

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Заочный факультет  
Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»  
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ  
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПРОВЕРЕНА

Рецензент, Начальник Юго-Западной  
котельной АО «УСТЭК-Челябинск»

\_\_\_\_\_ А.С. Кулижинских  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
«Промышленная теплоэнергетика»  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ К.В. Осинцев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**Перевод котла КВГМ-100-150 с резервного топлива мазут на резервное  
топливо «Универсин-С» АО «УСТЭК-Челябинск»  
филиал Юго-Западная котельная г. Челябинск**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА  
ЮУрГУ-13.03.01.2020.909.15.ПЗ ВКР

Консультант по разделу  
«Безопасность жизнедеятельности»,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ И.П. Палатинская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ С.В. Пашнин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Консультант по разделу  
«Экономика и управление»,  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина

старший преподаватель  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы,  
студент группы ПЗ-579

\_\_\_\_\_ А.Е. Синаевская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Синаевская А.Е. Перевод котла КВГМ-100-150 с резервного топлива мазут на резервное топливо «Универсин-С» АО «УСТЭК-Челябинск» филиал Юго-Западная котельная г. Челябинск. - Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ; 2020, 82 с., 5 ил., библиогр. список - 53 наим., 5 листов чертежей ф.А1, 1 демонстрационный лист ф.А1

На Юго-Западной котельной установлено 2 паровых и 5 водогрейных котлов. Резервным топливом на котельной является мазут. Для работы мазутного хозяйства ежегодно расходуется большое количество перегретого пара.

Целью выпускной квалификационной работы является предложение по замене резервного топлива мазут на Универсин-С для водогрейных котлов КВГМ-100-150.

В результате замены резервного топлива ожидается снижение текущих затрат котельной.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 11-ти глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Во введении описано текущее положение котельной.

В первой главе обоснована актуальность и суть замены.

Во второй главе приведено описание зарубежной системы резервного топливного хозяйства.

В третьей главе рассмотрено резервное топливное хозяйство котельной.

В четвертой главе описаны основные технические характеристики водогрейного котла КВГМ-100-150.

В пятой главе рассмотрены физико-химические свойства топлива.

В шестой главе осуществлен тепловой расчет котла КВГМ-100-150.

В седьмой главе рассмотрено энергосбережение на предприятии.

В восьмой главе осуществлен поверочный расчет дымовой трубы.

В девятой главе описана автоматика водогрейного котла КВГМ-100-150.

В десятой главе описаны правила безопасности на котельной.

В одиннадцатой главе описана экономическая целесообразность перевода котельной на новое резервное топливо Универсин-С.

Графическая часть выполнена с применением AutoCAD-системой автоматизированного проектирования на 5 листах формата А1.

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Синаевская А.Е.			Перевод котла КВГМ-100-150 с резервного топлива мазут на резервное топливо «Универсин-С» АО «УСТЭК-Челябинск» филиал Юго-Западная котельная г. Челябинск	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Пашнин С.В.				В	К	Р
							3	82
Н. Контр.		Алабугина Р.А.				ЮУрГУ Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»		
Зав. каф		Осинцев К.В.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ.....	8
2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ....	10
3 РЕЗЕРВНОЕ ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО .....	12
3.1 Приемно-сливная эстакада.....	12
3.2 Резервуары хранения мазута.....	13
3.3 Мазутонасосная.....	14
4 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТЛА КВГМ-100-150.....	17
5 ХАРАКТЕРИСТИКА ТОПЛИВА УНИВЕРСИН-С .....	19
6 ПОВЕРОЧНЫЙ ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЛА КВГМ-100-150.....	21
6.1 Исходные данные.....	21
6.2 Расчет теоретических объемов воздуха и продуктов сгорания.....	21
6.3 Коэффициент избытка воздуха и объемы дымовых газов по газоходам.....	22
6.4 Расчет энтальпий продуктов сгорания газа и воздуха.....	23
6.5 Расчет теплового баланса котельного агрегата.....	25
6.6 Тепловой расчет топки водогрейного котла.....	26
6.7 Тепловой расчет конвективной поверхности нагрева котла.....	29
6.8 Расчет невязки котла.....	32
7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	33
8 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ.....	35
8.1 Расчет концентрации вредных выбросов для топлива Универсин-С..	36
8.2 Поверочный расчет дымовой трубы.....	37
8.3 Расчет концентрации вредных выбросов для топлива мазут М-100...	42
8.4 Поверочный расчет дымовой трубы (топливо мазут М-100).....	45
9 АВТОМАТИКА КОТЛА КВГМ-100-150.....	49
9.1 Регуляторы автоматики горения.....	50
9.2 Регулятор топлива.....	51
9.3 Регулятор разрежения.....	51
9.4 Регулятор общего воздуха с коррекцией по кислороду.....	51
9.5 Краткое описание технологического оборудования ГРП.....	52
10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	54
10.1 Виброакустические факторы .....	55
10.2 Травмоопасность при эксплуатации оборудования .....	58
10.3 Свет в зоне производственных помещений .....	59
10.4 Воздух в рабочей зоне .....	59
10.5 Эргономика и производственная эстетика.....	61
10.6 Правила организации работы персонала.....	62
11 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ .....	64

11.1 Расчет единовременных затрат на реализацию проекта .....	64
11.2 Калькуляция себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива мазут.....	65
11.3 Расчет себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива мазут.....	67
11.4 Калькуляция себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива Универсин-С.....	70
11.5 Расчет себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива Универсин-С.....	72
11.6 Расчет срока окупаемости проекта.....	73
11.7 SWOT анализ вариантов технических решений.....	74
11.8 Планирование целей проекта в дереве целей.....	75
11.9 График Ганта .....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	80

## ВВЕДЕНИЕ

Для стабильной и надежной работы на предприятиях энергообеспечения необходимо иметь резервное топливное хозяйство. В России, согласно нормативным актам, количество резервного топлива должно обеспечить потребность предприятия на срок не менее десяти дней.

Основным видом резервного топлива на предприятиях энергообеспечения является мазут. Использование мазута как резервного топлива на электростанциях и котельных происходит со времен СССР. В Советском Союзе было разработано большое количество типовых проектов, которые при своей реализации занимали малое количество времени и финансовых затрат и основным видом топлива в этих проектах являлся мазут.

Недостатком данного вида резервного топлива является то, что вязкость мазута напрямую зависит от его температуры, то есть мазут необходимо постоянно подогревать в резервуарах хранения, что влечет за собой большие затраты ресурсов. Основным ресурсом для подогрева мазута является пар. Для производства пара тратятся большие объемы топлива, воды, электроэнергии, а также большое количество химических реагентов, которые используются для подготовки питательной воды для паровых котлов.

На Юго-Западной котельной города Челябинск установлено 5 водогрейных котлов марки КВГМ-100-150 и 2 паровых котла марки ГМ-50-14/250, основная часть выработанного пара идет на подогрев резервного топлива.

Для выработки пара в паровых котлах ежегодно сжигается огромное количество природного газа, потребляется большое количество химически очищенной воды и электроэнергии. Все это несет за собой высокие финансовые затраты. Так же финансовые затраты увеличиваются за счет необходимости в проведении текущих ремонтов котлов и вспомогательного оборудования.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается модернизация резервного топливного хозяйства путем замены мазута на новое топливо «Универсин-С».

«Универсин-С» относится к темным видам топлива. Плюсом топлива «Универсин-С» является то, что он не требует постоянного подогрева, так как температура его застывания составляет  $-43^{\circ}\text{C}$ . «Универсин-С» получают путем прямой перегонки дизельных фракций, являясь малоопасным веществом относится к четвертому классу опасности.

При реализации проекта по переводу с резервного топлива мазут на резервное топливо «Универсин-С» необходимо произвести следующие этапы работ:

1. Организовать продажу мазута марки М-100;
2. Произвести очистку мертвого остатка резервуаров хранения мазута;
3. Произвести закупку резервного топлива;
4. Произвести пробный пуск резервного топливного хозяйства на новом топливе.

От реализации проекта прогнозируется высокий экономический эффект за счет уменьшения финансовых затрат и уменьшения количества человек-часов для производства текущих ремонтов основного и вспомогательного оборудования.

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Срок окупаемости проекта составит менее двух лет, более точный срок окупаемости представлен в экономической части данной выпускной квалификационной работе.

					<i>13.03.01.2020.909.15 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

# 1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ

Бесперебойное снабжение топливом предприятий, как резервным, так и основным в необходимом количестве — это один из определяющих факторов устойчивой работы систем теплоснабжения.

Основным видом топлива для предприятий теплоэнергетики является природный газ. Использование природного газа в качестве основного топлива подвергает предприятие к определенным рискам. К основному риску при использовании природного газа можно отнести нестабильность давления газа, подаваемого на предприятие из-за высокой нагрузки, которая в течение суток может значительно изменяться. Еще одним риском при использовании природного газа в качестве основного топлива относят вероятность полного прекращения подачи газа на предприятие в случае возникновения аварийной ситуации на магистральном газопроводе.

В последнее время с ростом числа промышленных предприятий, на которых основным топливом является природный газ, а их по статистике насчитывается более 80% от общего числа предприятий, возросло и количество аварий, связанных с утечкой газа. Основной причиной утечек является то, что в результате роста числа предприятий нагрузка на магистральные газопроводы выросла в разы. В России насчитывается немало аварий на газопроводах, причинами аварий является то, что газопроводы эксплуатируются больше своего срока службы. Так, например, в 2013 году в Свердловской области произошла авария на участке магистрального газопровода, которая повлекла за собой прекращение подачи газа на многие предприятия. Также основным недостатком природного газа как вида топлива является то, что его невозможно запасти впрок по сравнению с углем и нефтью.

В последнее время в России возник стереотип о том, что газ в газопроводе будет всегда, но, к сожалению, это не так, поэтому для нормальной и стабильной работы предприятия необходимо резервное топливное хозяйство, которое может поддержать стабильную работу предприятия в случае прекращения подачи газа. Владельцы многих предприятий не уделяют особого внимания резервному топливному хозяйству, так как считают его неоправданно дорогим. Если рассмотреть этот вопрос более детально, то можно прийти к выводу, что резервное топливное хозяйство необходимо для каждого предприятия. Например, при возникновении аварии на газопроводе предприятие останавливает выпуск своей продукции, что приводит к определенным финансовым потерям. При подсчете данных потерь можно сделать вывод, что простой оборудования более 5 дней (для различных предприятий число дней отличается) приводит к финансовым потерям, которые значительно больше затрат на содержание на данном предприятии резервного топливного хозяйства. Из чего вытекает необходимость создания резервного топливного хозяйства.

Мазут является основным видом резервного топлива у большинства предприятий России. Использование данного вида топлива в качестве резервного пришло к нам ещё из Советского союза, где его шаблонно использовали при проектировании и строительстве предприятий.

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

В результате подсчетов было выявлено, что более 20% потребления топлива на предприятиях используется лишь для поддержания заданной температуры мазута. На основе данного факта можно сделать вывод, что внедрение нового резервного топлива на предприятиях является выгодным вложением.

Следовательно, необходимо разработать такую систему резервного топливного хозяйства, в которой при минимальных затратах на создание проекта и его реализации сможет дать экономию в процессе производства. Так же большим плюсом будет использование оборудования, имеющегося резервного топливного хозяйства.

«Универсин-С» — это побочный продукт переработки нефти, получаемый путем прямого перегона дизельных фракций. Возможность использования «Универсин-С» в качестве резервного топлива на предприятиях, где резервные топливом являлся мазут является финансово выгодным так, как не повлечет особых затрат на перевооружение имеющегося топливного хозяйства.

Юго-Западная котельная г. Челябинска является одним из основных источников теплоснабжения города. Резервным топливом данной котельной является мазут, и паровая нагрузка всей котельной в большей степени используется для нагрева мазута, поэтому решено перевести котельную на новое резервное топливо, которое поможет уменьшить затраты на эксплуатацию котельной.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2020.909.15 ПЗ







### 3 РЕЗЕРВНОЕ ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Основным видом топлива на резервном топливном хозяйстве котельных является мазут. На основании СНиП 11-35-76 на котельных должно находиться столько топлива сколько необходимо для десятисуточного расхода для котельных агрегатов при работе на полную мощность. Мазут на станцию может поставляться двумя способами: автомобильным транспортом и по железной дороге.

На Юго-Западной котельной резервное топливо поступает железнодорожным транспортом. Так как работа на резервном топливе является редкой работой, лишь в случае, когда есть проблемы с поставкой на котельную основного топлива-природного газа, то на котельную топливо завозится редко. Мазут так же подлежит замене в случае ухудшения его качества. Для этого на котельной круглый год происходит контроль качества мазута.

Основными задачами мазутного хозяйства является:

- 1) Прием мазута;
- 2) Хранение мазута;
- 3) Подготовка и подача мазута в котельную к форсункам котлов;
- 4) Учет потребляемого мазута.

Основными режимами работы мазутного хозяйства является: холодный и горячий резерв. На Юго-Западной котельной резервное топливное хозяйство работает в горячем резерве, т. е. мазут подогревается до температуры + 80 С и циркулирует по основным мазутопроводам по котельному цеху и возвращается в резервуар хранения мазута. Так же постоянно производится циркуляция мазута: из резервуара мазут подается на насос, с насоса подается на подогреватель и поступает обратно в резервуар. Тем самым происходит перемешивание и подогрев мазута в резервуарах. При работе в горячем резерве ведется постоянный контроль за температурой мазута как в мазутопроводах, так и в резервуарах хранения мазута.

#### 3.1 Приемно-сливная эстакада

Приемно-сливная эстакада — это сооружение для приемки мазута, которая поставляется железнодорожным транспортом. Эстакада состоит из сливных люков, приемной емкости и нефтяных насосов. Принцип работы, следующий: мазут, поступает на приёмно-сливную эстакаду в цистерны, в цистернах за счет подачи пара происходит разогрев мазута и через нижнюю часть цистерны производится слив мазута. Мазут сливается в приемно-сливные лотки, в которых за счет труб, по которым протекает пар происходит нагрев, и далее поступает в приемную емкость. Приемная емкость представляет собой герметичный железобетонный бак объемом 400м<sup>3</sup>. Из приемной емкости мазут поступает на всас перекачивающих нефтяных насосов. В помещении рядом с приемной емкостью установлены два перекачивающих нефтяных насоса марки 12НА22х5. Нефтяные насосы перекачивают мазут по мазутопроводу в резервуары хранения мазута.

На рисунке 3.1 изображена приемно-сливная эстакада.

