

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕД  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высш  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Энергетический факультет  
Кафедра промышленной теплоэнергетики  
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехн

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

ДОПУСТИТЬ К

Рецензент,  
Начальник КТЦ, ТЭЦ-2 ОАО «Фортум»  
\_\_\_\_\_ А.В. Безукладников  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Заведующий ка  
промышленной  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

М.П.

**ПЕРЕВОД РЕЗЕРВНОГО ТОПЛИВНОГО ХОЗЯЙСТВА СЕВЕИ  
КОТЕЛЬНОЙ АО«УТСК»Г. ЧЕЛЯБИНСКА С МАЗУТА НА «У**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛА  
ЮУрГУ–13.03.01.2017.084.07 ПЗ ВКР

Консультант по разделу  
«Экономика и управление»,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель раб  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

Нормоконтролер,  
старший преподаватель

Автор работы,  
студент группы П

## АННОТАЦИЯ

Майоров М.А. Перевод резервного топливного хозяйства Северо-Западной котельной АО «УТСК» г. Челябинска с мазута на «Универсин-С». – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2017, 84 с., 1 ил., библиогр. список – 46 наим., 6 листов чертежей ф. А1, 1 лист плаката ф. А1.

На Северо-Западной котельной г. Челябинска установлено 8 водогрейных и 2 паровых котла. Паровые котла производят пар исключительно на собственные нужды, для подогрева мазута в системе резервного топливоснабжения. В связи с чем было принято решение отказаться от мазута в качестве резервного топлива и перейти на Универсин-С и вывести из эксплуатации паровые котлы (законсервировать).

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является предложение схемы по переводу резервного топливного хозяйства котельной на Универсин-С, что в последствие приведет к значительной экономии топлива.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 10-ти глав, заключения, библиографического списка и приложения.

Во введении описывается текущее положение в котельной.

Первая глава обосновывает актуальность и суть реконструкции.

Во второй главе проведено описание зарубежной системы «Propane-Air», используемой в качестве резервного топливного хозяйства в западных странах.

В третьей главе приводится краткое описание конструкции котла ПТВМ-100

В четвертой главе описывается физико-химическая характеристика топлива.

В пятой главе приводится тепловой поверочный расчет котельного агрегата.

В шестой главе, определяется количество экономии тонн условного топлива в год.

В седьмой главе осуществляется поверочный расчет дымовой трубы.

В восьмой главе описывается автоматика котла ПТВМ-100

В девятой главе описывается правила безопасности работы на котельной.

В десятой главе описывается экономическая целесообразность перевода и рассчитывается срок окупаемости.

Графическая часть выполнена с применением AutoCAD – системы автоматизированного проектирования на 6 листах формата А1.

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Выполнил</i>	<i>Майоров М.А.</i>				Перевод резервного топливного хозяйства Северо-Западной котельной АО «УТСК» г. Челябинска с мазута на «Универсин-С»		
<i>Руковод.</i>	<i>Грибанов А.И.</i>						
<i>Н.контр.</i>	<i>Алабугина Р.А.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Зав.каф.</i>	<i>Осинцев К.В.</i>				В   К   Р	3	84
					<i>ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики</i>		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....		6
1	ОБОСНОВАНИЕ	И
НОСТЬ.....	АКТУАЛЬ-	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2	ЗАРУБЕЖНЫЕ	СИСТЕМЫ
ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ.....	РЕЗЕРВНОГО	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3	ХАРАКТЕРИСТИКА	КОТЛА
.....	ПТВМ-100	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4	ХАРАКТЕРИСТИКА	ТОПЛИВА
С.....	УНИВЕРСИН-	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5	ПОВЕРОЧНЫЙ	ТЕПЛОВОЙ
100.....	РАСЧЕТ	КОТЛА
	ПТВМ-	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.1 Исходные данные .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.2 Расчет теоретических объемов воздуха и продуктов сгорания .	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.3 Коэффициент избытка воздуха и объемы дымовых газов по газосоходам .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.4 Расчёт энтальпий продуктов сгорания газа и воздуха	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.5 Расчет теплового баланса котла .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.6 Тепловой расчет топки .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.7 Тепловой расчет конвективных поверхностей нагрева .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	5.8 Расчет невязки котла.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6	ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
7	ЭКОЛОГИИ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	ВОПРОСЫ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	8.1 Расчет концентрации вредных выбросов для топлива Универсин-С	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	8.2 Поверочный расчет дымовой трубы .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	8.3 Расчет концентрации вредных выбросов для топлива мазут М-100	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
	8.4 Поверочный расчет дымовой трубы .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

8	АВТОМАТИКА	КОТЛА	ПТВМ-
100	..... <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>		
9	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
9.1	Выявление опасных и вредных производственных факторов	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
9.2	Безопасность производственных процессов и оборудования	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
9.3	Электробезопасность .....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
9.4	Пожаровзрывобезопасность.....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
9.5	Правила организации работы персонала .....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10	ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.1	Капитальные затраты на реализацию проекта	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.2	Расчет текущих затрат котельной без модернизации	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.3	Расчет текущих затрат котельной после модернизации	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.4	Расчет срока окупаемости проекта.....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.5	STEEP – анализ.....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.6	SWOT анализ вариантов проектных решений	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.7	Оценка движущих и сдерживающих сил проекта	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.8	Планирование целей в пирамиде целеполагания	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.9	Составление штатного расписания .....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.10	Планирование целей проекта в дереве целей	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
10.11	График Ганта .....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	<b>Ошибка!</b>	<b>Закладка не определена.</b>
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....		82
	ПРИЛОЖЕНИЯ .....		83
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Дерево целей проекта.....		83
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Поле сил проекта.....		84



котлов и паропроводов, сжечь мазут на водогрейных котлах, произвести закупку Универсина - С.

Реализация проекта прогнозирует качественный экономический эффект. Окупаемость проекта составляет до 2 лет, конкретное значение окупаемости будет рассчитано в экономической части настоящей работы.

В конечном итоге уменьшаться не только финансовые затраты, но и уменьшится количество человеко-часов на проведение текущих и капитальных ремонтов парового оборудования.

					<i>13.03.01.2016.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		7







легко переоборудовать существующие резервное топливное хозяйство. Большинство горелок, применяемых на котлах способно работать на этом топливе, также сокращаются текущие затраты, так как нет необходимости постоянного подогрева Универсина-С.

В связи со сложившейся ситуацией компания Фортум на данный момент рассматривает вариант по переводу своих станций и котельных на иные виды резервного топлива (прорабатывается вариант использования топлива «Универсин-С»). Пилотной площадкой для реализации проекта выбрана Северо-Западная котельная города Челябинска. Выбор был сделан на основе того факта, что паровая часть котельной эксплуатируется исключительно на собственные нужды. Отказавшись от использования мазута, как резервного топлива, можно в значительной мере сократить затраты на эксплуатацию котельной.

					<i>13.03.01.2016.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>



предполагаемым режимом использования вторичной системы топливообеспечения и задачами, которые она должна решать. Так, по ряду оценок, для типового промышленного предприятия, использующего пропан-бутан как аварийное топливо, капитальные вложения в резервное топливное хозяйство не превышают убытков от нескольких дней простоя производственных мощностей в случае прекращения подачи природного газа.

