126.4	120	0.0010590	505.7	0.0010584	506.4	0.0010579	507.1
40	0.0010076	167.8	0.0010075	168.0	0.0010075	168.2	130	0.0010684	548.2	0.0010677	548.8	0.0010671	549.5
50	0.0010119	209.6	0.0010118	209.8	0.0010118	209.9	140	0.0010783	590.8	0.0010777	591.5	0.0010771	592.1
60	0.0010170	251.4	0.0010169	251.6	0.0010168	251.7	150	0.0010890	633.7	0.0010883	634.3	0.0010877	635.0
70	0.0010227	293.3	0.0010226	293.4	0.0010225	293.6	160	0.0011005	676.9	0.0010997	677.5	0.0010990	678.0
80	0.0010290	335.2	0.0010289	335.4	0.0010288	335.5	170	0.0011127	720.3	0.0011119	720.9	0.0011111	721.4
90	0.0010360	377.2	0.0010359	377.3	0.0010358	377.5	180	0.0011258	764.1	0.0011249	764.6	0.0011241	765.2
100	0.0010436	419.3	0.0010434	419.4	0.0010433	419.6	190	0.0011399	808.3	0.0011389	808.8	0.0011380	809.3
110	0.0010517	461.5	0.0010516	461.6	0.0010515	461.8	200	0.0011550	853.0	0.0011540	853.4	0.0011530	853.8
120	0.0010605	503.9	0.0010604	504.0	0.0010603	504.1	210	0.0011714	898.1	0.0011702	898.5	0.0011691	898.8
130	0.0010699	546.4	0.0010698	546.5	0.0010697	546.7	220	0.0011891	943.9	0.0011878	944.2	0.0011866	944.4
140	0.0010800	589.1	0.0010799	589.3	0.0010798	589.4	230	0.0012084	990.3	0.0012070	990.5	0.0012056	990.7
150	-	-	0.0010907	632.2	0.0010906	632.4	240	-	-	0.0012280	1037.7	0.0012264	1037.8
160	-	-	-	-	0.0011021	675.6	250	-	-	0.0012512	1085.8	0.0012494	1085.8
170	-	-	-	-	0.0011144	719.1	260	-	-	-	-	0.0012750	1135.0
	<i>p</i> =1.0 МПа		<i>p</i> =1.5 МПа		<i>p</i> =2.0 МПа			<i>p</i> =6.0 МПа		<i>p</i> =7.0 МПа		<i>p</i> =8.0 МПа	
0	0.0009997	1.0	0.0009995	1.5	0.0009992	2.0	0	0.0009972	6.1	0.0009967	7.1	0.0009962	8.1
10	0.0009998	43.0	0.0009995	43.5	0.0009993	43.9	10	0.0009974	47.8	0.0009970	48.8	0.0009965	49.8
20	0.0010013	84.8	0.0010010	85.3	0.0010008	85.7	20	0.0009990	89.5	0.0009986	90.4	0.0009981	91.4
30	0.0010039	126.6	0.0010036	127.0	0.0010034	127.5	30	0.0010016	131.1	0.0010012	132.0	0.0010008	132.9
40	0.0010074	168.3	0.0010071	168.8	0.0010069	169.2	40	0.0010051	172.7	0.0010047	173.6	0.0010043	174.5
50	0.0010117	210.1	0.0010114	210.6	0.0010112	211.0	50	0.0010094	214.4	0.0010090	215.3	0.0010086	216.1
60	0.0010167	251.9	0.0010165	252.3	0.0010162	252.7	60	0.0010144	256.1	0.0010140	256.9	0.0010135	257.8
70	0.0010224	293.8	0.0010222	294.2	0.0010219	294.6	70	0.0010201	297.8	0.0010196	298.7	0.0010192	299.5
80	0.0010287	335.7	0.0010285	336.1	0.0010282	336.5	80	0.0010263	339.6	0.0010259	340.4	0.0010254	341.2
90	0.0010357	377.7	0.0010354	378.0	0.0010352	378.4	90	0.0010332	381.5	0.0010327	382.3	0.0010322	383.1
100	0.0010432	419.7	0.0010430	420.1	0.0010427	420.5	100	0.0010406	423.5	0.0010401	424.2	0.0010396	425.0
110	0.0010514	461.9	0.0010511	462.3	0.0010508	462.7	110	0.0010487	465.6	0.0010481	466.3	0.0010476	467.0
120	0.0010602	504.3	0.0010599	504.6	0.0010596	505.0	120	0.0010573	507.8	0.0010567	508.5	0.0010562	509.2
130	0.0010696	546.8	0.0010693	547.1	0.0010690	547.5	130	0.0010665	550.2	0.0010660	550.9	0.0010654	551.6
140	0.0010796	589.5	0.0010793	589.8	0.0010790	590.2	140	0.0010764	592.8	0.0010758	593.4	0.0010752	594.1
150	0.0010904	632.5	0.0010901	632.8	0.0010897	633.1	150	0.0010870	635.6	0.0010863	636.2	0.0010856	636.8
160	0.0011019	675.7	0.0011016	676.0	0.0011012	676.3	160	0.0010983	678.6	0.0010976	679.2	0.0010968	679.8

Продолжение таблицы XXIV

t °C	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг	t °C	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг
	$p=6.0$ МПа		$p=7.0$ МПа		$p=8.0$ МПа			$p=12.0$ МПа		$p=13.0$ МПа		$p=14.0$ МПа	
170	0.0011103	722.0	0.0011096	722.6	0.0011088	723.1	50	0.0010068	219.6	0.0010064	220.4	0.0010060	221.3
180	0.0011232	765.7	0.0011224	766.2	0.0011216	766.7	60	0.0010118	261.1	0.0010113	262.0	0.0010109	262.8
190	0.0011371	809.7	0.0011362	810.2	0.0011353	810.7	70	0.0010174	302.7	0.0010169	303.6	0.0010164	304.4