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ				

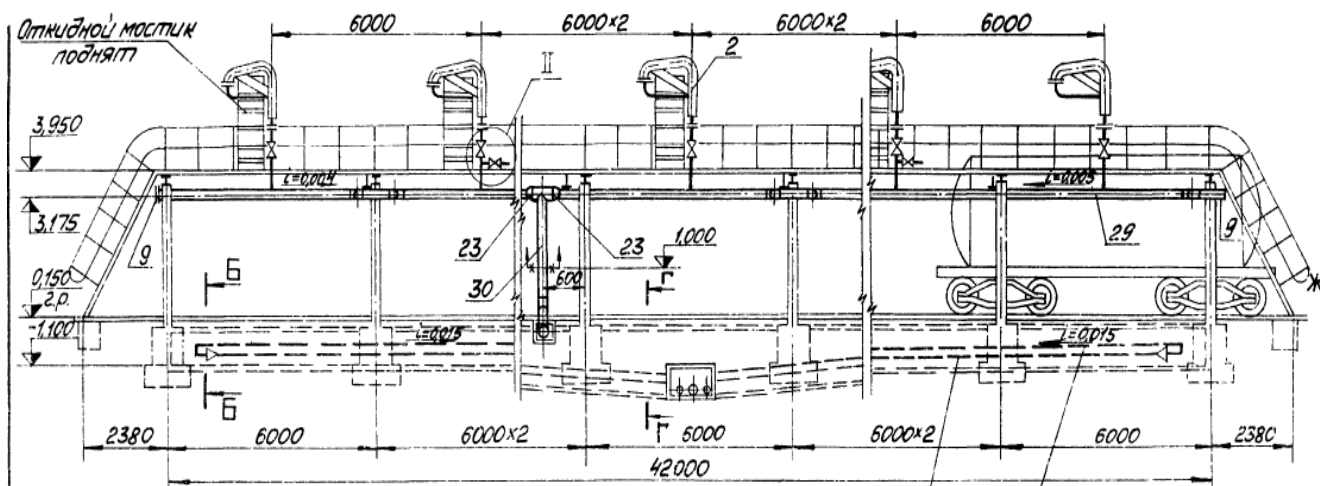


Рисунок 3.1- Приемно-сливная эстакада

### 3.2 Резервуары хранения мазута

Резервуары мазута предназначены для хранения и подготовки к сжиганию мазута. На Юго-Западной котельной установлены три резервуара хранения мазута. Резервуары представляют собой цилиндрические металлические баки емкостью 5000м<sup>3</sup> каждый, на резервуаре с двух сторон расположены люк-лазы для обслуживания и проведения ремонтных работ. Для подъема на крышу резервуаров установлена многомаршевая шахтная лестница. На крыше резервуаров расположены два световых люка и один люк для замера уровня мазута в резервуаре, так же установлены два дыхательных клапана.

На рисунке 3.2 представлен резервуар хранения мазута.

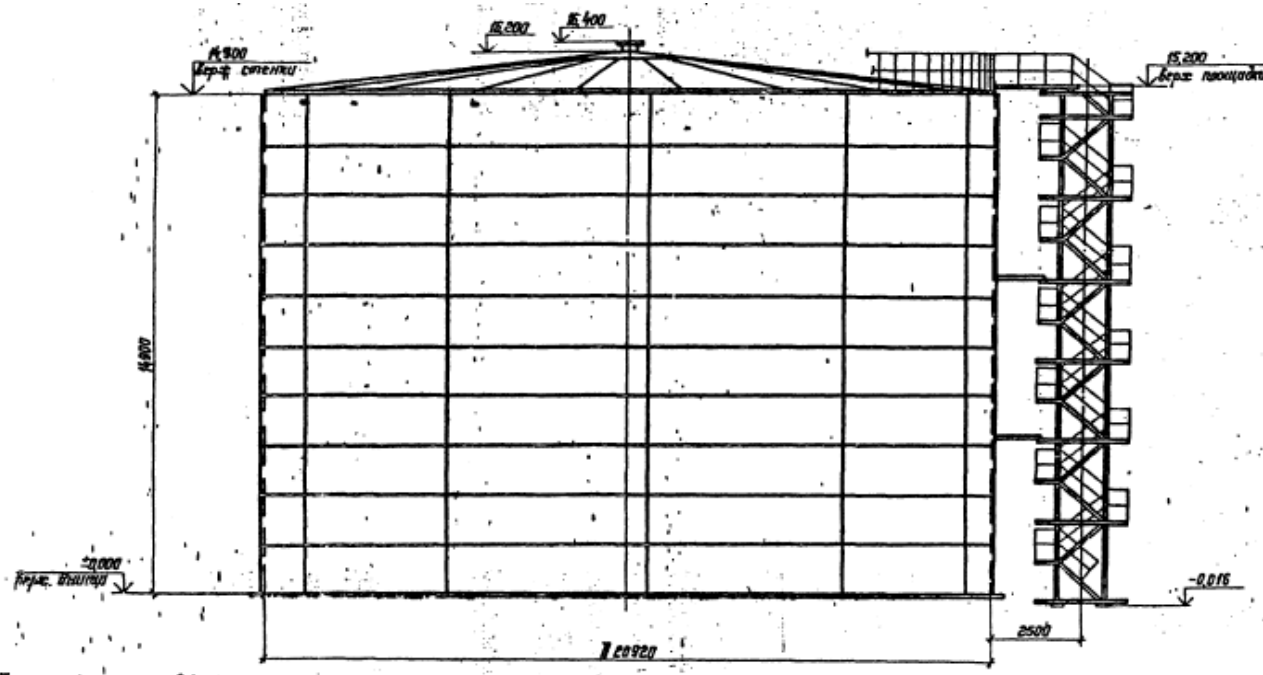


Рисунок 3.2- Резервуар хранения мазута

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Лист

13

Днище резервуара выполняется с уклоном к всасывающим трубопроводам. Внутри каждого резервуара устанавливаются три термодатчика, которые фиксируют температуру мазута и выводят показания на щит управления. Так же внутри резервуаров расположены подогреватели, которые представляют из себя змеевики U-образной формы, по которым протекает пар, тем самым происходит дополнительный подогрев мазута.

К резервуарам запаса мазута подводятся следующие трубопроводы:

- Перекачивающий мазутопровод Ø 325мм.;
- Всасывающий мазутопровод Ø273 мм.;
- Рециркуляционный мазутопровод Ø159 мм.;
- Обратный мазутопровод Ø57 мм.

Каждый бак запаса мазута оснащен двумя пеногенераторами ГВПСК-2000, стационарной системой водяного охлаждения внешней поверхности резервуара, пожарными извещателями ТРВ-2. Для локализации разлива мазута имеется обваловка резервуаров запаса мазута, которая позволяет принять весь мазут из одного резервуара.

Аварийный разлив мазута возможен:

- При заполнении резервуара – до 160 м<sup>3</sup> (в обваловку);
- При разрушении резервуара – до 5000 м<sup>3</sup> (в обваловку).

### 3.3 Мазутонасосная

Мазутонасосная предназначена для приема и перекачивания мазута в резервуары, а также для подогрева мазута и подачи его к форсункам паровых и водогрейных котлов. Мазутонасосная представляет собой здание размером 18х42 метра, в котором установлено основное и вспомогательное оборудование. Оборудование мазутонасосной автоматизировано и не нуждается в постоянном контроле обслуживающего персонала. Обслуживающий персонал мазутного хозяйства производит обход и осмотр оборудования с периодичностью два часа, а остальное время контролирует работу оборудования по датчикам, установленным на главном щите управления.

В помещении мазутонасосной размещены:

- Фильтры грубой очистки ФГО-2 шт;
- Насосы НМП-1В, 2В, 3П, 4П;
- Насосы циркуляции МНР-1,2;
- Фильтры тонкой очистки ФТО-4 шт;
- Подогреватели мазута основные ПМ-1, 2, 3, 4;
- Подогреватели мазута циркуляционного контура ПМП-1,2.

Фильтра грубой очистки устанавливаются перед насосами и предназначены для улавливания крупных частиц (мусора), которые могут попасть в мазут.

Насосы предназначены для подачи мазута в котельный цех и обеспечения необходимого давления перед форсункой. На мазутном хозяйстве установлены следующие виды насосов:

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					





#### 4 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТЛА КВГМ-100-150

Водогрейные котлы типа КВГМ-100-150 устанавливаются в качестве источника теплоснабжения для покрытия пиковых и основных нагрузок в системах теплоснабжения. Водогрейный котел выполнен в П-образной компоновке и предназначен исключительно для подогрева сетевой воды. Конструкция водогрейного котла КВГМ-100-150 изображена на рисунке 4.1.

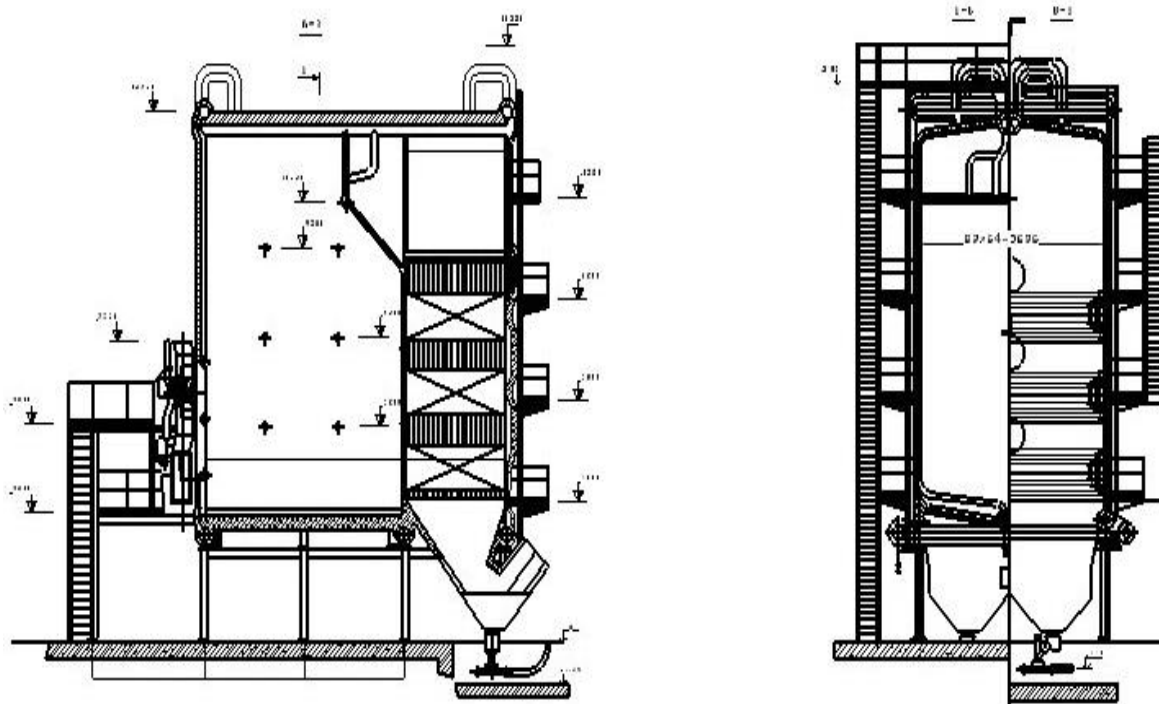


Рисунок 4.1-Конструкция водогрейного котла КВГМ-100-150

Топочная камера котла выполнена из стальных труб 60x3мм с шагом 64мм. Экранные трубы котла крепятся к коллекторам 219x10мм. Для полноценного догорания топлива в котле предусмотрена установка промежуточного экрана, который образует зону догорания. Промежуточный экран выполнен из труб 60x3мм, трубы в промежуточном экране устанавливаются в два ряда с шагом 128 и 182мм.

Конвективная поверхность нагрева, которая располагается в вертикальной шахте котла, так же полностью экранирована трубами 60x3мм (задняя и передняя стенки) и вертикальными трубами (боковые стенки) 83x3,5мм с шагом 64 и 128мм соответственно. Боковые трубы конвективной части являются стояками для конвективных пакетов. Конвективные пакеты выполнены из U-образных ширм из труб 28x3мм. Конвективные пакеты в шахте устанавливаются в шахматном порядке. Трубы конвективной части котла, выполненные из труб 219x10мм сварены в коллектор.

Водогрейные котлы оборудованы тремя ротационными газо-мазутными горелками типа РГМГ-30. Особенность этих горелок заключается в том, что они

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Лист

17



имеют широкий диапазон регулирования и высокую экономичность при их эксплуатации.

Основными узлами горелочного устройства являются: ротационная форсунка, газовая часть периферийного типа, воздухонаправляющее устройство вторичного воздуха и воздуховод первичного воздуха.

Ротор форсунки представляет собой полый вал, на котором закреплены гайки-питатели и распиливающий стакан.

Ротор приводится в движение от асинхронного электродвигателя с помощью клиноременной передачи. В передней части форсунок установлен завихритель первичного воздуха аксиального типа с профильными лопатками, установленными под углом  $30^\circ$ . Первичный воздух от вентилятора первичного воздуха подается к заверителю через специальные окна в корпусе форсунки.

Воздухонаправляющее устройство вторичного воздуха состоит из воздушного короба, заверителя аксиального типа с профильными лопатками, установленными под углом  $40^\circ$  и переднего кольца, образующего устье горелки.

Газовая часть горелки периферийного типа состоит из газораспределяющей кольцевой камеры с однорядной системой газовыдающих отверстий одного диаметра и двух газоотводящих труб.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

## 5 ХАРАКТЕРИСТИКА ТОПЛИВА «УНИВЕРСИН-С»

Топливо, используемое в данной выпускной квалификационной работе, является – «Универсин-С». Данный вид топлива является побочным продуктом переработки нефти. Помимо того, что данное топливо согласно ТУ 38.1011142-88 может являться резервным видом топлива для предприятий «Универсин-С» применяют в качестве пылевязущего вещества, который используется для предотвращения примерзания горных пород к металлическим поверхностям. Так же «Универсин-С» используют как средство для уменьшения пылеобразования вдоль дорог.

В качестве резервного топлива «Универсин-С» начали использовать на ТЭЦ и котельных в Республике Башкортостан. Все возможные виды мазута, газотурбинного топлива, гудроны, вакуумные газойли, битумы и «Универсин-С» относятся к темным видам топлива так как в своем составе имеют тяжёлые остатки от переработки нефти и являются непрозрачными.

«Универсин-С» получают путем прямой обработки дизельных фракций, топливо является малоопасным веществом и относится к 4 классу опасности

Предельно допустимая концентрация паров в области рабочей зоны может достигать 300 мг/м<sup>3</sup>. При возгорании «Универсин-С» может быть потушен большим количеством различных средств, таких как химическая пена, углекислый газ, вода, порошок ПСБ-3.

Физические свойства представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Физические свойства топлива «Универсин-С»

Показатель	Значение
Условная вязкость при 50 °С, 0ВУ	1,7
Температура застывания, °С	Не выше минус 43
Температура вспышки, °С	Не ниже 81
Массовая доля воды, %	Не более 0,5
Массовая доля механических примесей, %	Не более 3,0
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	830

При рассмотрении таблицы 5.1 видно, что данное топливо остается в жидком состоянии даже при температуре -43°С. Температура застывания — это один из плюсов этого топлива по сравнению с мазутом. При реализации данного проекта по переводу на новое резервное топливо можно снизить количество выработки пара на котельной. С учетом калорийности в пределах 38702 кДж/кг, плотности в пределах 0,83 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С), температуры вспышки не ниже 80 °С и температуры застывания не выше -40 °С — это топливо можно дополнительно не подогревать.

В таблице 5.2 представлены химические свойства «Универсин-С».