Многие промышленные потребители газа за рубежом переходят на пропановоздушную смесь для покрытия избыточных (превышающих контрактные объемы поставок природного газа) потребностей в газовом топливе. (Эта функция вторичного топлива носит название «peak-shaving».) Многие контракты, заключаемые зарубежными поставщиками природного газа с промышленными предприятиями, также предусматривают полное отключение последних от газораспределительных сетей в периоды наиболее интенсивного потребления природного газа населением. В эти периоды используется вторичное газовое топливо, при этом в остальное время природный газ поставляется по льготной цене. Расчеты показывают, что подобная схема позволяет сберечь до 30% затрат на топливо

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>













## 5 ПОВЕРОЧНЫЙ ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЕТ КОТЛА ПТВМ-100

### 5.1 Исходные данные

Вид топлива: Универсин-С

Состав топлива:

$$C^P = 83,45\%$$

$$H^P = 10,95\%$$

$$S^P = 2,45\%$$

$$O^P = 0,72\%$$

$$A^P = 0,33\%$$

$$W^P = 2,1\%$$

Низшая теплота сгорания топлива:  $Q_n^P = 38702 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Производительность котла:  $Q_k = 116,3 \text{ МВт}$

Температуры теплоносителя:  $t_1 = 150^\circ \text{C}$ ,  $t_2 = 70^\circ \text{C}$

Температура уходящих газов:  $t_{yx} = 220^\circ \text{C}$

### 5.2 Расчет теоретических объемов воздуха и продуктов сгорания

Объем дымовых газов при н.у. рассчитывается по формуле (5.1):

$$V_{\Gamma} = V_{H_2O} + V_{N_2}^0 + V_{RO_2}^0 \quad (5.1)$$

где  $V_{RO_2}$  – объем трехатомных газов,

$V_{N_2}^0$  – объем азота,

$V_{H_2O}^0$  – объем водяных паров.

Теоретическое количество воздуха при сжигании топлива по формуле (5.2):

$$V^0 = 0,0889(C^P + 0,375S^P) + 0,265H^P - 0,033O^P \quad (5.2)$$

$$V^0 = 0,0889(83,45 + 0,375 \cdot 2,45) + 0,265 \cdot 10,95 - 0,033 \cdot 0,72 = 10,38 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Объем трехатомных газов находят по формуле (5.3):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 0,01866(C^p + 0,375S^p) \quad (5.3)$$

$$V_{RO_2} = 0,01866(83,45 + 0,375 \cdot 2,45) = 1,57 \frac{M^3}{кг}$$

Теоретический объём водяных паров (5.4):

$$V^0_{H_2O} = 0,111H^p + 0,0125 \cdot W^p + 0,016 \cdot V^0 \quad (5.4)$$

$$V^0_{H_2O} = 0,111 \cdot 10,95 + 0,0125 \cdot 2,1 + 0,016 \cdot 10,38 = 1,41 \frac{M^3}{кг}$$

Теоретический объём азота (5.5):

$$V^0_{N_2} = 0,79 \cdot V^0 + 0,008 \cdot N^p \quad (5.5)$$

$$V^0_{N_2} = 0,79 \cdot 10,38 + 0,008 \cdot 0 = 8,2 \frac{M^3}{кг}$$

Теоретический объём дымовых газов:

$$V_r = 1,41 + 8,2 + 1,57 = 11,18 \frac{M^3}{кг}$$

Действительный объём дымовых газов будет отличаться от теоретического на величину  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

### 5.3 Коэффициент избытка воздуха и объёмы дымовых газов по газоходам

В таблице 5.1 представлены коэффициенты избытка воздуха и присосы по дымососам.

Таблица 5.1 – Коэффициенты избытка воздуха

Участки газового тракта	$\Delta\alpha$	$\alpha''$
Топка	0,14	1,14
Конвективный пучок	0,06	1,2

Рассчитаем действительные объемы дымовых газов с учетом присосов воздуха, результаты сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Действительные объемы дымовых газов

Величина	Единица измерения	Топка	Конвективный пучок
Коэф. избытка воздуха	–	1,14	1,2
$V_{N_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0$	м <sup>3</sup> /кг	9,65	10,27
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0$	м <sup>3</sup> /кг	1,43	1,44
$V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	1,57	1,57
$V_z = V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	12,65	13,28
$r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_z$	–	0,124	0,118
$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_z$	–	0,113	0,108
$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	–	0,237	0,226

#### 5.4 Расчёт энтальпий продуктов сгорания газа и воздуха

Теоретическая энтальпия продуктов сгорания по формуле (5.6)

$$I_{\Gamma}^0 = \sum_{i=1}^1 V_i^0 (c \cdot \mathcal{G}) = (V_{RO_2}^0 \cdot c_{RO_2} + V_{H_2O}^0 \cdot c_{H_2O} + V_{N_2}^0 \cdot c_{N_2}) \quad (5.6)$$

где  $I_z^0$  и  $I_{\Gamma}^0$  – теоретические теплосодержания газов и воздуха;

$\mathcal{G}$  – температура газов, °С;

$c_{RO_2}, c_{H_2O}, c_{N_2}, c_{\Gamma}$  – теплоёмкости трёхатомных газов, водяных паров, азота и холодного воздуха (при температуре  $t_{xb}$ ) и постоянном давлении (равном атмосферному) [17, табл. 1], кДж/(кг·К)

В таблице 5.3 приведены расчетные энтальпии для дымовых газов.

Таблица 5.3 – Энтальпии воздуха и продуктов сгорания кДж/кг

$\nu, ^\circ\text{C}$	$I_{\Gamma}^0 = V^0 \cdot (ct)_{\Gamma}$	$I_{RO_2} = V_{RO_2} \cdot (cv)_{RO_2}$	$I_{N_2}^0 = V_{N_2}^0 \cdot (cv)_{N_2}$	$I_{H_2O}^0 = V_{H_2O}^0 \cdot (cv)_{H_2O}$	$I_z^0 = I_{RO_2} + I_{N_2}^0 + I_{H_2O}^0$
1	2	3	4	5	6
30	404,82	–	–	–	404,82
100	1370,16	265,33	1066	212,91	1544,24
200	2761,08	560,49	2132	428,64	3121,13
300	4183,14	877,63	3214,4	652,83	4744,86



Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7
1200	18206,520	21169,400	23718	2158	24811	2257
1300	20043,780	23147,360	25953	2235	27156	2345
1400	21548,880	25167,380	28184	2231	29477	2321
1500	23240,820	27164,470	30418	2234	31813	2335
1600	24943,140	29194,200	32686	2268	34183	2370
1700	26635,080	31237,420	34966	2280	36564	2382
1800	28327,020	33295,890	37262	2295	38961	2397
1900	30070,860	35377,550	39587	2326	41392	2430
2000	31804,320	37443,970	41897	2309	43805	2413
2100	33620,820	39538,960	44246	2349	46263	2458
2200	35281,620	41638,180	46578	2332	48695	2431

### 5.5 Расчет теплового баланса котла

Располагаемое тепло топлива по формуле (5.8):

$$Q_p^p = Q_n^p \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (5.8)$$

$$Q_p^p = 38702 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура уходящих газов:

$$t_{yx} = 220^\circ \text{C}$$

Энтальпия уходящих газов (из диаграммы «энтальпия - температура»):

$$I_{yx} = 4054,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура холодного воздуха [16, прил. 11]:

$$t_{xв} = 30^\circ \text{C}$$

Энтальпия холодного воздуха определяется из таблицы 5.3:

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

$$I_{x6} = 404,82 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Потери тепла от механического недожога:  $q_4 = 0$

Потеря теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 0,5\%$

Потери тепла с уходящими газами по формуле (5.10):

