

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,
Главный инженер
ООО «КОНАР»

_____ С.С. Радюкевич
« ____ » _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики,
к.т.н., доцент

_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2017 г.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ПЕЧИ №11
НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ВКМ-СТАЛЬ» Г. САРАНСКА РЕСПУБЛИКИ
МОРДОВИЯ**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.003.03 ПЗ ВКР

Консультант по разделу
«Экономика и управление»,
старший преподаватель

_____ Р.А. Алабутина
« ____ » _____ 2017 г.

Руководитель работы,
старший преподаватель

_____ А.Г. Реш
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель

_____ Р.А. Алабутина
« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы,
студент группы П-479

_____ П.А. Дьяков
« ____ » _____ 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Дьяков П.А. Реконструкция и техническое перевооружение печи №11 на предприятии ООО «ВКМ-сталь» г. Саранска республики Мордовия.– Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2017,80 с., 12 ил., библиогр. список – 46 наим., 5 листов чертежей ф.А1, 1 лист плаката ф.А1.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является реконструкция и техническое перевооружение печи №11 г. Саранска, республики Мордовия путем замены стандартной кирпичной футеровки на эффективные малоинерционные футеровочные материалы, обладающие низкой теплопроводностью с заменой газогорелочных устройств и оборудования КИПиА. Необходимость реализации этого проекта обусловлена большими затратами топливо-энергетических ресурсов в процессе термообработки металла.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 12-ти глав, заключения, библиографического списка и графической части.

Первая глава посвящена описанию существующей печи, обоснованию и актуальности её расширения.

Во второй главе произведен обзор литературных источников, используемых в работе.

В третьей главе проведено сравнение отечественных и зарубежных комплектующих, установленных на печь.

Четвертая глава посвящена вопросам энергосбережения и реализации энергосберегающих мероприятий на печи.

С пятой по восьмую главу включительно выполнена специальная часть выпускной квалификационной работы. Произведен расчет горения топлива, по выбранному составу. Рассчитан теплообмен в рабочем пространстве печи. Произведен расчет теплового баланса печи.

В восьмой главе выполнен расчет выбросов окислов азота, а также сделан поверочный расчет дымовой трубы печи. Девятая глава посвящена вопросам автоматизации процессов работы печной установки. В десятой главе рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности на производстве.

В одиннадцатой главе выполнен экономический расчет реконструкции и технического перевооружения печи, в котором была оценена целесообразность реконструкции и определен срок окупаемости проекта.

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

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Реконструкция и техническое перевооружение печи №11 на предприятии ООО «ВКМ-сталь» г. Саранска республики Мордовия	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дьяков П.А.		05.06.17		В К Р	3	80
Руковод.		Реш А.Г.		09.06.17				
Н. Контр.		Алабугина Р.А.		10.06.17				
Зав. Каф.		Осинцев К.В.		12.06.17				
						ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПЕЧИ.....	8
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	9
3 СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЧЕЙ ДО И ПОСЛЕ ЗАМЕНЫ КОМПЛЕКТУЮЩИХ НА СОВРЕМЕННОЕ ЗАРУБЕЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ.....	11
4 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	17
4.1 Уменьшение тепловых потерь в окружающую среду через волокнистую футеровку печи.....	17
4.2 Применение современных газогорелочных устройств, сжигающих газ с высоким КПД.....	18
4.3 Обеспечение автоматического управления процессом нагрева	19
4.4 Предварительный нагрев воздуха и продукции в отдельных потоках отходящего газа.....	20
5 РАСЧЕТ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА.....	22
5.1 Введение.....	22
5.2 Исходные данные для расчета.....	22
5.3 Расчет теплоты сгорания природного газа.....	22
5.4 Расход кислорода на горение.....	23
5.5 Объем компонентов продуктов сгорания.....	23
5.6 Общий объем продуктов сгорания.....	24
5.7 Состав продуктов сгорания.....	25
6 УТОЧНЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПЕЧИ.....	27
7 РАСЧЕТ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ ПЕЧИ.....	28
8 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ	31
8.1 Введение.....	31
8.2 Исходные данные для теплового расчета печи.....	32
8.3 Расчет теплового баланса.....	33
8.3.1 Тепловой расчет на время разогрева металла.....	33
8.3.2 Тепловой расчет на время выдержки металла.....	36
9 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ.....	38
9.1 Расчет выбросов окислов азота в атмосферу	38
9.2 Поверочный расчет дымовой трубы.....	40
10 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА.....	42
10.1 Общие сведения.....	42
10.2 Система управления SKADA.....	43
10.3 Шкаф управления.....	44
10.4 Пульт управления действующий.....	48

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

10.5 Пульт управления печи.....	47
11 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	51
11.1 Анализ опасных вредных факторов.....	51
11.2 Общие нормы охраны труда.....	52
11.2.1 Персонал.....	52
11.2.2 Профилактические меры обеспечения безопасности.....	53
11.2.3 Средства индивидуальной защиты.....	54
11.2.4 Защита от ожогов.....	54
11.2.5 Защита от пыли.....	54
11.2.6 Предупреждение падений и скольжений.....	55
11.2.7 Меры электробезопасности.....	55
11.3 Противопожарная профилактика.....	55
11.4 Проведение газоопасных работ.....	56
11.5 Таблички с предупреждениями и правилами охраны труда.....	58
11.6 Предохранительные устройства, установленные на печи	58
11.7 Потенциальная опасность.....	59
11.8 Изменение конструкции печи.....	61
11.9 Меры безопасности, обеспечиваемые предприятием.....	61
11.10 Система безопасности обеспечивающая прекращение подачи газа к горелкам с подачей световой и звуковой	62
12 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	64
12.1 Введение.....	64
12.2 Расчет капитальных и текущих затрат.....	64
12.2.1 Исходные данные.....	65
12.2.2 Смета капитальных затрат.....	65
12.2.3 Годовые эксплуатационные расходы: смета текущих затрат.....	66
12.2.4 Расчет срока окупаемости.....	69
12.3 SWOT-анализ проекта.....	70
12.4 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов проекта по реконструкции и техническому перевооружению печи.....	72
12.5 Планирование целей проекта реконструкции и технического перевооружения печи на ООО «ВКМ-сталь» в дереве целей.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	78

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема модернизации термических печей на промышленных и металлургических предприятиях очень актуальна.

В первую очередь необходимо отметить моральный и физический износ оборудования вследствие его длительной эксплуатации – 20 лет и более.

К основным компонентам, требующим модернизации, относятся: футеровка, газогорелочные устройства, КИПиА.

Цикличность температурных режимов в камере печи приводят к появлению трещин в шамотной футеровке, в связи с чем увеличиваются потери тепла в окружающую среду. Вследствие чего требуются частые ремонты и остановки печи. Следующая проблема связана с повышенным расходом топлива на нагрев шамотной футеровки, а также с большими затратами на выполнение ремонтных и строительных работ, связанных с большой массой данного изолирующего материала.

Устаревшие газогорелочные устройства типа ГНП также приводят к необоснованному расходу топлива, связанным с отсутствием рекуперации тепла и применением инжекционного типа горения, которое не подразумевает отключения горелок даже при отсутствии садки. Кроме того, низкая скорость истечения газозоудшной смеси не позволяет обеспечить необходимую циркуляцию дымовых газов в камере печи для равномерного нагрева изделий. Отсутствие рекуперации тепла является одной из причин низкого К.И.Т. горелок типа ГНП, в следствии чего опытным путем подтверждаются превышения вредных выбросов в атмосферу, что в свою очередь не соответствует современным требованиям законодательства РФ в области охраны окружающей среды.

В настоящие время ужесточились требования к безопасности эксплуатации печи и, соответственно, требуется полная модернизация КИПиА.

Решением вышеизложенных проблем является применение современного высокотехнологичного оборудования и материалов, позволяющих обеспечить конкурентное качество термообработки изделий и соблюдением всех требований в области безопасности производства и охраны окружающей среды.

Во-первых, применение более современной керамоволокнистой футеровки позволит снизить расход топлива в печах периодического действия до 25%, уменьшит продолжительность цикла нагрева и термообработки, повысит производительность на 10-15%, масса футеровки снижается в 5-10 раз, облегчая, тем самым, конструкцию каркаса печи, фундаментов и т. д., затраты на выполнение ремонтных и строительных работ сокращаются в 3-5 раз. Резко сокращаются тепловые потери в окружающую среду за счет герметизации рабочего пространства печей, которое удастся термостатировать в большей степени, т. е. применение легковесных волокнистых огнеупоров и теплоизоляционных материалов является комплексным фактором

						13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

топливосбережения в печах и повышения их энерготехнологической эффективности.

Во-вторых, применение более совершенных рекуперативных горелок позволит эффективно экономить топливо за счет рекуперации тепла отходящих газов. Также это позволит решить проблему с неэффективным использованием топлива, повысить КИТ, и, соответственно, снизить выбросы в окружающую среду.

В-третьих, применение КИПиА нового поколения позволит эффективнее отслеживать параметры процесса термообработки, а также повысить безопасность эксплуатации печи.

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПЕЧИ

В настоящее время основными проблемами развития промышленности являются неустойчивость, замедление темпов роста в предыдущие годы, снижение важнейших показателей эффективности производства, медленное улучшение структуры промышленного производства и экспорта, достаточно высокий физический и моральный износ основных производственных фондов, высокий уровень затрат ресурсов. Основным же фактором, сдерживающим рост промышленного производства и позитивные структурные сдвиги, является низкая конкурентоспособность отечественной продукции. Это обусловлено, в первую очередь, невысокой инвестиционной и инновационной активностью в промышленности. Решение этих задач требует проведения промышленной политики, направленной на активизацию инвестиционной и инновационной деятельности, модернизацию оборудования, внедрение новых и новейших технологий, повышение эффективности производства и конкурентоспособности российской промышленности на основе перехода на инновационный путь развития.

Примером недостаточно эффективного подхода к производственному процессу является печь №11 на предприятии ООО «ВКМ-сталь», на которой установлено физически и морально устаревшее оборудование, требующее замены.

Одной из главных проблем является несоответствие по нормам выбросов опасных газов в атмосферу.

Также старое оборудование существенно влияет на качество выпускаемой продукции. К этому относятся медленный нагрев печи из-за наличия шамотной футеровки, а также неравномерный прогрев изделий в связи с несовершенством газогорелочных устройств, что приводит к низкому качеству термообработки.

Вследствие всего вышеперечисленного проблема модернизации и технического перевооружения печи достаточно актуальна как для самого производства, так и для сбережения мировых энергоресурсов и улучшения экологической ситуации.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Проект разработан согласно распоряжению Правительства РФ «Энергетической стратегии России до 2030 года» от 13 ноября 2009 [19], [18].

Энергетическая стратегия России определяет цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на предстоящий период, приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей [16]. Главными векторами перспективного развития отраслей топливно-энергетического комплекса, предусмотренными [16], являются:

- переход на путь инновационного и энергоэффективного развития;
- изменение структуры и масштабов производства энергоресурсов;
- создание конкурентной рыночной среды;
- интеграция в мировую энергетическую систему.

При разработке проекта по реконструкции отопительной котельной была использована следующая учебно-методическая и нормативно-справочная литература:

Раздел «Энергосбережение» выполнен в соответствии с «Федеральным законом РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [25].

Опираясь на труды В.Л. Гусовского и А.Е. Лифшиц – «Методики расчета нагревательных и термических печей», был проведен тепловой расчёт печи согласно нормативному методу [23].

Основой для рассмотрения экологической составляющей выпускной квалификационной работы стали труды преподавателя кафедры ЮУрГУ «Промышленная теплоэнергетика» Грибанова А.И: пособие «Вопросы экологии в промышленной теплоэнергетике». Также учебно-методическое пособие «Расчёт дымовой трубы» под авторством Грибанова А.И. было использовано для расчета выбросов окислов азота и поверочного расчёта дымовой трубы котельной. Основным нормативным документом при написании данного раздела является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [26].

При написании раздела «Безопасность жизнедеятельности» применены следующие основные нормативные документы:

- ГОСТ 120003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы [5].
- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность [6].

Для раскрытия раздела «Безопасность жизнедеятельности» был использован учебник «Безопасность жизнедеятельности в энергетике» [3], в котором рассмотрены организационно-правовые основы, методы и средства обеспечения безопасности жизнедеятельности персонала промышленного предприятия.

Правовое регулирование связано с приказами федеральных подразделений: приказ Минтруда России №551н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок», приказы Ростехнадзора № 116 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на

											Лист
											11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» и № 533 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».

Обязательным при разработке печи является изучение норм и правил, которым необходимо следовать при решении тех или иных задач. Основными при проектировании печей с требуемыми параметрами являются такие своды правил, как например «СНиП III-24-75 Промышленные печи и кирпичные трубы». Этот документ устанавливает требования к проектированию, строительству печей, требования к их безопасности и эксплуатационным характеристикам.

В процессе оформления выпускной квалификационной работы требовалось соблюдение правил и норм, изложенных в СТО ЮУрГУ 04-2008 «Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению» [22].

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3 СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЧЕЙ ДО И ПОСЛЕ ЗАМЕНЫ КОМПЛЕКТУЮЩИХ НА СОВРЕМЕННОЕ ЗАРУБЕЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Термическая печь установленная на предприятии ООО «ВКМ-сталь» изначально была произведена НПП «Теплопроект» в 1983 году. Спустя 30 лет эксплуатации возникла острая необходимость в реконструкции и техническом перевооружении.

В первую очередь рассмотрим установленную на предприятии термическую печь производства НПП «Теплопроект».

Рециркуляционная термическая камерная печь с выкатным подом, площадью пода 47,0 кв.м предназначена для отжига слитков ЭСП и ВДП, а также слитков и передельной заготовки (сорта) других цехов завода.

Печь имеет нагревательную камеру, оборудованную горелками низкого давления ГНП-1 – 16 шт. и ГНП-3 – 16 шт.

В качестве топлива в печи используется природный газ с объемной теплотой сгорания 8070 ккал/м³ при 20°С и P=760 мм рт.ст. Давление газа в 2 цеховом коллекторе составляет 500 – 550 кгс/м².

Основные горелки ГНП-3 в количестве 16 шт. расположены с двух сторон печи по 8 горелок. Оси горелок с одной стороны печи направлены под углом 7° к подине, а оси горелок с другой стороны печи направлены под углом 41° к своду печи. Горелки ГНП-3 объединены в 8 зон регулирования (по две горелки на зону). Горелки ГНП-1 предназначены для обеспечения стабильной работы горелок ГНП-3 на низких температурах и работают в постоянном тепловом режиме. На момент составления паспорта в связи с установкой на горелках ГНП-3 сопел конструкции ЗГИА обеспечивающих стабильную работу без отрыва факела на низких температурах, горелки ГНП-1 отключены.

Рециркуляция продуктов горения осуществляется при таком расположении горелочных устройств за счет струй воздуха, вводимого в инжекционные устройства горелок ГНП-3 давлением до 1500 кгс/м² и максимальным расходом 1250 м³/ч. Подача инжекционного воздуха осуществляется нагнетателями типа ТВ 80-1,2 М1-01 в количестве 3-х штук (2 шт. рабочих и 1 резервная) на группу печей.

Горелки ГНП-1 в количестве 16 шт. расположены в выносных закрытых топках под горелками ГНП-3.

Подача воздуха на горение осуществляется вентиляторами в количестве 7-и штук (3 резервных), типа Ц10-28 № 5, которые обслуживают группу печей.

Удаление дымовых газов производится по дымовым каналам, расположенным в боковых стенах и выводятся через свод печи в общий боров, а затем в индивидуальную дымовую трубу высотой 35 м, выходящую через кровлю цеха.

Печь оборудована КИПиА, обеспечивающих поддержание заданных температур, давление в рабочем пространстве и соотношение «газ-воздух».

Общие характеристики печи (2003г.) 3.1[48].

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					13

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Таблица 3.1 – Общие характеристики печи (2003г.)

Наименование		Единицы измерения	Показатели
1		2	3
Назначение печи		-	Нагрев под термообработку
Полная площадь печи		кв.м	47,0
Производительность печи		т/ч	1,5 – 6
Расход газа		м ³ /ч	321
Тепловая мощность		млн.ккал/ч	2,58
Топливо		-	Природный газ
Низшая теплота сгорания газа		ккал/м ³	8070
Давление воздуха перед печью		кгс/м ²	200
Давление газа перед печью		кгс/м ²	240
Нагреваемые изделия	Наименование		-
	Размеры	Длина	м
		Сечение	мм
Вес садки		т	100
Нагреваемая сталь		-	Легированная сталь
Температура нагреваемого металла	при посадке		°С
	при выдаче		°С
Способ нагрева		-	Открытый нагрев продуктами горения
Максимальный расход воздуха		м ³ /ч	4360
Максимальный расход газа		м ³ /ч	480
Давление инжектирующего воздуха		кгс/м ²	1500
Расход воздуха на инжекцию		м ³ /ч	1250
Максимальный расход воды		м ³ /ч	5,0
Тип отопительных устройств		шт.	ГНП-1 – 16 ГНП-3 – 16
Производительность печи		т/ч	4,09
Удельная производительность печи		кг/м ² ч	87,02
Расход материального топлива (среднечасовой)		нм ³ /ч	319,71
Расход тепла за цикл		106 ккал	54,18
Удельный расход тепла		ккал/кг	630,01
Удельный расход условного топлива		кг у.т./т	90,0
Тепловой КПД печи		%	14,54
Коэффициент использования топлива		%	65,63

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

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

14

Во втором варианте (с применением зарубежных комплектующих) нагрев садки производится с помощью скоростных газовых рекуперативных горелок серии Reкуmat® производства компании WS (Германия). Управление мощностью горелок – импульсное. Запорно-регулирующая аппаратура, автоматика управления работой горелок компании Кромшродер (Германия).

Температура воздуха на горение в таком варианте достигает значений 350...400 °С при температуре в печи 750...880 °С, что позволяет иметь дополнительные 10% экономии расхода газа, без ухудшения качества регулирования процесса термообработки, сохраняя приемлемые параметры эмиссии NOx в дымовых газах. Центральный рекуператор не поставляется, т.к. он не может обеспечить достаточного подогрева воздуха на горение.

Температура нагрева регулируется автоматически. Газовое оборудование выполнено в соответствии с действующими правилами безопасности.

Термоэлементы помещены в одной из боковых стен печи. Регуляторы температуры (контроллеры) по специальной программе (PLC) регулируют мощность горелок в каждой зоне с целью обеспечения заданной температуры нагрева. Допустимый разброс температуры на садке после выдержки в течении одного часа – для температур 700...880 °С не более 20°С (+ 10 °С).

Работа горелок – включено/выключено малая мощность/большая мощность. Горелки в зоне циклически или тактово включаются и выключаются. Таким образом, достигается равномерность температуры в печи. Мощность в отдельной зоне регулируется изменением времени горения горелок и паузы.