200	0.0011519	854.2	0.0011510	854.6	0.0011500	855.1	80	0.0010235	344.4	0.0010231	345.2	0.0010226	346.0
210	0.0011680	899.2	0.0011669	899.6	0.0011658	899.9	90	0.0010303	386.2	0.0010298	386.9	0.0010293	387.7
220	0.0011853	944.7	0.0011841	945.0	0.0011829	945.3	100	0.0010376	428.0	0.0010371	428.8	0.0010366	429.5
230	0.0012042	990.9	0.0012028	991.1	0.0012015	991.4	110	0.0010455	470.0	0.0010450	470.7	0.0010444	471.4
240	0.0012249	1037.9	0.0012233	1038.0	0.0012218	1038.2	120	0.0010540	512.0	0.0010534	512.8	0.0010529	513.5
250	0.0012476	1085.8	0.0012458	1085.8	0.0012440	1085.8	130	0.0010630	554.3	0.0010624	555.0	0.0010619	555.7
260	0.0012729	1134.8	0.0012708	1134.7	0.0012687	1134.6	140	0.0010727	596.7	0.0010721	597.4	0.0010715	598.0
270	0.0013013	1185.2	0.0012988	1184.9	0.0012964	1184.6	150	0.0010830	639.3	0.0010824	640.0	0.0010817	640.6
280	-	-	0.0013307	1236.7	0.0013277	1236.2	160	0.0010940	682.2	0.0010933	682.8	0.0010926	683.4
290	-	-	-	-	0.0013639	1289.8	170	0.0011058	725.4	0.0011050	725.9	0.0011043	726.5
	$p=9.0$ МПа		$p=10.0$ МПа		$p=11.0$ МПа		180	0.0011183	768.8	0.0011175	769.4	0.0011167	769.9
0	0.0009958	9.1	0.0009953	10.1	0.0009948	11.1	190	0.0011317	812.6	0.0011308	813.1	0.0011300	813.6
10	0.0009960	50.7	0.0009956	51.7	0.0009951	52.7	200	0.0011461	856.8	0.0011451	857.2	0.0011442	857.7
20	0.0009977	92.3	0.0009972	93.2	0.0009968	94.2	210	0.0011615	901.4	0.0011605	901.8	0.0011594	902.2
30	0.0010003	133.8	0.0009999	134.7	0.0009995	135.7	220	0.0011782	946.6	0.0011770	946.9	0.0011759	947.2
40	0.0010038	175.4	0.0010034	176.3	0.0010030	177.2	230	0.0011962	992.3	0.0011949	992.6	0.0011936	992.8
50	0.0010081	217.0	0.0010077	217.8	0.0010073	218.7	240	0.0012158	1038.8	0.0012144	1038.9	0.0012129	1039.1
60	0.0010131	258.6	0.0010126	259.4	0.0010122	260.3	250	0.0012373	1086.0	0.0012356	1086.1	0.0012340	1086.1
70	0.0010187	300.3	0.0010182	301.1	0.0010178	301.9	260	0.0012609	1134.2	0.0012590	1134.1	0.0012572	1134.1
80	0.0010249	342.0	0.0010244	342.8	0.0010240	343.6	270	0.0012872	1183.5	0.0012850	1183.3	0.0012828	1183.1
90	0.0010317	383.8	0.0010312	384.6	0.0010308	385.4	280	0.0013167	1234.3	0.0013141	1233.9	0.0013115	1233.5
100	0.0010391	425.8	0.0010386	426.5	0.0010381	427.2	290	0.0013504	1286.8	0.0013472	1286.1	0.0013441	1285.5
110	0.0010471	467.8	0.0010465	468.5	0.0010460	469.2	300	0.0013895	1341.5	0.0013855	1340.5	0.0013816	1339.5
120	0.0010556	509.9	0.0010551	510.6	0.0010545	511.3	310	0.0014362	1399.3	0.0014310	1397.8	0.0014260	1396.4
130	0.0010648	552.2	0.0010642	552.9	0.0010636	553.6	320	0.0014941	1461.5	0.0014869	1459.2	0.0014801	1457.0
140	0.0010745	594.7	0.0010739	595.4	0.0010733	596.1	330	-	-	0.0015600	1526.9	0.0015497	1523.5
150	0.0010850	637.5	0.0010843	638.1	0.0010837	638.7		$p=15.0$ МПа		$p=16.0$ МПа		$p=17.0$ МПа	
160	0.0010961	680.4	0.0010954	681.0	0.0010947	681.6	0	0.0009928	15.1	0.0009924	16.1	0.0009919	17.1
170	0.0011080	723.7	0.0011072	724.2	0.0011065	724.8	10	0.0009933	56.5	0.0009928	57.5	0.0009924	58.4
180	0.0011207	767.2	0.0011199	767.8	0.0011191	768.3	20	0.0009950	97.9	0.0009946	98.8	0.0009942	99.7
190	0.0011344	811.2	0.0011335	811.6	0.0011326	812.1	30	0.0009978	139.3	0.0009973	140.2	0.0009969	141.1
200	0.0011490	855.5	0.0011480	855.9	0.0011470	856.4	40	0.0010013	180.7	0.0010008	181.6	0.0010004	182.4
210	0.0011647	900.3	0.0011636	900.7	0.0011626	901.1	50	0.0010055	222.1	0.0010051	223.0	0.0010047	223.8
220	0.0011817	945.6	0.0011805	946.0	0.0011793	946.3	60	0.0010105	263.6	0.0010100	264.5	0.0010096	265.3
230	0.0012001	991.6	0.0011988	991.8	0.0011975	992.1	70	0.0010160	305.2	0.0010156	306.0	0.0010151	306.8
240	0.0012202	1038.3	0.0012188	1038.4	0.0012173	1038.6	80	0.0010221	346.8	0.0010217	347.6	0.0010212	348.4
250	0.0012423	1085.9	0.0012406	1085.9	0.0012389	1085.9	90	0.0010289	388.5	0.0010284	389.3	0.0010279	390.0