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - I_{x6}) \cdot (100 - q_4)}{Q_n^p} \quad (5.10)$$

$$q_2 = \frac{(4054,6 - 404,82) \cdot (100 - 0)}{38702} = 9,43\%$$

Потери тепла в окружающую среду принимаем:  $q_5 = 0,6\%$

Сумма потерь тепла по формуле (5.11):

$$\sum q_i = q_2 + q_3 + q_4 + q_5, \% \quad (5.11)$$

$$\sum q_i = 9,43 + 0,5 + 0 + 0,6 = 10,53\%$$

Коэффициент полезного действия котла (брутто) (5.12):

$$\eta^{6p} = 100 - \sum q_i \quad (5.12)$$

$$\eta^{6p} = 100 - 10,53 = 89,47\%$$

Коэффициент сохранения тепла по формуле (5.13):

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta^{6p} - q_5} \quad (5.13)$$

$$\varphi = 1 - \frac{0,6}{89,47 - 0,6} = 0,993$$

Тепловая мощность котла (исходные данные):  $Q_k = 116000 \text{ кВт}$

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		23

Полный расход топлива по формуле (5.14):

$$B = \frac{Q_k}{Q_n^p \cdot \eta^{bp}} \quad (5.14)$$

$$B = \frac{116000}{38702 \cdot 0,8947} = 3,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Расчетный расход топлива (5.15):

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (5.15)$$

$$B_p = B; B_p = 3,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

### 5.6 Тепловой расчет топки

Коэффициент загрязнения экранов:

$$\xi = 0,65$$

Таблица 5.5 – Конструктивные размеры топки котла

Величина	Обозначение	Формула или способ определения	Единица измерения	Ответ
Полная площадь поверхности нагрева	$H$	По конструктивным размерам	$\text{м}^2$	224
Диаметр труб	$d$	По конструктивным размерам	мм	0,028
Объем топочной камеры	$V_T$	По конструктивным размерам	$\text{м}^3$	245
Площадь поверхности стен	$F_{\text{ст}}$	По конструктивным размерам	$\text{м}^2$	296

Коэффициент тепловой эффективности экранов для камерных топок (5.16):

$$\psi_{cp} = \frac{H_{л} \cdot \xi}{F_{cm}} \quad (5.16)$$

$$\psi_{cp} = \frac{224 \cdot 0,65}{296} = 0,49$$

Эффективная толщина излучающего слоя по формуле (5.17):

$$s = \frac{3,6 \cdot V_m}{F_{cm}} \quad (5.17)$$

$$s = \frac{3,6 \cdot 245}{296} = 2,979 \text{ м}$$

Абсолютное давление газов в токе, принимается:

$$p = 0,1 \text{ МПа}$$

Принимаем предварительно температуру газов на выходе из топки

$$t'' = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$$

Энтальпия газов на выходе из топки

$$I'' = 27068,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Объемная доля водяных паров:

$$r_{H_2O} = 0,113$$

Объемная доля трехатомных газов :

$$r_n = 0,237$$

Полезное тепловыделение в топке рассчитывается по формуле (5.18):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25





Соотношение углерода и водорода равно:

$$\frac{C^p}{H^p} = \left( \frac{83,45}{10,95} \right) = 7,62$$

Коэффициент ослабления лучей сажистыми частицами (5.22):

$$k_c = \frac{1,2}{1 + \alpha_m^2} \left[ 1,6 \frac{(t'' + 273)}{1000} - 0,5 \right] \cdot \left( \frac{C^p}{H^p} \right)^{0,4} \quad (5.22)$$

$$k_c = \frac{1,2}{1 + 1,4^2} \left[ 1,6 \frac{(1350 + 273)}{1000} - 0,5 \right] \cdot (7,62)^{0,4} = 2,46 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$$

Коэффициент поглощения топочной среды (5.23):

$$k = k_z + 0,1 \cdot k_c \quad (5.23)$$

$$k = 7,98 + 0,1 \cdot 2,46 = 8,226 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$$

Критерий Бугера определяется по формуле (5.24):

$$Bu = kps \quad (5.24)$$

$$Bu = 8,226 \cdot 0,1 \cdot 2,979 = 2,45$$

Эффективное значение критерия Бугера (5.25):

$$Bu \sim = 1,6 \ln \left( \frac{1,4Bu^2 + Bu + 2}{1,4Bu^2 - Bu + 2} \right) \quad (5.25)$$

$$Bu \sim = 1,6 \ln \left( \frac{1,4 \cdot 2,45 + 2,45 + 2}{1,4 \cdot 2,45 - 2,45 + 2} \right) = 0,769$$

Тепловое напряжение топочного объема (5.26):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
						27
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$q_v = \frac{B \cdot Q_m}{V_m} \quad (5.26)$$

$$q_v = \frac{3,35 \cdot 38508,5}{245} = 526,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$$

Температура на выходе из топки (5.27):

$$t'' = \frac{t_a + 273}{\left\{ 1 + M \cdot Bu^{0,3} \left[ \frac{5,67 \cdot \psi_{cp} \cdot F_{cm} \cdot (t_a + 273)^3}{10^{11} \cdot \varphi \cdot B_p \cdot (VC)_{cp}} \right]^{0,6} \right\}} - 273 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.27)$$

$$t'' = \frac{1853,6 + 273}{\left\{ 1 + 0,315 \cdot 0,769^{0,3} \left[ \frac{5,67 \cdot 0,49 \cdot 296 \cdot (1853,6 + 273)^3}{10^{11} \cdot 0,993 \cdot 3,35 \cdot 22,71} \right]^{0,6} \right\}} - 273$$

$$t'' = 1329,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Разница рассчитанной и предварительно заданной температуры газов на выходе из топки не превышает  $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ , следовательно, принимаем  $t'' = 1329,6 \text{ } ^\circ\text{C}$

Энтальпия газов на выходе из топки (определяем по диаграмме «энтальпия - температура» или по таблице 5.4 настоящего расчета для  $t''$ ):

$$I'' = 26613 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Тепло, переданное излучением в топке (5.28):

$$Q_l = \varphi \cdot (Q_m - I'') \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (5.28)$$

$$Q_l = 0,993 \cdot (38508,5 - 26613) = 11895 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

										лист
										28
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2017.084.07 ПЗ					



Данной температуры соответствует энтальпия:

$$I_2' = 26613 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура воды на входе в конвективный пучок равна:

$$t_{нв}' = 110^\circ \text{C}$$

Энтальпия питательной воды на входе в конвективный пучок:

$$i_{нв}' = 460,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура газов после первого пакета конвективного пучка принимается:

$$t_2'' = 750^\circ \text{C}$$

Энтальпия газов после первого пакета:

$$I_2'' = 14562 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Присос воздуха в конвективном пучке  $\Delta\alpha = 0,06$

Рассчитаем тепловосприятие по балансу (5.29):

$$Q_{\bar{o}} = \varphi \cdot (I_2' - I_2'' + \Delta\alpha \cdot I_{хв}) \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (5.29)$$

$$Q_{\bar{o}} = 0,993 \cdot (26613 - 14562 + 0,06 \cdot 460,9) = 11994 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Средняя температура газов (5.30):

$$\bar{t} = \frac{t_2' + t_2''}{2} \quad (5.30)$$

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
						30
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\bar{t} = \frac{1329,6 + 750}{2} = 1039,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя температура котловой воды:

$$t_g = 110 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурный напор на входе (5.31):

$$\Delta t_{\bar{o}} = t_2' - t_g \quad (5.31)$$

$$\Delta t_{\bar{o}} = 1329,6 - 110 = 1219,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурный напор на выходе (5.32):

$$\Delta t_{\bar{m}} = t_2'' - t_g \quad (5.32)$$

$$\Delta t_{\bar{m}} = 750 - 110 = 640 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средний температурный напор (5.33):

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}} \quad (5.33)$$

$$\Delta t = \frac{1219,6 - 640}{\ln \frac{1219,6}{640}} = 905,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплопередачи (5.34):

$$k = \Psi \cdot (\alpha_k + \alpha_l) \quad (5.34)$$

где  $\Psi = 0,8$ , коэффициент тепловой эффективности поверхности нагрева, по таблице 7.1 [26].

