

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«Южно-Уральский государственный университет»

(национальный исследовательский университет)

Политехнический институт

Заочный факультет

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,

Гл.теплоэнергетик АО «ЧЭМК»

(должность и место работы рецензента)

_____ В.Г. Генне

«_____» _____ 201_г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

«Промышленная теплоэнергетика»,

к.т.н., доцент

_____ К.В. Осинцев

«_____» _____ 201_г.

М.П.

**Повышение эффективности использования теплоты отходящих газов
путем установки котла-утилизатора дымогарного типа**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ
«ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»
ЮУрГУ – 13.04.01.2019.309.03.ПЗ ВКР

Руководитель магистерской программы,
д.т.н., профессор

_____ Е.В.Торопов

«_____» _____ 201_г.

Руководитель работы,

к.т.н., доцент

_____ К.В.Осинцев

«_____» _____ 201_г.

Автор работы,

магистрант группы _____ ПЗ-389

_____ Д.Ю.Баянов

«_____» _____ 201_г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Баянов Д.Ю. Повышение эффективности использования теплоты отходящих газов путем установки котла-утилизатора дымогарного типа. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ,ЗФ; 2019, 109 с., 15 ил., 19 таб., библиогр.список – 39 наим., 2 прил., 6 листов чертежей ф.А1, 2 демонстрационных листа ф.А1

В выпускной квалификационной работе будет рассмотрен проект внедрения системы утилизации отходящих технологических газов от новой ферросплавной печи РКЗ-22,95 путем установки котла-утилизатора дымогарного типа серии ТМ.

Актуальностью выбранной темы выпускной квалификационной работы является то, что вторичное использование теплоты отходящих газов не генерировалось, в виду низкой температуры газов. Внедрение данного типа котла-утилизатора позволит существенно снизить расходы на приобретение природного газа, который используют в производстве пара и воды. А также с установкой данной системы утилизации, увеличится степень очистки технологических газов от вредных веществ, в связи с низкой температурой у самой газоочистной установки.

В работе подробно описаны эксплуатационные характеристики ферросплавного производства и ферросплавной печи, также проведен расчет горения восстановителя печи.

Также произведен тепловой расчет котла-утилизатора и выполнено научное исследование по использованию полученного пара в производстве электродов комбината.

Проведены гидравлические и тепловые расчеты эффективности проекта по внедрению паропровода перегретого пара. Помимо этого, проведен тепловой расчет паропровода с определением толщины изоляции, которая необходима будет для сохранения температуры пара повышенных значений.

Также, в связи с повышенной температурой, был предложен расчет охладительной установки, с целью снижения температуры до требуемых потребителю значений.

Для определения эффективности предложенной системы утилизации, будет проведен экономический расчет.

										Лис
										7
Ил	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2019 200 02 ПЗ ВКР					

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, проблемы энергосбережения являются одним из главных задач в промышленном производстве. На предприятиях той или иной отрасли, заводах, комбинатах имеются большие потери, в силу недостаточного использования энергии в технологических процессах. К примеру, теплота технологического газа, выработанного в процессе производства либо используется не достаточно эффективно, либо просто выбрасывается в атмосферу. Такой пример приводит во-первых к загрязнению окружающей среды и ухудшению экологической обстановки в промышленных и городских зонах, во-вторых приводит к обширным и ненужным энергетическим потерям в промышленном производстве.

Огромное количество металлургического оборудования (в частности, изношенные и устаревшие конструкции, типа мартеновских печей) в паре с большим потреблением топливно-энергетических ресурсов, имеют довольно низкий коэффициент полезного действия, что в свою очередь, приводит к потерям тепловой энергии в атмосферу и большим экономическим убыткам предприятия. Хотя, можно было бы эту энергию использовать на другие производственные нужды, такие как производство горячей воды и пара для нужд предприятия, тем самым став независимым от внешних источников теплоснабжения (ТЭЦ, ГРЭС и т.д.). К примеру, в высокотемпературных металлургических агрегатах (печах) в процессе производства основных видов продукции образуются технологические газы высокой температуры, которые можно использовать как топливо в нагревательных печах самого завода или предприятия для получения электроэнергии или горячей воды, перегретого (насыщенного) пара и сухого воздуха.