На подводящем к печи газопроводе установлен технологический счётчик учета расхода газа.

Воздух для сгорания обеспечивает вентилятор. Вентилятор на всасе имеет фильтр. Поставка включает также трубопроводы воздуха от вентилятора до горелок.

Корпус печи и заслонка

Колоны и портал каркаса печи демонтируются. В процессе модернизации будет изготовлен новый каркас печи с элементами крепления нового газогорелочного оборудования и футеровки. Заслонка печи с механизмом подъёма и поджатия изготавливается новая. Каркас заслонки изготавливается из массивных стальных профилей и покрашен термостойкой краской.

Заслонка выполнена подъемной вверх. Движение заслонки осуществляется через систему противовесов электромеханическим приводом. Уплотнение заслонки с печью осуществляется при помощи собственного веса заслонки. Крайние положения заслонки определяются и ограничиваются концевыми выключателями.

Выкатной под

При проведении модернизации каркас пода, привод и футеровка используются существующие.

Крайние положения пода определяются и ограничиваются концевыми выключателями.

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.003.03 ПЗ				

После модернизации под будет иметь «без песочное» уплотнение при помощи подъемной рамы. Подъемная рама герметизирует под и камеру печи по замкнутому периметру.

Дымоотводящие каналы

В процессе модернизации участок дымового канала от печи до цеховой системы дымоудаления изготавливается новый и содержит:

- заслонку регулирования давления в печи;
- систему разбавления дымовых газов перед заслонкой регулирования давления в печи.

Система управления: электрооборудование, управление и регулирование параметров печи.

Регулирование температуры, давления в печи, и управление остальными параметрами печи будет осуществлять PLC (программируемый логический контроллер). Регулирование температуры предусматривается в каждой зоне печи (см. таблицу с техническими данными печи).

Общие характеристики печи (2017г.) 3.2

Таблица 3.2 – Общие характеристики печи (2017г.)

Наименование	Единицы измерения	Показатели
1	2	3
Назначение печи	-	Термообработка заготовок
Тип печи	-	Камерная с выкатным подом
Максимальная температура печи	°С	950
Рабочая температура в печи	°С	760 - 880
Максимальная полезная нагрузка на под	т	130
Максимальная масса бугелей	т	25
Максимальная масса садки	т	105
Размеры рабочего пространства печи (ширина x длина x высота)	м	3,5/11,5/2,8
Размеры внутреннего пространства печи (ширина x длина x высота)	м	4,21/12,36/3,54
Высота проложек	м	0,4
Тепловая способность топлива	ккал/м ³	8170
Топливо для нагрева	-	Природный газ
Давление газа, подаваемое к печи	МПа	0,2
Тип горелок	-	Rekumat M250, 240кВт

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
Количество горелок	шт.	16
Установленная мощность	кВт	4320
Размещение горелок	-	На боковых стенках ниже садки
Дополнительный контур подвода воздуха в камеру печи	-	есть
Рекуператор	-	Встроенный в горелку
Количество подъемных заслонок	шт.	1
Привод передвижения заслонок	-	электромеханический
Регулировка давления в печи	-	Заслонкой в дымоотводящем канале
Температура нагрева воздуха на горение	°С	350 – 450 при 550 – 880 в печи
Требования к электроподключателю	Гц	3 х 3, 50Гц плюс рабочая нейтраль
Работа горелок	-	Импульсное управление мощностью (вкл/выкл)
Предохранительный канал температуры	шт.	1
Максимальный расход газа	м3/ч	455
Расстояние от помещения КИП до печи	м	до 10
Температура эксплуатации шкафа управления	°С	+5...+35
Приемочный нагрев садки (металл – нержавеющие марки стали, масса металла 102,61 т, масса оснастки до 25,6 т – итого 128,21 т)	-	с режимом: - загрузка садки в нагретую до 100 °С печь; - подъем температуры со скоростью 70 °С/ч до температуры 780°С; - выдержка при температуре 780 °С – 24 часа; - охлаждение в печи до температуры 500 °С со скоростью 50 °С/час.

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

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

17

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
Удельный расход газа на тонну нагреваемого металла по результатам приемочного нагрева, не более	м ³ /т	49,5
Перепад температуры на садке металла по графику приемочного нагрева при выдержке, не более	°С	20

4 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[1] и принимаемые в соответствии с ним другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты РФ по вопросам энергосбережения лежат в основе законодательства РФ об энергосбережении.

Вопросы энергосбережения чрезвычайно актуальны для нагревательных и термических печей металлургических и машиностроительных предприятий и предприятий других отраслей, где наряду с современными механизированными печами существует большое количество физически и морально устаревших печей, не подвергавшихся реконструкции и работающих с очень высокими энергозатратами. Основные конструктивные решения, направленные на экономию энергоресурсов, при новом строительстве и реконструкции нагревательных и термических печей следующие.

4.1 Уменьшение тепловых потерь в окружающую среду через волокнистую футеровку печи

В соответствии с основными направлениями повышения эффективности тепловой работы печей важное значение имеет уменьшение тепловых потерь через ограждающие конструкции.

На металлургических и машиностроительных предприятиях дальнего зарубежья применение волокнистых материалов для нагревательных и термических печей началось в 60-х годах прошлого века. В СССР же только в 1982 году институтом «Теплопроект» (г. Москва, Россия) была разработана инструкция по проектированию футеровки промышленных печей из огнеупорных волокнистых материалов, которой пользуются проектанты и в настоящее время.

Применение волокнистых материалов для футеровки печей позволяет по сравнению с кирпичной футеровкой снизить тепловые потери через футеровку на 20–30%, сократить в несколько раз время разогрева печи и длительность монтажа футеровки, получить экономию энергозатрат до 45% при периодических остановках печей (что актуально в настоящее время, особенно при неритмичной работе печного оборудования). Более того, отмечено, что волокнистые материалы следует более широко использовать в термических газовых и особенно в электрических печах, а также для теплоизоляции водоохлаждаемых элементов печей всех конструкций [34].

Опыт применения волокнистых огнеупорных материалов, изготавливаемых ЗАО «Кераммаш» для условий машиностроительных предприятий [47], показал, что благодаря малой величине коэффициента теплопроводности имеется возможность использовать более тонкие слои огнеупоров, что уменьшает теплоотдающую поверхность в 2,4 раза, а в печах с выкатным подом или в проходных печах с вагонетками применение легковесного муллитового огнеупора

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

в сочетании с волокнистым огнеупорным материалом достигается уменьшением массы печной вагонетки в 2 раза. В частности, отмечается, что при толщине кладки из теплоизоляционных шамотных изделий, обеспечивающей температуру на кожухе около 55 °С, масса используемых огнеупоров увеличивается в 2,8 – 6,0 раз, а количество теплоты, затраченное на нагрев футеровки – в 6,5 – 43,7 раза в зависимости от материала футеровки, в свою очередь, расход энергоносителя вследствие уменьшения количества теплоты, требуемой на нагрев волокнистой футеровки, снижается в 2,3 – 8,4 раза, что в совокупности с низкой аккумуляцией теплоты волокнистыми материалами дает экономию энергоносителя 30 – 50 %.

Помимо снижения потерь теплоты теплопроводностью и на аккумуляцию кладкой, использование волокнистых футеровок в нагревательных и термических печах позволяет увеличить межремонтные периоды за счет повышения строительной прочности и стойкости футеровочных материалов, особенно при периодических и резких нагревах и охлаждениях.

Выполненный анализ использования современных футеровочных материалов для нагревательных и термических печей машиностроительного и металлургического производств показал возможность снижения удельного расхода топлива на 5 – 25 % (в зависимости от режима работы печей, производительности, организации технологического процесса и т. д.) [32].

4.2 Применение современных газогорелочных устройств, сжигающих газ с высоким КПД

При эксплуатации промышленных печей основной и самой важной проблемой являются потери энергии. При эксплуатации в большинстве работающих печей с уходящими газами теряется более 50 % потенциала тепловой энергии (рабочая температура процесса доходит до 1300 °С и более). Поэтому потенциал энергосбережения в данном случае (высокотемпературное горение) может быть очень большой, а использование этого потенциала сократит издержки промышленных предприятий.

Рекуперативные горелки были разработаны с целью непосредственного использования тепла дымовых газов для подогрева воздуха горения.

Рекуператор представляет собой теплообменник, обеспечивающий подогрев поступающего воздуха горения за счет тепловой энергии отходящих газов. Рекуператор может обеспечить экономию около 30% энергии по сравнению с системой, использующей холодный воздух горения. Однако рекуператор, как правило, неспособен обеспечить подогрев воздуха до температуры, превышающей 550 – 600 °С [33].

Существенное различие между конвекционной системой с центральным рекуператором и рекуперативными горелками состоит в расположении и конструкции теплообменника. Проточные каналы и поверхность теплопередачи в рекуперативных горелках лучше оптимизированы, чем при использовании центрального рекуператора и таким образом достигается более высокая удельная мощность теплопередачи. При использовании рекуперативных горелок

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

отсутствуют необходимые для центрального рекуператора воздушные короба и трубопроводы на «горячей» стороне для подачи теплого воздуха. Отходящие газы при их использовании собираются в коллектор, однако, изоляция обычно не требуется. Для системы с центральным рекуператором клапаны горячего воздуха должны надежно работать на каждой горелке при воздействии высокой температуры и при давлении от 2 до 6 кПа при высокой частоте включения. Также имеются проблемы с равномерным распределением горячего воздуха на каждую отдельную горелку. Предварительный нагрев воздуха с температурой на 50% выше температуры дымового газа до рекуператора практически может достигаться только в рекуперативных горелках.

Рекуперативные горелки могут использоваться при высокой рабочей температуре технологического процесса (700 – 1100 °С).

Рекуперативные горелки позволяют сократить затраты на строительство печи, снизить удельный расход природного газа, уменьшить текущие затраты при эксплуатации печи.

Рекуперативные горелки имеют высокоэффективный теплообменник - рекуператор из металла или керамики, в котором воздух, идущий на горение, нагревается до 750 °С. Коэффициент использования топлива достигает 85%.

4.3 Обеспечение автоматического управления процессом нагрева

Для реализации мер по энергосбережению необходима оптимизация тепловых и температурных режимов работы печей в условиях широкого изменения сортамента, технологии и производительности. С этой целью разработаны современные АСУ ТП с использованием контроллерной техники и ПЭВМ на базе развитых математических моделей печей. Они могут включать:

- 1) систему управления тепловым режимом и транспортом заготовок (в проходных печах);
- 2) систему оптимизации теплового режима по прямым показателям или по управляющей модели с возможностью адаптации модели по прямым показателям;
- 3) систему управления сжиганием топлива (для пламенных печей), минимизирующую его расход;
- 4) систему слежения за материальными потоками и систему сопровождения;
- 5) систему комплексной диагностики работы самой системы, приборов и оборудования.

АСУ ТП печи должна входить в интегральную энергосберегающую систему техно логического комплекса или линии. Примером комплексного решения проблем энергосбережения может служить построенная по проекту Стальпроекта печь с шагающим подом мелкосортно-проволочного стана 250 Молдавского металлургического завода. Печь полезной длиной 16 м и общей тепловой мощностью 38,2 МВт предназначена для нагрева заготовок сечением 125x125 мм и длиной от 8 до 12 м. Печь имеет боковую загрузку и выдачу заготовок с

						<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			21

помощью внутripечных рольгангов. В печи применено полностью сводовое отопление. Между отапливаемой и неотапливаемой частью печи установлен пережим, который можно изменять по высоте и по конфигурации. Для наиболее ответственных узлов кладки применен жаропрочный бетон. Футеровка свода выполнена трехслойной заливной жаропрочным бетоном на керамических анкерах. Также из жаропрочного бетона выполнен рабочий слой футеровки подовых балок. Благодаря высокой прочности бетонной футеровки не потребовалась металлическая облицовка подовых балок и тем самым исключался сток тепла в щели между балками. По всему периметру шагающих балок предусмотрен водяной затвор, причем ось желоба смещена относительно оси щели между балками. Это также уменьшает потери тепла через нижнее строение печи. Продукты сгорания из рабочего пространства печи отводятся вниз, что способствует прогреву верхней части щелей и уменьшению опасности подсоса окружающего воздуха в районе подовых балок. Система автоматизации участка печей обеспечивает оптимизацию режима нагрева заготовок с использованием современных технических средств. Для качественного нагрева металла при минимальных энергозатратах разработана и внедрена развитая динамическая управляющая модель печи, работающая в режиме реального времени. Для нагревательщиков предусмотрен современный операторский интерфейс. Контроллеры Сименс объединены локальной промышленной сетью и вместе с операторскими станциями интегрированы в общецеховую систему слежения и сопровождения материальных потоков. Примененная новая современная система автоматизации отличается высокой надежностью с развитой диагностикой работоспособности как отдельных элементов и узлов системы, так и технологического оборудования. Опыт эксплуатации показал надежную и устойчивую работу печи при очень низких удельных расходах тепла 38 – 40 кг условного топлива на тонну (1113 – 1172 кДж/кг), что соответствует тепловому КПД 0,7 – 0,75 [35].

4.4 Предварительный нагрев воздуха и продукции в отдельных потоках отходящего газа

При ужесточении граничных значений на содержание NO₂ может возникнуть необходимость в ограничении предварительного нагрева воздуха, например, до 650 °С, а тепло, выделяемое отходящими газами, использовать иначе. Для этого предлагается предварительный нагрев продукции в камере подогрева. На рисунке 4.1 схематически изображены возможности для рекуперации отходящих газов во время производственного процесса. Температура отходящего газа на выходе определяет коэффициент использования топлива КИТ. Для приблизительных расчетов используется отношение к адиабатической температуре пламени, которая составляет для большинства горючих газов приблизительно 2000 °С. Процесс в камере нагрева, из которой отходящий газ уходит с температурой $v=1000$ °С, имеет коэффициент использования топлива около 50 %, если предварительно не нагреваются ни воздух, ни продукт. Существуют три варианта

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

комбинации предварительного нагрева воздуха и продукта (см. рисунок 4.1 с, d и e). Вариант «с» может, например, быть использован для печи с излучающими трубами, если весь отходящий газ принудительно отводится через рекуперативные горелки и затем направляется в камеру предварительного нагрева. Вариант «d» чаще всего применяется для центральных рекуператоров (см. рисунок 4.1 а) для защиты рекуператора от высокой температуры.

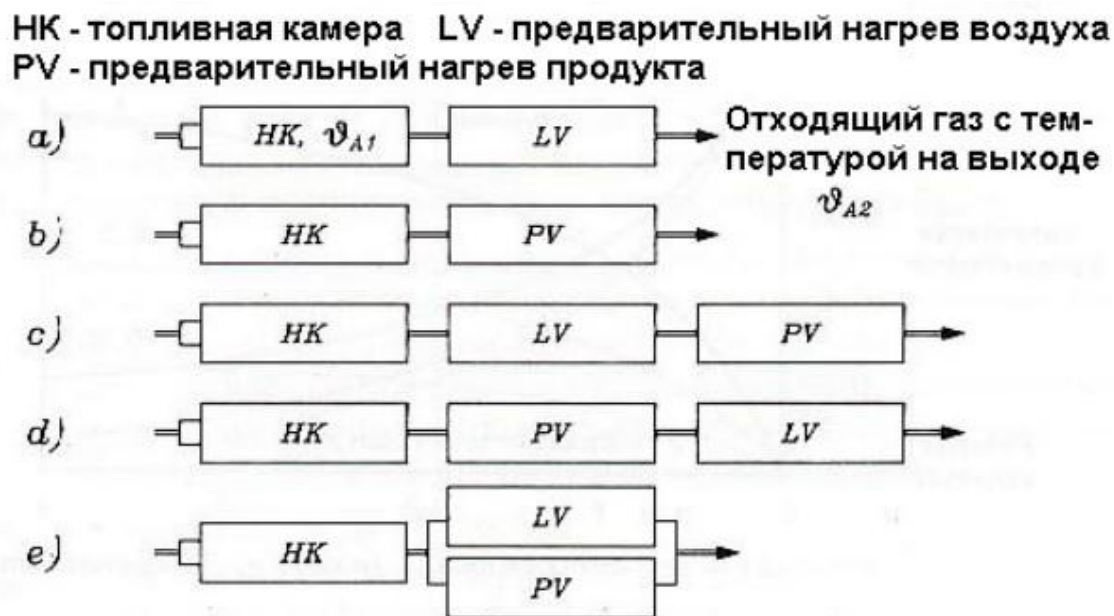


Рисунок 4.1 – Рекуперация тепла отходящих газов путем предварительного нагрева воздуха и продукции

При использовании рекуперативных горелок предлагается предварительный нагрев воздуха и продукции в части потока отходящих газов (см. рисунок 4.1 e). Уменьшение потока отходящего газа до 80 % оказывает лишь незначительное влияние на относительный предварительный нагрев воздуха, и даже при снижении потока отходящего газа на 60 %, предварительный нагрев составляет от 50 до 60 %. Часть потока отходящего газа в 60 % очень сильно охлаждается, например, до 20 % температуры отходящего газа до рекуператора. Оставшаяся часть потока отходящего газа может использоваться для предварительного нагрева продукции, причем снова в распоряжении имеется полный перепад температур. Поскольку соотношение теплоемкостей частей потоков отходящих газов и продукции смещается к незначительным величинам, температура отходящих газов снижается очень сильно в сравнении с предварительным нагревом продукции. При обычной для термообработки температуре 1000 °С, и использовании современных рекуперативных горелок с полным отводом отходящих газов, предварительный нагрев воздуха горения достигает 700 °С, а коэффициент использования топлива порядка 80 %. Используя предварительный нагрев воздуха горения и продукции, можно добиться увеличения КИТ до 90 % при незначительном выбросе NO_2 [36].

5 РАСЧЕТ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА

5.1 Введение

Расчет горения топлива производится с целью определения:

- 1) количества, необходимого для горения воздуха (окислителя);
- 2) количества и состава продуктов сгорания;
- 3) температура горения.

Для отопления нагревательных печей главным образом применяют газообразное топливо. Состав газообразного топлива задается в виде процентного содержания составных компонентов смеси [24].

5.2 Исходные данные для расчета горения топлива

Состав природного газа:

Метан $CH_4 = 96,148 \%$;

Этан $C_2H_6 = 1,695 \%$;

Пропан $C_3H_8 = 0,455 \%$;

Изобутан $C_4H_{10} = 0,066\%$;

Пентан $C_5H_{12} = 0,141 \%$;

Кислород $O_2 = 0,007 \%$;

Азот $N_2 = 1,628\%$;

Углекислый газ $CO_2 = 0,222\%$.