$\alpha_k = 27,98$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией, для гладких труб при продольном омывании дымовыми газами Вт/(м<sup>2</sup>К), (по номограмме рис. П5) [26].

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

$\alpha_n = 9,8$  – коэффициент теплоотдачи излучением трехатомных газов Вт/(м<sup>2</sup>К), (по номограмме рис. П6) [26].

$$k = 0,8 \cdot (27,98 + 9,8) = 30,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами (5.35):

$$k_2 = \left( \frac{7,8 + 16 \cdot r_{H_2O}}{\sqrt{10 \cdot p \cdot r_n \cdot s}} - 1 \right) \cdot (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} \cdot (t'' + 273)) \cdot r_n \quad (5.35)$$

$$k_2 = \left( \frac{7,8 + 16 \cdot 0,108}{\sqrt{10 \cdot 0,1 \cdot 0,226 \cdot 0,43}} - 1 \right) \cdot (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} \cdot (750 + 273)) \cdot 0,226 = 28,01 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$$

Эффективная толщина излучающего слоя (5.36):

$$s = 0,9 \cdot \frac{4 \cdot S_1 \cdot S_2}{\pi \cdot d^2} \cdot d \quad (5.36)$$

$$s = 0,9 \cdot \frac{4 \cdot 3,5 \cdot 3}{\pi \cdot 28^2} \cdot 28 = 0,43 \text{ м}$$

Суммарная сила поглощения потока (5.37):

$$kps = k_2 \cdot p \cdot r_n \cdot s \quad (5.37)$$

$$kps = 28,01 \cdot 0,1 \cdot 0,226 \cdot 0,43 = 0,27$$

Степень черноты газов (5.38):

$$a = 1 - (-\exp(kps)) \quad (5.38)$$

$$a = 1 - (-\exp(0,27)) = 0,236$$

										лист
										32
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2017.084.07 ПЗ					

Тепловосприятие нагреваемой среды по уравнению теплообмена (5.39):

$$Q_m = \frac{k \cdot F \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3} \quad (5.39)$$

где  $F = 1480$  – площадь поверхности нагрева, м<sup>2</sup>.

$$Q_m = \frac{30,22 \cdot 1480 \cdot 905,62}{3,35 \cdot 10^3} = 12093,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Невязка теплового расчета (5.40):

$$\delta = \frac{Q_o - Q_m}{Q_o} \cdot 100\% \quad (5.40)$$

$$\delta = \frac{11994 - 12093,2}{11994} \cdot 100\% = -0,82\%$$

Для котельных пучков, если расхождение между значениями тепловосприятий по уравнениям теплового баланса и теплопередачи не превышает 2% , расчет не уточняется.

Расчет второго пакета конвективного пучка:

Температура газов на входе в первый пакет конвективного пучка берется как выходная температура после первого пакета

$$t_2' = 750^\circ \text{C}$$

Данной температуры соответствует энтальпия:

$$I_2' = 14562 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура воды на входе в конвективный пучок равна:

$$t_{нв}' = 110^\circ \text{C}$$

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33



Энтальпия питательной воды на входе в конвективный пучок:

$$i_{не}^{\prime} = 460,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Температура газов после второго пакета конвективного пучка равна температуре уходящих газов из котла:

$$t_2^{\prime\prime} = 220^{\circ}\text{C}$$

Энтальпия газов после второго пакета:

$$I_2^{\prime\prime} = 4054 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Присос воздуха в конвективном пучке  $\Delta\alpha = 0,06$   
Рассчитаем тепловосприятие по балансу (5.41):

$$Q_6 = \varphi \cdot (I_2^{\prime} - I_2^{\prime\prime} + \Delta\alpha \cdot I_{хв}) \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (5.41)$$

$$Q_6 = 0,993 \cdot (14562 - 4054 + 0,06 \cdot 460,9) = 10635,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Средняя температура газов (5.42):

$$\bar{t} = \frac{t_2^{\prime} + t_2^{\prime\prime}}{2} \quad (5.42)$$

$$\bar{t} = \frac{750 + 220}{2} = 485^{\circ}\text{C}$$

Средняя температура котловой воды:

$$t_6 = 110^{\circ}\text{C}$$

Температурный напор на входе (5.43):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34



$$k_2 = \left( \frac{7,8 + 16 \cdot 0,108}{\sqrt{10 \cdot 0,1 \cdot 0,226 \cdot 0,43}} - 1 \right) \cdot \left( 1 - 0,37 \cdot 10^{-3} \cdot (220 + 273) \right) \cdot 0,226 = 24,43 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$$

Эффективная толщина излучающего слоя (5.48):

$$s = 0,9 \cdot \frac{4 \cdot S_1 \cdot S_2}{\pi \cdot d^2} \cdot d \quad (5.48)$$

$$s = 0,9 \cdot \frac{4 \cdot 3,5 \cdot 3}{\pi \cdot 28^2} \cdot 28 = 0,43 \text{ м}$$

Суммарная сила поглощения потока (5.49):

$$kps = k_2 \cdot p \cdot r_n \cdot s \quad (5.49)$$

$$kps = 24,43 \cdot 0,1 \cdot 0,226 \cdot 0,43 = 0,23$$

Степень черноты газов (5.50):

$$a = 1 - (-\exp(kps)) \quad (5.50)$$

$$a = 1 - (-\exp(0,23)) = 0,205$$

Тепловосприятие нагреваемой среды по уравнению теплообмена (5.51):

$$Q_m = \frac{k \cdot F \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3} \quad (5.51)$$

где  $F = 1480$  – площадь поверхности нагрева,  $\text{м}^2$ .

$$Q_m = \frac{80,53 \cdot 1480 \cdot 301,13}{3,35 \cdot 10^3} = 10713,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Невязка теплового расчета (5.52):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

$$\delta = \frac{Q_{\sigma} - Q_m}{Q_{\sigma}} \cdot 100\% \quad (5.52)$$

$$\delta = \frac{10635,6 - 10713,2}{10635,6} \cdot 100\% = -0,72\%$$

Для котельных пучков, если расхождение между значениями тепловосприятий по уравнениям теплового баланса и теплопередачи не превышает 2 % , расчет не уточняется.

### 5.8 Расчет невязки котла

Невязка котла рассчитывается по формуле (5.53):

$$\Delta Q = \frac{dQ}{Q_H^p} \cdot 100\% \quad (5.53)$$

где  $dQ$  находится по формуле (5.54):

$$dQ = Q_H^p \cdot \eta - (Q_1 + Q_2 + Q_3) \quad (5.54)$$

где  $Q_1$  – количество тепла воспринятое топкой котла,  $Q_2$  – количество тепла воспринятое первым пакетом конвективного пучка,  $Q_3$  – количество тепла воспринятое вторым пакетом конвективного пучка.

$$dQ = 38702 \cdot 0,8947 - (11812 + 11994 + 10635,6) = 185,08$$

$$\Delta Q = \frac{185,08}{38702} = 0,478\%$$

Невязка равна 0,478 %, что меньше 0,5%, считаем расчет окончанным.

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37



ту сгорания, то для удобства учета расходов и показателей работы оборудования и было введено понятие условного топлива.

Одна единица условного топлива имеет унифицированную низшую рабочую теплоту сгорания равную 7000 ккал/кг, что эквивалентно теплоте сгорания равной 29330 кДж/кг.