260	0.0012667	1134.4	0.0012648	1134.3	0.0012628	1134.3	100	0.0010361	430.3	0.0010356	431.0	0.0010351	431.8
270	0.0012940	1184.3	0.0012917	1184.0	0.0012894	1183.8	110	0.0010439	472.2	0.0010434	472.9	0.0010429	473.6
280	0.0013249	1235.6	0.0013221	1235.2	0.0013194	1234.7	120	0.0010523	514.2	0.0010518	514.9	0.0010512	515.6
290	0.0013604	1289.0	0.0013570	1288.2	0.0013536	1287.5	130	0.0010613	556.4	0.0010607	557.0	0.0010602	557.7
300	0.0014022	1344.9	0.0013978	1343.7	0.0013936	1342.6	140	0.0010709	598.7	0.0010703	599.4	0.0010697	600.0
310	-	-	0.0014472	1402.6	0.0014416	1400.9	150	0.0010811	641.3	0.0010804	641.9	0.0010798	642.5
	$p=12.0$ МПа		$p=13.0$ МПа		$p=14.0$ МПа		160	0.0010919	684.0	0.0010912	684.6	0.0010906	685.2
0	0.0009943	12.1	0.0009938	13.1	0.0009933	14.1	170	0.0011035	727.1	0.0011028	727.7	0.0011021	728.2
10	0.0009947	53.6	0.0009942	54.6	0.0009938	55.6	180	0.0011159	770.4	0.0011151	771.0	0.0011143	771.5
20	0.0009964	95.1	0.0009959	96.0	0.0009955	97.0	190	0.0011291	814.1	0.0011282	814.6	0.0011274	815.1
30	0.0009991	136.6	0.0009986	137.4	0.0009982	138.4	200	0.0011432	858.1	0.0011423	858.6	0.0011414	859.0
40	0.0010026	178.1	0.0010021	178.9	0.0010017	179.8	210	0.0011584	902.6	0.0011574	903.0	0.0011564	903.4
							220	0.0011748	947.6	0.0011736	947.9	0.0011725	948.3

Продолжение таблицы XXIV

t °C	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг	t °C	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг
	$p=15.0$ МПа		$p=16.0$ МПа		$p=17.0$ МПа			$p=18.0$ МПа		$p=19.0$ МПа		$p=20.0$ МПа	
230	0.0011924	993.1	0.0011912	993.4	0.0011899	993.7	130	0.0010596	558.4	0.0010590	559.1	0.0010585	559.8
240	0.0012115	1039.3	0.0012101	1039.5	0.0012088	1039.7	140	0.0010691	600.7	0.0010685	601.4	0.0010679	602.0
250	0.0012324	1086.2	0.0012308	1086.3	0.0012293	1086.4	150	0.0010792	643.2	0.0010785	643.8	0.0010779	644.4
260	0.0012553	1134.0	0.0012535	1134.0	0.0012517	1134.0	160	0.0010899	685.9	0.0010892	686.5	0.0010886	687.1
270	0.0012807	1182.9	0.0012786	1182.8	0.0012765	1182.6	170	0.0011014	728.8	0.0011006	729.4	0.0010999	730.0
280	0.0013090	1233.1	0.0013065	1232.8	0.0013041	1232.4	180	0.0011136	772.0	0.0011128	772.6	0.0011120	773.1
290	0.0013410	1284.9	0.0013381	1284.3	0.0013352	1283.8	190	0.0011266	815.6	0.0011257	816.1	0.0011249	816.6
300	0.0013779	1338.6	0.0013742	1337.7	0.0013707	1336.9	200	0.0011405	859.5	0.0011396	860.0	0.0011387	860.4
310	0.0014212	1395.0	0.0014165	1393.7	0.0014120	1392.4	210	0.0011554	903.8	0.0011545	904.2	0.0011534	904.7
320	0.0014736	1455.0	0.0014674	1453.0	0.0014615	1451.2	220	0.0011714	948.6	0.0011703	949.0	0.0011693	949.3
330	0.0015402	1520.3	0.0015312	1517.3	0.0015229	1514.6	230	0.0011887	993.9	0.0011875	994.2	0.0011863	994.5
340	0.0016323	1594.6	0.0016175	1589.6	0.0016042	1585.0	240	0.0012074	1039.9	0.0012061	1040.1	0.0012047	1040.3
350	-	-	-	-	0.0017286	1668.7	250	0.0012277	1086.5	0.0012262	1086.7	0.0012247	1086.8
	$p=18.0$ МПа		$p=19.0$ МПа		$p=20.0$ МПа		260	0.0012500	1134.0	0.0012483	1134.0	0.0012466	1134.1
0	0.0009914	18.1	0.0009909	19.1	0.0009904	20.1	270	0.0012745	1182.5	0.0012725	1182.4	0.0012706	1182.3
10	0.0009919	59.4	0.0009915	60.4	0.0009910	61.3	280	0.0013017	1232.1	0.0012994	1231.9	0.0012971	1231.6
20	0.0009937	100.7	0.0009933	101.6	0.0009929	102.5	290	0.0013324	1283.2	0.0013296	1282.8	0.0013269	1282.3
30	0.0009965	142.0	0.0009960	142.9	0.0009956	143.8	300	0.0013672	1336.1	0.0013639	1335.3	0.0013606	1334.6
40	0.0010000	183.3	0.0009996	184.2	0.0009992	185.1	310	0.0014077	1391.3	0.0014035	1390.1	0.0013994	1389.1
50	0.0010043	224.7	0.0010038	225.6	0.0010034	226.4	320	0.0014558	1449.5	0.0014503	1447.9	0.0014450	1446.3
60	0.0010092	266.1	0.0010087	267.0	0.0010083	267.8	330	0.0015150	1512.0	0.0015075	1509.6	0.0015003	1507.3