5.3 Расчет теплоты сгорания природного газа

Теплота сгорания топлива – это то количество теплоты Q (кДж), которое выделяется при полном сгорании 1 кг жидкого или 1 м³ газообразного топлива.

Различают высшую и низшую теплоту сгорания.

Под высшей теплотой сгорания понимают то количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании вещества, включая теплоту конденсации водяных паров при охлаждении продуктов сгорания, а в низшей данная величина не учитывается.

Теплота сгорания топлива рассчитывается по формуле (5.1):

$$Q_H^p = 0,127CO + 0,108H_2 + 0,358CH_4 + 0,52C_2H_4 + 0,555C_2H_6 + \quad (5.1)$$
$$+ 0,913C_3H_8 + 1,185C_4H_{10} + 1,465C_5H_{12} + 0,234H_2S,$$

$$Q_H^p = 0,636 \cdot 1,695 + 0,913 \cdot 0,455 + 0,066 \cdot 1,185 + 1,465 \cdot 0,141 +$$
$$+ 0,358 \cdot 96,148 = 36 \frac{\text{мДж}}{\text{м}^3}$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

5.4 Расход кислорода на горение природного газа

Горючие вещества топлива взаимодействуют с кислородом воздуха в определенном количественном соотношении. Расход воздуха на горение и количество продуктов сгорания топлива рассчитывают по стехиометрическим уравнениям горения, которые записывают для каждой горючей составляющей.

Расход кислорода на горение природного газа вычисляется по формуле (5.2):

$$V_{O_2} = 0,01(0,5(CO + H_2 + 3H_2S) + \sum(m + \frac{n}{4})C_mH_n - O_2) \quad (5.2)$$

где m и n – количество соответствующих атомов углерода С и водорода Н, шт.

$$V_{O_2} = 0,01((1 + \frac{4}{4}) \cdot 96,148 + (2 + \frac{6}{4}) \cdot 1,695 + (3 + \frac{8}{4}) \times \\ \times 0,455 + (4 + \frac{10}{4}) \cdot 0,066 + (5 + \frac{12}{4}) \cdot 0,141) = 2,02 \frac{M^3}{M^3}$$

Действительный расход воздуха рассчитывается по формуле (5.3):

$$V_B = \alpha(1 + K)V_{O_2}, \quad (5.3)$$

где α – коэффициент расхода воздуха, $\alpha = 1,1$;

K – отношение объемных содержаний N_2 и O_2 в дутье, для воздуха, $K = 3,762$;

V_{O_2} – расход кислорода на горение смешенного газа, $\frac{M^3}{M^3}$.

$$V_B = 1,1 \cdot (1 + 3,762) \cdot 2,02 = 10,58 \frac{M^3}{M^3}$$

5.5 Объем компонентов продуктов сгорания

Знание количества и состава продуктов горения необходимо для расчета температуры горения, температуры взрыва, давления при взрыве. Поскольку продукты сгорания находятся, как правило, в газообразном состоянии их состав выражается либо в объемных процентах, либо в m^3 .

Объем компонентов продуктов сгорания для CO_2 рассчитывается по формуле (5.4):

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + SO_2 + CO + H_2S + \sum mC_mH_n) \quad (5.4)$$

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

где m и n – количество соответствующих атомов углерода C и водорода H , шт.

Объем компонентов продуктов сгорания для H_2O рассчитывается по формуле (5.5):

$$V_{H_2O} = 0,01(H_2O + H_2 + H_2S + 0,5\sum nC_m H_n) \quad (5.5)$$

Объем компонентов продуктов сгорания для N_2 рассчитывается по формуле (5.6):

$$V_{H_2O} = 0,01N_2 + \alpha \cdot K \cdot V_{O_2} \quad (5.6)$$

где V_{O_2} – расход кислорода на горение смешенного газа, $\frac{M^3}{M^3}$;

K – отношение объемных содержаний N_2 и O_2 в дутье, для воздуха, $K=3,762$.

Объем компонентов продуктов сгорания для O_2 рассчитывается по формуле (5.7):

$$V'_{O_2} = (\alpha - 1) \cdot V_{O_2} \quad (5.7)$$

где α – коэффициент расхода воздуха.

$$V_{CO_2} = 0,01(1 \cdot 96,148 + 2 \cdot 1,695 + 3 \cdot 0,455 + 4 \cdot 0,066 + 5 \cdot 0,141) = 1,02 \frac{M^3}{M^3};$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot 0,5(4 \cdot 96,148 + 6 \cdot 1,695 + 8 \cdot 0,455 + 10 \cdot 0,066 + 12 \cdot 0,141) = 2,07 \frac{M^3}{M^3};$$

$$V_{N_2} = 0,01 \cdot 1,268 + 1,1 \cdot 3,762 \cdot 2,02 = 8,37 \frac{M^3}{M^3};$$

$$V'_{O_2} = (1,1) \cdot 2,02 = 0,002 \frac{M^3}{M^3}.$$

5.6 Общий объем продуктов сгорания

Объем продуктов сгорания зависит от состава топлива, следовательно, и потеря тепла с уходящими газами зависит от состава сжигаемого топлива.

Продукты сгорания топлива получают при полном использовании кислорода.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Общий объем продуктов сгорания рассчитывается по формуле (5.8):

$$V_{\text{д}} = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2}, \quad (5.8)$$

где V_{CO_2} – объем углекислого газа в продуктах сгорания, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объем воды в продуктах сгорания, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$;

V_{N_2} – объем азота в продуктах сгорания, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$;

V_{O_2} – объем кислорода в продуктах сгорания, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$.

$$V_{\text{д}} = 1,02 + 2,07 + 8,37 + 0,002 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

5.7 Состав продуктов сгорания

Состав продуктов сгорания вычисляется по формуле (5.9):

$$x_i = 100 \cdot \frac{V_i}{V_{\text{д}}}, \quad (5.9)$$

где V_i – объем компонентов сгорания;

$V_{\text{д}}$ – общий объем продуктов сгорания

$$x_{\text{CO}_2} = 100 \cdot \frac{1,02}{11,462} = 8,9\%;$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \cdot \frac{2,07}{11,462} = 18,06\%;$$

$$x_{\text{N}_2} = 100 \cdot \frac{8,37}{11,462} = 73,02\%;$$

$$x_{\text{O}_2} = 100 \cdot \frac{0,002}{11,462} = 0,017\%.$$

Сведем полученные результаты в таблицу 5.1:

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.1 – Компоненты продуктов сгорания

Компоненты				Сумма
1				2
CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	%
8,90	18,06	73,02	0,017	99,997

6 УТОЧНЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПЕЧИ

Реконструкция в отличие от замены не подразумевает под собой кардинального изменения основных размеров рабочего и внутреннего пространств термической печи, поэтому для расчета зададимся исходными данными:

Размеры заготовок, подвергающихся термообработке:

- 1) Длина $h=7\text{м}$;
- 2) Диаметр $d=200\text{мм}$.

Размеры рабочего пространства печи:

- 1) Ширина $B=3,5\text{м}$;
- 2) Длина $L=11,5\text{м}$;
- 3) Высота $H=2,8\text{м}$.

Размеры внутреннего пространства печи:

- 1) Ширина $B=4,21\text{м}$;
- 2) Длина $L=12,36\text{м}$;
- 3) Высота $H=3,54\text{м}$.

На печи установлено 16 горелок, суммарной мощностью 4320 кВт [37].

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						29
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

7 РАСЧЕТ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ ПЕЧИ

Целью расчета внешнего теплообмена является определение приведенного коэффициента излучения от газов и кладки на металл.

Исходные данные для расчета:

Размеры рабочего пространства печи:

- 1) Ширина $B=3,5\text{м}$;
- 2) Длина $L=11,5\text{м}$;
- 3) Высота $H=2,8\text{м}$.

Эффективная толщина газового слоя вычисляется по формуле (6.1):

$$S_{\text{эф}} = 3.6 \cdot \frac{V_{\Gamma}}{F_{\text{CT}} + F_{\text{П}}}, \quad (6.1)$$

где $V_{\text{А}}$ – объем рабочей камеры печи за вычетом объема занимаемого металлом, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$;

F_{CT} – площадь поверхности стен и свода печи, м^2 ;

$F_{\text{П}}$ – площадь поверхности пода м^2 .

$$V_{\Gamma} = B \cdot H \cdot L - \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot l \cdot n = 3,5 \cdot 2,8 \cdot 11,5 - 3,14 \cdot \frac{0,2^2}{4} \cdot 7 \cdot 50 = 101,71(\text{м}^3)$$

$$F_{\text{CT}} = B \cdot L \cdot 2 \cdot H \cdot (B + L) = 3,5 \cdot 11,5 \cdot 2 \cdot 2,8 \cdot (3,5 + 11,5) = 124,25(\text{м}^2)$$

$$F_{\text{П}} = B \cdot L = 3,5 \cdot 11,5 = 40,25(\text{м}^2)$$

$$S_{\text{эф}} = 3.6 \cdot \frac{101,71}{124,25 + 40,25} = 2,23(\text{м})$$

Температура дымовых газов в рабочем пространстве печи:

$$t_{\text{д}}^1 = t_{\text{вх}} = 780[^\circ\text{C}]$$

Парциальное давление компонента CO_2 продуктов горения вычисляется по формуле (6.2):

$$P_{\text{CO}_2} = 0.01 \cdot \text{CO}_2, \quad (6.2)$$

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

где H_2O – объем воды по отношению к общему объему продуктов сгорания, (m^3).

Парциальное давление компонента H_2O продуктов горения вычисляется по формуле (6.3):

$$P_{H_2O} = 0.01 \cdot H_2O, \quad (6.3)$$

где CO_2 – объем углекислых газов по отношению к общему объему продуктов сгорания, (m^3).

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{\sum V} = \frac{1,02}{11,462} = 0,0089(m^3),$$

$$H_2O = \frac{V_{H_2O}}{\sum V} = \frac{2,07}{11,462} = 0,1806(m^3).$$

$$P_{CO_2} = 0,01 \cdot CO_2 = 0,01 \cdot 0,089 = 0,00089(атм),$$

$$P_{H_2O} = 0.01 \cdot H_2O = 0,01 \cdot 0,1806 = 0,001806(атм).$$

Произведение парциального давления CO_2 и эффективной толщины находится по формуле (6.4)

$$P_{CO_2} \cdot S_{эф}, \quad (6.4)$$

где P_{CO_2} – парциальное давление углекислого газа, (атм);

$S_{эф}$ – эффективная толщина газового слоя.

Произведение парциального давления H_2O и эффективной толщины находится по формуле (6.5)

$$P_{H_2O} \cdot S_{эф}, \quad (6.5)$$

где P_{H_2O} – парциальное давление воды, (атм);

$$P_{CO_2} \cdot S_{эф} = 0.089 \cdot 2.23 = 0.198(м \cdot мПа),$$

$$P_{H_2O} \cdot S_{эф} = 0.1806 \cdot 2.23 = 0.403(м \cdot мПа)$$

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поправочный коэффициент для водяных паров, принимается из справочника Л.Г. Степанцова:

$$\beta = 1.1$$

Степени черноты компонентов продуктов горения, принимается из справочника Л.Г. Степанцова:

$$\varepsilon_{CO_2}^1 = 0.134 \quad \varepsilon_{H_2O}^1 = 0.13 \cdot \beta = 0.243 \cdot 1.1 = 0.268$$

Степени черноты продуктов горения:

$$\varepsilon_{\Gamma}^1 = \varepsilon_{CO_2}^1 + \varepsilon_{H_2O}^1 = 0.134 + 0.268 = 0.402$$

Приведенный коэффициент излучения вычисляется по формуле (6.6):

$$C_{\text{пр}} = C_0 \cdot \varepsilon_M \cdot \varepsilon_{\Gamma} \cdot \frac{\varphi \cdot (1 - \varepsilon_{\Gamma}) + 1}{\varphi \cdot (1 - \varepsilon_{\Gamma}) \cdot (\varepsilon_{\Gamma} + \varepsilon_M + \varepsilon_M \cdot \varepsilon_{\Gamma}) + \varepsilon_{\Gamma}}, \quad (6.6)$$

где $C_0 = 5,67 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right)$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$\varepsilon_M = 0,825$ - степень черноты металла;

$\varphi = \frac{F_{\text{акт}}}{F_{\text{ст}}} = \frac{28,89}{124,25} = 0,2325$ - угловой коэффициент;

ε_{Γ}^1 - степень черноты продуктов горения;

ε_{Γ}^1 - степень черноты металла.

$$C_{\text{пр}}^1 = (5,67 \cdot 0,825 \cdot 0,4017 \cdot 0,232 \cdot (1 - 0,4017) + 1) \div \\ \div (0,2325 \cdot (1 - 0,4017) \cdot (0,4017 + 0,825 + 0,825 \cdot 0,4017) + 0,4017) = 3,46 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right)$$

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

8 РАСЧЁТ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

8.1 Введение

Тепловой баланс служит основой при расчете тепловых, диффузионных и химических процессов. Для составления теплового баланса необходимо определить количество тепла, вносимого в печь и выходящего из печи, причем согласно закону сохранения энергии приход и расход тепла должны быть равны.

Цель расчета, определение количества топлива для горения в топливных печах и мощности печи в электрических печах.

Приходная часть теплового баланса топливных нагревательных и термических печей включает четыре статьи [7, 8]:

- тепло от сжигания газообразного, жидкого или твердого топлива;
- физическое тепло, вносимое воздухом, подогретым в рекуператорах и регенераторах;
- физическое тепло, вносимое топливом, подогретым в рекуператорах и регенераторах;
- тепло экзотермических реакций, кроме реакций горения топлива, определяемых суммированием положительных тепловых эффектов реакций в результате окисления поверхностных слоёв нагреваемого металла.

Расходные статьи теплового баланса включают:

- полезное тепло для нагрева заготовок;
- тепло, уносимое уходящими продуктами сгорания;
- тепло от химической неполноты сгорания топлива;
- тепло от механической неполноты сгорания топлива;
- потери тепла теплопроводностью через кладку;
- потери тепла излучением через открытые окна печи;
- потери тепла через зеркало расплавленной соли;
- тепло, уносимое водой;
- тепло, идущее на нагрев металлических приспособлений для крепления, укладки и транспортировки заготовок в печи;
- тепло, аккумулированное кладкой;
- тепло на нагрев защитного газа;
- неучтённые потери.

Работа каждой печи характеризуется рядом показателей, наиболее важными из которых являются температурный режим (калориметрическая температура горения топлива и действительная температура печи), тепловой режим (коэффициент полезного теплоиспользования и коэффициент использования тепла), производительность (коэффициент полезного действия печи и рабочего пространства) и удельный расход тепла.

В данном случае выполнен тепловой расчет печи периодического действия, предназначенной для различных процессов термообработки металлов. Суммарная мощность газогорелочных устройств составляет 4320 кВт.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

33

Общий вид печи представлен на рисунке 8.1[52]:

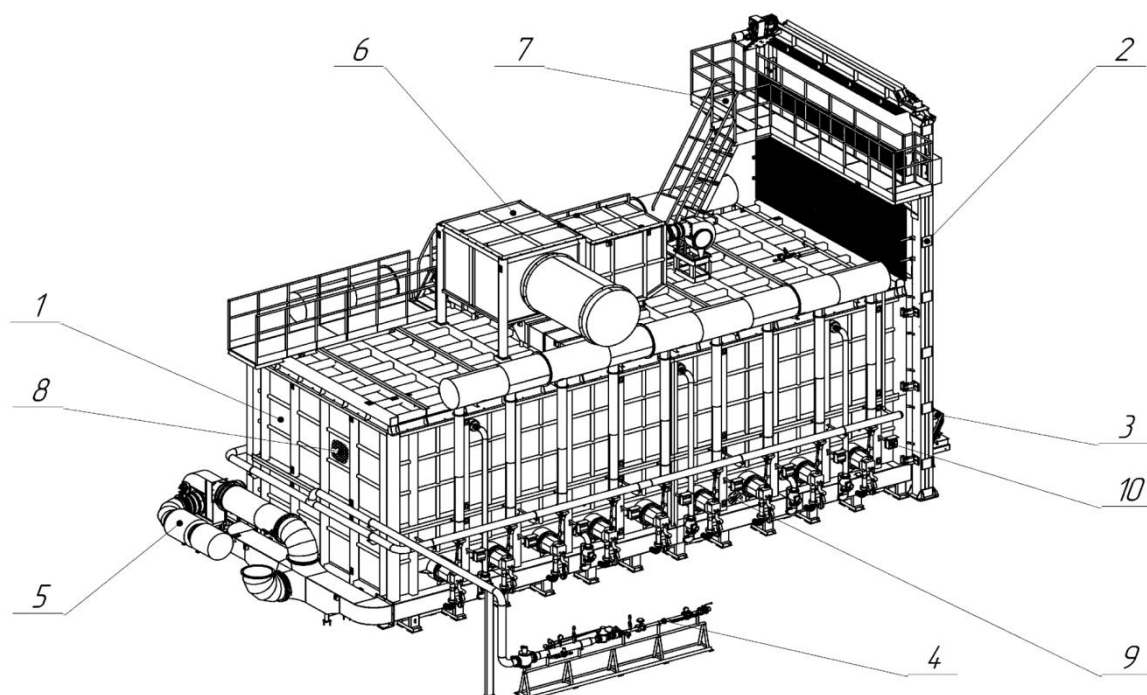


Рисунок 8.1 – Общий вид печи:

1 – каркас камеры; 2 – заслонка подъемная; 3 – система транспортная; 4 – разводка газовая; 5 – разводка первичного воздуха; 6 – отвод продуктов горения; 7 – площадка обслуживания; 8 – футеровка волокнистая; 9 – футеровка жесткая пода; 10 – разводка электрическая

8.2 Исходные данные для теплового расчета печи

Вид топлива: природный газ

Состав газа:

Метан $\text{CH}_4 = 96,148 \%$;

Этан $\text{C}_2\text{H}_6 = 1,695 \%$;

Пропан $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,455 \%$;

Изобутан $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,066\%$;

Пентан $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,141 \%$;

Кислород $\text{O}_2 = 0,007 \%$;

Азот $\text{N}_2 = 1,628\%$;

Углекислый газ $\text{CO}_2 = 0,222\%$;

Низшая теплота сгорания топлива: $Q_n^p = 36200 \text{ кДж/м}^3$;

Плотность газа: $\rho_2^c = 0,758 \text{ кг/м}^3$;

Производительность горелок 4320кВт;

Масса садки: 86т;

Масса оснастки: 16т.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

34

8.3 Расчет теплового баланса

8.3.1 Тепловой расчет на время разогрева металла, 10,5 часов

Расчет производится только на время разогрева печи до температуры 780°C. Без последующей выдержки и охлаждения.