Таблица 5.2 - Химический состав «Универсин-С»

Параметр	Обозначение	Значение
Содержание углерода, %	C p	83,45
Содержание водорода, %	H p	10,95
Содержание серы, %	S p	2,45
Содержание кислорода, %	O p	0,72
Зольность, %	A p	0,33
Влажность, %	W p	2,1

## 6 ПОВЕРОЧНЫЙ ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЕТ КОТЛА КВГМ-100-150

### 6.1 Исходные данные

Топливо: «Универсин-С»

Состав топлива приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Состав резервного топлива «Универсин-С»

Компонент топлива	$C_p$	$H_p$	$S_p$	$O_p$	$A_p$	$W_p$
Содержание, %	83,45	10,95	2,45	0,72	0,33	2,1

Характеристики водогрейного котла КВГМ-100-150:

- 1 Теплопроизводительность -100 Гкал/ч
- 2 Расчетное давление -25 кгс/см<sup>2</sup>
- 3 Температура воды на входе- 70°С
- 4 Температура воды на выходе -150°С
- 5 Расход воды через котел -1235 т/ч

Определим низшую рабочую теплоту сгорания резервного топлива по формуле (6.1):

$$Q_n^p = 339 \cdot C_p + 1030 \cdot H_p - 109 \cdot (O - S_p) - 25 \cdot W_p, \quad (6.1)$$

$$Q_n^p = 339 \cdot 83,45 + 1030 \cdot 10,95 - 109 \cdot (0,72 - 2,45) - 25 \cdot 2,1 = 39704 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

### 6.2 Расчет теоретических объемов воздуха и продуктов сгорания

Объем дымовых газов рассчитаем по формуле (6.2):

$$V_z = V_{RO_2} + V_{N_2}^o + V_{H_2O}^o, \quad (6.2)$$

где  $V_{RO_2}$  -объем трехатомных газов;

$V_{N_2}^o$  -объем азота;

$V_{H_2O}^o$  -объем водяных паров.

Определим теоретическое количество воздуха при сжигании резервного топлива по формуле (6.3):

$$V^o = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p, \quad (6.3)$$

$$V^o = 0,0889 \cdot (83,45 + 0,375 \cdot 2,45) + 0,265 \cdot 10,95 - 0,0333 \cdot 0,72 = 10,37 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Теоретический объем водяных паров рассчитаем по формуле (6.4):

$$V_{H_2O}^o = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^o, \quad (6.4)$$

$$V_{H_2O}^o = 0,111 \cdot 10,95 + 0,0124 \cdot 2,1 + 0,0161 \cdot 10,37 = 1,40 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Теоретический объем трехатомных газов рассчитаем по формуле (6.5):

$$V_{RO_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p), \quad (6.5)$$

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

Теоретический объем азота рассчитаем по формуле (6.6):

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V^o + 0,008 \cdot N^p, \quad (6.6)$$

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot 10,37 + 0,008 \cdot 0 = 8,19 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Теоретический объем трехатомных газов рассчитаем по формуле (6.7):

$$V_2 = 1,4 + 8,19 + 1,57 = 11,16 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \quad (6.7)$$

### 6.3 Коэффициент избытка воздуха и объемы дымовых газов по газоходам

Определение действительного объема дымовых газов с учетом присосов воздуха в топочной и конвективной камере котла представлено в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Действительные объемы дымовых газов

Величина	Единица измерения	Топка	Конвективный пучок
Коэффициент избытка воздуха	–	1,16	1,3

Продолжение таблицы 6.2

Величина	Единица измерения	Топка	Конвективный пучок
$V_{N_2} = V_{N_2}^o + (\alpha - 1) \cdot V^o$	м <sup>3</sup> /кг	9,849	11,301
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^o + 0.0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^o$	м <sup>3</sup> /кг	1,427	1,450
$V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	1,570	1,570
$V_z = V_{N_2} + V_{H_2O} + V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	12,846	14,321
$r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_z$	–	0,122	0,110
$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_z$	–	0,111	0,101
$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	–	0,233	0,211

#### 6.4 Расчет энтальпий продуктов сгорания газа и воздуха

Теоретическую энтальпию продуктов сгорания рассчитаем по формуле (6.8):

$$I_z^0 = \sum_{i=1}^1 V_i^o \cdot (c \cdot \vartheta) = V_{RO_2}^o \cdot c_{RO_2} + V_{H_2O}^o \cdot c_{H_2O} + V_{N_2}^o \cdot c_{N_2}, \quad (6.8)$$

где  $I_z^0$  и  $I^0$  – теоретические теплосодержания воздуха и газов;

$\vartheta$  – температура газов, °С;

$c_{RO_2}$   $c_{H_2O}$   $c_{N_2}$   $c_g$  – теплоемкости трёхатомных газов, водяных паров, азота и холодного воздуха (при температуре  $t_{хв}$ ) и постоянном давлении (равном атмосферному) кДж/(кгК)

В таблице 6.3 представлен расчет энтальпий продуктов сгорания и воздуха резервного топлива «Универсин-С».

Таблица 6.3 – Энтальпии продуктов сгорания и воздуха

$\nu, ^\circ C$	$I_g^0 = V^o \cdot (ct)_g$	$I_{RO_2} = V_{RO_2} \cdot (cv)_{RO_2}$	$I_{N_2}^0 = V_{N_2}^o \cdot (cv)_{N_2}$	$I_{H_2O}^0 = V_{H_2O} \cdot (cv)_{H_2O}$	$I_z^0 = I_{RO_2}^0 + I_{N_2}^0 + I_{H_2O}^0$
1	2	3	4	5	6
30	412,820				412,820
100	1364,104	269,442	1056,528	211,752	1537,722
200	2744,655	564,933	2119,552	427,725	3112,211
300	4142,681	883,493	3199,630	651,437	4734,560
400	5571,546	1217,745	4295,950	880,777	6394,472
500	7041,530	1567,689	5416,633	1118,558	8102,881
600	8532,073	1931,758	6561,678	1363,375	9856,810
700	10063,734	2305,241	7731,086	1616,633	11652,961
800	11605,675	2686,571	8916,736	1876,927	13480,234

Продолжение таблицы 6.3

$\nu, ^\circ C$	$I_g^0 = V^0 \cdot (ct)_g$	$I_{RO2} = V_{RO2} \cdot (cv)_{RO2}$	$I_{N2}^0 = V_{N2}^0 \cdot (cv)_{N2}$	$I_{H2O}^0 = V_{H2O} \cdot (cv)_{H2O}$	$I_z^0 = I_{RO2}^0 + I_{N2}^0 + I_{H2O}^0$
900	13188,734	3077,316	10126,748	2147,069	15351,134
1000	14782,073	3472,770	11353,002	2424,247	17250,019
1100	16395,971	3857,238	12595,498	2708,459	19161,195
1200	18030,429	4263,676	13846,115	2999,706	21109,497
1400	21340,462	5082,829	16314,865	3600,492	24998,186
1600	24701,893	5914,536	18872,945	4223,789	29011,270
1800	28083,883	6755,659	21471,630	4865,377	33092,666
2000	31517,272	7601,489	24078,435	5523,849	37203,773
2200	34971,219	8452,028	26709,603	6193,577	41355,208

Теплосодержание продуктов сгорания определяем по формуле (6.9):

$$I_z = I_z^0 + I_g^0 \cdot (a-1), \quad (6.9)$$

Действительная Энтальпия продуктов сгорания представлена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Действительная энтальпия продуктов сгорания в газоходах (кДж/кг)

t, °C	$I_g^0$	$I_z^0$	$\alpha_m$		$\alpha_k$	
			I	$\Delta I$	I	$\Delta I$
100	1364,10	1537,72	1755,98		1946,95	
200	2744,65	3112,21	3551,36	1795,38	3935,61	1988,65
300	4142,68	4734,56	5397,39	1846,03	5977,36	2041,76
400	5571,55	6394,47	7285,92	1888,53	8065,94	2088,57
500	7041,53	8102,88	9229,53	1943,61	10215,34	2149,40
600	8532,07	9856,81	11221,94	1992,42	12416,43	2201,09
700	10063,73	11652,96	13263,16	2041,22	14672,08	2255,65
800	11605,68	13480,23	15337,14	2073,98	16961,94	2289,86
900	13188,73	15351,13	17461,33	2124,19	19307,75	2345,82
1000	14782,07	17250,02	19615,15	2153,82	21684,64	2376,89
1100	16395,97	19161,20	21784,55	2169,40	24079,99	2395,35
1200	18030,43	21109,50	23994,37	2209,82	26518,63	2438,64
1400	21340,46	24998,19	28412,66	4418,29	31400,32	4881,70
1600	24701,89	29011,27	32963,57	4550,91	36421,84	5021,51
1800	28083,88	33092,67	37586,09	4622,51	41517,83	5095,99
2000	31517,27	37203,77	42246,54	4660,45	46658,95	5141,12
2200	34971,22	41355,21	46950,60	4704,07	51846,57	5187,62

## 6.5 Расчет теплового баланса котельного агрегата

Определим располагаемое тепло сгорания топлива по формуле (6.10):

$$Q_p^p = Q_n^p, \quad (6.10)$$

$$Q_p^p = 39704 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Температуру уходящих газов  $T_{yx}=160^{\circ}\text{C}$

Энтальпию уходящих газов  $I_{yx} = 2482,41 \text{ кДж/кг}$

Температуру холодного воздуха  $t_{xв}=30^{\circ}\text{C}$

Энтальпию холодного воздуха  $I_{xв} = 409,23 \text{ кДж/кг}$

Потери тепла от механического недожога принимаем  $q_4=0$

Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива принимаем  $q_3=0,6\%$

Потери тепла с уходящими газами определяем по формуле (6.11):

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - I_{xв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}, \quad (6.11)$$

$$q_2 = \frac{(2758,78 - 404,82) \cdot (100 - 0)}{39704} = 5,93\% .$$

Потери тепла в окружающую среду принимаем  $q_5=0.4\%$

Сумма потерь тепла рассчитаем по формуле (6.12):

$$\sum q_i = q_2 + q_3 + q_4 + q_5, \quad (6.12)$$

$$\sum q_i = 5.22 + 0.6 + 0 + 0.4 = 6.22\% .$$

Коэффициент полезного действия котла рассчитаем по формуле (6.13):

$$\eta_{\text{бр}} = 100 - \sum q_i, \quad (6.13)$$

$$\eta_{\text{бр}} = 100 - 6,22 = 93,78\% .$$

Коэффициент сохранения тепла рассчитаем по формуле (6.14):

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta_{\text{бр}} - q_5}, \quad (6.14)$$

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ				



$$\varphi = 1 - \frac{0.4}{93,78 - 0.4} = 0,99.$$

Тепловая мощность котла:  $Q_k = 116300$  кВт.

Полный расход топлива определяем по формуле (6.15):

$$B = \frac{Q_k}{Q_p \cdot \eta^{op}}, \quad (6.15)$$

$$B = \frac{116300}{39704 \cdot 93,07} = 3,15 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный расход топлива рассчитаем по формуле (6.16):

$$B_p = B = 3,15 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (6.16)$$

### 6.6 Тепловой расчет топки водогрейного котла

По конструктивным характеристикам топки рассчитываем полную площадь её стен и площадь лучевоспринимающих поверхностей.

Топка котла КВГМ-100-150 призматическая, вертикальная открытого типа. Топка котла экранирована гладкими трубами  $\varnothing 60 \times 3$  мм с шагом 64 мм. Размеры топки в плане 6,23х6,23 м с высотой призматической части 5,5 м. Все трубы экранов соединены между собой горизонтальными поясами с шагом по высоте 2,8 м. В нижней части фронтальной и задней части экраны образуют под топку в виде холодной воронки. Котел оборудован 3 газомазутными горелками. Горелки размещены в два яруса, две горелки в нижнем ярусе и одна в верхнем. Все расчеты конструктивных характеристик котла и размеров топочной камеры занесены в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Конструктивные размеры топки котла КВГМ-100-150

Величина	Обозначение	Способ определения	Единица измерения	Количество
Полная площадь поверхности нагрева	$H$	Конструктивные размеры	кв.м	325
Диаметр труб	$d$	Конструктивные размеры	мм	0,06

Продолжение таблицы 6.5

Величина	Обозначение	Способ определения	Единица измерения	Количество
Объем поточной камеры	$V_m$	Конструктивные размеры	куб.м	388
Площадь поверхности стен	$F_{cm}$	Конструктивные размеры	кв.м	331,4

Расчет теплообмена в топке представлен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Поверочный расчет топки водогрейного котла КВГМ-100-150

Величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
Коэффициент загрязнения экранов топки	$\zeta$	Задана	-	0,66
Суммарная площадь лучевоспр. поверхности	$H_{\lambda}$	По конструктивным характеристикам	м <sup>2</sup>	325
Полная площадь стен топочной камеры	$F_{cm}$	По конструктивным размерам	м <sup>2</sup>	331,4
Коэф. тепловой эффект-ти лучевосп. поверхности	$\Psi_{cp}$	$\frac{\xi_{om} \cdot H_{\lambda}}{F_{cm}}$	—	0,65
Эффективная толщина излуч. слоя пламени	$\delta$	$\frac{3,6 \cdot V_m}{F_{cm}}$	м	4,21
Полная высота топки	$H_m$	По конструктивным размерам	м	9,58
Высота расположения горелок	$h_m$	По конструктивным размерам	м	1,5

Продолжение таблицы 6.6

Величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
Относительный уровень расположения горелок	$x_m$	$\frac{h_m}{H_m}$	–	0,157
Абсолютное давление газов в топке	$p$	Принимаем	МПа	0,1
Температура газов на выходе из топки	$t''$	Принимаем предварительно	$^{\circ}\text{C}$	1200
Энтальпия газов на выходе из топки	$I'$	из расчетов	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	24124,6768
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$\frac{Q_n^p \cdot (100 - q_3)}{1000}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	39465,776
Адиабатическая температура	$t_a$	Определяем по таблице	$^{\circ}\text{C}$	1879,95
Средняя теплоемкость продуктов сгорания	$(VC)_{cp}$	$\frac{Q_m - I''}{t_a - t''}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}^{\circ}\text{C}}$	22,562
Параметр $M$	$M$	По таблице	-	0,374
коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания	$k_z$	$\left( \frac{7,8 \cdot 1 \cdot r_{h_2o}}{\sqrt{10 \cdot p \cdot r_n \cdot s}} - 1 \right) \cdot (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} \cdot (t'' + 273) \cdot r_n)$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	5,91
Соотношение углерода и водорода	$\frac{C^p}{H^p}$	$\frac{C^p}{H^p}$	-	7,621
Коэффициент ослабления лучей сажистыми частицами	$k_c$	$\frac{1,2}{1 + \alpha_m^2} \cdot \left[ 1,6 \cdot \frac{t'' + 273}{1000} - 0,5 \right] \cdot \frac{C^p}{H^p}$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	2,14

Продолжение таблицы 6.6

Величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
Коэффициент поглощения топочной среды	$k$	$k_2 + 0,1 \cdot k_c$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	6,12
Критерий Бугера	$Bu$	$k \cdot p \cdot s$	-	2,581
Эффективное значение критерия Бугера	$Bu^*$	$1,6 \cdot \ln \left[ \frac{1,4 \cdot Bu^2 + Bu + 2}{1,4 \cdot Bu^2 - Bu + 2} \right]$	-	0,742
Тепловое напряжение топочного объема	$q_v$	$\frac{B \cdot Q_m}{V_m}$	$\frac{\text{кВт}}{\text{куб.м}}$	320,124
Температура на выходе из топки	$t''$	$\frac{t_a + 273}{1 + M + Bu^{0,3} \cdot \left[ \frac{5,7 \cdot \psi_{cp} \cdot F_{cm} \cdot (t_a + 273)^3}{10^{11} \cdot \varphi \cdot B \cdot (CV)_{cp}} \right]}$ -273	$^{\circ}\text{C}$	1186,052
Энтальпия газов на выходе из топки	$I''$	Определяем по расчетам	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	23844,28
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_l$	$\varphi \cdot (Q_m - I'')$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	15554,06

### 6.7 Тепловой расчет конвективной поверхности нагрева котла

Конвективными называют такие поверхности нагрева, в которых процесс передачи теплоты осуществляется путем конвективного теплообмена. Конвективные пучки получают теплоту не только путем конвективного теплообмена, но и теплоту прямого излучения топки. При расчете такой поверхности нагрева используют методику расчета конвективных поверхностей нагрева с учетом тепловосприятости прямого излучения топки. В таблице 6.7 представлен расчет конвективного пучка водогрейного котла.