Такие виды топливных ресурсов называются вторичными энергоресурсами, энергетический потенциал которого (запасы энергии в виде физической теплоты, потенциальной энергии избыточного давления, химической энергии и др.) находится в продукции, побочных и промежуточных элементах и др. которые не применяются в самом оборудовании (печь), но может частично или же полностью использоваться в энергоснабжении вторичных потребителей.

Вторичные энергоресурсы подразделяются на группы: Горючие, тепловые и энергоресурсы избыточного давления.

В металлургии, в частности, в ферросплавном производстве одним из важнейших процессов в технологии является получение сплавов в высокотемпературных печах, в последствии из которых отходят технологически газы средней или низкой температуры.

Одним из нюансов в использовании отходящих газов от ферросплавных печей является то, что температуры газов сравнительно низкие, примерно 180-500 °С. При таком диапазоне температур редко когда в производстве устанавливают котел-утилизатор, так как данной температуры не будет хватать для большой паропроизводительности или же использовать в качестве нагрева воды, что также является убыточным делом.

										Лис
										Ф
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

Темой выпускной квалификационной работы является, как раз-таки, повышение эффективности использования отходящих газов после ферросплавной печи, установкой котла-утилизатора дымогарного типа серии ТМ, работающего на низких параметрах для производственных нужд (получение перегретого пара).

Целью выпускной квалификационной работы является оценка эффективности использования отходящих газов средней и низкой температуры (200-500⁰С), а также влияние на выбросы в окружающую среду отходящих газов, прошедших через рукавные фильтры очистки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- Ознакомиться с эксплуатационными характеристиками и принципом работы котла-утилизатора;
- Произвести расчет котла-утилизатора и его отдельных компонентов;
- Разработать схему оборудования с контрольно-измерительными приборами и автоматикой.
- Описать экологические аспекты выпускной квалификационной работы
- Рассчитать экономическую эффективность предложенного проекта;
- Рассмотреть безопасность жизнедеятельности проекта.

					<i>12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР</i>	Лис
						<i>о</i>
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат		

1 СТРУКТУРА ЧЕЛЯБИНСКОГО ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЦЕХА

1.1 Краткое описание комбината

АО «Челябинский электрометаллургический комбинат» — крупнейший производитель ферросплавов в России, способный полностью обеспечить потребности отечественной металлургии. На предприятии трудятся около 8 тысяч человек. В его составе свыше 50 структурных подразделений ферросплавного и электродного производства. Среди них 7 ферросплавных цехов, 6 цехов по производству электродной продукции, цех обжига известняка, два цеха по переработке шлаков, железнодорожный и автотранспортные цеха, цех сетей и подстанций, центральная заводская лаборатория и ещё три десятка вспомогательных цехов и участков [1].

Ферросплавы выплавляются в 33 электродуговых восстановительных печах мощностью от 3,5 до 33 МВА. Ежедневно комбинат потребляет свыше 9 млн кВт.ч электрической энергии.

Ассортимент выпускаемой продукции включает в себя более 120 наименований ферросплавов и лигатур, более 40 изделий электродного производства.

Продукция цехов и участков по переработке отходов основного производства находит широкое применение в лакокрасочной и резинотехнической промышленности, в дорожном и жилищном строительстве, в сельском хозяйстве.

Адрес: Россия, 454081, г. Челябинск, АО «ЧЭМК».

1.2 Краткое описание структуры энергетического цеха

Энергетический цех или эн.цех (далее в тексте – цех) является самостоятельным структурным подразделением акционерного общества «Челябинский электрометаллургический комбинат». Цехом руководит начальник цеха. Начальника цеха относят к категории руководителей.

Начальник цеха подчинен непосредственно – начальнику службы энергетики и охраны природы (СЭиОП), функционально – главному теплоэнергетику.

Основными задачами цеха являются [2]:

- Обеспечение структурных подразделений всеми видами энергоносителей необходимых параметров;
- Обслуживание общекомбинатских сетей пароснабжения, теплоснабжения, сжатого воздуха, кислорода, природного газа, водопровода и канализации различного назначения, насосных станций, водонапорной башни, котельных, бойлерных, склада кислородных баллонов, компрессорной, химводоочисток, гидросооружений, деаэрационной, систем обеспечения хозяйственно-питьевой водой, канализацией, перегретой водой и горячим водоснабжением общекомбинатских административных зданий, помещений цеха;

										Лис
										10
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

- Выполнение графиков планово-предупредительных ремонтов, обеспечение плановых технико-экономических показателей работы цеха;
- Обеспечение безопасной организации работ;
- Оказание услуг сторонним организациям.