Расход теплоты на разогрев металла и оснастки находится по формуле (8.1):

$$Q_M = (M_{\text{садк}} + M_{\text{оснаст}}) \cdot (C'' \cdot t'' - C' \cdot t'), \quad (8.1)$$

где $M_{\text{садк}}$ – масса садки, 86т;

$M_{\text{оснаст}}$ – масса оснастки, 16т;

C'' – теплоемкость газа, 682кДж;

C' – теплоемкость металла, 482кДж;

t'' – температура газа, $t'' = 20^\circ\text{C}$;

t' – температура газа, $t' = 780^\circ\text{C}$.

$$Q_M = (86000 + 16000) \cdot (0,682 \cdot 780 - 0,482 \cdot 20) = 53276,6 \frac{\text{МДж}}{\text{цикл}}$$

Внутренняя температура изоляции печи по формуле (8.2):

$$t_{\text{из}} = 100 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{T_M}{100}\right)^4 + \left(\left(\frac{T_2}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_M}{100}\right)^4\right)\phi} - 273, \quad (8.2)$$

где T_M – температура металла, °K;

T_2 – температура газа, °K;

ϕ – угловой коэффициент излучения кладки на металл.

$$\phi = \left(1 + \frac{\varphi_{\text{к,м}} \cdot E_M^2 \cdot (1 - E_2)}{E_2 (1 + \varphi_{\text{к,м}} \cdot (1 - E_M) \cdot (1 - E_2))}\right)^{-1}$$

$$\phi = \left(1 + \frac{0,2325 \cdot 0,31 \cdot (1 - 0,40174)}{0,40174(1 + 0,2325 \cdot (1 - 6,3) \cdot (1 - 0,40174))}\right)^{-1} = 0,91$$

$$t_{\text{из}} = 100 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{1053}{100}\right)^4 + \left(\left(\frac{1123}{100}\right)^4 - \left(\frac{1053}{100}\right)^4\right)\phi} - 273 = 844,22^\circ\text{C}$$

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Теплота, теряемая через изоляцию, вычисляется по формуле (8.3):

$$Q_{из} = \frac{0.001 \cdot (t_{из} - t_{oc})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot F_{НАР}} + \frac{S_{КЛ}}{\lambda_{из}^1 \cdot F_{ВН}}} \cdot T_{разогр}, \quad (8.3)$$

где $T_{разогр}$ – время нагрева заготовок, с;

$t_{из}$ – температура на поверхность изоляции, °С;

t_{oc} – температура окружающей среды, °С;

α_1 – коэффициент теплоотдачи от кладки к окружающей среде;

$F_{НАР}$ – средняя площадь поверхности изоляции;

$F_{ВН}$ – средняя площадь внутреннего слоя изоляции;

$S_{КЛ} = 0.350(м)$ - толщина соответствующего слоя кладки.

$$\alpha_1 = 9.3 + 0.058 \cdot t_{ПОВ} = 9.3 + 0.058 \cdot 60 = 12.78 \left(\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

$$F_{НАР} = 2 \cdot ((B + 2 \cdot S_{КЛ}) \cdot (H + 2 \cdot S_{КЛ}) + (B + 2 \cdot S_{КЛ}) \times \\ \times (L + 2 \cdot S_{КЛ}) + (L + 2 \cdot S_{КЛ}) \cdot (H + 2 \cdot S_{КЛ}))$$

$$F_{НАР} = 2 \cdot ((3,5 + 2 \cdot 0,35) \cdot (2,8 + 2 \cdot 0,35) + (3,5 + 2 \cdot 0,35) \times \\ \times (11,5 + 2 \cdot 0,35) + (11,5 + 2 \cdot 0,35) \cdot (2,8 + 2 \cdot 0,35))$$

$$F_{НАР} = 217,28(м^2)$$

$$F_{ВН} = 2 \cdot (B \cdot H + B \cdot L + H \cdot L)$$

$$F_{ВН} = 2 \cdot (3,5 \cdot 2,8 + 3,5 \cdot 11,5 + 2,8 \cdot 11,5) = 164,5(м^2)$$

$$\lambda_{из} = 0,041 + 0,000147 \cdot 455 = 0,108 \left(\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C} \right)$$

$$Q_{из} = \frac{0.001 \cdot (844,22 - 30)}{\frac{1}{12,78 \cdot 217,28} + \frac{0,35}{0,108 \cdot 164,5}} \cdot 37800 = 1530 \left(\frac{МДж}{цикл} \right)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						36

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Расход топлива на разогрев считаем по формуле (8.4):

$$B = \frac{Q_M + 1,2 \cdot (Q_{AK} + Q_{из})}{Q_H^p + V_B \cdot C_B \cdot t_B - V_D \cdot C_D \cdot t_{вх}} \quad (8.4)$$

где Q_M – расход теплоты на разогрев металла и оснастки, $\frac{МДж}{цикл}$;

$Q_{из}$ – теплота, теряемая через изоляцию, $\frac{МДж}{цикл}$;

Q_H^p – низшая теплота сгорания топлива, $\frac{МДж}{цикл}$;

V_B – действительный расход воздуха, $\frac{м^3}{м^3}$;

t_B – средняя температура воздуха, °С;

$t_{вх}$ – средняя температура уходящих газов, °С;

C_B – теплоемкость воздуха, 1,315 кДж;

C_D – теплоемкость газов, 1,506 кДж;

Q_{AK} – теплота, аккумулированная теплоизоляцией, $\frac{МДж}{м^3}$.

$$Q_{AK} = M_{из} \cdot C_{из} = 8636,25 \cdot 1,5 = 5,5 \left(\frac{МДж}{цикл} \right)$$

$$B = \frac{53,28 + 1,2 \cdot (5,5 + 1,53)}{36200 + 10,58 \cdot 1,315 \cdot 450 - 1,46 \cdot 1,506 \cdot 850} = 1520,49 \left(\frac{м^3}{цикл} \right)$$

Теплота сжигания топлива рассчитывается по формуле (8.5):

$$Q_{хт} = B \cdot Q_H^p = 1520,49 \cdot 36200 = 55,04 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.5)$$

Физическая теплота воздуха рассчитывается по формуле (8.6):

$$Q_{фТ} = B \cdot V_B \cdot C_B \cdot t_B \cdot T_{разогр} = 1520,49 \cdot 10,58 \cdot 1,315 \cdot 450 \times \\ \times 37800 = 359831,6 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.6)$$

Теплота уходящих газов рассчитывается по формуле (8.7):

$$Q_{вх} = B \cdot V_D \cdot C_D \cdot t_{вх} = 1520,49 \cdot 11,462 \cdot 1,506 \cdot 850 = 843295,3 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.7)$$

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.003.03 ПЗ					

Неучтенные потери рассчитываются по формуле (8.8):

$$Q_H = 0.2 \cdot (Q_{из} + Q_{AK}) = 0,2 \cdot (1,53 + 5,5) = 0,4 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.8)$$

Приход теплоты можно рассчитать по формуле (8.9):

$$Q_{П} = Q_{ХТ} + Q_{ФВ} = 5,5 + 359831,6 = 359886,6 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.9)$$

Приход теплоты можно рассчитать по формуле (8.10):

$$Q_P = Q_M + Q_{VX} + Q_{ИЗ} + Q_{AK} = 53,2 + 843295,3 + 1,53 + 5,5 + 0,4 = 843356 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.10)$$

Удельный расход топлива можно рассчитать по формуле (8.11):

$$b = \frac{B \cdot Q_H^P}{M_{мет} \cdot 29300} = \frac{1520,49 \cdot 36200}{86 \cdot 29300} = 0,022 \left(\frac{кг.у.м}{кг.мет.} \right) \quad (8.11)$$

Теплоту отданную садке можно рассчитать по формуле (8.12):

$$Q_{сад} = M_{заг} \cdot (C'' \cdot t'' - C' \cdot t') = 86(0,682 \cdot 780 - 0,482 \cdot 20) = 44,9 \left(\frac{МДж}{цикл} \right) \quad (8.12)$$

Расход условного топлива на 1 кг продукции можно рассчитать по следующей формуле (8.13):

$$q_{разог} = \frac{B \cdot Q_H^P}{M_{садк}} = \frac{1520,49 \cdot 36200}{86} = 0,640 \left(\frac{МДж}{кг.мет.} \right) \quad (8.13)$$

8.3.2 Тепловой расчет на время выдержки металла в печи, 24 часа

Расход топлива на выдержку считаем по формуле (8.14):

$$B = \frac{1,2 \cdot Q_{ИЗ}}{Q_H^P + V_B \cdot C_B \cdot t_B - V_D \cdot C_D \cdot t_{VX}} \quad (8.14)$$

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

$$B = \frac{1,2 \cdot 3,5}{36200 + 10,58 \cdot 1,315 \cdot 450 - 1,46 \cdot 1,506 \cdot 850} = 103,469 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{цикл}} \right)$$

Удельный расход топлива на время выдержки можно рассчитать по формуле (8.15):

$$b_{\text{выд}} = \frac{(T_{\text{разогр}} + B_{\text{выд}}) \cdot Q_H^P}{M_{\text{мет}} \cdot 29300} = \frac{(86400 + 103,469) \cdot 36200}{86 \cdot 29300} = 1,24 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{у.т}}{\text{кг} \cdot \text{мет.}} \right) \quad (8.15)$$

Расход условного топлива при выдержке на 1 кг продукции можно рассчитать по следующей формуле (8.16):

$$q_{\text{разогр}} = \frac{B \cdot Q_H^P}{M_{\text{сад}}} = \frac{103,469 \cdot 36200}{86} = 0,0435 \left(\frac{\text{МДж}}{\text{кг} \cdot \text{мет.}} \right) \quad (8.16)$$

Расход условного топлива за весь цикл термообработки можно рассчитать по следующей формуле (8.16):

$$q_{\text{разогр}} = b_{\text{разогр}} + b_{\text{выдержк}} = 0,640 + 0,0435 = 0,6835 \left(\frac{\text{МДж}}{\text{кг} \cdot \text{мет.}} \right) \quad (8.16)$$

Таким образом, мы выяснили, что за счет рекуперации тепла отходящих газов внутри пространства горелки смогли обеспечить экономию около 30% энергии по сравнению с системой, использующей холодный воздух горения.

На рисунке 8.1 показан схематичный график изменения КПД горелок с подогревом и без подогрева воздуха для горения.

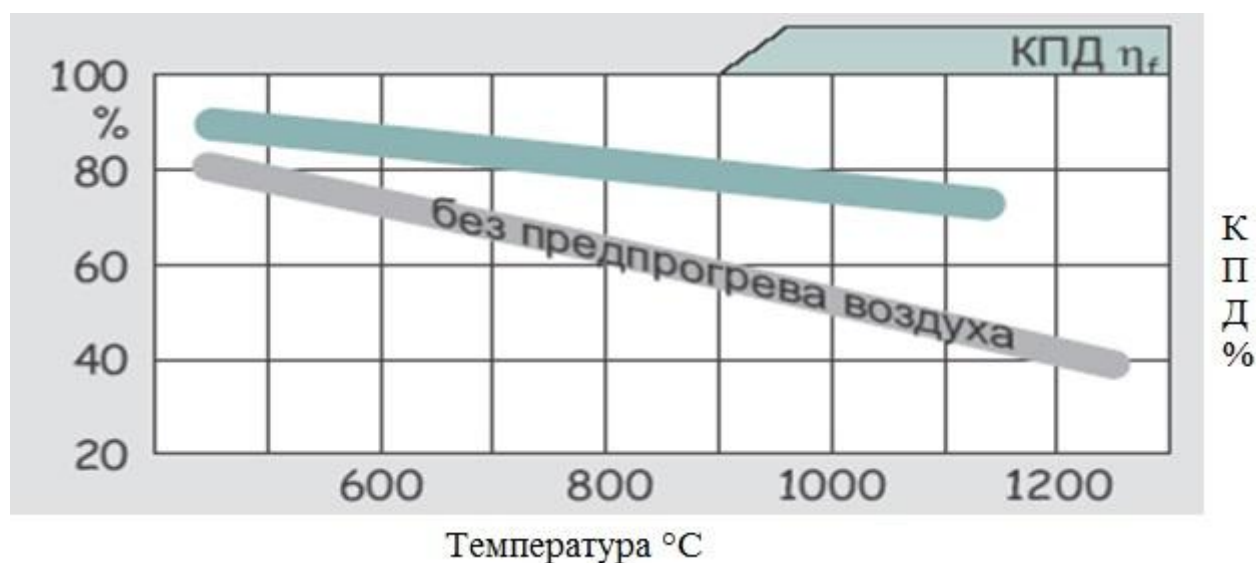


Рисунок 8.1 – График изменения КПД горелок с подогревом и без подогрева воздуха для горения

9 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

9.1 Расчёт выбросов окислов азота в атмосферу

При высоких температурах в ядре факела газогорелочных устройств происходит частичное окисление азота, содержащегося в воздухе и топливе. Поэтому при работе печи на природном газе уходящие газы содержат вредные вещества – оксиды азота. По сложившейся методике расчет выбросов ведется в пересчете на диоксид азота NO_2 .

Рассеивание загрязняющих веществ при помощи дымовых труб является одним из основных способов защиты атмосферы от загрязнения. На дымовые газы, выходящие из дымовых труб начинают оказывать влияние всевозможные метеоусловия. Это температура воздуха, скорость ветра и прочие. Горизонтальное перемещение примесей в основном определяется скоростью ветра, а вертикальное распределением температур по высоте [19].

Для заданных режимов термообработки стали на предприятии ООО «ВКМ – сталь» используются 16 горелок, суммарной мощностью 4320 кВт (4,32 Мвт). Для печи предусмотрена железобетонная дымовая труба $H = 35$ м и $D = 1,22$ м.

Выполнив поверочный расчёт дымовой трубы при выбросе диоксида азота для печи, в которой установлены 16 горелок, работающие на природном газе с содержанием азота $N_2 = 1,27\%$ [28]

Низшая теплота сгорания топлива: $Q_n^p = 36200$ кДж/кг;

Расход топлива на 1 горелку: $B_p = 0,007$ м³/с;

Температура на выходе из дымовой трубы: $t_{yx} = 158$ °С.

Температуры наружного воздуха:

– средняя температура самого жаркого месяца в полдень: $t_a = 25,1$ °С;

– средняя температура воздуха самого холодного месяца зимой: $t_3 = -17$ °С.

Барометрическое давление воздуха: $P = 725$ мм.рт.ст.

Печь располагается на территории республики Мордовия, значит коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы для Саранска принимаем равным: $A = 160$ с^{2/3} · мг/(к^{1/3} · К).

Расчет объёмов продуктов сгорания при сжигании природного газа с данными характеристиками производился ранее, в тепловом расчете термической печи.

Действительный объём продуктов сгорания (при нормальных условиях) $V_2 = 11,462$ м³/м³

На предприятии ООО «ВКМ – сталь» до реконструкции была установлена железобетонная дымовая труба высотой 35 метров и диаметром 1,22 метра. Произведем расчет концентрации загрязняющих веществ после установки новых газогорелочных устройств. В случае превышения предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ в воздухе, равной 0,085 мг/м³ то возникнет необходимость произвести мероприятия по снижению выбросов окислов азота.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Выполним расчёт высоты дымовой трубы [13]. Определим объёмный расход продуктов сгорания топлива при нормальных условиях по формуле (9.1):

$$V_n = V_2 \cdot B \cdot n, \quad (9.1)$$

где n – количество горелок, шт. $n=16$.

$$V_n = 11,462 \times 0,007 \times 16 = 1,28 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расчетный объем дымовых газов при рабочих условиях (9.2):

$$V_p = \frac{P_n \cdot V_n \cdot T_p}{P_p \cdot T_n} \quad (9.2)$$

$$V_p = \frac{760 \cdot 1,28 \cdot (158 + 273)}{725 \cdot 273} = 2,12 \text{ м}^3/\text{с}$$

Суммарное массовое количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при работе одного котла определяется по формуле (9.3):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) (1 - \beta_2 \cdot r) \beta_3, \quad (9.3)$$

где β_1 – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива. $\beta_1 = 1$;

β_2 – безразмерный коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в камеру. $\beta_2 = 0$;

β_3 – безразмерный коэффициент, учитывающий конструкцию горелок. $\beta_3 = 0,85$ для прямооточных горелок;

B – расход топлива, $\text{м}^3/\text{с}$;

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

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

k – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1 т сожженного условного топлива. Для термической печи находится по формуле (9.4):

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_\phi}{20 + Q_n}, \quad (9.4)$$

где $Q_n = 3,913 \text{ Гкал/ч}$ – номинальная теплопроизводительность печи;

$Q_\phi = 3,913 \text{ Гкал/ч}$ – фактическая теплопроизводительность печи.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$k = \frac{2,5 \cdot 3,913}{23,913} = 0,409 \text{ кг/т}$$

Тогда определим массовый расход диоксида азота для 16 работающих в номинальном режиме горелок:

$$M_{NO_2} = 0,000034 \cdot 16 \cdot 0,007 \cdot 36200 = 0,138 \text{ г/с}$$

9.2 Поверочный расчет дымовой трубы

Диаметр железобетонной дымовой трубы на котельной: $D_o = 1,22$ м. Тогда скорость газов определим по формуле (9.5):

$$w = \frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot D_o^2} \quad (9.5)$$

$$w = \frac{4 \cdot 2,12}{\pi \cdot 1,22^2} = 1,81 \text{ м/с}$$

Высота дымовой трубы котельной: $H = 35$ м. Определим коэффициенты n и m , учитывающие условия выхода газозвушной смеси из устья истока выбросов. Значение этих коэффициентов определяются по вспомогательным величинам, вычисляемым в свою очередь по конструктивным параметрам, рассчитываемых по формулам (9.6):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_p \cdot \Delta T}{H}}, \quad (9.6)$$

где $\Delta T = t_{yx} - t_z = 158 + 17 = 175^\circ\text{C}$ – разность температур уходящих газов и температурой воздуха самого холодного месяца зимой, $^\circ\text{C}$.

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{2,12 \cdot (175)}{35}} = 1,43$$

$$f = \frac{10^3 \cdot w^2 \cdot D_o}{H^2 \cdot \Delta T}$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 1,81^2 \cdot 1,22}{35^2 \cdot 175} = 0,019$$

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Расчетная формула коэффициента m при $f < 100$ (9.7):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (9.7)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,019} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,019}} = 1,291$$

Расчетная формула коэффициента n при $0,3 < v_m \leq 2$ определяется по формуле (8.9):

$$n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3) \cdot (4,36 - v_m)} \quad (9.8)$$

Коэффициент n при $v_m > 2$ принимается равным: $n = 1$.