Таблица 6.7 –Тепловой расчет конвективного пучка водогрейного котла

Параметр	Обозначение	Формула или способ определения	Единица	Величина
Полная площадь поверхности нагрева	$H$	По конструктивным размерам	м <sup>2</sup>	2710
Диаметр труб	$d$	По конструктивным размерам	мм	0,28
Средняя длина труб	$L$	По конструктивным размерам	м	0,75
Поперечный шаг труб	$S_1$	По конструктивным размерам	м	0,064
Продольный шаг труб	$S_2$	По конструктивным размерам	м	0,04
Относительный поперечный шаг труб	$\frac{S_1}{d}$	По конструктивным размерам	-	2,286
Относительный продольный шаг труб	$\frac{S_2}{d}$	По конструктивным размерам	-	1,429
Площадь живого сечения для прохода газов	$F$	$AB - dA$	м <sup>2</sup>	14,448
Эффективная толщина излучающего слоя	$s$	$0,9 \cdot \frac{4 \cdot S_1 \cdot S_2}{\pi \cdot d^2} \cdot d$	м	1,0482
Температура газов перед конвективным пучком	$t_2'$	$t_2'$ – из расчета топки	°С	1495,887
Энтальпия газов перед конвективным пучком	$I_2'$	$I_2'$ – из расчета топки	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	30594,5
Температура газов за конвективным пучком	$t_2''$	По условию	°С	160
Энтальпия газов за конвективным пучком	$I_2''$	По таблице	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	3140,14
Коэффициент избытка воздуха в конвективной части котла	$\alpha_{\text{конв}}$	По условию	-	1,3
Тепловосприятие по балансу	$Q_0$	$\varphi \cdot (I_2' - I_2'' + (\alpha_{\text{конв}} - 1) \cdot I_{\text{хв}})$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	27459,02
Средняя температура газов	$t_{\text{сред}}$	$\frac{t_2'' + t_2'}{2}$	°С	827,9436

Продолжение таблицы 6.7

Параметр	Обозначение	Формула или способ определения	Единица	Величина
Средняя температура котловой воды	$t_{\text{вод}}$	$\frac{t_{\text{вод}}^{II} + t_{\text{вод}}^I}{2}$	$^{\circ}\text{C}$	110
Температурный напор	$\Delta t_{\text{б}}$	$t_2^I - t_{\text{вод}}$	$^{\circ}\text{C}$	1385,887
Температурный напор на выходе	$\Delta t_{\text{м}}$	$t_2^{II} - t_{\text{вод}}$	$^{\circ}\text{C}$	50
Средний температурный напор	$\Delta t$	$\frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)}$	$^{\circ}\text{C}$	402,1246
Коэффициент тепловой эффективности поверхности нагрева	$\psi$	По таблице 7.1 [26]	-	0,7
Коэффициент теплоотдачи конвекцией	$\alpha_{\text{к}}$	По номограмме рис.П5 [26]	-	23
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_{\text{л}}$	По номограмме рис.П5 [26]	-	10
Коэффициент теплопередачи	$\kappa$	$\psi \cdot (\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}})$	-	23,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_2$	$\left(\frac{7,8 + 16 \cdot r_{h20}}{\sqrt{10 \cdot p \cdot r_n \cdot s}} - 1\right) \cdot (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} \cdot (t^{II} + 273) \cdot r_n)$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	18,8038
Суммарная сила поглощения потока	$\kappa ps$	$\kappa_2 \cdot p \cdot r_n \cdot s$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	0,45334
Степень черноты газов	$\alpha$	$1 - (-\exp(\kappa ps))$	-	2,5735
Тепловосприятие нагреваемой среды	$Q_m$	$\frac{\kappa \cdot F \cdot \Delta t}{V_p \cdot 10^3}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	28234,96
Невязка теплового расчета	$\delta$	$\frac{Q_{\text{б}} - Q_m}{Q_{\text{б}}} \cdot 100\%$	%	-1,140

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

## 6.8 Расчет невязки котла

Расчет невязки котла производится по формуле (6.17):

$$\Delta Q = \frac{dQ}{Q_n^p} \cdot 100\% , \quad (6.17)$$

где  $dQ$  определяется по формуле (6.18):

$$dQ = Q_n^p \cdot \eta - (Q_1 + Q_2), \quad (6.18)$$

где  $Q_1$  - количество тепла, воспринятое топкой;

$Q_2$  - количество тепла, воспринятое конвективной поверхностью нагрева.

$$\Delta Q = \frac{165,57}{39704,12} \cdot 100\% = 0,417\%$$

$$dQ = 39704,12 \cdot 0,9377 - (8833,358 + 28234,96) = 165,57 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} .$$

Невязка котла составила 0,417% - расчет считается окончанным.

					13.03.01.2020.909.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

## 7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Особо остро вопрос об энергосбережении встал после развала централизованной экономической системы Советского союза и перехода к рыночной экономике, так как нерациональное использование топлива, трудовых ресурсов любого предприятия несет огромные финансовые потери.

Одним из основных законов, который регулирует вопросы энергосбережения является закон №261 от 2009 года. Согласно этому закону, природный газ считается основным видом сжигаемого топлива. Так же закон направлен на то, чтобы предприятия переходили на более эффективные способы управления технологическими процессами производства для уменьшения объема использования природного газа и уменьшения количества выбросов вредных примесей в окружающую среду. [4]

Для обеспечения необходимых условий в выпускной квалификационной работе рассматривается переход с резервного топлива мазут на резервное топливо «Универсин-С» на Юго-Западной котельной города Челябинска.

Как было описано ранее одним из ключевых недостатков использования мазута в качестве резервного топлива котельной является то, что он нуждается в постоянном подогреве.

Результатом перехода котельной на новый вид резервного топлива будет являться снижение потребления газа, необходимого для поддержания температуры мазута на определенном уровне, уменьшение количества вредных примесей, попадающих в атмосферу, также уменьшится количество потребляемой электроэнергии.

Данный переход благоприятно отразится на экономике предприятия, а вырученные денежные средства можно будет направить на дальнейшую модернизацию оборудования котельной. Модернизация котельного оборудования на предприятиях энергетики является важным процессом, так как большинство агрегатов нуждается в проведении ремонтных работ, в связи с устареванием системы автоматического управления производством. Результат модернизации котельной повлечет за собой уменьшение тарифов на тепловую энергию, отпускаемую с котельной, что в свою очередь так же поспособствует дальнейшей модернизации котельной.

Для того, чтобы более наглядно увидеть результаты перехода на новое резервное топливо рассчитаем расход условного топлива на котельную в год.

Условное топливо - унифицированная единица измерения расхода органического топлива. В связи с тем, что каждое топливо имеет свою теплоту сгорания для упрощения расходов и показателей работы и было введено понятие условное топливо. [2]

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

Воспользуемся формулой (7.1) для перевода органического топлива в условное топливо:



$$B_y = \mathcal{E} \cdot B_0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}, \quad (7.1)$$

где  $B_y$  -масса эквивалентного условного топлива;

$B_0$  -масса исходного органического топлива.

$\mathcal{E}$ - калорийный эквивалент рассчитаем по формуле (7.2):

$$\mathcal{E} = \frac{Q_n^p}{29330} \quad (7.2)$$

где  $Q_n^p$  -низшая теплота сгорания органического топлива, кДж/кг.

$$\mathcal{E} = \frac{37850}{29330} = 1,29$$

В состав оборудования Юго-Западной котельной входят два паровых котла ГМ-50-14-250, ежегодно в топке котлов сжигается 2400 тыс. м<sup>3</sup> природного газа, низшая теплота сгорания которого составляет 37850 кДж/м<sup>3</sup>.

Определим эквивалентную массу условного топлива по формуле (7.3):

$$B_y = 1,29 \cdot B_0 = 1,29 \cdot 2400 = 3096 \text{ тыс.м}^3 \text{ в год} \quad (7.3)$$

По результатам расчета можно сделать вывод от том, что данный проект является актуальным и эффективным.

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ



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

Температура уходящих газов  $160^{\circ}\text{C}$ .

Средняя температура холодного месяца для города Челябинск- $16,4^{\circ}\text{C}$ .

Средняя температура самого жаркого месяца  $+24,1^{\circ}\text{C}$ .

Тепловая мощность водогрейного котла КВГМ-100-150 -100 Гккал/час.

Температура при нормальных условиях  $0^{\circ}\text{C}$ .

Объем дымовых газов равен  $V_z = 14,23 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$ ,

Приведенный объем рассчитаем по формуле (8.1):

$$V_{np} = \frac{P_{ny} \cdot V_z \cdot T_z}{P_z \cdot T_{ny}}, \quad (8.1)$$

$$V_{np} = \frac{760 \cdot 14,28 \cdot 433}{735 \cdot 273} = 23,34 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Расход топлива на 1 водогрейный котел равен  $B_p = 3,12 \text{ кг/с}$ ,

Объем дымовых газов для одного котла рассчитаем по формуле (8.2):

$$V = B_p \cdot V_{np}, \quad (8.2)$$

$$V = 3,12 \cdot 23,34 = 72,89 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Суммарное количество окислов азота для 1 котла рассчитаем по формуле (8.3):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3, \quad (8.3)$$

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 циркулирующих 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,  $\beta_3 = 0,85$ ;

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

$k$  – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1т сожженного условного топлива.

Для водогрейного котла рассчитаем по формуле (8.4) удельный выброс окислов азота:

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

где  $Q_{\phi}$  и  $Q_H$  – соответственно фактическая и номинальная производительность котлов, Гкал/час.

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

Суммарное количество оксидов азота:

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 0_1 \cdot 2,083 \cdot 3,12 \cdot 39704,12 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot (1 - 0 \cdot 0) \cdot 0,85 = 7,46 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

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

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{S_p}{100} \cdot B_p \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (8.5)$$

где  $S_p$  – содержание серы на рабочую массу, %;

$\eta'_{SO_2} = 0, \eta''_{SO_2} = 0$  – доля окислов серы, улавливаемых в газоходах котла и золоуловителе.

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,45}{100} \cdot 3,12 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) = 153,05 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

## 8.2 Поверочный расчет дымовой трубы

Отвод дымовых газов от котлов производится в одну трубу, высотой  $H=150\text{м}$ , и диаметром устья  $D_0=4,8\text{м}$ .

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

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_2 \cdot \Delta T}}, \quad (8.6)$$

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2020.909.15 ПЗ



Коэффициент  $n=1$  при  $v_m \geq 2$ .

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов:

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 153.05 \cdot 1 \cdot 1,27 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{72,89_2} \cdot (160 - 24,1)} = 0,0591 \frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$$

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 7.46 \cdot 1 \cdot 1,27 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{72,89_2} \cdot (160 - 24,1)} = 0,0028 \frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$$

Проверку произведем по формуле (8.11):

$$\frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} + \frac{C_{SO_2}}{ПДК_{SO_2}} \leq 1 \quad (8.11)$$

$$\frac{0,0028}{0,085} + \frac{0,0591}{0,5} = 0,152 \leq 1$$

В зимний период работает 2 котла. Расход топлива увеличивается в 2 раза. Расход топлива на 2 водогрейных котла рассчитаем по формуле (8.12):

$$B_p = 3,12 \cdot 2 = 6,24 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}, \quad (8.12)$$

Объем дымовых газов для двух котлов рассчитаем по формуле (8.13):

$$V = B_p \cdot V_{np}, \quad (8.13)$$

$$V = 6,24 \cdot 23,33 = 145,79 \frac{\text{М}^3}{\text{с}}$$

Суммарное количество окислов азота для 2 котлов рассчитаем по формуле (8.14):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3 \quad (8.14)$$

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;

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

$\beta_2=0$  - 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 проточных горелок;

$k$  - коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1т сожженного условного топлива.

Для водогрейного котла рассчитаем по формуле (8.15) удельный выброс окислов азота:

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_{\phi}}{20 + Q_H}, \quad (8.15)$$

где  $Q_{\phi}$  и  $Q_H$  - соответственно фактическая и номинальная производительность котлов, Гкал/час.

$$k = \frac{2,5 \cdot 100 \cdot 2}{20 + 100 \cdot 2} = 2,27 \frac{\Gamma}{\text{МДж}}$$

Суммарное количество оксидов азота:

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 0_1 \cdot 2,083 \cdot 6,24 \cdot 39704,12 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot (1 - 0 \cdot 0) \cdot 0,85 = 16,29 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Суммарное количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла, определяется по формуле (8.16):

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{S_p}{100} \cdot B_p \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (8.16)$$

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,45}{100} \cdot 6,24 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) = 306,10 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Рассчитаем скорость выхода газа из устья дымовой трубы по формуле (8.17):

$$w = \frac{4 \cdot V_{\partial}}{\pi \cdot D_o^2}, \quad (8.17)$$

$$w = \frac{4 \cdot 145,79}{3,14 \cdot (4,8)^2} = 8,06 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определяем параметр по формуле (8.18):

$$f = \frac{10^3 \cdot w^2 \cdot D_o}{(H_2^{зад})^2 \cdot \Delta T}, \quad (8.18)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 8,06^2 \cdot 4,8}{150^2 \cdot (160 - (-16,4))} = 0,078.$$

Определяем параметр  $m$  по формуле (8.19):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (8.19)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,078} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,078}} = 1,185.$$

Определяем параметр  $\nu$  по формуле (8.20):

$$\nu_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\partial z} \cdot \Delta T}{H_2^{зад}}}, \quad (8.20)$$

$$\nu_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{145,79 \cdot (160 - (-16,4))}{150}} = 2,77.$$

Коэффициент  $n = 1$  при  $\nu_M \geq 2$ .

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов:

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 306,10 \cdot 1 \cdot 1,185 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{145,79} \cdot (160 - (-16,4))} = 0,0874 \frac{\Gamma}{\text{м}^3},$$

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 16,29 \cdot 1 \cdot 1,185 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{145,79} \cdot (160 - (-16,4))} = 0,0046 \frac{\Gamma}{\text{м}^3}.$$

Проверку произведем по формуле (8.21):

$$\frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} + \frac{C_{SO_2}}{ПДК_{SO_2}} \leq 1, \quad (8.21)$$

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2020.909.15 ПЗ



$$\frac{0,004}{0,085} + \frac{0,087}{0,5} = 0,229 \leq 1.$$

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

Топливо – Мазут М-100.

Характеристика топлива (процентный состав компонентов):

$C_p = 83,0\%$ ,  $H_p = 10,4\%$ ,  $S_p = 2,8\%$ ,  $N_p = 0,7\%$ ,  $A_p = 0,1\%$ ,  $W_p = 3,0\%$ .