Для перевода расхода органического топлива в условное воспользуемся следующей формулой (6.1):

$$B_y = \mathcal{E} \cdot B_0, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (6.1)$$

где  $B_y$  – масса эквивалентного условного топлива кг ( $\text{м}^3$ ),

$B_0$  – масса исходного органического топлива кг ( $\text{м}^3$ ),

$\mathcal{E}$  – калорийный эквивалент, который находится по формуле (6.2):

$$\mathcal{E} = \frac{Q_n^p}{29330} \quad (6.2)$$

где  $Q_n^p$  – низшая теплота сгорания органического топлива,  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$

На котельной установлено два паровых котла, годовое потребление каждого котла равняется 1332 тыс.  $\text{м}^3$  природного газа в год, таким образом, два котла потребляют:

$$B_0 = 2 \cdot 1332 = 2664 \text{ тыс. } \text{м}^3 \text{ в год}$$

Паровые котлы работают на природном газе с низшей теплотой сгорания

$$Q_n^p = 37844 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Найдем калорийный эквивалент:

$$\mathcal{E} = \frac{37844}{29330} = 1,0857$$

									лист
									39
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

Теперь рассчитаем массу эквивалентного условного топлива:

$$B_y = 1,0857 \cdot 2664 = 2892 \text{ тыс. м}^3 \text{ в год}$$

В итоге расчета получаем, что ежегодно котельная сможет сэкономить 2892,3 тыс. м<sup>3</sup> в год, что показывает нам эффективность данного проекта.

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		40





## 8.1 Расчет концентрации вредных выбросов для топлива Универсин-С

температура уходящих газов  $t_{yx} = 220^\circ \text{C}$ , ( $T = 493\text{K}$ );

средняя температура самого холодного месяца –  $15,5^\circ \text{C}$  (для Челябинска);

средняя температура самого жаркого месяца  $+ 22,8^\circ \text{C}$  (для Челябинска);

тепловая мощность котла  $Q = 100$  Гккал/час;

температура при нормальных условиях  $0^\circ \text{C}$  ( $T=273\text{K}$ );

Топливо – Универсин-С.

Объем дымовых газов на выходе из котла был рассчитан в главе 5, и равен:

$$V_{\Gamma} = 13,28 \frac{\text{M}^3}{\text{KГ}}$$

Расчетный объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива на  $\text{M}^3$  находим по формуле (8.1):

$$V_p = \frac{P_{ny} \cdot V_{ny} \cdot T_{yx}}{P \cdot T_{ny}} \quad (8.1)$$

$$V_p = \frac{101090 \cdot 13,28 \cdot 493}{97000 \cdot 273} = 25 \frac{\text{M}^3}{\text{KГ}}$$

Проведем расчет для летнего периода

Расход топлива на 1 котел посчитан в главе 5, и равен:

$$B_p = 3,35 \frac{\text{KГ}}{\text{C}}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе 1 котла рана (8.2):

$$V = V_p \cdot B \quad (8.2)$$

$$V = 25 \cdot 3,35 = 83,75 \frac{\text{M}^3}{\text{C}}$$

Суммарное количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (8.3):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
						42
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$M_{NO_2} = 0.034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3 \quad (8.3)$$

где  $\beta_1$  – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива.  $\beta_1 = 1$  для водогрейных котлов;

$B$  – расход топлива, м<sup>3</sup>/с;

$\beta_2 = 0$  – безразмерный коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку;

$q_4 = 0$ , потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива;

$r = 0$  – степень рециркуляции инертных газов (дымовых газов, сушильного агента и т.п.) в процентах расхода дутьевого воздуха;

$\beta_3$  – безразмерный коэффициент, учитывающий конструкцию горелок;

$\beta_3 = 0,85$  для прямоточных горелок;

$k$  – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1т сожженного условного топлива. Для водогрейного котла находится по формуле Для водогрейных котлов удельный выброс окислов азота (8.4):

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_\phi}{20 + Q_n} \quad (8.4)$$

где  $Q_\phi$  и  $Q_n$  – соответственно фактическая и номинальная теплопроизводительность котлов, Гкал/час.

$$k = \frac{2,5 \cdot 100}{20 + 100} = 2,08 \frac{\Gamma}{\text{МДж}}$$

Суммарное количество оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами:

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 2,08 \cdot 3,35 \cdot 38702 \cdot 0,85 = 7,79 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Суммарное количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (8.5):

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{S^p}{100} \cdot B \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) \quad (8.5)$$

										лист
										43
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2017.084.07 ПЗ					

где  $S^p$  – содержание серы на рабочую массу, %

$\eta'_{SO_2}$  и  $\eta''_{SO_2}$  - доля окислов серы, улавливаемых в газоходах котла и золоуловителе.

$$\eta'_{SO_2} = 0$$

$$\eta''_{SO_2} = 0$$

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,45}{100} \cdot 3350 \cdot (1-0) \cdot (1-0) = 164,15 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ даны ниже:

$$ПДК_{NO_2} = 0,085 \frac{\text{МГ}}{\text{М}}$$

$$ПДК_{SO_2} = 0,5 \frac{\text{МГ}}{\text{М}}$$

## 8.2 Поверочный расчет дымовой трубы

Отвод дымовых газов от котлов производится в одну трубу, высотой  $H=120\text{м}$ , и диаметром устья  $D_0=6\text{м}$ .

Максимальная приземная концентрация вредных веществ определяется по формуле (8.6):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \quad (8.6)$$

где,  $A$  – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется климатической зоной и для европейской территории России и Урала севернее  $52^\circ$  с.ш. составляет  $A=160, \text{с}^{2/3} \cdot \text{МГ}/(\text{К}^{1/3} \cdot \Gamma)$ ;

$M$  – расход выбрасываемого в атмосферу вещества, г/с;

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, для газообразных выбросов  $F = 1$ ;

$m$  и  $n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

В летний режим работает один котел.

Рассчитаем скорость выхода газа из устья дымовой трубы по формуле (8.7):

$$w_z = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_0^2} \quad (8.7)$$

$$w_z = \frac{4 \cdot 83,75}{3,14 \cdot 6^2} = 2,96 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Параметр  $f$  определяется по формуле (8.8):

$$f = \frac{10^3 w_z^2 D_0}{H^2 \Delta T} \quad (8.8)$$

где,  $D_0$  – диаметр устья источника выброса, м;

$H$  – высота дымовой трубы, м;

$\Delta T$  – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха, °С. Определяется по формуле (8.9):

$$\Delta T = T_z - T_e \quad (8.9)$$

$$\Delta T = 220 + 273 - (22,8 + 273) = 197,2\text{К}$$

Определим параметр  $f$  по формуле (8.8):

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 2,96^2 \cdot 6}{120^2 \cdot 197,2} = 0,0185$$

Параметр  $m$  находится по формуле (8.10):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (8.10)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,0185} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,0185}} = 1,29$$

Параметр  $v$  определяется по формуле (8.11):

$$v = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} \quad (8.11)$$

$$v = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{83,75 \cdot 197,2}{120}} = 3,36$$

Т.к.  $v \geq 2$ , то:  $n = 1$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $NO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 7,79 \cdot 1,29 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{83,75 \cdot 197,2}} = 0,0044 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $SO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 164,15 \cdot 1,29 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{83,75 \cdot 197,2}} = 0,0924 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Проведем проверку по формуле (8.12):

$$\frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} + \frac{C_{SO_2}}{ПДК_{SO_2}} \leq 1 \quad (8.12)$$

$$\frac{0,0044}{0,085} + \frac{0,0924}{0,5} = 0,236 \leq 1$$

Расчет произведен верно

Произведем расчет для зимнего режима работы. В зимний режим работает восемь котлов. Расход топлива увеличится в 8 раз.