Определим максимальную приземную концентрацию двуокиси азота без учета фоновой концентрации по формуле (8.10):

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_p \cdot \Delta T}} \quad (9.9)$$

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 0,138 \cdot 1 \cdot 1,291 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{2,12 \cdot 175}} = 0,00324 \text{ мг/м}^3$$

$C_{NO_2} < \text{ПДК}_{NO_2}$; $0,00324 < 0,085$ (мг/м³), что не превышает допустимый уровень ПДК как среднесуточного, так и максимального разового.

Максимальная приземная концентрация двуокиси азота не превышает ПДК данного вещества. Поэтому имеющаяся железобетонная дымовая труба не требует замены, она полностью удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям и сможет обеспечить необходимое рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

10 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

В выпускной квалификационной работе рассматривается реконструкция и техническое перевооружение печи завода ООО «ВКМ – сталь», г. Саранска, республики Мордовия, в частности установка более современной и продвинутой системы КИПиА.

10.1 Общие сведения

Автоматика безопасности должна обеспечивать:

- 1) прекращение подачи газа к горелкам с подачей световой и звуковой сигнализации при: недопустимом отклонении давления газа от заданного,
- 2) понижении давления воздуха на горение ниже заданного,
- 3) срабатывании блокировки любой горелки при отсутствии на ней пламени (прекращение подачи газа к конкретной горелке),
- 4) прекращении подачи электроэнергии (без световой и звуковой сигнализации).

Система управления печью представляет единый комплекс, состоящий из системы управления механизмами и системы управления температурным режимом печи. Управление осуществляется с помощью микропроцессорного контроллера и элементов дискретной автоматики.

Регулирование температуры, давления в печи, и управление остальными параметрами печи будет осуществлять PLC (программируемый логический контроллер). Регулирование температуры предусматривается в каждой зоне печи (смотри таблицу с техническими данными печи).

Регулирование температур при нагреве и при выдержке («выравнивании») происходит от термоэлементов в своде камеры печи. Предусмотрена защита от превышения максимальной температуры в печи при помощи независимого термоэлемента, что увеличивает надежность системы контроля перегрева печи.

Все оборудование системы управления, в том числе контроллер предусматривается разместить в помещении КИПиА в зоне установки печи. Все силовое оборудование (пускатели, автоматы защиты двигателей и др.) предусматривается разместить в силовом шкафу в зоне установки печи.

Силовое оборудование большой мощности будет снабжено системой, обеспечивающей минимальное влияние на электросеть цеха для соответствия требованиям стандартов по ЭМС (установка устройств плавного пуска двигателей вентиляторов) [25].

На рисунке 10.1 представлен шкаф управления, с помощью которого осуществляется частичный контроль за процессом термообработки металла в печи.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 10.1 – Шкаф управления

10.2 Система управления SKADA

На боковой стенке печи (или колонне заслонки) предусмотрена установка пульта управления, для непосредственного контроля за безопасным процессом движения заслонки и пода, и исключения травматизма.

Система управления будет оснащена современной системой сбора данных и управления (SKADA) на базе, которой будут осуществлены следующие функции:

Отображение:

- желаемая температура в печи,
- действительная температура в печи;
- давление в печи;
- время длительности процесса;
- время до конца процесса (в часах);
- аварийные сигналы;
- работа вентиляторов;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

45

- работа горелок;
- прочая служебная информация;
- позиция пода;
- позиция заслонки.

Управление:

- ручное (дистанционное) управление термическим процессом
- дистанционное включение основных устройств печи

На рисунке 10.2 отображаются данные процесса термообработки современной системы сбора данных (SKADA).



Рисунок 10.2 – Панель оператора

10.3 Шкаф управления

Шкаф управления (см. рисунок 10.1) предназначен для размещения логической части системы управления печью. Которая расположена на разных дверях, а также на боковых панелях.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

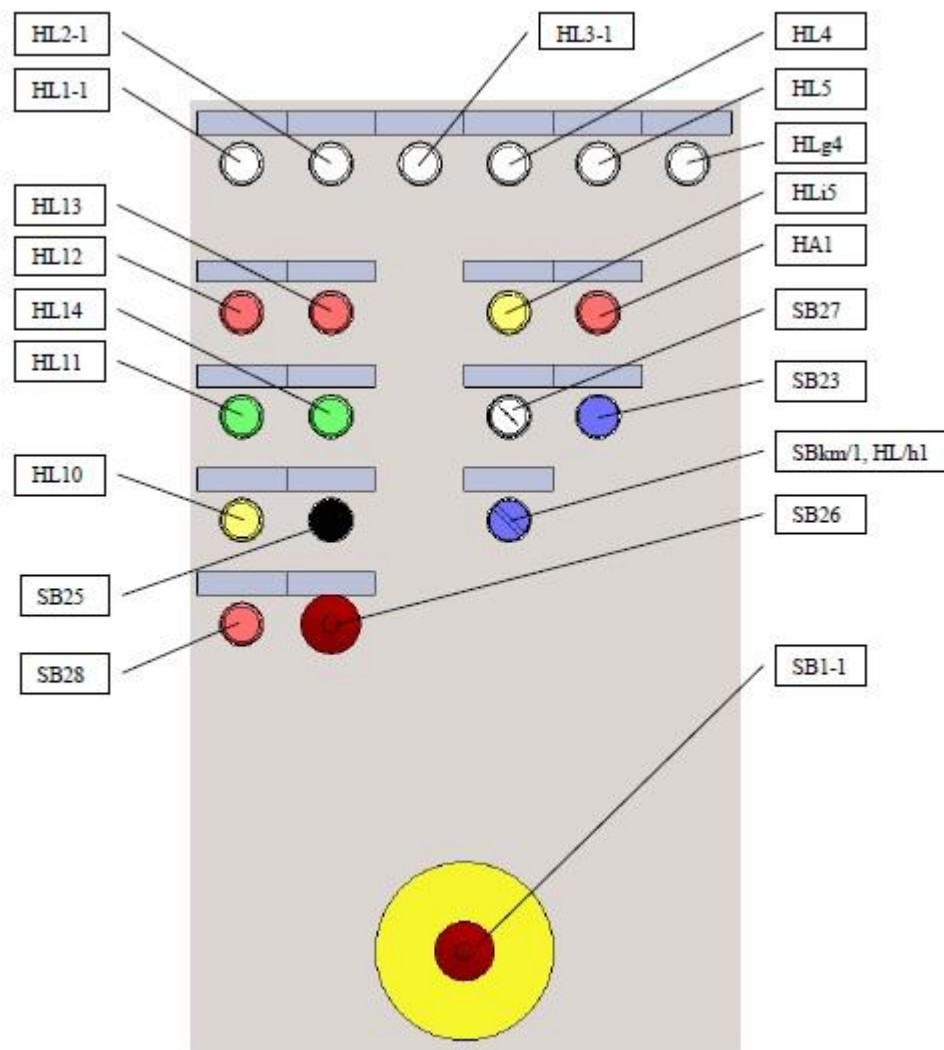


Рисунок 10.3 – Шкаф управления (дверь левая)

Шкаф управления имеет левую и правую двери.
На левой двери (см. рисунок 10.3) расположены:

1) Элементы сигнализации:

- HL1-1 – лампа «Напряжение подано»
- HL2-1 – лампа «Питание цепей управления ~220В»
- HL3-1 – лампа «Питание системы горения»
- HL4 – лампа «Питание станции =24В»
- HL5 – лампа «Питание цепей управления =24В»
- HLg4 – лампа «Питание цепей управления =9В»
- HL10 – лампа «Давление газа меньше нормы»
- HL11 – лампа « Давление газа норма»
- HL12 – лампа « Давление газа больше нормы»
- HL13 – лампа «Продувка»
- HL14 – лампа «Главный клапан включен»
- HLi5 – лампа «Наладка»
- HLh/1 – лампа «Включение обогрева»
- HA1 – звонок «Звуковая сигнализация»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

47

2) Элементы управления:

SB1-1 – «Аварийный СТОП»

SB23 – «Отключение звуковой сигнализации»

SB25 – «Главный клапан ПУСК»

SB26 – «Главный клапан СТОП»

SB27 – «Режим работы Наладка/Автомат»

SB28 – «Сброс сигнализации по давлению газа»

SBkm/1 – «Включение обогрева»

На рисунке 10.4 изображена правая дверь с элементами управления:

Аро1 – «Панель оператора»

SBg1 – «Питание цепей управления УПП»

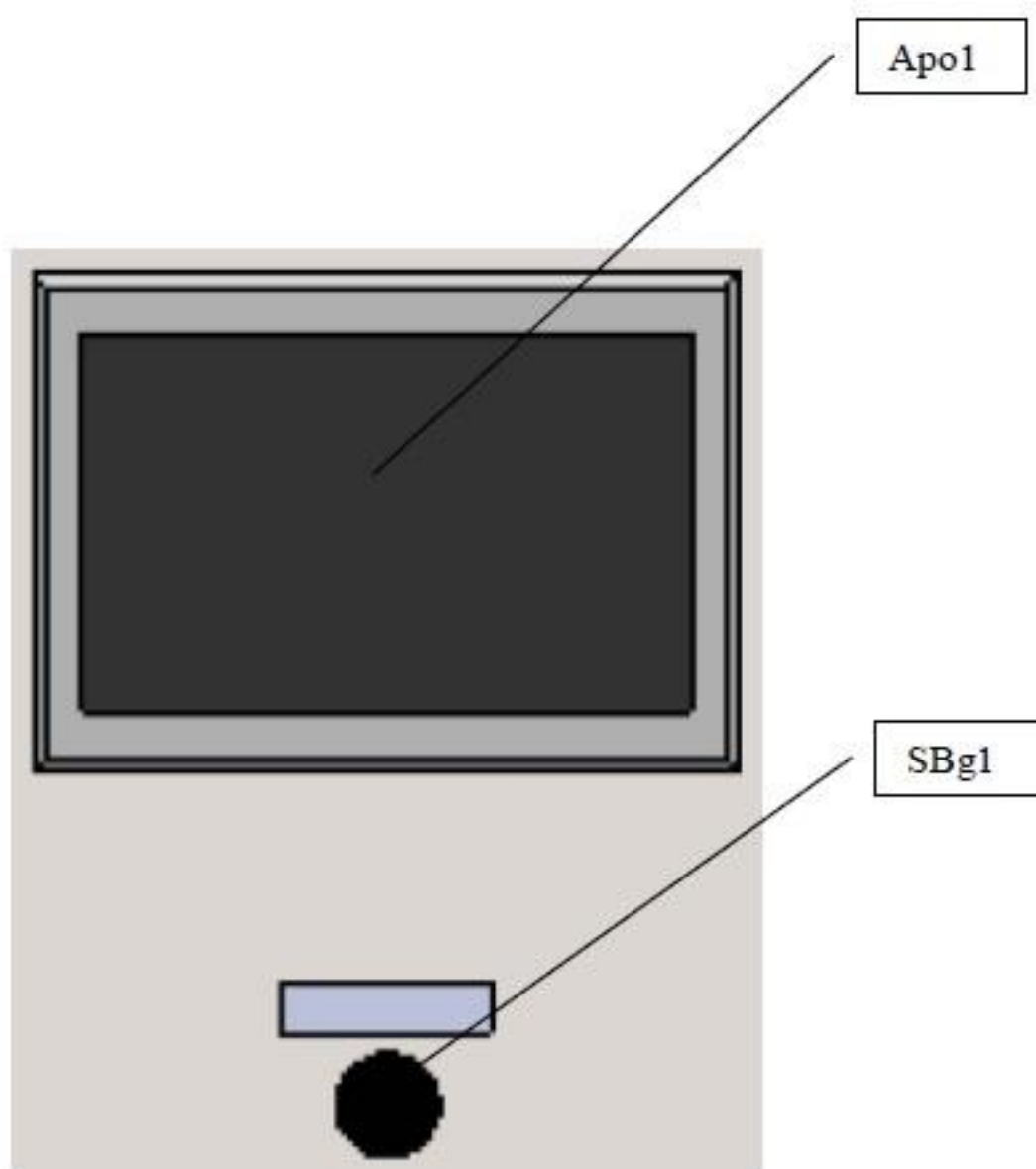


Рисунок 10.4 – Шкаф управления (дверь правая)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

48

На рисунке 10.5 изображена левая боковая дверь шкафа управления.

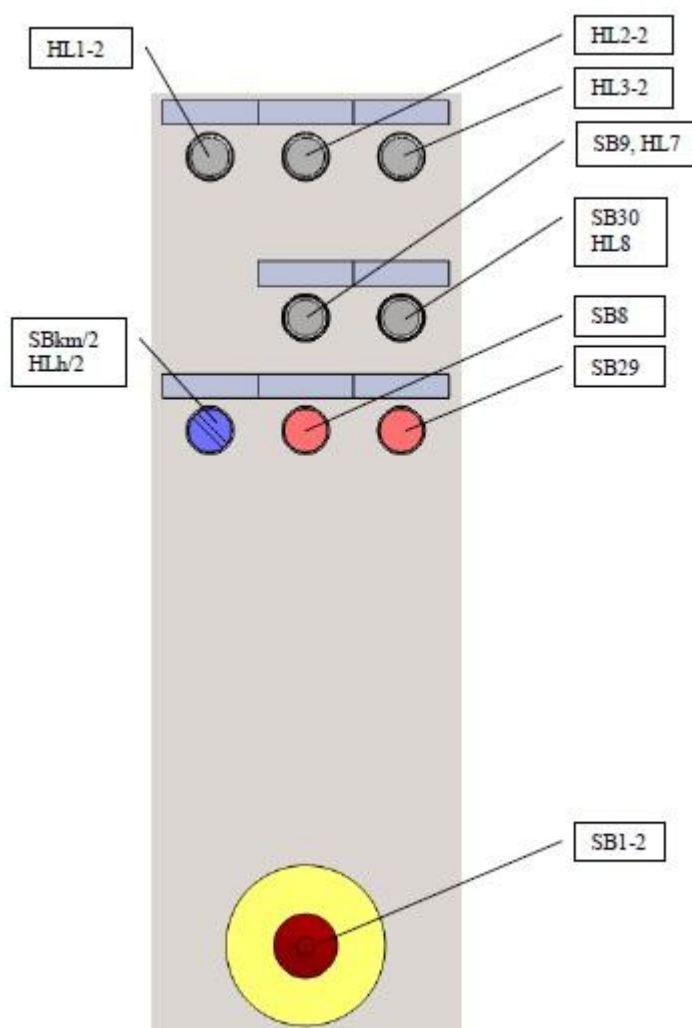


Рисунок 10.5 – Шкаф управления (левая боковая дверь)

На левой боковой стенке расположен QF1 – вводной автоматический выключатель.

На левой двери расположены:

1) Элементы сигнализации:

HL1-2 – лампа «Напряжение подано»

HL2-2 – лампа « Питание цепей управления 220В»

HL3-2 – лампа « Питание системы горения 220В»

HL7 – лампа «Вентилятор на горение ПУСК»

HL8 – лампа «Вентилятор на подмес ПУСК»

HLh/2 – лампа «Включение обогрева»

2) Элементы управления:

SB1-2 - «Аварийный СТОП»

SB8 – «Вентилятор на горение СТОП»

SB9 – «Вентилятор на горение ПУСК»

SB29 – «Вентилятор на подмес СТОП»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

49

SB30 – «Вентилятор на подмес ПУСК»

SBkm/2 – «Включение обогрева»

10.4 Пульт управления действующий

Пульт управления действующий (рисунок 10.6) предназначен для ручного управления процессом термообработки в печи. С его помощью есть возможность активировать аварийное остановку механизмов. А также управление заслонкой и подом печи.

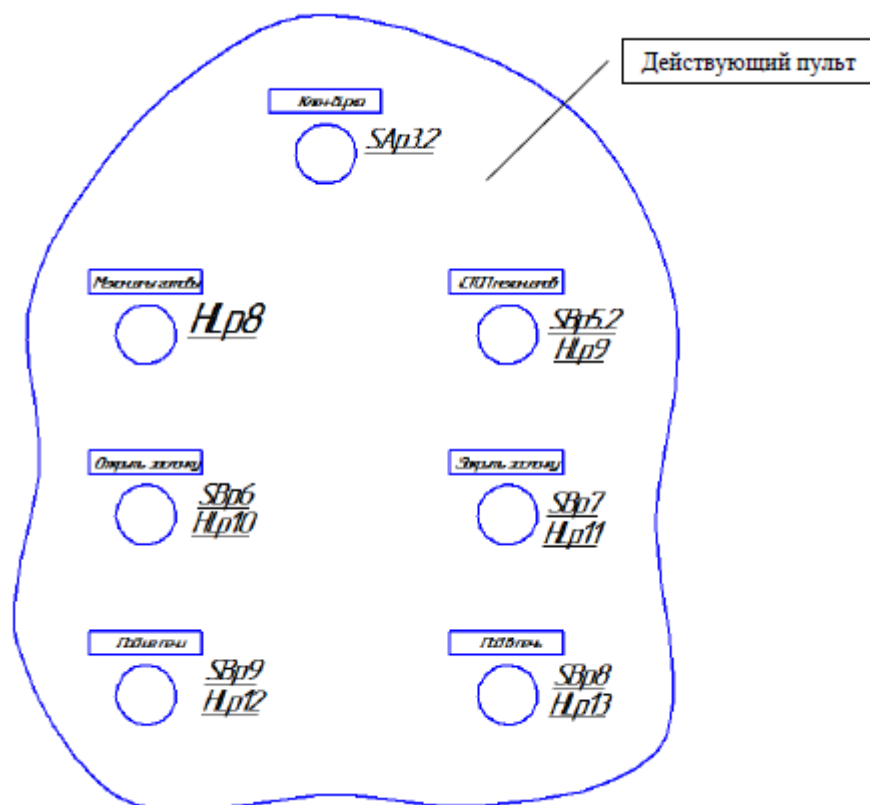


Рисунок 10.6 – Пульт управления действующий

Пульт управления действующий содержит:

1) Элементы сигнализации:

HLp8 – лампа «Механизмы готовы»

HLp9 – лампа « Авар. стоп механизмов»

HLp10 – лампа «Заслонка вверху»

HLp11 – лампа «Заслонка внизу»

HLp12 – лампа «Под в печи»

HLp13 – лампа «Под вне печи»

2) Элементы управления:

SAp3.2 – «Фиксатор ключ-бирка»

SBp5.2 – «Авар. стоп механизмов»

SBp6 – «Заслонку Открыть»

SBp7 – «Заслонку Закреть»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

50

SBp8 – «Под в печь»
 SBp9 – «Под из печи»

10.5 Пульт управления печи

Пульт управления (рисунок 10.7) предусматривает основные лампы сигнализаций, отвечающие за нахождение пода в печи, основных механизмов и заслонки. С помощью данного устройства дополнительно производится управление подом и заслонкой, а также контроль режимов процесса термообработки.