Низшая теплота сгорания топлива определяется по формуле (8.22):

$$Q_n^p = 339 \cdot C_p + 1030 \cdot H_p - 109 \cdot (O - S_p) - 25 \cdot W_p = 39079,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad (8.22)$$

Расчет объема дымовых газов рассчитаем по формуле (8.23):

$$V_z = V_{RO_2} + V_{N_2}^o + V_{H_2O}^o \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}, \quad (8.23)$$

где  $V_{RO_2}$  -объем трехатомных газов;

$V_{N_2}^o$  -объем азота;

$V_{H_2O}^o$  -объем водяных паров.

Определение теоретического количества воздуха при сжигании топлива рассчитаем по формуле (8.24):

$$V^o = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p, \quad (8.24)$$

$$V^o = 0,0889 \cdot (83,45 + 0,375 \cdot 2,8) + 0,265 \cdot 10,4 - 0,0333 \cdot 0 = 10,22 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Теоретический объем водяных паров рассчитаем по формуле (8.25):

$$V_{H_2O}^o = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^o, \quad (8.25)$$

$$V_{H_2O}^o = 0,111 \cdot 10,4 + 0,0124 \cdot 3 + 0,0161 \cdot 10,22 = 1,56 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Теоретический объем трехатомных газов рассчитаем по формуле (8.26):

$$V_{RO_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p), \quad (8.26)$$

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

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

Теоретический объем азота рассчитаем по формуле (8.27):

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V^o + 0,008 \cdot N^p, \quad (8.27)$$

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot 10,22 + 0,008 \cdot 0,7 = 8,08 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Теоретический объем трехатомных газов:

$$V_z = 1,56 + 1,35 + 8,08 = 11,00 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Определение действительного объема дымовых газов с учетом присосов воздуха в топочной и конвективной камере котла указано в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Действительные объемы дымовых газов

Величина	Единица измерения	Топка	Конвективный пучок
1	2	3	4
Коэффициент избытка воздуха	–	1,16	1,3
$V_{N_2} = V_{N_2}^o + (\alpha - 1) \cdot V^o$	м <sup>3</sup> /кг	9,72	11,15
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^o + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^o$	м <sup>3</sup> /кг	1,38	1,40
$V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	1,56	1,56
$V_z = V_{N_2} + V_{H_2O} + V_{RO_2}$	м <sup>3</sup> /кг	12,67	14,12

Приведенный объем определим по формуле (8.28):

$$V_{np} = \frac{p_{ny} \cdot V_z \cdot T_z}{p_z \cdot T_{ny}}, \quad (8.28)$$

$$V_{np} = \frac{760 \cdot 14,28 \cdot 433}{735 \cdot 273} = 23,34 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Расход топлива на 1 водогрейный котел равен  $B_p = 3,17 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ ,

Объем дымовых газов для одного котла рассчитаем по формуле (8.29):

$$V = B_p \cdot V_{np}, \quad (8.29)$$

$$V = 3,17 \cdot 23,34 = 74,06 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Суммарное количество окислов азота для 1 котла рассчитаем по формуле (8.30):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3, \quad (8.30)$$

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 прямооточных горелок;

$k$  – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1 т сожженного условного топлива.

Для водогрейного котла рассчитаем удельный выброс окислов азота по формуле (8.31):

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_\phi}{20 + Q_H}, \quad (8.31)$$

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

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

Суммарное количество оксидов азота:

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 0_1 \cdot 2,083 \cdot 3,17 \cdot 39079,02 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot (1 - 0 \cdot 0) \cdot 0,85 = 7,46 \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

Суммарное количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла, определяется по формуле (8.32):

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{S_p}{100} \cdot B_p \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (8.32)$$

где  $S_p$  – содержание серы на рабочую массу, %

$\eta'_{SO_2} = 0$  и  $\eta''_{SO_2} = 0$  - доля окислов серы, улавливаемых в газоходах котла и золоуловителе.

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,8}{100} \cdot 3,17 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) = 177,71 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

#### 8.4 Поверочный расчет дымовой трубы (топливо мазут М-100)

Рассчитаем скорость выхода газа из устья дымовой трубы по формуле (8.17):

$$w = \frac{4 \cdot 74,06}{3,14 \cdot (4,8)^2} = 4,09 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определяем параметр по формуле (8.18):

$$f = \frac{10^3 \cdot 4,09^2 \cdot 4,8}{150^2 \cdot (160 + 24,1)} = 3,94.$$

Определяем параметр  $m$  по формуле (8.19):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{3,94} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{3,94}} = 0,71.$$

Определяем параметр  $v$  по формуле (8.20):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{74,06 \cdot (160 + 24,1)}{150}} = 5,32.$$

Коэффициент  $n = 1$  при  $v_m \geq 2$ .

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов:

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 177,71 \cdot 1 \cdot 0,71 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{74,06 \cdot (160 - 24,1)}} = 0,0416 \frac{\Gamma}{\text{м}^3},$$

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 7.46 \cdot 1 \cdot 0,71 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{72,89_2 \cdot (160 - 24,1)}} = 0,00175 \frac{\Gamma}{\text{м}^3}.$$

Проверку произведем по формуле (8.21):

$$\frac{0,00175}{0,085} + \frac{0,0416}{0,5} = 0,103 \leq 1.$$

В зимний период работает 2 котла. Расход топлива увеличивается в 2 раза. Расход топлива на 2 водогрейных котла рассчитаем по формуле (8.33):

$$B_p = 3,17 \cdot 2 = 6,34 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (8.33)$$

Для определения объема дымовых газов от двух котлов воспользуемся формулой (8.34):

$$V = B_p \cdot V_{np}, \quad (8.34)$$

$$V = 6,34 \cdot 23,33 = 148,13 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Суммарное количество окислов азота для 2 котлов рассчитаем по формуле (8.35):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3, \quad (8.35)$$

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

$B$  – расход топлива, мЗ/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 прямооточных горелок;

$k$  – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1т сожженного условного топлива.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Для водогрейных котлов удельный выброс окислов азота рассчитаем по формуле (8.36):

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_{\phi}}{20 + Q_H}, \quad (8.36)$$

$$k = \frac{2,5 \cdot 100 \cdot 2}{20 + 100 \cdot 2} = 2,27.$$

Суммарное количество оксидов азота:

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 2,27 \cdot 6,34 \cdot 39079,2 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot (1 - 0 \cdot 0) \cdot 0,85 = 16,29 \frac{\Gamma}{\text{с}}$$

Суммарное количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе двух котлов, определяется по формуле (8.32):

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \frac{2,8}{100} \cdot 6,34 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) = 355,42 \frac{\Gamma}{\text{с}},$$

Для расчета скорости выхода газа из устья дымовой трубы воспользуемся формулой (8.17):

$$w = \frac{4 \cdot 148,13}{3,14 \cdot (4,8)^2} = 8,19 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Определяем параметр по формуле (8.18):

$$f = \frac{10^3 \cdot 8,19^2 \cdot 4,8}{150^2 \cdot (160 - (-16,4))} = 12,16.$$

Определяем параметр m по формуле (8.19):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{12,6} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{12,6}} = 0,555.$$

Определяем параметр v по формуле (8.20):

$$v_{\text{м}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{148,13 \cdot (160 - (-16,4))}{150}} = 8,57.$$

Коэффициент  $n = 1$  при  $v_m \geq 2$ .

Максимальная приземная концентрация вредных выбросов:

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 355,42 \cdot 1 \cdot 0,555 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{148,13 \cdot (160 - (-16,4))}} = 0,048 \frac{\text{г}}{\text{м}^3},$$

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 16,29 \cdot 1 \cdot 0,555 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{148,13 \cdot (160 - (-16,4))}} = 0,002 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}.$$

Проверку произведем по формуле (8.21):

$$\frac{0,002}{0,085} + \frac{0,048}{0,5} = 0,109 \leq 1.$$

Концентрация вредных примесей не превышает нормы.

					<i>13.03.01.2020.909.15 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

## 9 АВТОМАТИКА КОТЛА КВГМ-100-150

Согласно ГОСТ 23004-78, под автоматизацией технологических процессов принимают применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для выполнения и управления ими без непосредственного участия человека, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции.

Функции человека – контроль за работой машины, устранение отклонений от заданного процесса (подналадка), наладка автоматизированной машины на обработку другого изделия. При этом человек не должен принимать участие в изготовлении каждого изделия, а в освобожденное время на него возлагают функции обслуживания.

Частичная автоматизация — автоматизация отдельных аппаратов, машин, технологических операций. Производится, когда управление процессами вследствие их сложности или скоротечности практически недоступно человеку. Частично автоматизируется, как правило, действующее оборудование. Локальная автоматизация широко применяется на предприятиях пищевой промышленности. Комплексная автоматизация — предусматривает автоматизацию технологического участка, цеха или предприятия функционирующих как единый, автоматизированный комплекс. Например, электростанции.

Полная автоматизация — высшая степень автоматизации, при которой все функции контроля и управления производством (на уровне предприятия) передаются техническим средствам. На современном уровне развития полная автоматизация практически не применяется, так как функции контроля остаются за человеком. Близкими к полной автоматизации можно назвать предприятия атомной энергетики.

Одной из главных целей автоматизации является уменьшение количества обследующего персонала, увеличение количества выпускаемой предприятием продукции, уменьшение количества потребляемого сырья, увеличение экологичности и экономичности предприятия.

Задачами автоматического регулирования теплоисточника является: поддержание температуры воды, подаваемой в теплосеть, на заданном уровне, определяемым в соответствии с отопительным графиком при экономичном сжигании используемого топлива и стабилизация основных параметров работы котельной.

Водогрейные котлы, изготовленные Дорогобужским котельным заводом, имеют следующие параметры:

- Теплопроизводительность - 100 Гкал/ч;
- Рабочее давление  $P_{\text{раб}}=2,5\text{МПа}$ ;
- Температура воды на входе  $70^\circ\text{C}$ ;
- Температура воды на выходе  $150^\circ\text{C}$ ;

Водогрейные котлы предназначены для работы на природном газе и мазуте. Котлы оснащены системой автоматического регулирования процесса горения.

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					



В состав автоматики горения входят:

- регулятор топлива газ, мазут;
- регулятор главный, корректирующий;
- регулятор разрежения котла;
- регулятор рециркуляции;
- регулятор общего воздуха;

В схемы защит котла входят:

- защита по факелу;
- защита от понижения давления топлива;
- защита от повышения температуры воды за котлом;
- понижение расхода воды через котел;
- повышение давления в топке;
- повышение, понижение давления воды за котлом;
- останов дымососа и вентилятора;
- неудавшийся розжиг;
- исчезновение напряжения КИП;
- ручной останов котла.

Схема автоматики горения водогрейных котлов выполнена на базе регулирующих устройств Р25.1, Р25.2, корректирующих приборов К16.1.2. Главный регулятор собран на базе корректирующего прибора РП4-УМ1.

В состав автоматики горения входят:

- главный регулятор для водогрейных;
- регулятор топлива соответствующего котла;
- регулятор общего воздуха (РОВ) соответствующего котла;
- регулятор разрежения;
- регулятор рециркуляции.

## 9.1 Регуляторы автоматики горения

Для корректирования тепловой нагрузки котлов применяются регулирующие приборы РП4-У-М1, сигналы на которые поступают с датчиков давления пара ДМ от паровых котлов и датчиков температуры от водогрейных котлов с трубопровода коллектора магистрали. Сигнал рассогласования относительно заданного значения нагрузки по давлению пара или температуры через приборы К15. -1 и приборы РП4-У-М1 поступают на бесконтактный пускатель ПБР –3А регуляторов топлива соответствующих котлов. При этом происходит автоматическое регулирование расхода топлива через МЭО или МЭОК.

## 9.2 Регулятор топлива

В качестве регулятора топлива на водогрейных котлах использованы регулирующие приборы серии Р25.1.2, а на водогрейных котлах 3,4 котлах приборы серии РП4 У-М1. На регулирующие приборы Р25.1.2 подается два сигнала:

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ



оттуда импульсный сигнал на переключатель БРУ-32-блок ручного управления. С блока управления сигнал поступает на вход БЗИ - блока задатчика интегрирующего, который импульсный сигнал преобразует в токовый. Этот токовый сигнал подается на вход регулятора общего воздуха. Он для регулятора воздуха является корректирующим сигналом.

Регулятор общего воздуха настроен таким образом, что при изменении расхода газа (производительности) на котел изменяется количество воздуха, подаваемого в топку котла. При увеличении расхода газа расход воздуха увеличивается, при снижении расхода газа расход воздуха уменьшается. Регулятор общего воздуха отслеживает соотношение "Топливо-Воздух". Корректирующий регулятор изменяет задание регулятору общего воздуха в случае, когда содержание O<sub>2</sub> в уходящих газах не соответствует заданному.

Корректирующий регулятор настроен таким образом, что при содержании O<sub>2</sub> меньше заданного, он увеличивает задание РОВ, при содержании O<sub>2</sub> больше заданного он уменьшает задание РОВ.

Сигнал = 24В с регулирующего блока РОВ (регулятор общего воздуха) поступает на блок сигнализации и суммирования. Блок суммирования и сигнализации переключает воздействие с исполнительного механизма одного шибера дутьевого вентилятора на исполнительный механизм другого, поэтому исполнительные механизмы "шагают", т.е. открываются и закрываются последовательно один за другим.

В качестве исполнительных механизмов на регуляторах воздуха использованы МЭО-1600/25-0,25-ИК с блоком индукционных датчиков. На блоке имеются два индукционных датчика. Сердечники катушек блока индукционных датчиков перемещаются с перемещением вала. С одной катушки датчика сигнал поступает на ДУП-М - дистанционный указатель положения, установленный на пульте управления, а с другого на измерительный блок И-Ш-62. На этот же блок поступает сигнал с блока датчика 2-го исполнительного механизма. С измерительного блока сигнал поступает на БСС.

## 9.5 Краткое описание технологического оборудования ГРП

Из магистрального подземного газопровода газ поступает на входную нитку (задвижка Г-2), затем газ поступает на газовые фильтры типа ТГ-17-3 для очистки от механических примесей содержащихся в газе. Очищенный от примесей газ подается в коллектор высокого давления ГРП. С коллектора высокого давления газ по двум линиям с измерительными диафрагмами, направляется в сборный коллектор. Для вывода диафрагм в ремонт на каждой линии до и после нее установлены задвижки с ручным приводом. Со сборного коллектора газ подается на коллектор низкого давления по трем ниткам регулирования. Для вывода регулирующих клапанов в ремонт, на каждой нитке до и после клапана установлены задвижки с электрифицированным приводом. На выходном коллекторе для паровых и водогрейных котлов установлено три предохранительных клапана.

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ







Таблица 10.1- Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах, в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория напряженности трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1 степени	Тяжелый труд 2 степени	Тяжелый труд 3 степени
Напряженность лёгкой степени	80	80	75	75	75
Напряжённость средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

С целью уменьшения влияния шума на организм человека на Юго-Западной котельной принимаются следующие решения:

1. Изменение режима работы оборудования.
2. Балансировка вращающегося оборудования.
3. Применение различных видов шумовой изоляции.
4. Замена устаревшего оборудования.

Так же для уменьшения влияния шума от оборудования, оперативным персоналом котельной используются специальные противочумные наушники или беруши.

В процессе работы оборудования на промышленных предприятиях возникают колебания фундаментов оборудования, данные колебания называются вибрацией.