Расход топлива на 8 котлов:

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

$$B_p = 8 \cdot 3,35 = 26,8 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе 8 котла равна (8.2):

$$V = V_p \cdot B \quad (8.2)$$

$$V = 25 \cdot 26,8 = 670 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Удельный выброс окислов азота (8.4):

$$k = \frac{2,5 \cdot 800}{20 + 800} = 2,44 \frac{\text{г}}{\text{МДж}}$$

Суммарное количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (8.3):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 2,44 \cdot 26,8 \cdot 38702 \cdot 0,85 = 73,14 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

$\Delta T$  – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .  
Определяется по формуле (8.9):

$$\Delta T = 220 + 273 - (-15,5 + 273) = 235,5\text{К}$$

Суммарное количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (8.5):

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,45}{100} \cdot 26800 \cdot (1-0) \cdot (1-0) = 1313,2 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Рассчитаем скорость выхода газа из устья дымовой трубы по формуле (8.7):

$$w_2 = \frac{4 \cdot 670}{3,14 \cdot 6^2} = 23,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определим параметр  $f$  по формуле (8.8):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 23,71^2 \cdot 6}{120^2 \cdot 235,5} = 0,994$$

Параметр  $m$  находится по формуле (8.10):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,994} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,994}} = 0,9$$

Параметр  $\nu$  определяется по формуле (8.11):

$$\nu = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{670 \cdot 235,5}{120}} = 7,12$$

Т.к.  $\nu \geq 2$ , то:  $n = 1$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $NO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 73,14 \cdot 0,9 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{670 \cdot 235,5}} = 0,0135 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $SO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 1313,2 \cdot 0,9 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{670 \cdot 235,5}} = 0,243 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Проведем проверку по формуле (8.11):

$$\frac{0,0135}{0,085} + \frac{0,243}{0,5} = 0,645 \leq 1$$

Расчет произведен верно.

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

### 8.3 Расчет концентрации вредных выбросов для топлива мазут М-100

Топливо – Мазут М-100

Характеристика топлива

$$C^P = 83,0\%$$

$$H^P = 10,4\%$$

$$S^P = 2,8\%$$

$$N^P = 0,7\%$$

$$A^P = 0,1\%$$

$$W^P = 3,0\%$$

Низшая теплота сгорания топлива:  $Q_n^P = 39490 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Объем дымовых газов при н.у. рассчитывается по формуле (8.17):

$$V_{\Gamma} = V_{H_2O} + V_{N_2}^0 + V_{RO_2}^0 \quad (8.17)$$

где,  $V_{RO_2}$  – объем трехатомных газов,

$V_{N_2}^0$  – объем азота,

$V_{H_2O}^0$  – объем водяных паров.

Теоретическое количество воздуха при сжигании топлива (8.18):

$$V^0 = 0,0889(C^P + 0,375S^P) + 0,265H^P - 0,033O^P \quad (8.18)$$

$$V^0 = 0,0889(83,0 + 0,375 \cdot 2,8) + 0,265 \cdot 10,4 - 0,033 \cdot 0 = 10,23 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Объем трехатомных газов находят по формуле (8.19):

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 0,01866(C^P + 0,375S^P) \quad (8.19)$$

$$V_{RO_2} = 0,01866(83,0 + 0,375 \cdot 2,8) = 1,56 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$



Теоретический объем водяных паров (8.20):

$$V^0_{H_2O} = 0,111H^p + 0,0125 \cdot W^p + 0,016 \cdot V^0 \quad (8.20)$$

$$V^0_{H_2O} = 0,111 \cdot 10,4 + 0,0125 \cdot 3,0 + 0,016 \cdot 10,23 = 1,35 \frac{M^3}{KГ}$$

Теоретический объем азота (8.21):

$$V^0_{N_2} = 0,79 \cdot V^0 + 0,008 \cdot N^p \quad (8.21)$$

$$V^0_{N_2} = 0,79 \cdot 10,23 + 0,008 \cdot 0,7 = 8,08 \frac{M^3}{KГ}$$

Теоретический объем дымовых газов:

$$V_r = 1,35 + 8,08 + 1,56 = 10,99 \frac{M^3}{KГ}$$

Рассчитаем действительные объемы дымовых газов с учетом присосов воздуха, результаты сведем в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Действительные объемы дымовых газов

Величина	Единица измерения	Топка	Конвективный пучок
Коэф. избытка воздуха	–	1,14	1,2
$V_{N_2} = V^0_{N_2} + (\alpha - 1) \cdot V^0$	м <sup>3</sup> /кг	9,51	10,12
$V_{H_2O} = V^0_{H_2O} + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0$	м <sup>3</sup> /кг	1,37	1,38
$V_r = V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	12,44	13,06

С учетом присосов воздуха в газоходах котла, на выходе из конвективного пучка реальный объем дымовых газов равен:

$$V_r = 1,41 + 8,2 + 1,57 = 13,06 \frac{M^3}{KГ}$$

Расчетный объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива на м<sup>3</sup> (8.22):

$$V_p = \frac{P_{ну} \cdot V_{ну} \cdot T}{P \cdot T_{ну}} \quad (8.22)$$

$$V_p = \frac{101090 \cdot 13,06 \cdot 493}{97000 \cdot 273} = 24,58 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Произведем расчет для летнего периода. В летний период работает 1 котел. Расход топлива на один котел определяется по формуле (8.23):

$$B_p = \frac{Q}{Q_p^H \cdot \eta} \quad (8.23)$$

где:  $Q = 116,3 \text{ МВт}$  – тепловая мощность одного котла;  $\eta = 89,47\%$  - КПД котла.

$$B_p = \frac{116,3}{39,49 \cdot 0,8947} = 3,29 \text{ кг/с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе одного котла (8.24):

$$V = V_p \cdot B \quad (8.24)$$

$$V = 24,58 \cdot 3,29 = 80,9 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Для водогрейных котлов удельный выброс окислов азота:

$$k = \frac{2,5 \cdot 100}{20 + 100} = 2,08 \frac{\text{г} \cdot \text{с}}{\text{МДж}}$$

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 2,08 \cdot 3,29 \cdot 39490 \cdot 0,85 = 7,81 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Расчет выбросов окислов серы (8.28):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
						51
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,8}{100} \cdot 3290 \cdot (1-0) \cdot (1-0) = 184,24 \frac{\text{Г}}{\text{с}}$$

#### 8.4 Поверочный расчет дымовой трубы

Произведем расчет для летнего режима работы. При летнем режиме работает один котел.

Рассчитаем скорость выхода газа из устья дымовой трубы по формуле (8.7):

$$w_2 = \frac{4 \cdot 80,9}{3,14 \cdot 6^2} = 2,86 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

Определим параметр  $f$  по формуле (8.8):

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 2,86^2 \cdot 6}{120^2 \cdot 197,2} = 0,0173$$

Параметр  $m$  находится по формуле (8.9):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,0173} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,0173}} = 1,29$$

Параметр  $v$  определяется по формуле (8.10):

$$v = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{80,9 \cdot 197,2}{120}} = 3,32$$

Т.к.  $v \geq 2$ , то:  $n = 1$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $NO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 7,81 \cdot 1,29 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{80,9 \cdot 197,2}} = 0,0045 \frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $SO_2$  по формуле (8.6):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 184,24 \cdot 1,29 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{80,9 \cdot 197,2}} = 0,105 \frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$$

Проведем проверку по формуле (8.11):

$$\frac{0,0045}{0,085} + \frac{0,105}{0,5} = 0,262 \leq 1$$

Произведем расчет для зимнего режима работы. В зимний режим работает восемь котлов. Расход топлива увеличится в 8 раз.