70	0.0010147	307.6	0.0010142	308.4	0.0010138	309.3	340	0.0015920	1580.9	0.0015807	1577.2	0.0015703	1573.7
80	0.0010208	349.2	0.0010203	350.0	0.0010199	350.8	350	0.001704	1660.9	0.001683	1654.2	0.001666	1648.4
90	0.0010274	390.8	0.0010270	391.6	0.0010265	392.4	355	0.001790	1710.2	0.001757	1699.8	0.001731	1691.4
100	0.0010346	432.5	0.0010342	433.3	0.0010337	434.0	360	-	-	0.001871	1756.8	0.001823	1742.0
110	0.0010424	474.4	0.0010419	475.1	0.0010414	475.8	365	-	-	-	-	0.001991	1813.2
120	0.0010507	516.3	0.0010502	517.0	0.0010496	517.7							

УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ И ЭНТАЛЬПИИ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА ПРИ
ДОКРИТИЧЕСКОМ ДАВЛЕНИИ

Таблица XXV

t °C	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг	t °C	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг	v м³/кг	i кДж/кг
	$p = 8.0$ МПа		$p = 8.2$ МПа		$p = 8.4$ МПа			$p = 8.6$ МПа		$p = 8.8$ МПа		$p = 9.0$ МПа	
360	0.03085	3021.3	0.02997	3015.8	0.02910	3010.3	600	0.04490	3635.7	0.04383	3634.0	0.04281	3632.4
370	0.03179	3052.6	0.03086	3047.6	0.02998	3042.5	610	0.04550	3659.7	0.04443	3658.1	0.04340	3656.5
380	0.03265	3082.7	0.03171	3078.1	0.03082	3073.4	620	0.04611	3683.7	0.04502	3682.1	0.04398	3680.6
390	0.03349	3111.8	0.03254	3107.5	0.03164	3103.2	630	0.04671	3707.6	0.04561	3706.1	0.04456	3704.6
400	0.03431	3140.1	0.03335	3136.1	0.03243	3132.0	640	0.04731	3731.6	0.04620	3730.1	0.04513	3728.6
410	0.03511	3167.7	0.03413	3163.9	0.03321	3160.1	650	0.04791	3755.5	0.04678	3754.1	0.04571	3752.6
420	0.03589	3194.7	0.03490	3191.1	0.03396	3187.5							
430	0.03665	3221.2	0.03566	3217.8	0.03470	3214.4							
440	0.03741	3247.3	0.03640	3244.1	0.03543	3240.9							
450	0.03815	3273.1	0.03712	3270.1	0.03615	3267.1	310	0.02067	2770.1	0.01994	2757.7	0.01923	2745.0
460	0.03888	3298.6	0.03784	3295.8	0.03685	3292.9	320	0.02195	2823.8	0.02124	2813.8	0.02055	2803.6
470	0.03960	3323.9	0.03855	3321.2	0.03755	3318.4	330	0.02308	2870.5	0.02238	2860.0	0.02170	2853.4
480	0.04031	3349.0	0.03925	3346.3	0.03824	3343.7	340	0.02411	2912.4	0.02341	2905.0	0.02274	2897.5
490	0.04102	3373.8	0.03994	3371.3	0.03892	3368.8	350	0.02506	2951.0	0.02436	2944.5	0.02369	2937.9
500	0.04172	3398.5	0.04062	3396.1	0.03959	3393.7	360	0.02596	2987.4	0.02526	2981.5	0.02458	2975.5
510	0.04241	3423.1	0.04130	3420.8	0.04025	3418.5	370	0.02681	3021.7	0.02610	3016.3	0.02542	3010.9
520	0.04309	3447.6	0.04197	3445.4	0.04091	3443.1	380	0.02762	3054.3	0.02691	3049.4	0.02622	3044.4
530	0.04377	3471.9	0.04264	3469.8	0.04156	3467.7	390	0.02841	3085.5	0.02768	3080.9	0.02699	3076.4
540	0.04445	3496.2	0.04330	3494.2	0.04221	3492.1	400	0.02916	3115.5	0.02843	3111.3	0.02773	3107.1
550	0.04512	3520.4	0.04396	3518.4	0.04286	3516.4	410	0.02990	3144.6	0.02915	3140.7	0.02845	3136.8
560	0.04578	3544.6	0.04461	3542.7	0.04350	3540.8	420	0.03061	3173.0	0.02986	3169.3	0.02914	3165.6
570	0.04645	3568.7	0.04526	3566.9	0.04413	3565.0	430	0.03131	3200.8	0.03055	3197.3	0.02982	3193.8
580	0.04710	3592.8	0.04590	3591.0	0.04476	3589.2	440	0.03200	3228.0	0.03123	3224.7	0.03049	3221.4
590	0.04776	3616.8	0.04654	3615.0	0.04539	3613.3	450	0.03267	3254.8	0.03189	3251.7	0.03114	3248.5
600	0.04841	3640.7	0.04718	3639.0	0.04601	3637.4	460	0.03333	3281.2	0.03254	3278.2	0.03178	3275.3
610	0.04906	3664.6	0.04782	3662.9	0.04663	3661.3	470	0.03398	3307.3	0.03318	3304.5	0.03242	3301.6
620	0.04970	3688.4	0.04845	3686.8	0.04725	3685.3	480	0.03462	3333.1	0.03381	3330.4	0.03304	3327.7
630	0.05035	3712.2	0.04906	3710.7	0.04786	3709.2	490	0.03525	3358.6	0.03444	3356.1	0.03365	3353.5
640	0.05099	3736.0	0.04970	3734.5	0.04848	3733.0	500	0.03588	3384.0	0.03505	3381.5	0.03426	3379.1
650	0.05162	3759.8	0.05032	3758.4	0.04909	3756.9	510	0.03650	3409.2	0.03566	3406.8	0.03486	3404.5