Штатное расписание цеха разрабатывается в соответствии с задачами и объемом выполняемых работ и утверждается генеральным директором.

Организационная структура цеха разрабатывается на основе утвержденного штатного расписания.

В состав цеха входят:

- Участок оперативно-диспетчерской службы (ОДС);
- Теплосилового участка;
- Участок насосных станций и гидросооружений;
- Компрессорный участок;
- Участок паровых и водогрейных котлов;
- Участок сетей;
- Газовый участок;
- Служба электрика;
- Служба механика;
- Общецеховой персонал.

Участок паровых и водогрейных котлов осуществляет эксплуатацию и ремонт водогрейной котельной с водогрейными и паровыми котлами, котельной с паровыми котлами смесительно-прессового цеха, котельной бетонно-смесительного участка, гаражами размораживания руды, внутренних административных зданий 5-ти корпусов управления комбината [2].

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лист
						11
Изд	Лист	№ докум	Подп	Дат		

2 ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕМЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Процесс выплавки ферросплавов довольно-таки энергоемкий, так как в свою очередь, используется большое количество электроэнергии, промышленной воды для охлаждения футеровки печей от перегрева, органического топлива (щепа, кокс, уголь и т.д.) как восстановителя в химических реакциях.

В процессе плавления, при сжигании органического топлива (к примеру, угля) образуется большое количество дымовых газов смешанных с мелкодисперсной пылью (летучие остатки плавления металла), которое невозможно просто отвести в атмосферу ввиду ее опасности для здоровья. Поэтому для соблюдения всех федеральных законов об охране окружающей среды, такие печи оборудуются системой газоочистной установки с дальнейшим выводом уже очищенного газа в атмосферу [3].

Но чтобы дымовые газы можно было фильтровать, их необходимо сначала охладить. Так как температура дымовых газов после ферросплавных печей позволяет ее использовать для нагрева воды или же производства пара имеется возможность установки котлов-утилизаторов низкой или средней мощности.

Проблема таких установок заключается в их окупаемости для предприятия, так как теплопроизводительность в таких котлах будет низкая что существенно отодвинет сроки прибыли такого проекта.

В свою очередь, плюсом внедрения котлов-утилизаторов является существенное снижение температуры дымовых газов после себя и соответственно улучшенной фильтрации в газоочистной установке, что приведет к снижению выброса мелкодисперсной пыли в атмосферу на 99,9%.

Котлы-утилизаторы имеют различное строение. Классифицируются котлы-утилизаторы по следующим признакам:

- Тип теплообмена в котле (конвективный для низкотемпературных и радиационный для высокотемпературных установок);
- Конструкция котла (газотрубный и водотрубный);
- Компоновка и особенности конструктивного исполнения газотрубного котла (горизонтальный, горизонтальный с барабаном, вертикальный с барабаном);
- Наличие циркуляции питательной и котловой воды (естественная, принудительная или же комбинированная циркуляция, а также прямоточная);
- Компоновка исполнения газопроводов котла-утилизатора (П-,Г-,Т-Д-образные, горизонтальные).

Конструкция котла-утилизатора определяется характерными особенностями энергоносителя, в нашем случае дымовых газов от плавильной печи. При проектировании нужно учитывать исходные данные самой печи к которому будет применяться утилизирующее устройство, а также параметрами самого котла и желаемому результату [4].

К примеру, на комбинате ежегодно проводят модернизацию (совершенствование) основного энергетического оборудования.

									Пис
ИЗ	Пис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР				12

Ежегодно производят капитальные ремонты нескольких плавильных печей, а именно модернизируют печи таким образом, чтоб они выдавали больше производительности и меньше влияли на окружающую среду и рабочий персонал. Одним из них является монтаж новой ферросплавной печи РКЗ-22,95 с вращающейся ванной закрытого типа и под который будет рассмотрен проект внедрения котла-утилизатора дымогарного типа, аналогов которому нету в России.

В связи с этим я более детально изучил указанный котел.