Вибрация, как и описанные выше факторы негативно влияют на состояние человека и на его здоровье. При продолжительном воздействии вибрации у человека может наблюдаться сонливость, появляется шум в ушах, так же наблюдается головокружение, возможно ухудшение координации движений и памяти. Помимо этого, вибрация негативно сказывается на работе сердечно-сосудистой системы.

Уровень вибрации нормируется с соответствия с ГОСТ 12.1.012-90\*(96) «Вибрационная безопасность. Общие требования» и СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Предельно-допустимые значения вибрации представлены в таблице 10.2.





Таблица 10.3-Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ				Общей уровень звукового давления
	2	4	8	16	
Работы различной степени тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятия	100	95	90	85	100
	95	90	85	80	
-работы различной степени тяжести -работы различной степени эмоционально-интеллектуальной напряженности					95

## 10.2 Травмоопасность при эксплуатации оборудования

Основными опасными местами на Юго-Западной котельной являются вращающиеся механизмы, трубопроводы пара и горячей воды, предохранительные и взрывные клапана, электродвигатели и множество другого оборудования.

В производственной зоне на машиниста котлов и машиниста насосных установок действуют следующие травмоопасные факторы:

- опасные факторы, исходящий от электрооборудования;
- лестницы и площадки, расположенные на высоких отметках;
- травмы и ожоги от разрывов трубопроводов пара и горячей воды.

Для защиты от таких факторов необходимо соблюдать следующие правила:

1. При обслуживании оборудования работника не должно быть развивающихся частей одежды.

2. Для предотвращения воздействия высоких температур от горячих частей оборудования необходимо использовать специальные средства индивидуальной защиты, применять ограждения.

3. Для защиты головы от случайных ударов и ушибов в цехе необходимо носить защитную каску.

4. Все рабочие, которые находятся на территории котельной должны быть исключительно в специализированной одежде, которые соответствуют действующим межотраслевым правилам.

## 10.3 Свет в зоне производственных помещений

В производственных помещениях для освещения могут использоваться различные способы освещения-искусственное, естественное и совмещенное. Плохое освещение в зоне производства может повлиять на увеличения числа

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

травматических ситуаций. Работы, которые требуют серьёзного напряжения зрения должны иметь удовлетворительный уровень освещения так как если не выполнять данное требования, то у работника возникают головные боли, боли в глазах, а также может повлиять на качество зрения.

Для того что бы покрыть недостаток естественного освещения используют искусственное освещение.

Действующими нормативными документами в это сфере является СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение. Правила проектирования».

Рабочее место машиниста котлов, а также машиниста обходчика должно иметь удовлетворительный уровень освещения, при этом освещение не должно быть резким, особое внимание должно быть уделено освещению водоуказательных стекла, а также мест, где располагаются различные приборы показывающего действия, например, манометры. Так же в цехе должно быть предусмотрено аварийное освещение, которое не зависит от общей электросети освещения.

Аварийным освещением в обязательном порядке оборудуются:

- Площадки обслуживания тепломеханического оборудования;
- Щиты и пульты управления оборудованием;
- Измерительные показывающие устройства;
- Лестницы.

Требования к освещению рабочих мест приведены в таблице 10.4.

Таблица 10.4 – Требования к освещению на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия

Наименование оборудования и помещения	Освещение, Лк
Тепловые щиты, пульты управления	200
Машинный зал, площадки обслуживания оборудования	100
Коридоры и лестницы	10
Помещения деаэраторов, помещения насосов противопожарное водоснабжения	50

#### 10.4 Воздух в рабочей зоне

Микроклимат, в котором находится человек оказывает значительное влияние на нормальное функционирование организма человека, а также влияет на его здоровье и работоспособность целом.

Воздействие высоких температур на человека оказывает негативное влияние на его здоровье, так как организм человека реагирует на высокие температуры обильным потоотделением, что приводит организм человека к обезвоживанию и потери определённых минералов и солей организма. Работы при высоких температурах окружающей среды приводит к тому, что у работника наблюдается

учащенное дыхание, что в свою очередь сказывается на сердечно-сосудистой системе человека. Так же длительное воздействие температуры приводит к гипотермии -повышение температуры тела человека. При возникновении гипотермии у человека начинаются сильные головные боли, наблюдается тошнота, возможна потеря координации движений, повышение/понижение артериального давления, что приводит к потере сознания.

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия, являются:

- СанПин 2.2.4.548-96 «Технические требования к микроклимату производственных помещений»;
- ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

Условия микроклимата устанавливаются по критериям допустимого теплового и функционального состояния работника в период смены. При соблюдении данных правил факторы микроклимата в зоне нахождения работника не оказывают серьезного воздействия на состояние и самочувствие человека, не приносят ему ощущение дискомфорта. В таблицы приведены оптимальные и допустимые нормы значений микроклимата в рабочей зоне в производственных помещениях.

Оптимальные и допустимые нормы показателей микроклимата представлены в таблице 10.5.

Таблица 10.5 -Оптимальные и допустимые нормы показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровням затрат, Вт	Температура воздуха в рабочей зоне		Относительная влажность воздуха,%		Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон					
		Оптимальный	Допустимый	Оптимальный	Допустимый	Оптимальный	Допустимый
Холодный	1б	21-23	20-24	40-60	15-75	0,1	0,2
Теплый	1б	22-24	21-28	40-60	15-75	0,2	0,1-0,3
Холодный	1а	21-23	20-25	40-60	15-75	0,1	0,1
Теплый	1а	23-26	20-28	40-60	15-75	0,1	0,1-0,2

Во время работы на производстве человек подвергается воздействию различных газов, содержащихся в воздухе. К ним могут относиться химреагенты используемые в производстве, продукты сгорания органического топлива, а также

природный газ. Как всем известно чистый природный газ не имеет ни запаха, ни цвета, а также он легче воздуха. Для того, чтобы определить утечки газа в газ подмешивают специальные вещества, имеющие специфические запахи.

В процессе производства работ в воздухе рабочей зоны содержание вредных веществ не должны превышать определенной концентрации. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе представлены в таблице 10.6.

Таблица 10.6- Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественно агрессивное состояние	Класс опасности	Особенности действия на организм
Диоксид азота	2	П	3	О
Оксид азота	5	П	3	О
Оксид углерода	20	П	4	О
Углеводороды предельные	300	П	4	-
Метан	7000	П	4	-

П- пары или газы, О-вещества с остронаправленным механизмом действия, требующего автоматического контроля за их содержанием в воздухе.

### 10.5 Эргономика и производственная эстетика

Существует три зоны выполнения ручных операций и размещения органов управления:

- Зона 1 - в ней размещены наиболее важные и очень часто используемые органы управления;
- Зона 2 - в ней размещены часто используемые органы управления;
- Зона 3 - в ней размещены редко используемые органы управления.

Для знаков безопасности поверхностей конструкций и элементов производственного объединения применяют сигнальные цвета.

В соответствии с ГОСТ Р 12.4.026 – 2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности, разметка сигнальная» устанавливают следующие цвета – сигнальные знаки безопасности красный, желтый, синий, зеленый.

На пульте управления красным цветом обозначены рукоятки отключения, аварийной остановки, а также лампы, сигнализирующие о нарушении технологического процесса. Желтым цветом обозначено подъемно – транспортное оборудование, постоянные и временные ограждения, устанавливаемые на границе опасных зон. Синий цвет применяется для подписывающих знаков. Зеленый цвет

для световых табло, сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования.

## 10.6 Правила организации работы персонала

Процесс подготовки оборудования к работе. А также эксплуатация данного оборудования организуется в соответствии со следующими пунктами:

- Правила организации работы на предприятии в учреждениях энергетического производства;
- Правила техники эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей;
- Правила при работе с инструментами и приспособлениями;
- Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий;
- Инструкции по охране труда;
- Инструкции заводов-изготовителей оборудования и инструментов.

Допуск к работе запрещается если:

- У работника отсутствует удостоверение;
- Работник не прошел инструктаж по охране труда;
- У работника отсутствует допуск к самостоятельной работе;
- Работник не прошел периодический инструктаж или срок инструктажа истек.

Перед началом работ работнику проводится целевой инструктаж с записью в журнал. В журнал вносятся данные по мерам безопасности, указываются виды выполняемых работ. После проведения целевого инструктажа проводится проверка знаний путем устного опроса работника.

На время проведения ремонтных работ вся документация работников может находиться у руководителя работ, за исключением бригадира, если это согласовано с инженером по охране труда. В случае ввода в рабочую бригаду новых работников бригадир необходимо провести целевой инструктаж непосредственно на рабочем месте.

Производитель работ или наблюдающий должен находиться непосредственно на рабочем месте, в случае если производителю работ необходимо отлучиться его может заменить руководитель работ, если такой возможности нет, то бригаду выводят с рабочего места.

При перерыве в работе в течение рабочего дня бригада в полном составе должна покинуть рабочее место, наряд на производство работ остается у производителя. После перерыва бригада в полном составе возвращается к производству работ. Приступить единолично после перерыва членам бригады запрещается.

В случае возникновения внештатной ситуации или аварии все работы останавливаются, бригада выводится в безопасную зону. Производитель сообщает о случившемся вышестоящему руководству. Так же в это время необходимо принять меры по устранению данной ситуации. Если это является возможным.

При несчастном случае необходимо оказать пострадавшему доврачебную помощь и по возможности сохранить обстановку на месте происшествия.

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					62	

По завершению рабочего дня бригада производит уборку рабочих мест и сдает наряд выдающему или дежурному персоналу. Допуск на следующий день осуществляется только после осмотра рабочего места, проведения инструктажа бригады и проверки мер безопасности.

Рабочее место должно содержаться в чистоте, если пролито масло или другие вещества, то необходимо немедленно это убрать, запрещается курение на рабочем месте.

					<i>13.03.01.2020.909.15 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

## 11 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Экономическая часть выпускной квалификационной работы включает в себя оценку выбранного варианта технического решения, которая производится на основе сравнения капитальных и текущих затрат при реализации проекта, а также срока окупаемости проекта. Целью выпускной квалификационной работы является разработка проекта по замене резервного топлива водогрейных котлов КВГМ-100-150 на Юго-Западной котельной города Челябинск.

### 11.1 Расчет единовременных затрат на реализацию проекта

Основные этапы реализации данного проекта:

- 1) Организовать продажу мазута марки М-100;
- 2) Произвести очистку мертвого остатка резервуаров хранения мазута;
- 3) Организовать закупку резервного топлива Универсин-С
- 4) Произвести пробный пуск резервного топливного хозяйства.

Резервное топливо Юго-Западной котельной хранится в трех резервуарах объемом 5000 м<sup>3</sup> каждый. Общий запас резервного топлива составляет 1450 тонн мазута марки М-100. Технические характеристики мазута марки М-100 соответствует ГОСТ 10585-2013, поэтому принято решение о возможности его последующей реализации (продаже). Среднерыночная стоимость одной тонны мазута марки М-100 составляет 3500 рублей. [47]

Определим количество денежных средств от продажи мазута по формуле (11.1):

$$S = C_m \cdot n, \quad (11.1)$$

где  $C_m$  - цена мазута, 3500 руб/т,

$n$  - количество мазута, 1450 т.

$$S = 3500 \cdot 1450 = 5,08 \text{ млн.руб.}$$

Полученные от продажи мазута денежные средства направим на покупку нового резервного топлива Универсин-С.

Следующим этапом реализации проекта является очистка резервуаров мазута от оставшегося мазута, затраты на очистку резервуаров мазута, согласно локально-сметному расчету от компании ООО «ТОПТРАНС» составят 1381,08 тыс.рублей [51]. Суммы затрат указаны с учетом коэффициентов «Вредные условия труда»- 1,022, «Районный коэффициент»-1,15 и приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1-Единовременные затраты по очистке резервуаров хранения мазута

Показатели и статьи затрат	Единицы измерения	Величина показателя
Загрузка материалов (опилки древесные)	тыс.руб	18,53

Продолжение таблицы 11.1

Показатели и статьи затрат	Единицы измерения	Величина показателя
Выгрузка материала	тыс.руб	17,20
Очистка стен и днища резервуаров	тыс.руб	993,72
Ремонт баков мазутных приемных емкостей 5000 м <sup>3</sup>	тыс.руб	245,63
Расходные материалы	тыс.руб	106,00
Итого	тыс.руб	1381,08

Расходы, связанные с утилизацией материалов используемых при очистке резервуаров мазута, входят в стоимость работ, выполненных подрядной организацией.

Третьим этапом реализации проекта является закупка и поставка топлива Универсин-С. Стоимость Универсин-С от компании ООО «ОКТАН» с учетом доставки железнодорожным транспортом составит 24700 рублей за тонну. [52]

Рассчитаем затраты на закупку резервного топлива с учетом денежных средств полученных при продаже мазута по формуле (11.2):

$$K_m = C_m \cdot n - S, \quad (11.2)$$

где  $n$ -количество топлива, 1450 т;

$C_m$  -цена топлива за тонну, 24700 руб/т;

$S$  -средства от продажи мазута, руб.

$$K_m = 24700 \cdot 1450 - 5008000 = 30,70 \text{ млн.руб},$$

Определим сумму капитальных затрат на реализацию проекта по формуле (11.3):

$$K = K_m + K_o, \quad (11.3)$$

где  $K_m$  -затраты на покупку топлива, млн.руб;

$K_o$  -затраты на очистку резервуаров, млн.руб.

$$K = 30,70 + 1,38 = 32,08 \text{ млн.руб}.$$

## 11.2 Калькуляция себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива мазут

Основные текущие затраты резервного топливного хозяйства:

1. Затраты на электроэнергию (электрооборудование, приводы, регуляторы и прочее);

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					



2. Затраты на топливо для выработки перегретого пара;
3. Затраты на воду (на выработку пара);
4. Затраты на текущий ремонт (ремонт основного вспомогательного оборудования парового хозяйства, оборудования мазутного хозяйства).
5. На амортизационные отчисления;
6. Общехозяйственные расходы.