	$p = 8.6$ МПа		$p = 8.8$ МПа		$p = 9.0$ МПа		520	0.03711	3434.2	0.03626	3431.9	0.03545	3429.7
310	0.02300	2804.0	0.02219	2793.1	0.02142	2781.8	530	0.03772	3459.0	0.03686	3456.9	0.03604	3454.7
320	0.02424	2852.0	0.02344	2842.9	0.02268	2833.5	540	0.03832	3483.8	0.03745	3481.7	0.03662	3479.6
330	0.02535	2894.7	0.02456	2886.8	0.02381	2878.7	550	0.03892	3508.5	0.03804	3506.5	0.03720	3504.4
340	0.02638	2933.7	0.02559	2926.7	0.02484	2919.6	560	0.03951	3533.1	0.03862	3531.2	0.03777	3529.2
350	0.02735	2970.1	0.02655	2963.8	0.02579	2957.5	570	0.04010	3557.6	0.03920	3555.8	0.03833	3553.9
360	0.02826	3004.7	0.02746	2999.0	0.02669	2993.2	580	0.04068	3582.1	0.03977	3580.3	0.03890	3578.5
370	0.02913	3037.4	0.02832	3032.2	0.02755	3027.0	590	0.04126	3606.4	0.04034	3604.7	0.03946	3603.0
380	0.02998	3068.7	0.02915	3063.9	0.02837	3059.1	600	0.04184	3630.7	0.04091	3629.0	0.04001	3627.3
390	0.03078	3098.8	0.02995	3094.4	0.02916	3090.0	610	0.04241	3654.9	0.04147	3653.2	0.04057	3651.6
400	0.03156	3127.9	0.03072	3123.8	0.02993	3119.7	620	0.04298	3679.0	0.04203	3677.4	0.04112	3675.9
410	0.03232	3156.3	0.03148	3152.4	0.03067	3148.5	630	0.04355	3703.1	0.04259	3701.6	0.04166	3700.0
420	0.03307	3183.9	0.03221	3180.3	0.03139	3176.7	640	0.04412	3727.1	0.04314	3725.7	0.04221	3724.2
430	0.03380	3211.1	0.03293	3207.6	0.03210	3204.2	650	0.04468	3751.2	0.04369	3749.8	0.04275	3748.3
440	0.03451	3237.7	0.03364	3234.5	0.03280	3231.2							
450	0.03522	3264.0	0.03433	3261.0	0.03348	3257.9							
460	0.03591	3290.0	0.03501	3287.1	0.03415	3284.1	310	0.01853	2731.7	-	-	-	-
470	0.03659	3315.6	0.03568	3312.9	0.03481	3310.1	320	0.01989	2793.0	0.01924	2782.0	0.01771	2752.8
480	0.03727	3341.1	0.03635	3338.4	0.03546	3335.7	330	0.02105	2844.5	0.02042	2835.4	0.01893	2811.6
490	0.03794	3366.3	0.03700	3363.7	0.03611	3361.2	340	0.02209	2889.9	0.02147	2882.1	0.02000	2861.8
500	0.03860	3391.3	0.03765	3388.9	0.03675	3386.4	350	0.02304	2931.1	0.02242	2924.2	0.02095	2906.5
510	0.03925	3416.2	0.03829	3413.8	0.03738	3411.5	360	0.02393	2969.5	0.02330	2963.3	0.02184	2947.6
520	0.03990	3440.9	0.03893	3438.7	0.03800	3436.4	370	0.02477	3005.4	0.02414	2999.9	0.02266	2985.7
530	0.04054	3465.5	0.03955	3463.4	0.03862	3461.2	380	0.02556	3039.4	0.02492	3034.4	0.02344	3021.5
540	0.04117	3490.0	0.04018	3488.0	0.03923	3485.9	390	0.02632	3071.8	0.02568	3067.1	0.02418	3055.3
550	0.04180	3514.5	0.04080	3512.5	0.03984	3510.5	400	0.02705	3102.8	0.02641	3098.5	0.02489	3087.6
560	0.04243	3538.9	0.04141	3537.0	0.04044	3535.0	410	0.02776	3132.8	0.02711	3128.7	0.02558	3118.6
570	0.04305	3563.2	0.04202	3561.4	0.04104	3559.5	420	0.02845	3161.9	0.02779	3158.1	0.02624	3148.6
580	0.04367	3587.4	0.04263	3585.7	0.04163	3583.9	430	0.02912	3190.3	0.02845	3186.7	0.02689	3177.8
590	0.04428	3611.6	0.04323	3609.9	0.04222	3608.2	440	0.02978	3218.1	0.02910	3214.8	0.02752	3206.4
							450	0.03043	3245.4	0.02974	3242.2	0.02814	3234.3

Продолжение таблицы XXV

t °C	ν м ³ /кг	i кДж/кг	ν м ³ /кг	i кДж/кг	ν м ³ /кг	i кДж/кг	t °C	ν м ³ /кг	i кДж/кг	ν м ³ /кг	i кДж/кг	ν м ³ /кг	i кДж/кг		
		$p = 9.8$ МПа		$p = 10.0$ МПа		$p = 10.5$ МПа				$p = 12.5$ МПа		$p = 13.0$ МПа		$p = 13.5$ МПа	
460	0.03106	3272.3	0.03036	3269.3	0.02874	3261.8	360	0.01704	2878.2	0.01604	2858.9	0.01511	2838.7		
470	0.03168	3298.8	0.03098	3296.0	0.02933	3288.8	370	0.01786	2924.3	0.01688	2907.5	0.01595	2890.1		
480	0.03230	3325.0	0.03158	3322.3	0.02992	3315.5	380	0.01862	2966.2	0.01764	2951.4	0.01672	2936.0		
490	0.03290	3350.9	0.03218	3348.3	0.03049	3341.8	390	0.01933	3005.0	0.01834	2991.7	0.01742	2977.9		
500	0.03350	3376.6	0.03277	3374.1	0.03106	3367.9	400	0.02001	3041.4	0.01901	3029.3	0.01808	3016.8		
510	0.03409	3402.1	0.03335	3399.7	0.03162	3393.8	410	0.02065	3075.9	0.01964	3064.8	0.01871	3053.4		
520	0.03467	3427.4	0.03392	3425.1	0.03217	3419.4	420	0.02126	3109.0	0.02025	3098.6	0.01931	3088.1		