Расход топлива на 8 котлов:

$$B_p = 8 \cdot 3,29 = 26,32 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе 8 котла равна (8.2):

$$V = V_p \cdot B \quad (8.2)$$

$$V = 24,58 \cdot 26,32 = 647 \frac{\text{М}^3}{\text{С}}$$

Удельный выброс окислов азота (8.4):

$$k = \frac{2,5 \cdot 800}{20 + 800} = 2,44 \frac{\text{Г}}{\text{МДж}}$$

Суммарное количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (8.3):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 2,44 \cdot 26,8 \cdot 38702 \cdot 0,85 = 73,3 \frac{\text{Г}}{\text{С}}$$

$\Delta T$  – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха,  $^{\circ}\text{С}$ .  
Определяется по формуле (8.9):

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

$$\Delta T = 220 + 273 - (-15,5 + 273) = 235,5\text{K}$$

Суммарное количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (8.5):

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,45}{100} \cdot 26320 \cdot (1-0) \cdot (1-0) = 1473,9 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Рассчитаем скорость выхода газа из устья дымовой трубы по формуле (8.7):

$$w_2 = \frac{4 \cdot 647}{3,14 \cdot 6^2} = 22,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определим параметр  $f$  по формуле (8.8):

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 22,9^2 \cdot 6}{120^2 \cdot 235,5} = 0,927$$

Параметр  $m$  находится по формуле (8,9):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,927} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,927}} = 0,912$$

Параметр  $v$  определяется по формуле (8.10):

$$v = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{647 \cdot 235,5}{120}} = 7,04$$

Т.к.  $v \geq 2$ , то:  $n = 1$

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $NO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 73,3 \cdot 0,912 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{647 \cdot 235,5}} = 0,014 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов для  $SO_2$  по формуле (8.6):

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 1473,9 \cdot 0,912 \cdot 1}{120^2 \cdot \sqrt[3]{647 \cdot 235,5}} = 0,279 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Проведем проверку по формуле (8.11):

$$\frac{0,014}{0,085} + \frac{0,279}{0,5} = 0,723 \leq 1$$

Расчет произведен верно.

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						55
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		







- регулирование в определённых пределах заранее заданных значений величин, характеризующих протекание процесса;
- управление – осуществление периодических операций (обычно дистанционно);
- защита оборудования от повреждений вследствие нарушений процессов;
- блокировка, которая обеспечивает автоматическое включение и выключение оборудования, вспомогательных механизмов и органов управления с определённой последовательностью в соответствии с технологическим процессом.

Пуск, остановка и эксплуатация котла должны производиться в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации котлов, работающих на газовом топливе. Вся аппаратура управления и сигнализации установлена на щитах ЩСУ и ЩСК (щит сигнализации и контроля) стандартизированного изготовления.

Котлы ПТВМ работают на природном газе или мазуте и оборудованы автоматикой безопасности розжига и автоматикой регулирования основных процессов работы котлоагрегата - регулятор температуры прямой воды, датчиком погасания факела.

Приборы тепломеханического контроля приняты в соответствии со следующими принципами:

- параметры, наблюдение за которыми необходимо для правильного ведения технологического процесса, измеряются показывающими приборами,
- параметры, учёт которых необходим для хозяйственных расчётов или анализа работы оборудования, контролируется самопишущими и суммирующими приборами;
- параметры, изменение которых может привести к аварийному состоянию оборудования, контролируются сигнализирующими показывающими приборами.

Задачей автоматического регулирования теплоисточника является поддержание температуры воды, подаваемой в теплосеть, на заданном уровне, определяемом в соответствии с отопительным графиком. При этом необходимо обеспечить экономное сжигание используемого топлива.

Система теплового контроля – служит для получения информации о текущих значениях параметров, характеризующих технологический процесс;

Система технологической защиты – предотвращает аварийные ситуации, позволяющие отключить агрегат полностью или перевести на другой режим работы;

Система сигнализации – служит для привлечения внимания персонала об отклонениях параметров от требуемых значений; бывает световой и звуковой;

Система автоматической блокировки – взаимосвязь различных агрегатов или участков технологического процесса, которая позволяет при нарушениях состоянии одного из них перевести в другое состояние другой участок или агрегат;





нальной разметкой с чередующимися желто-черными полосами, если препятствия и места опасности носят временный характер, например при дорожных, строительных и аварийно-спасательных работах, то опасность должна быть обозначена сигнальной разметкой с чередующимися красно-белыми полосами.

Для предотвращения травмирования машиниста вследствие падения с высоты необходимо четко соблюдать инструктаж по технике безопасности, в частности: запрещается опираться и становиться на барьеры площадок, ходить по трубопроводам, а также конструкциям и перекрытиям, не предназначенным для прохода по ним. Места, опасные для прохода или нахождения в них людей, должны ограждаться канатами или переносными щитами с укрепленными на них знаками безопасности. Знаки безопасности, предназначенные для размещения в производственных условиях, содержащих агрессивные химические среды, должны выдерживать воздействие газообразных, парообразных и аэрозольных химических сред. Площади, где возможно травмирование в результате падения, должны иметь цветовое обозначение: поверхность ограждения должна быть целиком окрашена лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом  $45^{\circ}$ — $60^{\circ}$  полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос — 20—300 мм.

Для исключения поражения машиниста котла горячим теплоносителем, необходимо предусмотреть наличие показывающих устройств контроля и автоматизации оборудования, в т.ч. манометров и термометров, сигналы от которых передаются в диспетчерскую, что позволяет оператору регулировать параметры теплоносителя (температуру, давление, расход) таким образом, чтобы они находились в пределах нормы для недопущения аварийных ситуаций. Средства КиП и автоматики должны предусматривать непосредственную связь сигналов о ненормальной работе или аварийном режиме с сигнализацией оповещения для привлечения внимания персонала и о начале мероприятий по устранению аварии (снижение или отключение подачи топлива, открытие сбросных клапанов, снижение или отключение подачи теплоносителя, открытие байпасов и перепускных клапанов, либо сигнале об эвакуации из зоны поражения. На пути эвакуации обязательно должны присутствовать:

- сигнальная разметка зелено-белого цвета, ее следует применять для обозначения границ полосы безопасного движения и указания направления движения по пути эвакуации;

- знаки безопасности: представленные эвакуационными знаками для указания направления движения к эвакуационному выходу; знаками медицинского и санитарного назначения для указания направления движения к местам размещения аптечек первой медицинской помощи, средств выноса (эвакуации) пораженных, медицинских кабинетов и т.п.; указательными знаками [16].

### 9.3 Электробезопасность

										лист
										61
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

13.03.01.2017.084.07 ПЗ













шестоящему руководству. Одновременно с этим в зависимости от ситуации принять меры по предупреждению и устранению аварийной или нештатной ситуации (вызвать пожарную охрану, приступить к тушению огня имеющимися средствами, остановить оборудование или соответствующий механизм, снять напряжение, отключить подачу сжатого воздуха, пара или воды, оградить опасную зону и т.п.), а при несчастном случае оказать доврачебную помощь пострадавшему, сохранив по возможности обстановку на месте происшествия.

По окончании рабочего дня место работы убирается, знаки безопасности, ограждения и запирающие устройства остаются на месте. Наряд сдается дежурному персоналу.

На следующий день к прерванной работе по нарядам можно приступить после осмотра места работы, инструктажа бригады и проверки мер безопасности допускающим и производителем работ.

На рабочем месте (рабочей зоны) должна соблюдаться чистота.

Пролитое масло и другие жидкости следует немедленно убирать.