Произведем расчет затрат на электроэнергию по формуле (11.4):

$$I_э = Ц_э \cdot N_э, \quad (11.4)$$

где  $Ц_э$ -цена на электроэнергию с учетом тарифа от ОАО «Уралэнергосбыт»- 5,51руб/кВтчас [48];

$N_э$ -годовая суммарная мощность электромеханизмов, электроприводов, электродвигателей, приборов КИПиА -2100 МВт (по данным службы электрохозяйства АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_э = 5,51 \cdot 2100000 = 11,57 \text{ млн.руб.}$$

Затраты на топливо определим по формуле (11.5):

$$I_m = Ц_m \cdot G_{год}, \quad (11.5)$$

где  $Ц_m$ -4059 руб/тыс.м<sup>3</sup> цена за природный газ по тарифу ОАО «НОВАТЭК» [49];

$G_{год}$ - годовой расход газа, 2400 тыс.м<sup>3</sup>/год (по данным производственно-технического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_m = 4059 \cdot 2400 = 9,74 \text{ млн.руб.}$$

Затраты на воду определим по формуле (11.6):

$$I_в = Ц_в \cdot G_{год}, \quad (11.6)$$

где  $Ц_в$ -цена на воду с учетом тарифа на воду от МУП «ПОВВ»14800 руб/тыс.м<sup>3</sup> [50];

$G_{год}$ - годовой расход воды на котельную 26 тыс.м<sup>3</sup>/год, (по данным производственно-технического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_в = 14800 \cdot 26 = 0,38 \text{ млн.руб.}$$

Затраты на проведение текущих ремонтов оборудования рассчитаем по формуле (11.7):

$$I_{ТР} = Ц_{н.р.} \cdot к, \quad (11.7)$$

					13.03.01.2020.909.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

где  $C_{н.р}$  - стоимость проведения текущего ремонта в прошлом году, 1,4 млн.руб (по данным отдела подготовки и проведения ремонтов АО «УСТЭК-Челябинск»);  
 $k$ -коэффициент удорожания.

$$I_{ТР} = 0,7 \cdot 1,4 = 0,98 \text{ млн.руб.}$$

Рассчитаем амортизационные отчисления по формуле (11.8):

$$I_A = H_a \cdot K, \quad (11.8)$$

где  $K$ -стоимость оборудования резервного топливного хозяйства, 41,6 млн.руб (по данным экономического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»);  
 $H_a$ -норма амортизации-16%.

$$I_A = 0,16 \cdot 41,6 = 6,66 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

Ежегодно затраты на общехозяйственные расходы в среднем составляют 60 тыс.руб (по данным хозяйственного отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

Определим ежегодную сумму затрат на работу резервного топливного хозяйства по формуле (11.9):

$$I_c = I_m + I_э + I_б + I_{тр} + I_a + I_{х.н.}, \quad (11.9)$$

$$I_c = 9,74 + 11,57 + 0,38 + 0,98 + 6,66 + 0,06 = 29,39 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

### 11.3 Расчет себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива мазут

Тепловая нагрузка Юго-Западной котельной по данным сайта АО «УСТЭК-Челябинск» составляет 510 Гкал/час [53].

Продолжительность отопительного периода 2019-2020 год по данным сайта АО «УСТЭК-Челябинск» составило 218 дней. [53].

Определим годовой отпуск теплоты котельной по формуле (11.10):

$$N_k^{год} = N_k^y \cdot n, \quad (11.10)$$

где  $N_{кот}^y$  -тепловая нагрузка котельной, 510 Гкал/ч;

$n$  -продолжительность отопительного периода, 5232 часа.

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

$$N_k^{zod} = 510 \cdot 5232 = 2668320 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Рассчитаем годовые затраты топлива для работы водогрейных котлов (11.11):

$$I_{m1} = C_m \cdot G_{zod}, \quad (11.11)$$

где  $C_m$ -4059 руб/тыс.м<sup>3</sup> цена за природный газ по тарифу ОАО «НОВАТЭК» [48];  
 $G_{zod}$ -годовой расход газа, 325000 тыс.м<sup>3</sup>/год (по данным производственно-технического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_{m.1} = 4059 \cdot 325000 = 1319,17 \text{ млн.руб.}$$

Рассчитаем затраты на воду для обслуживания водогрейных котлов по формуле (11.12):

$$I_{e.1} = C_e \cdot G_{zod}, \quad (11.12)$$

где  $C_e$ -цена на воду с учетом тарифа на воду от МУП «ПОВВ» 14800 руб/тыс.м<sup>3</sup> [49];  
 $G_e$ -годовой расход воды на котельную 135 тыс.м<sup>3</sup>/год (по данным производственно-технического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_{e.1} = 14800 \cdot 135 = 2,0 \text{ млн.руб.}$$

Рассчитаем затраты на электроэнергию для водогрейной части котельной по формуле (11.13):

$$I_{e.1} = C_e \cdot N_e, \quad (11.13)$$

где  $C_e$ -цена на электроэнергию с учетом тарифа от ОАО «Уралэнергосбыт»-5,51 руб/кВтчас [50];  
 $N_e$ -годовая суммарная мощность электромеханизмов, электроприводов, электродвигателей, приборов КИПиА -6345 МВт (по данным службы электрохозяйства АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_{e.1} = 5,51 \cdot 6345000 = 34,96 \text{ млн.руб.}$$

Рассчитаем амортизационные отчисления по формуле (11.14):

$$I_{a.1} = H_a \cdot K, \quad (11.14)$$

где  $K$ -стоимость оборудования водогрейной части котельной, 169,35 млн.руб (по

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

данным экономического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»);  
 $H_a$ -норма амортизации-16%.

$$I_{A.в} = 0,16 \cdot 169,35 = 27,1 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

Затраты на проведение текущих ремонтов оборудования водогрейной части котельной рассчитаем по формуле (11.15):

$$I_{ТР.1} = C_{н.р} \cdot k, \quad (11.15)$$

где  $C_{н.р}$  -стоимость проведения текущих ремонтов оборудования водогрейной части котельной в прошлом году, 34,25 млн.руб (по данным отдела подготовки и проведения ремонтов АО «УСТЭК-Челябинск»);  
 $k$ -коэффициент удорожания.

$$I_{ТР1} = 34,25 \cdot 1,4 = 47,95 \text{ млн.руб.}$$

Ежегодные затраты на общехозяйственные нужды для водогрейной части котельной составляют 140 тыс.руб/год (по данным хозяйственного отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

Затраты на заработную плату работникам котельной составляют 14,256 млн.руб/год (по данным отдела управления персоналом АО «УСТЭК-Челябинск»).

Итого ежегодная сумма затрат для водогрейной части котельной составляет:

$$I_{св} = 1319,17 + 2,0 + 34,96 + 0,14 + 27,1 + 47,95 = 1431,32 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

Общую ежегодную сумму затрат котельной рассчитаем по формуле (11.16):

$$I_{кот} = I_c + I_{св}, \quad (11.16)$$

где  $I_c$  -ежегодная сумма затрат на резервное топливное хозяйство, млн.руб/год;  
 $I_{св}$  - ежегодная сумма затрат для водогрейной части котельной, млн.руб/год.

$$I_k = 29,39 + 1431,32 = 1460,71 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

Себестоимость единицы произведенной тепловой энергии рассчитаем по формуле (11.17):

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

$$S = \frac{I_k}{N_k^2}, \quad (11.17)$$

где  $I_k$  - ежегодная сумма затрат котельной, 1460,71 млн.руб/год;

$N_k^2$  - годовой отпуск теплоты котельной, 2668320 Гкал/год.

$$S = \frac{1460710000}{2668320} = 547,43 \frac{\text{руб}}{\text{Гкал}}.$$

#### 11.4 Калькуляция себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива Универсин-С

Основным потребителем пара на котельной является резервное топливное хозяйство. Пар выработанный паровыми котлами расходуется на поддержание заданной температуры мазута. При переводе на новое резервное топливо Универсин-С нет необходимости в выработке пара. Оборудование парового хозяйства подлежит консервации, следовательно, изменятся текущие затраты.

Затраты на электроэнергию снизятся на 50%. Затраты на электроэнергию определим по формуле (11.18):

$$I_э = Ц_э \cdot N_э, \quad (11.18)$$

где  $Ц_э$  - цена на электроэнергию с учетом тарифа от ОАО «Уралэнергосбыт» - 5,51руб/кВтчас [48];

$N_э$  - годовая суммарная мощность электромеханизмов, электроприводов, электродвигателей, приборов КИПиА (с учетом снижения нагрузки на 50%) - 1050 МВт (по данным службы электрохозяйства АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_э = 5,51 \cdot 1050000 = 5,79 \text{ млн.руб.}$$

Ежегодно в топках паровых котлов сжигается 2400 м<sup>3</sup> природного газа. При замене резервного топлива затраты на природный газ равны нулю.

$$I_m = 0 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}.$$

За счет отказа от паровых котлов затраты на воду уменьшатся, вода будет потребляться резервным топливным хозяйством на охлаждение подшипниковых узлов оборудования.

Затраты на потребление воды рассчитаны по формуле (11.19):

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

$$I_g = C_g \cdot G_{год}, \quad (11.19)$$

где  $C_g$ -цена на воду с учетом тарифа на воду от МУП «ПОВВ» 14800 руб/тыс.м<sup>3</sup> [50];

$G_{год}$ - годовой расход воды на котельную после замены резервного топлива, 1,3 тыс.м<sup>3</sup>/год (по данным производственно-технического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

$$I_g = 14800 \cdot 1,3 = 0,02 \text{ млн.руб.}$$

Затраты на проведения текущих ремонтов снизятся за счет того, что нет необходимости в ремонте парового хозяйства. Затраты на проведение текущих ремонтов определим по формуле (11.20):

$$I_{ГР} = C_{н.р.} \cdot K, \quad (11.20)$$

где  $C_{н.р.}$ -стоимость проведения текущего ремонта оборудования резервного топливного хозяйства (без учета ремонта парового хозяйства) в прошлом году, 1,4 млн.руб. (по данным отдела подготовки и проведения ремонтов АО «УСТЭК-Челябинск»);

$K$ -коэффициент удорожания.

$$I_{ГР} = 0,2 \cdot 1,4 = 0,28 \text{ млн.руб.}$$

Затраты на амортизационные отчисления также уменьшатся за счет того, что паровое хозяйство будет законсервировано.

Рассчитаем амортизационные отчисления по формуле (11.21):

$$I_A = H_a \cdot K, \quad (11.21)$$

где  $K$ -стоимость оборудования резервного топливного хозяйства (без учета законсервированного оборудования), 23 млн.руб, (по данным экономического отдела АО «УСТЭК-Челябинск»);

$H_a$ -норма амортизации-16%.

$$I_A = 0,16 \cdot 23 = 3,68 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}$$

Ежегодно затраты на общехозяйственные расходы на резервное топливное хозяйство снизятся до 30 тыс.руб (по данным хозяйственного отдела АО «УСТЭК-Челябинск»).

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

Определим ежегодную сумму затрат на резервное топливное хозяйство после замены топлива по формуле (11.22):

$$I_{с.м} = I_m + I_э + I_б + I_{мп} + I_a + I_{х.н.}, \quad (11.22)$$

$$I_{с.м} = 0 + 5,79 + 0,02 + 0,28 + 3,68 + 0,03 = 9,8 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}}.$$

### 11.5 Расчет себестоимости тепловой энергии с использованием резервного топлива Универсин-С

Рассчитаем ежегодную сумму затрат котельной после замены резервного топлива по формуле (11.23):

$$I_{кот} = I_{св} + I_{с.м}, \quad (11.23)$$

где  $I_{с.в}$  - ежегодная сумма затрат на водогрейную часть котельной (с учетом выплат заработной платы работникам), 1431,32 млн.руб/год;

$I_{с.м}$  - ежегодная сумма затрат на резервное топливное хозяйство после замены топлива, 9,8 млн.руб/год .

$$I_{кот} = 1431,32 + 9,8 = 1441,12 \frac{\text{млн.руб}}{\text{год}},$$

Полная себестоимость единицы произведенной тепловой энергии после замены резервного топлива определяется по формуле (11.24):

$$S_1 = \frac{I_{кот}}{N_k^2}, \quad (11.24)$$

где  $I_{кот}$  - ежегодная сумма затрат котельной после замены резервного топлива, 1441,12 млн.руб/год;

$N_k^2$  - годовой отпуск теплоты котельной, 2668320 Гкал/год.

$$S_1 = \frac{1441120000}{2668320} = 540,01 \frac{\text{руб}}{\text{Гкал}}.$$

Определим уменьшение себестоимости единицы тепловой энергии после замены резервного топлива по формуле (11.25):

$$\Delta S = S - S_1, \quad (11.25)$$

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.909.15 ПЗ					

где  $S$  -себестоимость единицы тепловой энергии до замены резервного топлива, руб/Гкал;

$S_1$  -себестоимость единицы тепловой энергии после замены резервного топлива, руб/Гкал.

$$\Delta S = 547,43 - 540,01 = 7,42 \frac{\text{руб}}{\text{Гкал}}$$

### 11.6 Расчет срока окупаемости проекта

Определим экономию текущих затрат котельной после замены резервного топлива по формуле (11.26):

$$\Delta I = I_c - I_{c.m}, \quad (11.26)$$

где  $I_c$  -ежегодная сумма затрат на резервное топливное хозяйство котельной, млн.руб/год;

$I_{c.m}$  -ежегодная сумма затрат на резервное топливное хозяйство после замены топлива, 9,8 млн.руб/год .

$$\Delta I = 29,39 - 9,8 = 19,59 \text{ млн.руб}$$

Экономическая эффективность принятого решения по замене резервного топлива котельной может быть определена таким показателем, как срок окупаемости.

Срок окупаемости проекта определим по формуле (11.27):

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta I}, \quad (11.27)$$

где  $K$  -капитальные затраты на реализацию проекта по замене резервного топлива, млн.руб/год;

$\Delta I$  -экономию текущих затрат, млн.руб.

$$T_{ок} = \frac{32,08}{19,59} = 1,6 \text{ года.}$$

Вывод: по результатам расчета срок окупаемости проекта по замене резервного топлива составляет менее 5 лет, из чего следует, что данный проект экономически эффективен.

Основные показатели экономической эффективности проекта по замене резервного топлива представлены в таблице 11.2.

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2020.909.15 ПЗ



Таблица 11.2 – Основные показатели экономической эффективности реализации проекта

Показатели и статьи затрат	Единицы измерения	Величина показателя	
		До	После
1. Затраты на электроэнергию	млн.руб/год	11,57	5,79
2. Затраты на воду	млн.руб/год	0,38	0,02
3. Плата за природный газ	млн.руб/год	9,74	0
4. Затраты на текущий ремонт	млн.руб/год	0,98	0,28
5. Амортизационные отчисления	млн.руб/год	6,66	3,68
6. Затраты на общехозяйственные нужды	млн.руб/год	0,06	0,03
7. Срок окупаемости проекта	год	-	1,6

### 11.7 SWOT анализ вариантов технических решений

SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды): сильные стороны (Strengths) – преимущества предприятия (проекта); слабые стороны (Weaknesses) – недостатки предприятия (проекта); возможности (Opportunities) – факторы внешней среды; угрозы (Threats) – факторы, которые могут потенциально ухудшить положение предприятия на рынке.

Выпускная квалификационная работа посвящена замене резервного топлива для водогрейного котла КВГМ-100-150 на Юго-Западной котельной города Челябинск, поэтому рассмотрим вариант до замены топлива (таблица 11.3).

Таблица 11.3-SWOT-анализ работы котельной до замены резервного топлива

Strengths:	Weaknesses:
1) Опыт работы на существующем резервном топливе; 2) Отсутствие затрат на реализацию проекта; 3) Отсутствие затрат на покупку нового топлива.	1) Затраты, связанные с текущим ремонтом оборудования; 2) Затраты на топливо (природный газ); 3) Частые сбои в работе парового хозяйства .
Opportunities:	Threats:
1) Устойчивый спрос на тепловую энергию.	1) Увеличение цен на природный газ;

Приведем пример работы котельной после замены резервного топлива на Универсин-С (таблица 11.4).

Таблица 11.4- SWOT-анализ работы котельной после замены резервного топлива

Strengths:	Weaknesses:
1) Эффективное использование основного топлива (уменьшение затрат); 2) Упрощение схемы производства 3) Уменьшение затрат на текущие ремонты; 4) Бесперебойная работа оборудования;	1) Затраты на разработку проекта (ведомости работ, договора. заключения); 2) Затраты на переподготовку работников.
Opportunities:	Threats:
1) Устойчивый спрос на тепловую энергию; 2) Существование новых видов резервного топливного хозяйства (нового топлива).	1) Задержки с поставкой нового резервного топлива; 2) Изменение цен на топливо.

Замена резервного топлива является наиболее подходящим вариантом, так как мы получаем значительно больше преимуществ.