530	0.03525	3452.5	0.03449	3450.3	0.03272	3444.9	430	0.02185	3140.8	0.02083	3131.1	0.01988	3121.4		
540	0.03582	3477.5	0.03505	3475.4	0.03326	3470.2	440	0.02243	3171.5	0.02139	3162.6	0.02044	3153.4		
550	0.03639	3502.4	0.03561	3500.4	0.03380	3495.4	450	0.02298	3201.5	0.02194	3193.1	0.02097	3184.5		
560	0.03695	3527.3	0.03616	3525.4	0.03433	3520.5	460	0.02353	3230.8	0.02247	3222.8	0.02149	3214.7		
570	0.03751	3552.0	0.03671	3550.2	0.03486	3545.5	470	0.02406	3259.4	0.02299	3251.9	0.02200	3244.3		
580	0.03806	3576.7	0.03726	3574.9	0.03538	3570.4	480	0.02458	3287.5	0.02350	3280.4	0.02250	3273.2		
590	0.03861	3601.2	0.03780	3599.5	0.03590	3595.1	490	0.02509	3315.2	0.02400	3308.5	0.02298	3301.6		
600	0.03916	3625.6	0.03833	3624.0	0.03641	3619.8	500	0.02559	3342.6	0.02448	3336.1	0.02346	3329.6		
610	0.03970	3650.0	0.03887	3648.4	0.03692	3644.3	510	0.02608	3369.5	0.02496	3363.4	0.02393	3357.2		
600	0.04024	3674.3	0.03940	3672.7	0.03743	3668.8	520	0.02657	3396.2	0.02544	3390.3	0.02439	3384.4		
630	0.04078	3698.5	0.03992	3697.0	0.03794	3693.2	530	0.02705	3422.6	0.02590	3417.0	0.02484	3411.3		
640	0.04131	3722.7	0.04045	3721.2	0.03844	3717.5	540	0.02752	3448.8	0.02637	3443.4	0.02529	3438.0		
650	0.04184	3746.9	0.04097	3745.4	0.03894	3741.8	550	0.02799	3474.9	0.02682	3469.7	0.02574	3464.5		
320	0.01625	2720.3	-	-	-	-	560	0.02846	3500.8	0.02727	3495.8	0.02617	3490.8		
330	0.01754	2785.9	0.01624	2758.1	0.01501	2727.6	570	0.02892	3526.5	0.02772	3521.7	0.02661	3516.9		
340	0.01864	2840.4	0.01738	2817.7	0.01620	2793.4	580	0.02937	3552.1	0.02816	3547.5	0.02703	3542.8		
350	0.01961	2888.1	0.01836	2868.7	0.01721	2848.4	590	0.02982	3577.5	0.02859	3573.0	0.02746	3568.6		
360	0.02049	2931.2	0.01925	2914.3	0.01810	2896.6	600	0.03027	3602.7	0.02903	3598.4	0.02788	3594.2		
370	0.02131	2971.1	0.02007	2956.0	0.01893	2940.4	610	0.03071	3627.9	0.02946	3623.7	0.02829	3619.6		
380	0.02208	3008.3	0.02084	2994.7	0.01969	2980.7	620	0.03115	3652.9	0.02988	3648.9	0.02871	3644.9		
390	0.02281	3043.2	0.02156	3030.8	0.02040	3018.1	630	0.03159	3677.8	0.03030	3673.9	0.02912	3670.0		
400	0.02351	3076.4	0.02224	3065.0	0.02108	3053.3	640	0.03202	3702.6	0.03072	3698.9	0.02952	3695.1		
410	0.02418	3108.2	0.02290	3097.7	0.02173	3086.9	650	0.03245	3727.4	0.03114	3723.8	0.02993	3720.1		
420	0.02483	3138.9	0.02354	3129.1	0.02235	3119.1	$p = 14.0$ МПа		$p = 14.5$ МПа		$p = 15.0$ МПа				
430	0.02546	3168.8	0.02416	3159.6	0.02296	3150.2	340	0.01201	2672.6	0.01101	2632.3	-	-		
440	0.02607	3197.8	0.02475	3189.2	0.02354	3180.4	350	0.01323	2753.5	0.01235	2725.1	0.01148	2693.8		
450	0.02667	3226.2	0.02534	3218.1	0.02411	3209.9	360	0.01422	2817.4	0.01338	2794.9	0.01258	2771.3		
460	0.02726	3254.1	0.02591	3246.4	0.02467	3238.6	370	0.01508	2871.9	0.01426	2853.0	0.01349	2833.3		
470	0.02784	3281.6	0.02647	3274.2	0.02521	3266.9	380	0.01585	2920.2	0.01504	2903.7	0.01428	2886.7		
480	0.02840	3308.6	0.02702	3301.6	0.02575	3294.6	390	0.01656	2963.8	0.01575	2949.3	0.01500	2934.3		
490	0.02896	3335.3	0.02756	3328.6	0.02627	3322.0	400	0.01722	3004.0	0.01641	2991.0	0.01566	2977.6		
500	0.02951	3361.6	0.02809	3355.3	0.02679	3349.0	410	0.01784	3041.7	0.01703	3029.8	0.01627	3017.7		
510	0.03005	3387.8	0.02861	3381.7	0.02730	3375.6	420	0.01844	3077.4	0.01762	3066.4	0.01685	3055.3		
520	0.03058	3413.7	0.02913	3407.9	0.02780	3402.1	430	0.01900	3111.4	0.01818	3101.3	0.01741	3091.1		
530	0.03111	3439.4	0.02964	3433.8	0.02829	3428.2	440	0.01954	3144.2	0.01872	3134.8	0.01794	3125.2		
540	0.03163	3464.9	0.03014	3459.6	0.02878	3454.2	450	0.02007	3175.8	0.01923	3167.0	0.01845	3158.2		
550	0.03215	3490.3	0.03064	3485.2	0.02926	3480.0	460	0.02058	3206.6	0.01974	3198.3	0.01894	3190.0		
560	0.03266	3515.6	0.03114	3510.7	0.02974	3505.7	470	0.02108	3236.6	0.02022	3228.8	0.01942	3221.0		