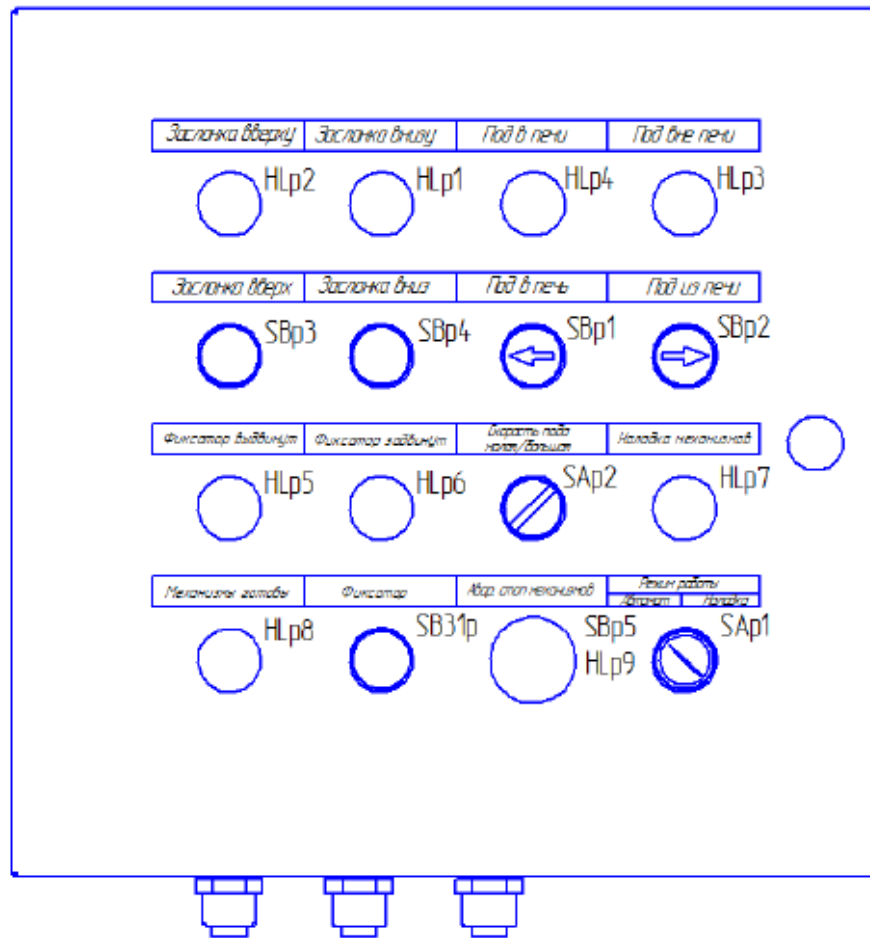


Рисунок 10.7 – Пульт управления печи

Пульт управления печи содержит:

1) Сигнализация:

- HLp2 – лампа «Заслонка вверх»
- HLp1 – лампа «Заслонка вниз»
- HLp4 – лампа «Под в печи»
- HLp3 – лампа «Под вне печи»
- HLp5 – лампа «Под вне печи»
- HLp6 – лампа « Фиксатор задвинут»
- HLp7 – лампа «Наладка механизмов»

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

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

51

HLp8 – лампа «Механизмы готовы»
HLp9 – лампа « Авар. стоп механизмов»
2) Элементы управления:
SAp1 – «Режим работы Автомат/Наладка»
SAp2 – «Скорость пода»
SBp1 – «Под в печь»
SBp2 – «Под из печи»

SBp3 – «Заслонка вверх»
SBp4 – «Заслонка вниз»
SBp5 – «Авар. стоп механизмов»
SB31p – «Фиксатор»

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

11 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Объектом проектирования является газовая термическая печь на предприятии ООО «ВКМ – сталь» в городе Саранске.

Здание цеха – одноэтажное, кирпичное, высотой 16 метров до плит перекрытия и размерами 84,0×42,0 (длина, ширина).

В помещении предприятия расположены шесть термических печей, газовые горелки, турбовоздуходувки, газораспределительные системы (ГРУ), системы КИПиА, подъемные краны, емкости для жидкостного охлаждения заготовок.

В качестве топлива для сжигания используется природный газ среднего давления не более 0,25 МПа.

Отметим общие принципы безопасности при эксплуатации производственного оборудования, которые во время технического обслуживания и ремонта должны обеспечивать безопасность обслуживающего персонала.

Конструкционные материалы оборудования не должны оказывать вредное и опасное воздействие на организм человека при текущих условиях эксплуатации, а также создавать угрозу пожароопасных и взрывоопасных ситуаций.

Конструкции производственного оборудования не должны иметь кромок, заусенцев, острых углов и неровных поверхностей, представляющих опасность травматизма работающих.

Части производственного оборудования (в том числе трубопроводы, предохранительные клапана, кабели), повреждение которых может вызвать опасность, они должны быть ограждены или находиться в тех местах, чтобы избежать их случайное воздействия с работающими или средствами технического обслуживания и их повреждения.

При эксплуатации технологического оборудования на обслуживающий персонал возможно воздействие опасных и вредных факторов.

11.1 Анализ опасных и вредных факторов

При определенном уровне воздействия или продолжительности вредные производственные факторы могут перерасти в опасные производственные факторы.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-80 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Вредный производственный фактор – это фактор, воздействие которого при определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья: открытые токоведущие части, системы под давлением, движущие части систем и механизмов и т.д.

Основными, вредными производственными факторами при эксплуатации котельной являются физические факторы и факторы трудового процесса:

- температура;
- влажность;
- подвижность воздуха;
- шум [17] и вибрация [18];

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

– напряженность труда.

Опасный производственный фактор – это фактор, воздействие которого при определенных условиях приводит к профзаболеванию или потери трудоспособности, резкого ухудшения здоровья, смерти. Опасными производственными факторами при эксплуатации отопительной котельной являются:

- электрическая опасность [19];
- пожароопасность [20];
- травмоопасность.

11.2 Общие нормы охраны труда

11.2.1 Персонал

Печь должна эксплуатироваться только персоналом, имеющим допуск и обученным для этой цели. Данная мера предосторожности распространяется также на персонал, который будет проводить обслуживание. Не разрешается посторонним лицам приближаться или подниматься на печь во время работы или обслуживания.

Эксплуатация систем газоснабжения печи должна осуществляться службами газового хозяйства или ответственными лицами за газовое хозяйство на предприятии.

Эксплуатацию системы газоснабжения необходимо выполнять в соответствии с требованиями нормативных документов, регламентирующих нормы и требования по безопасной и надежной эксплуатации систем газоснабжения, газоиспользующего оборудования и приборов.

На предприятии Заказчика приказом руководителя (собственника) должны назначаться лица, ответственные за техническое состояние и безопасную эксплуатацию системы газоснабжения. Для лиц, занятых технической эксплуатацией газового хозяйства, руководителем (собственником) должны быть разработаны и утверждены должностные, производственные инструкции по безопасным методам работ. Инструкции должны быть разработаны с учетом особенностей газового хозяйства, требований заводов-изготовителей оборудования и конкретных условий производства.

Работники предприятия и его структурных подразделений, выполняющие работу по эксплуатации систем газоснабжения и газового оборудования, дымоотводящих устройств и вентиляционных систем и каналов, должны пройти необходимую подготовку и проверку знаний Правил безопасности, а также соответствующих разделов строительных норм и правил и других нормативных документов в объеме выполняемой ими работы в соответствии с Типовым положением об обучении.

На предприятии должно быть разработано и утверждено руководителем положение-инструкция по организации и проведению контроля за безопасной эксплуатацией газового хозяйства, в котором должно быть предусмотрено:

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i> 54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- периодичность и объем проводимых проверок;
- порядок выявления и устранения нарушений;
- определение состояния газопроводов, газового оборудования и приборов;
- анализ причин допущенных нарушений;
- проверка деятельности руководителей служб, цехов и других подразделений по обеспечению ими условий для соблюдения на рабочих местах требований этих Правил, а также выполнение ими предписаний органов Госнадзора и службы охраны труда предприятия

Обязанности лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию систем газоснабжения предприятия Заказчика, определяются должностной инструкцией, которая утверждается Заказчиком.

На предприятии Заказчика должны быть разработаны в соответствии с действующим законодательством планы локализации и ликвидации возможных аварий в системе газоснабжения, организовано систематическое проведение учебно-тренировочных занятий с обслуживающим персоналом по этим планам, согласно утвержденному графику, с записью в журнале.

11.2.2 Профилактические меры обеспечения безопасности

Запрещается выполнять любые работы на работающем оборудовании.

Доступ в опасные зоны разрешается только после выключения и полной остановки движущихся узлов и оборудования, а так же отключения электроэнергии.

Запрещается доступ в зоны работы перемещающегося оборудования.

Не допускается скопление на рабочем месте мусора, заготовок или любого другого материала.

Работы внутри печи (на печи) должны выполняться в присутствии подручного.

Работа внутри печи таит в себе потенциально-опасные (не всегда четко распознаваемые) ситуации, а именно:

- 1) Отсутствие освещения в зонах, удаленных от проема загрузки / выгрузки;
- 2) Горячая атмосфера печи;
- 3) Загазованный воздух.

Необходимо следовать установленному порядку безопасности выполнения работ, применять предписанные защитные средства и оснастку, применять индивидуальные средства защиты.

Доступ к верхним ярусам допускается только по лестницам и площадкам для обслуживания.

После выполнения ремонтных работ или уборки ответственный персонал обязан проверить, чтобы все ограждения, кожуха и предохранительные устройства были поставлены на свои места.

							<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				55

Обслуживающий и (или) ремонтный персонал, работающий в ночную смену, должен иметь при себе сигнальное устройство, обеспечивающее аварийную связь с руководителем смены.

Запрещается приближение к перемещающимся частям печи людей в широкой и распахивающейся одежде; во избежание опасных для жизни последствий при работе вблизи вращающихся механизмов, длинные волосы следует собрать под шапочку.

11.2.3 Средства индивидуальной защиты

При выполнении ремонтных работ следует надевать обувь на не скользящей подошве, а также каску или защитный головной убор в соответствии с требованиями ОТ для конкретных работ.

Во время обслуживания вентиляторов рабочий должен надевать защитные наушники; следует информировать рабочего о том, что вибрация и звуковое давление приводит к понижению рефлексов, что, в свою очередь, может стать потенциальной причиной несчастных случаев.

При работе с горячими заготовками необходимо пользоваться перчатками из пористого материала. Резиновые, кожаные, дерматиновые перчатки при соприкосновении с горячими поверхностями могут стать источником ожога.

Работы по уходу за оборудованием и, в частности – уборку, необходимо выполнять в спецодежде с применением соответствующих инструментов. Для уборки пыли внутри шкафов управления, а также керамической пыли после ремонта волокнистой теплоизоляции необходимо использовать пылесос. Рабочая одежда и предметы индивидуальной защиты должны отвечать требованиям ОТ и санитарных норм той страны, где будет эксплуатироваться оборудование.

11.2.4 Защита от ожогов

При проведении срочного и профилактического ремонта, а также при ликвидации неисправностей необходимо пользоваться предписанными средствами индивидуальной защиты.

С особой осторожностью необходимо обращаться с панелями печи в зоне установки горелок и вентиляторами, которые могут сильно нагреваться.

В случае необходимости проведения работ внутри камеры еще не остывшей печи рабочий должен надеть огнестойкий комбинезон.

11.2.5 Защита от пыли

Во избежание попадания керамической пыли в дыхательные пути во время уборки площадки и печи обслуживающий персонал обязан надевать герметично закрытые защитные очки и респиратор, утвержденные и сертифицированные в соответствии с санитарными нормами.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Удаление пыли из печи и уборку окружающего участка, особенно после проведения работ, связанных с обслуживанием волокнистой футеровки, следует выполнять при использовании пылесоса; категорически запрещается применять для этой цели сжатый воздух.

11.2.6 Предупреждение падений и скольжений

Для подъема на площадки необходимо использовать лестницы, контролировать состояние ступенек и не допускать их загрязнения смазочными материалами.

Запрещается вставать на свод печи. Для проверки состояния свода следует установить деревянные настилы с направляющими, которые крепят к силовым элементам печи; несоблюдение этого правила может привести к тяжелейшим последствиям в результате падения.

Не допускать нахождения подсобных материалов и ремонтной оснастки у печи после окончания ремонтных работ.

После окончания работ необходимо полностью освободить рабочий участок. Категорически запрещается загромождать проходы.

11.2.7 Меры электробезопасности

Прикосновение к оголенным проводам или кабелям с поврежденной изоляцией опасно для жизни. К обслуживанию электрооборудования допускается только персонал с группой по электробезопасности не ниже III.

Перед тем, как приступить к техническому обслуживанию или ремонту электрических цепей или электроаппаратуры, необходимо отключить их от источника электропитания.

Необходимо принять все меры к тому, чтобы запретить доступ посторонних к выключателям и рубильникам.

Для большей надежности следует извлечь предохранители и положить их в недоступное для посторонних место.

Контрольно-измерительные операции, требующие контакта с проводами под напряжением, должны осуществляться при помощи соответствующего инструмента, имеющего необходимую изоляцию и защиту.

11.3 Противопожарная профилактика

Для работающих на пожароопасных участках необходимо разработать инструкции по пожарной безопасности.

Инструкции по пожарной безопасности должны отвечать требованиям Правил пожарной безопасности страны Заказчика.

Ответственное лицо обязано обеспечить проведение инструктажа по технике противопожарной безопасности и правилам поведения во время пожара для лиц, занимающихся обслуживанием и ремонтом печи.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

При взрыве или пожаре в цехе обслуживающий персонал должен немедленно перекрыть подачу газа отключающим устройством, установленным на вводе газопровода в помещение, в котором установлена печь.

В непосредственной близости от печи должны быть вывешены таблички с телефонами пожарной службы и скорой помощи.

Запрещается курить рядом с печью.

Необходимо периодически проверять состояние всех противопожарных средств (огнетушителей).

В рабочей зоне не должно быть бумаги, ветоши, пластмассы или горючей жидкости.

Перед тем как приступить к замене неисправных деталей, в результате которой может произойти утечка топлива, следует отключить магистраль от системы снабжения топливом и продуть газопроводные трубы инертным газом или сжатым воздухом до полного удаления газа. Закрывать открытый трубопровод глухими фланцами или пробками.

Оператор не должен входить в печь до тех пор, пока из нее не будут удалены пар, газы и т. д. Очистку атмосферы внутри печи выполняют после ее выключения посредством нагнетания и отсоса воздуха при помощи вентилятора.

В случае выявления неисправности внутри печи выполнение работ допускается при условии выполнения следующих правил:

1) при работе одного рабочего внутри печи другой рабочий должен находиться рядом с печью.

2) для внутреннего освещения камеры допускается применять только взрывобезопасные лампы с напряжением питания не более 24В.

Пожаровзрывобезопасность обеспечивается: действием автоматики безопасности, проверкой в автоматическом режиме плотности запорной арматуры и газоразводки по печи, автоматической продувкой газопроводов и рабочего пространства печи перед

розжигом горелок, выполнением мероприятий, включая систему технического обслуживания и ремонта, обеспечивающих содержание печи в исправном состоянии.

11.4 Проведение газоопасных работ

На выполнение газоопасных работ должен быть выписан наряд-допуск с проведением инструктажа по мерам безопасности. В наряде-допуске должен указываться срок его действия, время начала и окончания работы. При невозможности окончить работу в установленный срок наряд-допуск на газоопасные работы подлежит продлению лицом, его выдавшим.

Перед началом газоопасной работы, проводимой по наряду-допуску, ответственный за ее проведение обязан проинструктировать всех работающих на рабочем месте о необходимых мерах безопасности.

После этого каждый работник, получивший инструктаж, должен расписаться в наряде-допуске.

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

В процессе проведения газоопасной работы все распоряжения должны даваться лицом, ответственным за работу.

Другие должностные лица и руководители, участвующие в проведении работы, могут давать указания работникам только через ответственного за проведение данной работы.

Перед тем, как приступить к замене деталей системы подачи и контроля газа следует установить ограждения и повесить таблички, запрещающие доступ в рабочую зону. Такие же таблички следует поместить на отсекающие клапана и запорные газовые краны.

Участки газопровода, расположенные перед местом, где выполняются работы, должны быть перекрыты глухими фланцами или герметичными пробками (в зависимости от диаметра).

Во время замены комплектующих газораспределительной системы должна работать приточно-вытяжная вентиляция участка; запрещается выключать устройства световой сигнализации.

При замене участков газопровода следует обязательно заменять уплотнительные прокладки в местах фланцевых соединений.

Все газопроводы и газовое оборудование перед их присоединением к действующим газопроводам, а также после ремонта должны подвергаться внешнему осмотру и контрольной опрессовке бригадой, производящей пуск газа.

Контрольная опрессовка должна выполняться воздухом или инертным газом, т.к. возможны неконтролируемые утечки и опасность взрыва.

Контрольная опрессовка газопроводов, а также оборудования и газопроводов подвода газа должна производиться согласно нормативных документов страны Заказчика.

По результатам контрольной опрессовки организацией, проводившей опрессовку, должен составляться акт и производиться запись в нарядах-допусках на выполнение газоопасных работ.

Проверка герметичности газопроводов, арматуры и приборов огнем запрещается.

Пребывание посторонних лиц, а также курение в местах проведения газоопасных работ и применение открытого огня запрещаются.

Пуск газа в газопровод, если не проверена осмотром его целостность, исправность газового оборудования и не проведена контрольная опрессовка, запрещается.

Ответственным за обеспечение работников средствами индивидуальной защиты и исправность этих средств является специалист, который руководит газоопасной работой, а при выполнении работ, которые могут проводиться без руководителя, – лицо, поставившее задание.

Обеспеченность средствами индивидуальной защиты и их исправность определяются при выдаче наряда-допуска на газоопасные работы. Ответственным за это является специалист-газовщик.

При организации рабочего места руководитель работ обязан обеспечить возможность быстрого вывода рабочих из опасной зоны.

11.5 Таблички с предупреждениями и правилами охраны труда

На подводе газа на видном месте должны быть вывешены схемы устройства, предупредительные надписи и инструкции по эксплуатации, пожарной безопасности и ОТ.

На ограждении подвода газа на видном месте необходимо устанавливать предупредительные надписи «Огнеопасно. Газ».

Все таблички с предупреждениями и предписаниями по ОТ должны поддерживаться в хорошем состоянии, все надписи на них должны быть выполнены разборчиво и четко. По мере необходимости их следует очищать. Поврежденные таблички должны быть как можно скорее восстановлены, а утерянные — заменены.

Выписки параметров настройки автоматики безопасности и средств сигнализации необходимо вывесить на рабочих местах.