### 11.8 Планирование целей проекта в древе целей

Дерево целей – это структурированная, построенная по иерархическому принципу (распределенная по уровням, ранжированная) совокупность целей экономической системы, программы, плана, в которой выделены генеральная цель («вершина дерева»); подчиненные ей подцели первого, второго и последующего уровней («ветви дерева»). Название «дерево целей» связано с тем, что схематически представленная совокупность распределенных по уровням целей напоминает по виду перевернутое дерево.

Дерево целей позволяет выявить, какие возможные комбинации обеспечат наилучшую отдачу. Термин «дерево» предполагает использование иерархической структуры (от старшей к младшей), полученной путем деления общей цели на подцели.

Метод дерева целей ориентирован на получение относительно устойчивой структуры целей, проблем, направлений. Для достижения этого при построении первоначального варианта структуры следует учитывать закономерности целеобразования и использовать принципы формирования иерархических структур.

Этот метод широко применяется для прогнозирования возможных направлений развития науки, техники, технологий, для составления личных целей, профессиональных, целей любой компании.

Дерево целей представлено на рисунке 11.1.

**Миссия**  
Бесперебойная выработка тепловой энергии

**Цель проекта**  
К 15.08.2020г произвести замену резервного топлива

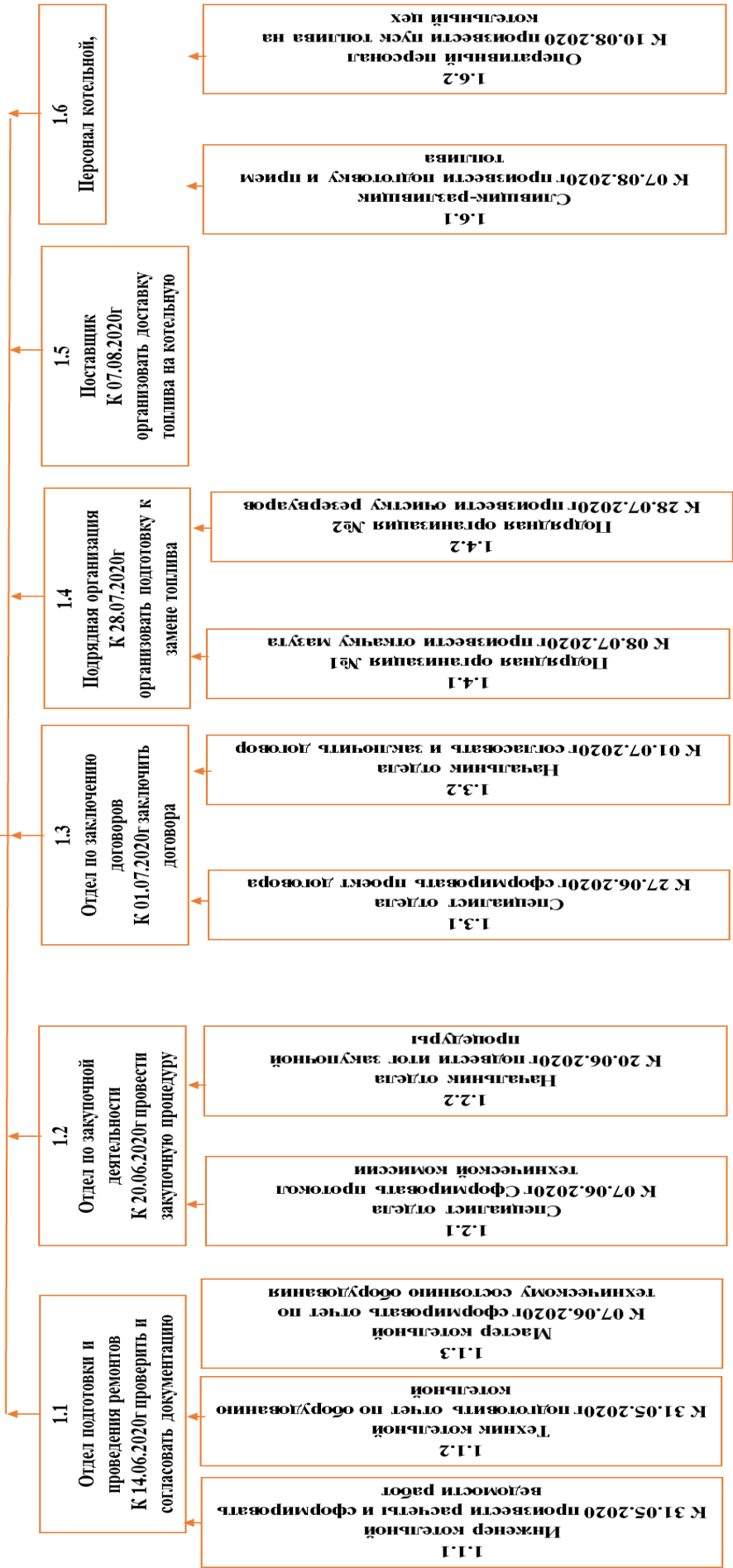


Рисунок 1 1.1 - Древо целей проекта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

## 11.9 График Ганта

Диаграмма или график Ганта – это один из видов горизонтальных диаграмм, которые применяются в качестве эффективного инструмента планирования.

Общий вид диаграммы Ганта – это обычный график, состоящий из горизонтальных полос, которые ориентированы между двумя осями:

- Вертикальная представляет собой список задач. Каждая полоса – это отдельный процесс, часть проекта. Последовательное расположение позволяет помнить о всех процессах и отслеживать сроки их реализации.
- Горизонтальная – временные даты. На графике можно увидеть момент начала и окончания работы, ее общую продолжительность.

График Ганта может также отражать процентный показатель завершения работ, совокупные процессы и способы их объединения, содержать метки или вехи ключевых моментов. На многих таблицах указывают и ответственных за каждую задачу.

Основные преимущества графика Ганта:

1. Визуализация обеспечивает четкое понимание того, в какой стадии находится проект, сколько времени осталось на выполнение задач, где расположены критические точки.
2. Графики позволяют оптимизировать процесс планирования и распределения задач между сотрудниками.
3. Это отличный инструмент презентации, который помогает наглядно продемонстрировать приоритетные задачи проекта

В таблице 11.5 представлен график Ганта реализации проекта по замене резервного топлива.

Таблица 11.5- График Ганта

Этапы	Исполнитель	2020											
		Май			Июнь			Июль			Август		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Подготовка расчётов и ведомостей работ	Инженер по ремонту	■	■	■	■								
Подготовка отчета по оборудованию котельной	Техник котельной	■	■	■	■								
Подготовка отчета по техническому состоянию оборудования	Мастер котельной	■	■	■	■								
Формирование протокола технической комиссии	Специалист отдела по закупочной деятельности	■	■	■	■								

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Лист

77

Продолжение таблицы 11.5

1	2	3	4	5	6
Проверка соответствия участников закупочной процедуры	Ведущий специалист отдела закупочной деятельности				
Проверка предоставленной документации	Ведущий специалист отдела ОППР				
Подведение итогов закупочной процедуры	Начальник отдела закупочной деятельности				
Формирование проектов договора	Специалист отдела по заключению договоров				
Согласование и заключение договора	Начальник отдела по заключению договоров				
Откачка мазута из резервуаров	Подрядная организация №1				
Очистка резервуаров мазута	Подрядная организация №2				
Доставка топлива на котельную	Организация поставщик				
Произвести подготовку к приему топлива, прием топлива	Сливщик-разливщик совместно с оперативным персоналом котельной				
Произвести пуск резервного топлива в котельный цех	Оперативный персонал котельной				
Разработать режимную карту для работы на новом резервном топливе	Инженер по наладке				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.01.2020.909.15 ПЗ

Лист

78

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра, была рассмотрена возможность перевода резервного топливного хозяйства Юго-Западной котельной города Челябинск с резервного топлива мазут на резервное топливо Универсин-С. Основным преимуществом Универсин-С по сравнению с мазутом- является наиболее низкая температура застывания. При переводе на новое резервное топливо в котельной уменьшается нагрузка на паровые котлы, что в итоге приводит к существенной экономии.

В выпускной квалификационной работе был произведен тепловой расчет водогрейного котла марки КВГМ-100-150. По итогу расчетов была определена невязка 0,417%, что означает возможность работы водогрейного котла на новом резервном топливе Универсин-С.

Произведен расчет энергоэффективности работы на новом топливе, который подтвердил актуальность данного проекта по переводу на новое резервное топливо. Произведен поверочный расчет дымовой трубы высотой 150 метров и диаметром устья трубы 4,8 метра, в результате расчетов определена концентрация вредных примесей в летнее и зимнее время, которые в разы меньше максимальной разовой ПДК. Дымовая труба, установленная на Юго-Западной котельной, удовлетворяет требованиям расчета.

В результате расчетов экономического обоснования проведения замены резервного топлива было установлено, что проект, рассмотренный в выпускной квалификационной работе, является экономически эффективным и актуальным. Срок полной окупаемости проекта по переводу на резервное топливо Универсин-С составит 1,6 года.

					13.03.01.2020.909.15 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ (ред. От 18.07.2011). О теплоснабжении. Введён в действие 30.07.2010 // Российская газета N 5247, – 2010.
- 2 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Введён в действие 27.11.2009 // Российская газета № 5050 27 ноября 2009 г. – 2009.
- 3 Федеральный закон от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса. Введён в действие 26.07.2011 // Российская газета №5537 26.07.2011. – 2011.
- 4 ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов // «Российская газета» от 21.06.03 № 120/1. – 2003.
- 5 Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ.
- 6 ГОСТ 31607-2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. М.: Стандартинформ, 2013.
- 7 ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
- 8 ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов // «Российская газета» от 21.06.03 № 120/1. – 2003.
- 9 Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме" // «Российская газета» от 08.05.2012.
- 10 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа, водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388. – М.: ДЕАН, 2007.
- 11 Приказ №328н от 24 июля 2013г. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (с 04.08.2014.)
- 12 Приказ Минтруда России №551н от 17 августа 2015 г. Правила по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок (с 08.01.2016.)
- 13 РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: Изд-во МЭИ, 2004.
- 14 РД 34.03.301-87. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. - Ч.: фирма "АТОКСО", 1995.
- 15 СП 89.13330.2011. Котельные установки. – М.: Минрегион России, 2012.
- 16 СП 41-104-2000. Проектирование автономных источников теплоснабжения – М: Госстрой России, 2000.
- 17 СТО ЮУрГУ 04–2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению /Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гусев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.

					13.03.01.2020.909.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

18 Алабугин, А.А. Экономика-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»: учебное пособие / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 40 с.

19 Бакланова, Н.Н. Котлы и котельные установки зарубежных фирм-производителей, представленные на рынке России: отраслевой каталог 04-03/ Н.Н. Бакланова, А.В. Васичкина, Г.Р. Побережский. – М.: Инпромкаталог, 2006.

20 Бологова, В.В. Экономика энергетики: учебник для вузов / В.В. Бологова, Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 320 с.

21 Быстрицкий, Г.Ф. Основы энергетики. / Г.Ф. Быстрицкий, – М.: КноРус, 2011.

22 Гладышев, Н.Н. Автономные источники тепловой и электрической энергии малой мощности: учебное пособие / Н.Н. Гладышев, Т.Ю. Короткова. - СПб, 2010. - 323с.

23 Грибанов, А.И. Очистка дымовых газов. Часть I. / А.И. Грибанов – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006.

24 Иванова, Г.М. Теплотехнические измерения и приборы / Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 460 с.

25 Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. / А.А.Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011.

26 Куликов, А.И. Топливо. Тепловой баланс котельного агрегата: учеб. пособие / Куликов А.И., Смоляков А.Ф., Дюкова И.Н. и др. - СПб: СПбГЛТУ, 2012. - 64 с.

27 Лебедев, В.М. Котельные установки и парогенераторы / Лебедев В.М., Заворин А.С., Приходько С.В., Овсянников В.В.: учебник для студентов вузов. - М.: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.д. тр-те, 2013. - 376 с.

28 Липов, Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парового котла: Учебное пособие для вузов / Ю.М. Липов, Ю.Ф. Самойлов, Т.В Виленский. – М.: , 2012. – 208 с.

29 Лисиенко, В.Г. Хрестоматия энергосбережения: справочное издание / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев; под ред. В.Г. Лисиенко. – в 2-х книгах. – М.: Теплоэнергетик, 2005. – 688 с.

30 Лумми, А.П. Расчет водогрейных котлов, пособие для студентов вузов / Лумми А.П., Мунц В.А. – Екатеринбург: Издательство ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2010. – 31 с.

31 Сазанов, Б. В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие для вузов / Б.В. Сазанов. – МЭИ, 2014.

32 Сергеев, А.В. Справочное учебное пособие для персонала котельных: Топливное хозяйство котельных. / А.В. Сергеев. – СПб.: ДЕНАН, 2011. – 32 с.

33 Сергеев, А.В. Справочное учебное пособие для персонала котельных: Тепломеханическое оборудование котельных. - 4-е изд., перераб. и доп. / А.В. Сергеев. - СПб.: ДЕАН, 2012. - 256 с.

34 Соколов, Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности: учебное пособие / Б.А. Соколов. – М.: Академия, 2008.

35 Соколов, Б.А. Устройство и эксплуатация оборудования котельных, работающих на твердом топливе: учебное пособие. /– М.: Академия, 2010

						13.03.01.2020.909.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			81



36 Спейшер, В.А. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках / Спейшер, В.А. Горбаненко А.Д. – М.: Энергия, 1974. – 208с.

37 Староверов, И.Г. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление: Справочник проектировщика: в 3 ч. / И. Г. Староверов, Ю. И. Шиллер. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

38 Тартаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учеб-ник для вузов / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высш. шк., 2001

39 Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 1: Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы / М.С. Алтухов; под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: МЭИ, 2007.

40 Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / А.А. Александров; под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: МЭИ, 2007.

41 Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 3: Тепловые и атомные электростанции / М.С. Алтухов; под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: МЭИ, 2007.

42 Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 4: Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Б.Г. Борисов; под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: МЭИ, 2007.

43 Тепловой расчет котлов: нормативный метод – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

44 Тимошпольский, В.И. Metallургические печи. Теория и расчеты: учебник для вузов / В.И. Тимошпольский; ред., В.И. Губинский, В.М. Олышанский. – Минск: Издательский дом Бел. наука, 2007

45 Телегин, А.С. Теплоперенос: учебник для вузов / А.С. Телегин, В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко; под ред. Ю.Г. Ярошенко. – М.: ИКЦ «Академия», 2002

46 Шульман, В.Л. Методические основы природоохранной деятельности ТЭС / В.Л. Шульман. – Екатеринбург: Издательство Уральского Университета, 2000. – 447 с.

47 Сайт <https://www.neft-product.ru/sell/mazut/0/1>.

48 Официальный сайт ООО «Уралэнергосбыт»- <https://uralsbyt.rul>.

49 Официальный сайт ПАО «НОВАТЭК»- <http://www.novatek.ru>.

50 Официальный сайт МУП «ПОВВ»- <http://voda.uu.ru>.

51 Официальный сайт компании ООО «ТОПТРАНС» <http://toptrans74.ru>.

52 Официальный сайт компании ООО «ОКТАН» <http://www.oktan02.ru>.

53 Официальный сайт компании АО «УСТТЭК-Челябинск» <https://ustekchel.ru>.

										13.03.01.2020.909.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							82