570	0.03317	3540.8	0.03163	3536.0	0.03022	3531.3	480	0.02157	3265.9	0.02070	3258.6	0.01989	3251.2		
580	0.03367	3565.8	0.03211	3561.3	0.03068	3556.7	490	0.02204	3294.7	0.02117	3287.8	0.02035	3280.7		
590	0.03417	3590.7	0.03260	3586.3	0.03115	3581.9	500	0.02251	3323.0	0.02162	3316.4	0.02079	3309.7		
600	0.03467	3615.5	0.03307	3611.3	0.03161	3607.0	510	0.02297	3350.9	0.02207	3344.6	0.02123	3338.3		
610	0.03516	3640.2	0.03355	3636.1	0.03207	3632.0	520	0.02342	3378.4	0.02251	3372.5	0.02166	3366.4		
620	0.03565	3664.8	0.03402	3660.8	0.03252	3656.9	530	0.02386	3405.6	0.02294	3399.9	0.02206	3394.1		
630	0.03614	3689.3	0.03449	3685.5	0.03298	3681.6	540	0.02430	3432.5	0.02337	3427.0	0.02250	3421.5		
640	0.03662	3713.8	0.03495	3710.1	0.03343	3706.4	550	0.02473	3459.2	0.02379	3454.0	0.02291	3448.7		
650	0.03710	3738.2	0.03542	3734.6	0.03387	3731.0	560	0.02515	3485.8	0.02420	3480.7	0.02332	3475.6		
330	0.01382	2693.4	-	-	-	-	570	0.02557	3512.1	0.02461	3507.2	0.02372	3502.3		
340	0.01508	2767.2	0.01402	2738.8	0.01300	2707.6	580	0.02599	3538.2	0.02502	3533.5	0.02411	3528.8		
350	0.01613	2826.8	0.01511	2804.0	0.01415	2779.7	590	0.02640	3564.1	0.02542	3559.6	0.02450	3555.1		
							600	0.02681	3589.8	0.02582	3585.5	0.02489	3581.2		
							610	0.02722	3615.4	0.02621	3611.2	0.02527	3607.0		
							620	0.02762	3640.8	0.02660	3636.8	0.02565	3632.8		

Продолжение таблицы XXV

t °C	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг	t °C	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг	ν м³/кг	i кДж/кг		
		$p = 14.0$ МПа		$p = 14.5$ МПа		$p = 15.0$ МПа				$p = 17.0$ МПа		$p = 17.5$ МПа		$p = 18.0$ МПа	
630	0.02801	3666.1	0.02699	3662.2	0.02603	3658.3	580	0.02102	3509.9	0.02035	3505.1	0.01973	3500.3		
640	0.02841	3691.3	0.02737	3687.6	0.02640	3683.8	590	0.02137	3536.9	0.02070	3532.3	0.02007	3527.7		
650	0.02880	3716.5	0.02775	3712.8	0.02677	3709.1	600	0.02173	3563.6	0.02105	3559.2	0.02041	3554.8		
		$p = 15.5$ МПа		$p = 16.0$ МПа		$p = 16.5$ МПа				$p = 18.5$ МПа		$p = 19.0$ МПа		$p = 19.5$ МПа	
350	0.010636	2658.8	0.009782	2618.5	0.008890	2570.1	630	0.02276	3642.6	0.02206	3638.6	0.02140	3634.9		
360	0.01181	2745.6	0.01107	2717.8	0.010337	2687.4	640	0.02310	3668.6	0.02239	3664.8	0.02172	3660.9		
370	0.01275	2812.4	0.01205	2790.5	0.01137	2767.2	650	0.02343	3694.4	0.02272	3690.7	0.02204	3687.0		
380	0.01356	2869.0	0.01286	2850.6	0.01222	2831.3	610	0.02207	3590.2	0.02139	3585.9	0.02074	3581.6		
390	0.01428	2918.8	0.01360	2902.9	0.01296	2886.4	620	0.02242	3616.5	0.02172	3612.4	0.02107	3608.2		
400	0.01494	2963.8	0.01427	2949.7	0.01363	2935.2	360	0.007303	2511.7	-	-	-	-		
410	0.01556	3005.2	0.01488	2992.5	0.01425	2979.6	370	0.008851	2655.1	0.008238	2619.8	0.007611	2579.4		
420	0.01614	3044.0	0.01546	3032.5	0.01482	3020.7	380	0.009867	2744.2	0.009325	2719.1	0.008795	2692.3		
430	0.01668	3080.6	0.01600	3070.0	0.01536	3059.2	390	0.01068	2813.9	0.010171	2793.9	0.009676	2772.9		
440	0.01721	3115.6	0.01652	3105.8	0.01588	3095.8	400	0.01139	2872.7	0.01089	2855.7	0.010412	2838.2		
450	0.01771	3149.2	0.01702	3140.0	0.01637	3130.8	410	0.01202	2924.3	0.01153	2909.5	0.01106	2894.5		
460	0.01820	3181.6	0.01750	3173.0	0.01685	3164.4	420	0.01260	2971.1	0.01211	2958.0	0.01164	2944.6		
470	0.01867	3213.0	0.01797	3205.0	0.01731	3196.9	430	0.01313	3014.2	0.01264	3002.4	0.01218	2990.4		
480	0.01913	3243.7	0.01842	3236.2	0.01775	3228.5	440	0.01364	3054.4	0.01314	3043.7	0.01268	3032.8		
490	0.01958	3273.7	0.01886	3266.5	0.01819	3259.3	450	0.01411	3092.5	0.01367	3082.6	0.01315	3072.6		
500	0.02002	3303.0	0.01929	3296.3	0.01861	3289.5	460	0.01457	3128.8	0.01407	3119.7	0.01360	3110.4		
510	0.02045	3331.9	0.01971	3325.4	0.01902	3319.0	470	0.01501	3163.7	0.01451	3155.1	0.01403	3146.5		