Курение разрешается только в специально отведенных местах.

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						<i>67</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		



$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta I} \quad (10.1)$$

где  $K$  – капитальные затраты на реализацию проекта, тыс.руб.;  
 $\Delta I$  – экономия текущих затрат вследствие проведения модернизации тыс.руб./год.

Определяемый срок окупаемости должен быть меньше нормативного срока окупаемости, значение которого составляет 5 лет. В этом случае реализация проекта будет экономически эффективна.

### 10.1 Капитальные затраты на реализацию проекта

Для реализации проекта необходимо разработать проектно-сметную документацию на модернизацию резервного топливного хозяйства, произвести очистку резервуаров для резервного топлива, закупить новое топливо для резервного хозяйства.

На приобретение нового топлива Универсин-С (10.2):

$$K_{mo} = n \cdot C_{mo} \quad (10.2)$$

где  $n$  – количество топлива Универсин-С, тонн;  
 $C_{mo}$  – цена топлива Универсин-С за тонну; [144]

$$n = 1208 \text{ т}$$

$$C_{mo} = 16000 \text{ руб}$$

$$K_{mo} = 1208 \cdot 16000 = 19,33 \text{ млн.руб.}$$

На разработку проектно-сметной документации проекта (согласно прайсу подрядчика «Теплострой-МК»):  $K_{ncd} = 0,3$  млн. руб.

На очистку резервуаров для резервного топлива от мазута) согласно прайсу подрядчика «Теплострой-МК»):  $K_o = 2,52$  млн. руб.

Сумма капитальных затрат (10.3):

$$K = K_{mo} + K_{ncd} + K_o \quad (10.3)$$

$$K = 19,22 + 0,3 + 2,52 = 22,04 \text{ млн.руб.}$$

### 10.2 Расчет текущих затрат котельной без модернизации

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
						69
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Затраты на электроэнергию вычисляются по следующей формуле (10.6):

$$I_{э} = Ц_{э} \cdot N_{э} \quad (10.6)$$

где  $Ц_{э}$  - тариф на электроэнергию, по тарифам ОАО «Энергосбыт» [15].

$N_{э}$  - годовая суммарная мощность электродвигателей, электромеханизмов, приборов КИП и автоматики.

$$N_{э} = 2203 \text{ МВт} \cdot \text{час}$$

$$Ц_{э} = 3,315 \text{ руб/кВт} \cdot \text{час}$$

$$I_{э} = 3,315 \cdot 2203000 = 7,3 \text{ млн.руб.}$$

Амортизационные отчисления (10.7):

$$I_a = H_a \cdot K \quad (10.7)$$

где  $H_a$  – норма амортизации, %

$$H_a = 16\%$$

$K$  – капитальные вложения, тыс.руб

$$I_a = 0,16 \cdot 22,04 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

Затраты на текущий ремонт (10.8)

$$I_{mp} = 0,2 \cdot I_a \quad (10.8)$$

$$I_{mp} = 0,2 \cdot 3,52 = 0,7 \text{ млн.руб.}$$

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71











проекта по переводу Северо-Западной котельной с мазута на резервное топливо «Универсин-С»

### 10.8 Составление штатного расписания

Штатное расписание — нормативный документ предприятия, оформляющий структуру, штатный состав и численность организации с указанием размера заработной платы в зависимости от занимаемой должности.

Составление штатного расписания осуществляется с учетом численности управленческого персонала. (Величины окладов указаны согласно последним

рекомендациям сметного центра Фортум) Расчеты приведены в таблице 10.3

Таблица 10.3 – Штатное расписание ОАО «Фортум»

Наименование должности	Количество штатных единиц, чел.	Месячный оклад, руб.
Директор	1	90000
Главный бухгалтер	1	50000
Главный энергетик	1	60000
Итого:	3	200000
<b>Отдел проектирования</b>		
Главный проектировщик	1	45000
Инженер конструктор	1	42000
Инженер теплотехник	1	42000
Итого:	3	129000
<b>Отдел закупок</b>		
Экономист	1	30000
Бухгалтер	2	2x20000=40000
Снабженец	2	2x30000=60000
Итого:	5	130000
<b>Рабочая группа</b>		
Мастер	1	40000
Монтажник	6	6x30000=180000
Инженер-пусконаладчик	2	2x30000=60000
Водитель	2	2x20000=40000
Итого:	11	320000

### 10.9 Планирование целей проекта в дереве целей

					13.03.01.2017.084.07 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

Дерево целей – это структурированная, построенная по иерархическому принципу совокупность целей проекта, в которой выделены генеральная цель («вершина дерева»); подчиненные ей подцели первого, второго и последующего уровней организации («ветви дерева»).

Проект — это целенаправленная деятельность. Вопрос «зачем?» является одним из главных вопросов при разработке проекта. Цель должна быть сформулирована максимально точно, чтобы ее выполнение можно было проверить. Метод дерева целей ориентирован на получение относительно устойчивой структуры целей, проблем, направлений.

После составления дерева целей должно быть ясно, каким образом можно достичь главной цели, в какие сроки — это должно произойти, и кто является ответственным за каждую из подцелей. Постановка цели предполагает, что есть некоторая проблема, которую необходимо решить. Как правило, задачи, требующие планирования, решить сходу невозможно. Потому что они достаточно сложные и требуют комплексного подхода к решению. Рационально будет ставить задачи в несколько этапов. Первым этапом ставится генеральная цель.

Бывает так, что поставленная задача не может быть решена, потому что не хватает ресурсов для её решения. Или нет возможности оценить наличие ресурсов, так как проблема слишком большая.

Дерево целей проекта изображено на рисунке Б.1 в приложении Б.1

### 10.10 График Ганта

График Ганта — это популярный тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации плана, графика работ по проекту. График Ганта состоит из полос, ориентированных вдоль оси времени. Каждая полоса на диаграмме представляет отдельную задачу в составе проекта, её концы — моменты начала и завершения работы, её протяженность — длительность работы. Вертикальной осью диаграммы служит перечень задач.

В таблице 10.4 изображен график Ганта

Таблица 10.4 – График Ганта

Этапы работы	2016 год	2017 год						
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль
1	2	3	4	5	6	7	8	9



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра, было установлено возможность перевода резервного топливного хозяйства Северозападной котельной г. Челябинска с мазута на Универсин-С. Главным преимуществом данного вида топлива перед привычным мазутом, является его способность сохранять жидкое состояние при температуре до  $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В связи с этим появилась возможность отказаться от парового хозяйства котельной, что приведет к существенной экономии на текущих затратах при ее эксплуатации.

При выполнении поверочного теплового расчета котла ПТВМ-100, получена невязка равная 0,478%, следовательно котел ПТВМ-100 может работать на топливе Универсин-С.

Был произведен расчет энергоэффективности данного решения, который показал актуальность модернизации резервного топливного хозяйства. Также был произведен поверочный расчет дымовой трубы с габаритами  $H=120$  и  $D_0=6\text{ м}$ , по итогам которого полученная концентрация вредных выбросов в летний и зимний периоды меньше максимально разовой предельно допустимой концентрации. Дымовая труба, установленная на котельной в настоящий момент, полностью удовлетворяет требованиям расчета.

В разделе «безопасность жизнедеятельности» описаны вредные и опасные факторы при работе котельной, электробезопасность и меры пожарной безопасности.

При проведении экономического обоснования модернизации топливного хозяйства, установлена его экономическая эффективность. Срок окупаемости составил 1,2 года.

В графической части представлен план котельной на отметке 0.000, разрез котла, схема автоматизации котла и плакат по экономической части.

					<i>13.03.01.2017.084.07 ПЗ</i>	лист
						79
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		