На печи должны быть вывешены таблички:

- с предупреждающими знаками по ГОСТ 12.4.026-2001 с поясняющей надписью: «Огнеопасно. Газ»;
- с запрещающими знаками по ГОСТ 12.4.026-2001;
- указательными знаками по ГОСТ 12.4.026-2001 с поясняющей надписью: «скорая помощь (с указанием телефонного номера)».

При проведении работ по обслуживанию и ремонту необходимо вывешивать таблички: с запрещающими знаками по ГОСТ 12.4.026-2001 с поясняющей надписью: «Не включать. Работают люди».

11.6 Предохранительные устройства, установленные на печи

Работы по модернизации термической печи № 11 выполнены в соответствии с требованиями правил по обеспечению безопасности обслуживающего и ремонтного персонала с целью снижения рисков и опасности на рабочих местах.

Для полного обеспечения требований правил безопасности и в соответствии с действующими нормативами предусмотрены следующие механические, электромеханические и электрические защитные средства:

1) датчики реле давления для контроля минимального/максимального допустимого давления газа, запорные нормально закрытые электромагнитные клапана, нормально открытый клапан продувки газопровода по печи, запорные краны на подводе газа к печи и у каждой горелки;

2) ультрафиолетовые датчики контроля наличия пламени и автоматы для отключения подачи газа на отдельные горелки в случае погасания пламени;

3) предохранительное реле давления на подающем воздушном трубопроводе, служащее для блокирования подачи газа в случае поломки двигателя вентилятора;

4) тепловая защита на двигателе вентилятора;

5) преобразователи термоэлектрические для контроля температуры в печи при импульсном регулировании подачи газа в каждой зоне;

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.003.03 ПЗ					

6) дополнительный контрольный преобразователь термоэлектрический, блокирующий подачу газа в случае достижения максимально допустимой температуры в камере печи;

7) датчик давления в камере печи и механизированная шиберная заслонка для плавного регулирования давления в печи. При достижении аварийного давления в печи произойдет блокировка подачи газа;

8) звуковая и световая сигнализация служит для предупреждения о возникновении любой потенциально опасной аварийной ситуации или блокировки (температурный режим или аварии общего характера: отключения газа, выход из строя вентилятора и т.д.);

9) пульт управления включает в себя органы управления заслонки подъемной и подом выкатным;

10) кнопка аварийного выключения печи;

11) отображение на шкафу управления текущих аварийных сигналов;

12) главный выключатель электроснабжения, ручное защитное устройство для подсоединения/отключения печи от источника электроснабжения;

13) замок створок шкафа управления и шкафа силового.

В конструкции печи предусмотрены средства технической защиты: кожухи, ограждения, имеющие предупредительную окраску.

С помощью предохранительных устройств обеспечивается система технологических защит, прекращающих подачу газа в следующих случаях:

- погасания факела горелки;
- отклонение давление газа перед горелкой за пределы области устойчивой работы;
- понижение давления воздуха ниже допустимого;
- повышение давление в печи (уменьшение разрежения);
- прекращение подачи эл. энергии или исчезновение напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления и средствах измерения.

11.7 Потенциальная опасность

В таблице 11.1 перечислены основные риски, которые могут возникать в нормальных рабочих условиях.

Таблица 11.1 – Общие характеристики печи (2003г.)

Вид работы	Зоны печи	Опасность	Пункт руководства с мероприятиями по устранению риска
1	2	3	4
Нормальная эксплуатация	Разводка газовая	пожар, отравление	1.3, 1.4

Продолжение таблицы 11.1

1	2	3	4
Нормальная эксплуатация	Корпус печи, воздухопроводка, отвод продуктов горения	Ожоги	1.2.4
Нормальная эксплуатация	Шкаф и пульты управления, электрооборудование	Удар током	1.2.7
Нормальная эксплуатация	Отсутствие / неправильное размещение предупредительной сигнализации по печи	пожар, ожоги	1.3, 1.4, 1.2.4
Нормальная эксплуатация	Случайное отсутствие защитных устройств по печи	Опасность падения, травмы, удар током	1.2.6, 1.2.7
Нормальная эксплуатация	Отвод продуктов горения	Отравление продуктами горения	1.10
Нормальная эксплуатация	Вся печь: на месте проведения работ много мусора и посторонних предметов	Травмы, переломы, увечья	1.2.2
Нормальная эксплуатация	Заслонка, выкатной под	Травмы, переломы, увечья	1.2.2
Монтаж/демонтаж печи	Вся печь	Падение предметов	1.2.6
Техническое обслуживание	Лестницы, свод печи	Опасность падения	1.2.6
Свод печи	Ожог		1.2.4
Аварийные ремонтные работы	Внутренняя камера печи	Удушье, горячие поверхности	1.2.2, 1.2.4
	Вентилятор	Шум	1.2.3

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

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

Лист

62

11.8 Изменение конструкции печи

Категорически запрещается изменять конструктивные характеристики печи и ее узлы без специального письменного разрешения Поставщика; любые неавторизованные модификации являются потенциально опасными, поскольку они могут привести к потере заложенных при проектировании печи параметров надежности.

Поставщик не несет ответственность за любой физический или хозяйственный ущерб, полученный по причине и в результате внесения неавторизованных изменений в конструкцию.

11.9 Меры безопасности, обеспечиваемые предприятием

С целью обеспечения полной безопасности на рабочих местах Заказчик обязан подготовить следующие условия:

Условия помещения для установки оборудования:

- рабочее и аварийное освещение;
- место установки печи должно быть выполнено из негорючих материалов;
- соответствующая вентиляция для удаления тепла, дымов и газов;
- запасные выходы;
- средства скорой помощи, помещение и оборудование для обеспечения ОТ в соответствии с требованиями законодательства страны Заказчика;
- подсоединение к линиям снабжения в соответствии с требованиями Поставщика и НД;
- средства для сбора и последующей утилизации отходов производства, включая вредные и особые отходы (масла и другие смазочные материалы, поврежденный или отбракованный материал и т.п.);
- воспреещение доступа посторонним лицам, предупреждения в особых случаях об опасности для здоровья людям с протезами и с сердечными стимуляторами;
- пожарное оборудование и оснастка;
- молниеотводы;
- защитные средства против электромагнитных помех в соответствии с нормами;
- систему контроля утечек газа;
- средства индивидуальной защиты для обслуживающего персонала и посетителей;
- базовую стажировку обслуживающего и ремонтного персонала и надлежащее обучение с учетом обязанностей каждого специалиста;
- инструкции для обслуживающего и ремонтного персонала: ознакомление с руководством по эксплуатации, схемами, предупредительными табличками, размножение страниц инструкций по эксплуатации, касающихся особых ситуаций (например, аварийный

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				13.03.01.2017.003.03 ПЗ	63

- останов, повторный пуск, принимаемые меры в случае включения предохранительных устройств);
- оформление записей в журнале технического обслуживания и отдельных протоколов о выполнении ремонтных мероприятий;
- ведение протокола аварий и неисправностей.

11.10 Система безопасности обеспечивает прекращение подачи газа к горелкам с подачей световой и звуковой сигнализации:

- при недопустимом отклонении давления газа от заданного;
- при погасании пламени у горелки (только у погасшей горелки);
- при понижении давления воздуха на горение ниже заданного;
- при окончании цикла термообработки (без звуковой сигнализации);
- при прекращении тяги;
- при прекращении подачи электроэнергии (без подачи сигналов).

Автоматика безопасности обеспечивает прекращение подачи газа к горелкам с подачей световой и звуковой сигнализации в соответствии с ГОСТ 21204-83 при:

- недопустимом отклонении давления газа от заданного (минимальное - 4,5 кПа, максимальное – 12 кПа);
- понижении давления воздуха ниже 1,2 кПа или отключении вентилятора подачи воздуха на горение;
- превышении давления в печи выше 0,1 кПа в течении более 10 секунд;
- превышении температуры в рабочем пространстве печи выше 1050 °С;
- погасании пламени у горелки при наличии сигнала управления на приборе контроля пламени (прекращение подачи газа только к данной горелке);
- прекращении подачи электроэнергии (без световой и звуковой сигнализации);
- обрыв в цепи преобразователя термоэлектрического регулятора температуры в печи.
- превышении температуры отходящих дымовых газов через заслонку регулирования давления в печи выше 350 °С;
- превышении температуры уходящих в дымовую трубу дымовых газов выше 250 °С;

Автоматика безопасности обеспечивает подачу световой и звуковой сигнализации для принятия оперативного решения.

Розжиг горелок возможен:

- 1) при открытом главном газовом клапане;
- 2) при давлении газа в норме;
- 3) после проверки газопровода на герметичность;

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

- 4) после окончания продувки газопровода;
- 5) при давлении воздуха на горение в норме;
- 6) при давлении в печи в норме;

На лицевой панели шкафа управления и шкафа силового установлен кнопочный пост аварийного отключения при внештатных ситуациях.

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

12 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

12.1 Введение

Реконструкция и применение современных технологии энергосбережения в промышленности всегда актуально.

Это связано с тем, что в промышленности расходуется до 80% энергии. Термическое оборудование, промышленные печи являются одним из наиболее значительных потребителей энергоносителей (газ, электричество) и ресурсов (огнеупоры, нагреватели, электроды, медь, газы, масла, вода и т.д.) на металлургических, машиностроительных предприятиях, предприятиях производителей керамики, фарфора.

Доля полезного тепла (КПД) по сравнению с общим энергопотреблением составляет часто лишь 10...30% для печей и термического оборудования, работающего на газе, и 30...50% для электротермического оборудования.

Стоимость энергоносителей постоянно растет, особенно в последнее время.

Учитывая высокую степень энергопотребления при эксплуатации печей, термического оборудования, особо актуальным представляется вопрос об осуществлении жёсткой экономии энергии путём применения технологий энергосбережения, усовершенствования способов подогрева воздуха для горения, применения новых материалов теплоизоляции и конструкций при строительстве новых печей и реконструкции действующего термического парка.

В настоящее время на предприятии ООО «ВКМ – сталь» находится в эксплуатации устаревшая печь с КПД не более 15%. Наша задача повысить КПД, снизить расходы на энергоресурсы, а также улучшить саму технологию производства, используя современные технологии термообработки, новые виды теплоизолирующих материалов, усовершенствованные способы рекуперации тепла отходящих газов.

В технико-экономическом расчете выпускной квалификационной работы рассматривается реконструкция и техническое перевооружение промышленной печи на предприятии ООО «ВКМ – сталь» г. Саранска, республики Мордовия. Целью расчета является оценка целесообразности проекта и его эффективности, а также проведение оценочного анализа сроков и стоимости реализации реконструкции.

Для расчета экономической эффективности рассмотрим работу печи до и после реконструкции.

12.2 Расчет капитальных и текущих затрат

Количественные показатели по топливу и электроэнергии приняты по данным соответствующих разделов проекта; амортизационные отчисления печи определены по нормами отчисления в ремонтный фонд приняты в размере 10 % от суммы амортизационных отчислений; общепроизводственные и прочие расходы приняты в размере 600 тыс.руб [38].

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.003.03 ПЗ				

12.2.1 Исходные данные

Исходные данные приведены в таблице 11.1

Таблица 12.1 – Исходные данные

Параметр	Ед.изм.	Значение	
		до	после
1	2	3	4
Масса садки	т	86	86
Цикл технологического процесса	ч	21	21
Расход газа за один цикл	м3	6714	5078
Стоимость газа	руб/тыс.м3	4160	4160

12.2.2 Смета капитальных затрат

Капитальные вложения на реконструкцию печи ООО «ВКМ – сталь» выполнены в ценах мая 2017 года.

Стоимость затрат на разработку, транспортные расходы, демонтажные и монтажные работы, а также прочие расходы приведены из схожего проекта компании ООО «Технологии нагрева и термообработки» [40].

Стоимость оборудования приведена из электронных каталогов фирм производителей соответствующего оборудования и материалов [44,45,46].

Смета капитальных затрат представлена в таблице 12.2.

Таблица 12.2 – Смета капитальных затрат на реконструкцию и техническое перевооружение печи

Параметр	Ед.изм.	Значение
1	2	3
1. Затраты на разработку проекта	млн.руб.	1,10
2. Транспортные расходы	млн.руб.	0,40
3. Демонтажные работы	млн.руб.	0,60
4. Оборудование:		
- Корпус		0,89
- Футеровка	млн.руб.	0,45
- Горелки Rekumat M250 (16 шт.)		5,46
- КИПиА (Siemens)		1,66
- Прочее оборудование		2,60

Продолжение таблицы 12.2

1	2	3
5. Монтажные работы: - Корпус - Футеровка - Под	млн.руб.	0,90 0,70 0,30
6. Установка горелок + пуско-наладочные работы	млн.руб.	1,20
7. Прочие расходы	млн.руб.	0,40
8. Общие капитальные затраты	млн.руб.	16,66

Капитальные затраты на реконструкцию и техническое перевооружение печи равны:

$$K_{31} = 1,1 + 0,2 + 0,4 + 0,59 + 0,35 + 5,46 + 1,66 + 2,6 + 0,9 + 0,7 + 0,3 + 1,2 + 0,4 = 16,66 \text{ млн.руб.}$$

Таким образом затраты на реконструкцию и техническое перевооружение печи составят $K_{31} = 16,66$ млн. руб., из них затрат на оборудование $K_{32} = 11,6$ млн.руб.

12.2.3 Годовые эксплуатационные расходы: смета текущих затрат

Сравним текущие затраты до и после реконструкции печи, сведем в таблицу полученные данные:

1) До реконструкции:

Затраты на топливо определим по формуле (12.1):

$$I_m = C_m \cdot V_{год}, \quad (12.1)$$

где C_m – оптовая цена, потребляемого природного газа, 4,16 руб./м³ [49]
 $V_{год}$ – суммарный годовой расход топлива на печь, м³/год.

Расход топлива на печь при средней нагрузке, 6714 м³/цикл;
 Количество циклов термообработки за один год, 343 шт.;
 Суммарный годовой расход топлива на печь, м³/год.

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Суммарный годовой расход топлива на печь:

$$B_{год} = 6714 \cdot 343 = 2302902 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$I_m = 4,16 \cdot 2302902 = 9,58 \text{ млн.руб./год}$$

Годовые затраты на электричество определим по формуле (12.2):

$$I_э = U_{час} \cdot T \cdot H, \quad (12.2)$$

где $U_{час}$ – расход электроэнергии на печь за один час, 140 кВт/ч [51]
Т – тариф на электроэнергию для котельных, 3,80 руб/кВт·ч [49]
Н – время работы печи в течение года, 7200 ч/год.

$$I_э = 140 \cdot 3,80 \cdot 7200 = 3,83 \text{ млн.руб./год}$$

Затраты на содержание и текущий ремонт принимаются равными 1,46 млн.руб/год. (12.4)

Общие текущие затраты до реализации проекта реконструкции:

$$T_{зл} = I_m + I_э + 1,46 = 14,87 \text{ млн.руб.}$$

2) После реконструкции:

Затраты на топливо определим по формуле (12.3):

$$I_m = C_m \cdot B_{год}, \quad (12.3)$$

где C_m – оптовая цена, потребляемого природного газа, 4,16 руб./м³ [49]
 $B_{год}$ – суммарный годовой расход топлива на печь, м³/год.

Расход топлива на печь при средней нагрузке, 6714 м³/цикл;
Количество циклов термообработки за один год, 343 шт.

Суммарный годовой расход топлива на печь:

$$B_{год} = 5078 \cdot 343 = 1741754 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$I_m = 4,16 \cdot 1,74 = 7,25 \text{ млн.руб./год}$$

					13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Амортизационные отчисления принимаются в размере 10 % от капитальных затрат на оборудование и вычисляются по формуле (12.4):

$$I_a = 0,1 \cdot K_{32}, \quad (12.4)$$

$$I_a = 0,1 \cdot 10,56 = 1,056 \text{ млн.руб./год}$$

Годовые затраты на электричество определим по формуле (11.5):

$$I_э = U_{\text{час}} \cdot T \cdot H, \quad (12.5)$$

где $U_{\text{час}}$ – расход электроэнергии на печь за один час, 60 кВт/ч [51]

T – тариф на электроэнергию для печей, 3,80 руб/кВт·ч [49]

H – время работы печи в течение года, 7200 ч/год.

$$I_э = 60 \cdot 3,80 \cdot 7200 = 1,64 \text{ млн.руб./год}$$

Затраты на содержание и текущий ремонт принимаются как 3% от суммы капитальных затрат на оборудование и вычисляются по формуле (12.6):

$$I_{\text{мр}} = 0,045 \cdot K_{32} \quad (12.6)$$

$$I_{\text{мр}} = 0,045 \cdot 10,56 = 0,475 \text{ млн.руб./год}$$

Общие текущие затраты после реализации проекта реконструкции равны,

$$T_{32} = I_m + I_э + I_{\text{мр}} = 8,79 \text{ млн.руб.}$$

Себестоимость термообработки до реконструкции вычисляется по формуле (12.7):

$$P_{\text{терм1}} = \frac{T_{31}}{M}, \quad (12.7)$$

где T_{31} – общие текущие затраты до реализации проекта, 14,87 млн.руб.

M – масса изделий, подвергшихся термообработке в течение одного года, 29489 т

$$P_{\text{терм1}} = \frac{14,87}{29489} = 504,12 \text{ руб/т}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист 70

Себестоимость термообработки после реконструкции вычисляется по формуле (12.8):

$$P_{\text{терм}2} = \frac{T_{32}}{M}, \quad (12.8)$$

где T_{31} – общие текущие затраты до реализации проекта, 8,79 млн.руб.
 M – масса изделий, подвергшихся термообработки за 1 год, 29489 т

$$P_{\text{терм}2} = \frac{8791745}{29489} = 298,14 \text{ руб/т}$$

Удельное снижение себестоимости термообработки по формуле (12.9):

$$\Delta P_{\text{терм}} = P_{\text{терм}1} - P_{\text{терм}2}, \quad (12.9)$$

$$\Delta P_{\text{терм}} = 504,12 - 298,14 = 205,98$$

12.2.4 Расчет срока окупаемости

Срок окупаемости проекта вычисляется по формуле(12.10):

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{31}}{\Delta U}, \quad (12.10)$$

где K_{31} – сумма капитальных затрат, млн.руб.;
 ΔU – разность текущих затрат, млн.руб./год.

$$T_{\text{ок}} = \frac{16,66}{14,87 - 8,79} = \frac{16,66}{6,08} = 2,74 \text{ года}$$

$T_{\text{ок}} = 2,74 \text{ года} < 5 \text{ лет}$ (средний срок возврата кредитных средств в настоящее время)

Текущие затраты при реконструкции печи на ООО «ВКМ – сталь» сведены в таблице 11.3.