520	0.02087	3360.3	0.02013	3354.2	0.01943	3348.0	480	0.01543	3197.3	0.01493	3189.3	0.01445	3181.2		
530	0.02128	3388.3	0.02053	3382.4	0.01982	3376.6	490	0.01584	3229.9	0.01533	3222.4	0.01485	3214.8		
540	0.02169	3416.0	0.02093	3410.4	0.02021	3404.8	500	0.01624	3261.7	0.01573	3254.5	0.01524	3247.7		
550	0.02209	3443.4	0.02132	3438.0	0.02060	3432.6	510	0.01663	3292.6	0.01611	3285.9	0.01561	3279.1		
560	0.02249	3470.5	0.02171	3465.4	0.02098	3460.2	520	0.01701	3322.9	0.01648	3316.6	0.01598	3310.2		
570	0.02288	3497.4	0.02209	3492.5	0.02135	3487.6	530	0.01738	3352.7	0.01685	3346.7	0.01634	3340.6		
580	0.02326	3524.1	0.02247	3519.4	0.02172	3514.6	540	0.01774	3382.0	0.01720	3376.2	0.01669	3370.4		
590	0.02364	3550.6	0.02284	3546.0	0.02208	3541.5	550	0.018110	3410.9	0.01756	3405.4	0.01704	3399.9		
600	0.02402	3576.8	0.02321	3572.4	0.02244	3568.0	560	0.01845	3439.4	0.01790	3434.2	0.01738	3428.9		
610	0.02440	3602.8	0.02357	3598.6	0.02280	3594.4	570	0.01880	3467.6	0.01824	3462.6	0.01771	3457.5		
620	0.02477	3628.7	0.02393	3624.6	0.02315	3620.6	580	0.01914	3495.5	0.01857	3490.6	0.01804	3485.8		
630	0.02513	3654.4	0.02429	3650.5	0.02350	3646.5	590	0.01947	3523.0	0.01890	3518.4	0.01836	3513.8		
640	0.02550	3680.0	0.02465	3676.2	0.02385	3672.4	600	0.01980	3550.3	0.01923	3545.9	0.01868	3541.4		
650	0.02586	3705.5	0.02500	3701.8	0.02419	3698.1	610	0.02013	3577.4	0.01955	3573.1	0.01900	3568.8		
		$p = 17.0$ МПа		$p = 17.5$ МПа		$p = 18.0$ МПа				$p = 20.0$ МПа		$p = 20.5$ МПа		$p = 21.0$ МПа	
360	0.009616	2653.6	0.008889	2615.2	0.008135	2569.8	620	0.02045	3604.1	0.01986	3600.0	0.01931	3595.8		
370	0.01072	2742.3	0.010084	2715.7	0.009464	2686.8	630	0.02077	3630.7	0.02018	3626.7	0.01962	3622.7		
380	0.01160	2811.2	0.01100	2790.1	0.010424	2767.8	640	0.02109	3657.1	0.02049	3653.2	0.01992	3649.4		
390	0.01235	2869.3	0.01177	2851.5	0.01122	2833.1	650	0.02140	3683.3	0.02080	3679.6	0.02022	3675.9		
400	0.01303	2920.2	0.01246	2904.9	0.01191	2889.0	370	0.006951	2531.3	0.006208	2468.8	0.005128	2355.6		
410	0.01365	2966.3	0.01308	2952.6	0.01254	2938.7	380	0.008273	2663.2	0.007755	2631.4	0.007233	2596.2		
420	0.01422	3008.6	0.01365	2996.4	0.01311	2983.9	390	0.009197	2750.8	0.008731	2727.5	0.008276	2702.8		
430	0.01476	3048.3	0.01419	3037.1	0.01365	3025.7	400	0.009952	2820.1	0.009508	2801.2	0.009080	2781.6		
440	0.01527	3085.7	0.01470	3075.4	0.01415	3065.0	410	0.01061	2879.0	0.010174	2862.9	0.009758	2846.4		
450	0.01576	3121.4	0.01518	3111.9	0.01463	3102.3	420	0.01119	2931.0	0.01077	2917.0	0.010358	2902.7		
460	0.01623	3155.7	0.01565	3146.8	0.01509	3137.9	430	0.01173	2978.1	0.01131	2965.6	0.01090	2952.9		
470	0.01668	3188.8	0.01610	3180.5	0.01554	3172.1	440	0.01223	3021.7	0.01181	3010.4	0.01140	2998.9		
480	0.01712	3220.8	0.01653	3213.1	0.01597	3205.2	450	0.01270	3062.4	0.01228	3052.1	0.01187	3041.7		
490	0.01755	3252.1	0.01695	3244.7	0.01638	3237.3	460	0.01315	3101.0	0.01272	3091.5	0.01232	3081.9		
500	0.01797	3282.6	0.01736	3275.7	0.01678	3268.7	470	0.01358	3137.8	0.01315	3129.0	0.01274	3120.0		
510	0.01837	3312.4	0.01776	3305.9	0.01718	3299.3	480	0.01399	3173.1	0.01356	3164.8	0.01314	3156.6		
520	0.01877	3341.8	0.01815	3335.5	0.01756	3329.3	490	0.01439	3207.2	0.01395	3199.4	0.01353	3191.7		
530	0.01916	3370.6	0.01853	3364.7	0.01794	3358.7	500	0.01477	3240.2	0.01433	3232.9	0.01391	3225.6		
540	0.01954	3399.1	0.01891	3393.4	0.01831	3387.7	510	0.01514	3272.3	0.01470	3265.5	0.01427	3258.6		
550	0.01992	3427.2	0.01928	3421.8	0.01867	3416.4	520	0.01551	3303.7	0.01506	3297.2	0.01463	3290.7		
560	0.02029	3455.1	0.01964	3449.8	0.01903	3444.7	530	0.01586	3334.4	0.01540	3328.3	0.01497	3322.1		
570	0.02066	3482.6	0.02000	3477.6	0.01938	3472.6	540	0.01621	3364.6	0.01575	3358.7	0.01531	3352.9		
							550	0.01655	3394.3	0.01608	3388.7	0.01564	3383.1		