Таблица 12.3 – Текущие затраты при реконструкции печи на ООО «ВКМ-сталь»

Наименование затрат	Единица измерения	Величина	
		до	после
1	2	3	4

Расход газа	м ³ /год	6714	5078
-------------	---------------------	------	------

Продолжение таблицы 12.3

1	2	3	4
Тариф на газ[44]	руб. / м ³	4,16	4,16
Расход электрической энергии	кВт/час	140	60
Тариф на электрическую энергию[44]	руб. за кВт час	3,80	3,80
Годовой расход топлива	м ³ /год	2302902	1741754
Обслуживание оборудования и его текущий ремонт (1% от стоимости оборудования)	млн.руб./год	1,46	0,475
Амортизация (10% от стоимости оборудования)	млн.руб./год	-	1,056
Итого текущих расходов	млн.руб./год	14,87	8,79
Себестоимость термообработки	руб./т	504,12	298,14
Годовая экономия	руб./год	6080000	

Срок окупаемости составляет 2,74 года, что является очень хорошим результатом, поэтому проект по реконструкции печи можно считать высокоэффективным.

Анализ и сравнение данных показателей позволяют сделать вывод об экономической целесообразности реконструкции печи. Вложив 16,56 млн руб. инвестиций (в текущих ценах 2017г.), мы получаем годовую экономию 6,08 млн руб. При реализации проекта мы достаточно быстро окупим средства, вложенные в реализацию проекта.

12.3 SWOT-анализ проекта

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних, благоприятных возможностей и угроз является SWOT– анализ: составляются 4 матрицы, в которых приводятся сильные (S) и слабые (W) стороны, возможности (O) и угрозы (T) каждого решения (оценка внешних и внутренних факторов).

SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды).

S – Сильные стороны (Strengths) преимущества предприятия;

W – Слабые стороны (Weaknesses) недостатки предприятия;

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.003.03 ПЗ

О – Возможности (Opportunities) факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества предприятия на рынке;

Т – Угрозы (Threats) факторы, которые могут потенциально ухудшить положение предприятия на рынке.

В работе приводится SWOT-анализ для реконструкции и технического перевооружения печи представлен в таблице 12.4.

Таблица 12.4 – Реконструкция и техническое перевооружение печи №11

<p>Сильные стороны (S):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Быстрая окупаемость и эффективность проекта 2) Низкий уровень выбросов 3) Высокое качество термообработки 4) Экономия топлива 5) Надежность и долговечность работы 6) Увеличение ассортимента выпускаемой продукции 	<p>Слабые стороны (W):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Значительные капитальные затраты
<p>Возможности (O):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Обмен опытом по ремонту и обслуживанию термических печей у иностранного производителя. 	<p>Угрозы (T):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Нестабильность курса валют 2) Неустойчивые взаимоотношения с иностранными партнерами

Прежний вариант – эксплуатация печи без изменений представлен в таблице 12.5

Таблица 12.5 – Эксплуатация печи без изменений

Сильные стороны (S): 1) Отработанные технологии производства с использованием старых типов оборудования 2) Дешевые ремонтные работы и запчасти	Слабые стороны (W): 1) Низкий уровень термообработки 2) Повышенный расход топлива 3) Многочисленные ремонты 4) Недопустимость частых остановок печи 5) Несоответствие системы безопасности современным требованиям
---	--

Продолжение таблицы 12.5

Возможности (O): 1) Большое количество запчастей для ремонта и обслуживания на рынке	Угрозы (T): 1) Рост тарифов на газ; 2) Снижение спроса на продукцию в связи с низким качеством 3) Лишение рынков сбыта из-за нестабильной политической ситуации на рынке сбыта
--	--

Проведя SWOT-анализ, мы определили сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы внешней среды. Можно сделать вывод о том, что реконструкция и техническое перевооружение печи на ООО «ВКМ – сталь» является эффективным решением. Это позволит предприятию сэкономить затраты на производство, а также расширить свой ассортимент и получить дополнительный стабильный доход. Стоит отметить, что реконструкция и техническое перевооружение печи не потребует увеличения штата сотрудников и дополнительных эксплуатационных затрат, что несомненно является плюсом в пользу этого проекта.

12.4 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов проекта по реконструкции и техническому перевооружению печи

Анализ поля сил Курта Левина – это метод выявления и оценки группы факторов, способствующих осуществлению проекта или ему противодействующих.

							13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				74

Цель метода: оценка сильных и слабых сторон проекта.

Использование метода: «Анализ поля сил» – практический инструмент, используемый для понимания того, почему проект будет или не будет реализован. «Анализ поля сил» помогает разработать конкретную стратегию реализации проекта с учетом влияния действия этих сил.

На реализацию проекта по реконструкции и техническому перевооружению печи, расположенной на предприятии ООО «ВКМ-сталь» г. Саранска, республики Мордовия к 01.12.2017г. могут повлиять следующие движущие и сдерживающие силы:

Соотношение влияния движущих и сдерживающих сил можно показать на рисунке 12.1.



Рисунок 12.1 – Поле сил изменений проекта реконструкции и технического перевооружения печи на ООО «ВКМ – сталь»

Срок окупаемости является самым главным критерием эффективности проекта, поэтому этот показатель оказывает сильное влияние. Увеличение ассортимента продукции также ведет к стабильному доходу, поэтому необходимость реконструкции и технического перевооружения имеет среднее влияние. Большой опыт эксплуатации оборудования и положительный опыт работы с проектной организацией также позволит завершить проект в срок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Стоимость оборудования и монтажа является достаточно серьезной проблемой при разработке любого технического проекта. Нехватка средств заставляет использовать заемные деньги, что также в некоторой степени повышает стоимость реализации проекта. Именно поэтому этот критерий оказывает сильное отрицательное влияние. Рост цен на топливо происходит каждый год. Это увеличивает текущие затраты, поэтому такой фактор оказывает среднее влияние.

По данному полю сил можно сделать вывод о том, что движущие силы в совокупности с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими силами. Это значит, что проект может и должен быть реализован, а после реконструкции и технического перевооружения значительно повысится экономичность производства. Кроме того, данное мероприятие позволит снизить себестоимость термообработки, что принесет предприятию стабильную дополнительную прибыль.

12.5. Планирование целей проекта реконструкции и технического перевооружения печи на ООО «ВКМ-сталь» в дереве целей

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

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

Построение дерева целей начинается с постановки главной цели проекта. Каждую цель более высокого уровня можно представить, как самостоятельную систему, включающую в себя цели более низкого уровня (подцели) как ее элементы. При этом необходимо установить полный состав подцелей. Цель второго уровня может быть расчленена на цели третьего и последующих уровней.

Основная ценность построения дерева целей – отображение способа достижения главной цели через составление перечня понятных и достижимых целей нижнего уровня. После составления дерева целей должно быть ясно, каким образом можно достичь главной цели, в какие сроки – это должно произойти, и кто является ответственным за каждую из подцелей.

Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не расчленяются и дают конечные результаты, определенные главной целью.

						<i>Лист</i>
					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>76</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Диаграмма Ганта (также ленточная диаграмма, график Ганта) – это популярный тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту. Диаграмма Ганта является стандартом де-факто в теории и практике управления проектами, по крайней мере, для отображения структуры перечня работ по проекту.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельному проекту, задаче или подзадаче. Проекты, задачи и подзадачи, составляющие план, размещаются по вертикали. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи. [51]

На рисунке 12.2 изображено дерево целей проекта по реконструкции и техническому перевооружению печи на предприятии ООО «ВКМ – сталь», г. Саранска, республики Мордовия.

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

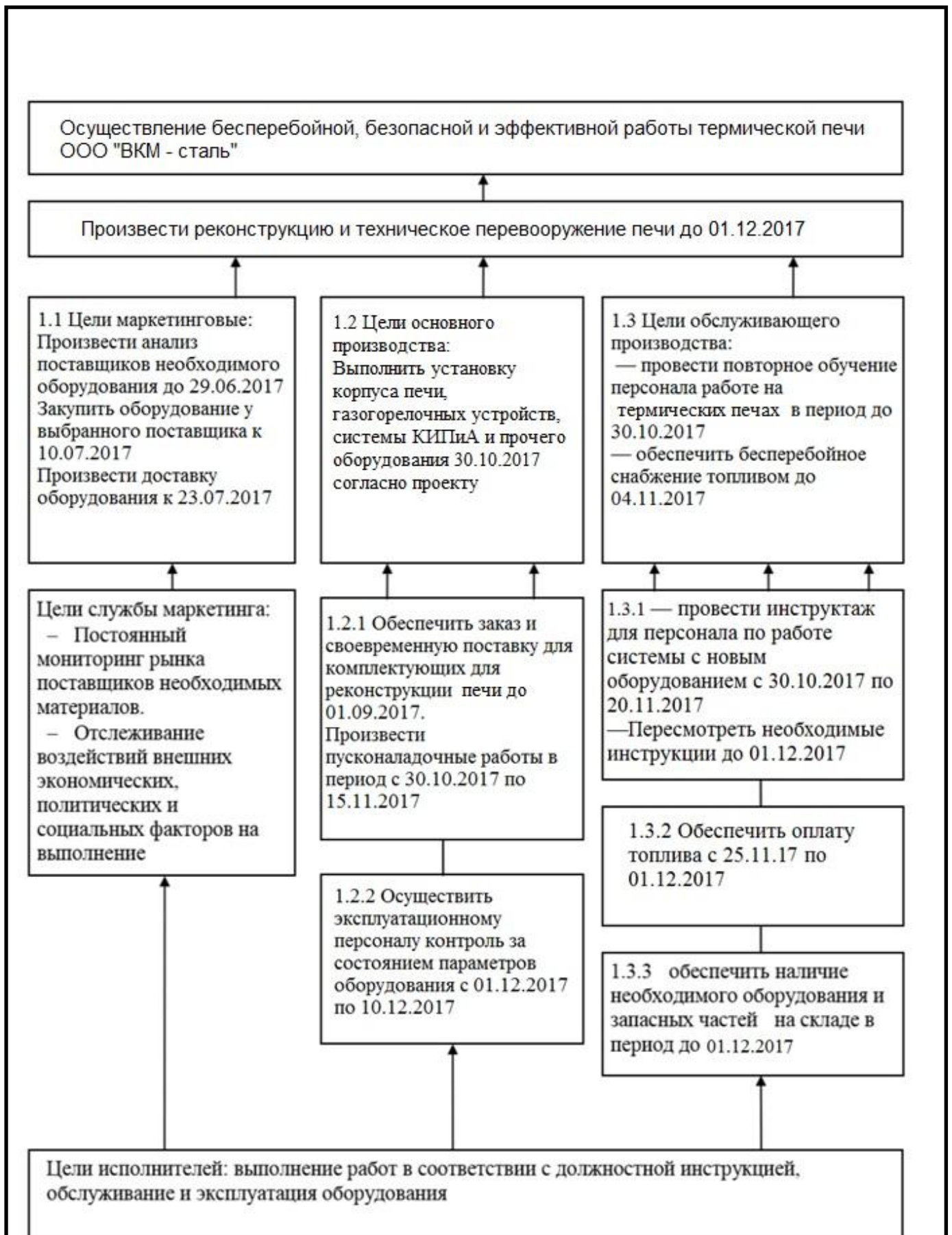


Рисунок 12.2 – Дерево целей проекта
 План-график Ганта по реализации цели представлен в таблице 12.5.

Таблица 12.5 – План-график Ганта по реализации цели

Этап работы	Исполнитель	Кол. исполнителей	2017 год												
			Июнь	Июль	Июль	Август	Август	Сентябрь	Сентябрь	Октябрь	Октябрь	Ноябрь	Ноябрь	Декабрь	
Разработка проекта реконструкции, составление документации	ПТО	5													
Экспертиза безопасности и утверждение проекта реконструкции	Экспертная организация	3													
Закупка материалов и оборудования для реконструкции	мастера	2													
Подготовка старого оборудования к монтажу	Ремонтники, мастера	8													
Выполнение монтажных работ по реконструкции	Ремонтники	4													
Пуско-наладочные работы всех систем	Мастера	3													
Пуск в эксплуатацию нового оборудования	Обслуживающий персонал	8													
Сдача документации	Главный инженер	1													
Диагностика оборудования	Начальник котельной	1													

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания выпускной квалифицированной работы был рассчитан проект реконструкции и технического перевооружения термической печи №11 предприятия ООО «ВКМ – сталь» г. Саранска, республика Мордовия.

На первом этапе работы дается обоснование реконструкции и технического перевооружения печи на ООО «ВКМ – сталь», изучается и подбирается необходимая литература.

Далее сравниваются характеристики печи до и после замены комплектующих на современное зарубежное и материалы, устанавливаемые в печах, оценивается целесообразность их применения на существующей печи, сделаны выводы.

Рассмотрены вопросы энергосбережения на предприятии, оценена эффективность существующих и предлагаемых мероприятий, рассчитана экономия топлива за счет работы применения рекуперативных горелок и мягких теплоизолирующих материалов (вата).

Далее приводится расчет горения топлива, по выбранному составу. Найден: действительный расход воздуха, объем продуктов сгорания, а также их состав.

Произведен расчет теплообмена в рабочем пространстве.

Рассчитан тепловой баланс печи.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены теоретические вопросы по автоматике, а также устройств, установленных на термической печи. Разработана функциональная схема автоматизации печной установки, которая представлена на плакате, а также представлено описание её работы.

Также рассматриваются вопросы экологии, а именно приводятся расчеты дымовой трубы, расчет концентрации вредных веществ, который показал, что даже после установки дополнительного котла дымовая труба полностью соответствует предъявляемым к ней требованиям.

В разделе по безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности жизнедеятельности персонала производственного цеха, приведен анализ опасных и вредных производственных факторов.

В разделе «Экономика и управление» составлены сметы капитальных и текущих затрат на реконструкцию и эксплуатацию печи. Технико-экономический расчет показал, что реализация данного проекта является экономически эффективной, срок окупаемости составил 2,74 года, что говорит об эффективности предлагаемого расширения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 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. – М.: Изд-во Российская газета № 5050 27 ноября 2009 г., 2009.

2 ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.– М.: Изд-во Российская газета от 15.07.03 № 120/1., 2003. – 127 с.

3 НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности – Екатеринбург: Изд-во УралЮрИздат, 2008.– 47 с.

4 ГОСТ 31531-2012 Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям. Общие требования.– М.: Изд-во Стандартинформ, 2013.

5 ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. – М.: Изд-во ИПК Издательство стандартов, 2007.– 14 с.

6 ГОСТ 10888-93 Изделия высокоогнеупорные. – М.: Изд-во ИПК издательство стандартов, 1999.– 31 с.

7 ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов. Обозначение условных приборов и средств в автоматизации в схемах.– М.: Изд-во Стандартинформ, 2013. – 32 с.

8 ГОСТ 12.0.003-15 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. –М.: Изд-во ИПК издательство стандартов, 2013.– 16 с.

9 ГОСТ Р505713-94 Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. – М.: ГОССТАНДАРТ России, 2016.– 37 с.

10 ГОСТ Р5057110 Выбор и монтаж электрооборудования. – М.: Стандартинформ, 2012. – 32 с.

11 РД 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – СПб.: ДЕАН, 2005.– 51 с.

12 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М.: Изд-во Минрегион России, 2012. – 115 с.

13 СП 83.13330.2016 Промышленные печи и кирпичные трубы. Актуализированная редакция СНиПП-24-75.– М.: Изд-во Минрегион России, 2017. – 66 с.

14 СП 32.13330.2012 Футеровочные материалы печи СНиП2.03.01-73*. – М.: Изд-во Минрегион России, 2012. – 94 с.

15 СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Изд-во Минрегион России, 2011. – 38 с.

16 СТО ЮУрГУ 04–2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.–58 с.

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>81</i>

17 ОНД-86. методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2007.

18 Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. – М.: НЦ ЭНАС, 2004. – 204 с.

19 Энергетической стратегии России до 2030 года. – М.: ГУ ИЭС, 2010. – 184 с.

20 Постановление Правительства Челябинской области от 22.10.2013 г. № 394-П о государственной программе Челябинской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» на 2014-2020 годы. – 18 с.

21 Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть дипломного проекта: учебное пособие по выполнению дипломного проекта для студентов энергетического факультета / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 46 с.

22 Арутюнян, А.А. Основы энергосбережения/А.А. Арутюнян. – М.: Изд-во Энергосервис, 2007. – 600 с.

23 Архаров, А.М. Теплотехника: учебник для втузов/ А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Н. Афанасьев и др. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 450 с.

24 Гусовский, В.Л. Методика расчета нагревательных печей / А.Е. Лифшиц, Л.М. Коваленко. – М.: Теплотехник, 2004. – 396 с.

25 Глинков, Г.М. Контроль и автоматизация металлургических процессов / А.И. Косырев, Е.К. Шевцов. – М.: Металлургия, 1989. – 376 с.

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

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

28 Грибанов, А.И. Вопросы экологии в промышленной теплоэнергетике / А.И. Грибанов – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 68 с.

29 Клименко, А.В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях/ О. Л. Данилов, А. Б. Гаряев, И. В. Яковлев. – М.: Изд-во МЭИ, 2010. – 424 с.

30 Плетнев, Г.П. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами / Г.П. Плетнев, Ю.П. Зайченко, Е.А. Зверев, Ю.Е. Киселев. – М.: Издательство МЭИ, 1995. – 316 с.

32 Менделеев, Д.В. Литье и металлургия / И.А. Трусова, П.Э. Ратников. – М.: Изд-во Энергоатомиздат, 2012. – 248 с.

33 Использование рекуперативных и регенеративных горелок в промышленных печах. – URL: <http://energsovet.ru>.

34 Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. – URL: <http://lms.kgeu.ru>.

35 Энергосбережение в теплотехнологиях. – URL: <http://kgeu.ru>.

36 Рекуперация тепла отходящих газов. – <http://www.teploprof.com>.

37 Технические характеристики горелки Rekumat M250. – URL: <http://www.flox.com>.

35 Рекуперативные горелки. – URL: www.heat-processing.com.

						13.03.01.2017.003.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			82

38 Официальный сайт ЧАО «Кераммаш».[Электронный ресурс]. – URL:<http://http://www.keramash.ru/>

39 Официальный сайт ООО«ВКМ-Сталь».[Электронный ресурс]. – URL:<http://rmrail.ru/structure/vkmsteel/>

40 Официальный сайт ООО «ТНТ» <http://www.floxural.ru/>

41 Официальный сайт компании «WS». – URL: <https://WS.de/>

42 Официальный сайт компании «Siemens» – <https://www.siemens.com/>

43 Официальный сайт НПФ Восток-Запад <http://www.v-z.ru/>

44 Официальный сайт компании Строй-партнер [https:// http://www.st-par.ru/](https://http://www.st-par.ru/)

45 Интернет-магазин [http:// directindustry.com.](http://directindustry.com.)

46 Интернет-магазин <http://www.ingeneri.ru>

					<i>13.03.01.2017.003.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