Данный котел-утилизатор будет расположен в непосредственной близости после плавильной печи и предназначается для утилизации тепловой энергии технологических газов, выработки перегретого пара используемого для технологических нужд комбината и горячего водоснабжения, а также за счет внедрения радикалона, существенного снижения количества крупно- и мелкодисперсной пыли в бункере радикалона[5].

										Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					12

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ

Мировые достижения в сочетании с опытом, накопленным в такой сфере как энергетика и с учетом потребностей сегодняшних потенциальных потребителей позволяют выявить основные тенденции развития энергетики. Несомненно, конкуренция всегда есть и должна быть, но из-за погони за потребителями, производители чаще всего пытаются сделать больше рекламы, нежели потратить больше капиталовложений на создание качественного продукта [6].

Поэтому необходимо более глубоко изучать того или иного производителя, для того чтобы не приобрести оборудование, которое не продержится и заданного заводом-изготовителем сроков.

В производстве утилизирующих установок наблюдается значительный рост на рынке, так как это связано с тем что все больше и больше промышленных предприятий ограничивают в рамках экологической политики и принуждают к снижению вредных выбросов.

Европейские производители энергетического и котлового оборудования выпускают весьма качественные продукты. Плюсом их разработки являются:

- высокий КПД котлов;
- Меньшие габариты котельного оборудования;
- Современные для нашего времени дизайнерские решения выполнения конструкций котлов;
- Простота эксплуатации, ввиду повышенной автоматизации котельного оборудования;
- Минимальные сроки поставки и монтажа оборудования;
- Высокая безопасность для эксплуатирующего персонала в связи с многочисленными степенями защиты.

Но также бывают и в них недостатки. К примеру, для российского потребителя все же будет сказываться стоимость продукции, установки, а также их обслуживание, в связи с многочисленной автоматизацией из европейского дорогостоящего оборудования.

Также котельное оборудование должно иметь декларации соответствия к федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», что зачастую приводит к повышению стоимости из-за выполнения оборудования в соответствии с нормами.

Одними из крупных компаний за рубежом является «Vatvedt Tehnology AS».

К примеру, норвежская крупная компания «Vatvedt Tehnology AS» имеет самые высокие оценки у зарубежных покупателей энергетического оборудования. Данная компания производит огромное количество энергетического металлургического и котлового оборудования. В связи с высоким уровнем развития технологий в производстве котельного оборудования, стоимость котлов-утилизаторов необходимых нам параметров доходит за 500 миллионов рублей, не говоря уже об обслуживании [7].

										Лис
										11
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

Российские же производители более менее ценники на свое оборудования не устанавливают до заоблачных уровней, не смотря на то что они и не имеют стильных дизайнерских решений, котельное оборудование довольно надежно работает под суровыми условиями эксплуатации.

В качестве примера, проведем сравнительный анализ двух вариантов котлов-утилизаторов отечественного и зарубежного производств в таблице 3.1, в которой будем обозначать «+» характеристику преобладающую над вторым вариантом и «-» характеристику, уступающую другому варианту.

В качестве сравнения рассмотрим котел-утилизатор ET-18 производства норвежской компании «Norsk energy» и отечественный котел-утилизатор серии ТМ [8].

Таблица 3.1 – Сравнение котлов-утилизаторов дымогарного типа

Наименование	Котел-утилизатор серии ТМ	Котел-утилизатор ET-18 «Norsk energy»
Стоимость оборудования	+	-
Технологические инновации	-	+
Качество оборудования	+	+
Автоматизация котла	+	+

Вывод: из таблицы выше видно, что у обоих вариантов отечественного и зарубежного производств имеются равные положительные и отрицательные характеристики. В оценке стоимости оборудования естественно будет выигрывать отечественный котел-утилизатор, так как его изготовление будет из средних на рынке материалов, а также доставка до места установки потребует меньших средств.

При оценке технологических инноваций выигрывает котел-утилизатор зарубежного производства, так как компания «Norsk energy» является одной из лидирующих компаний на европейском рынке и она ежегодно модернизирует свою базу и имеет огромные капиталовложения в изготовление утилизационных систем.

В оценке качества оборудования и автоматизации оба варианта имеют положительные характеристики, так как компании отечественного и зарубежного производств учитывают, что в случае некачественного изготовления минус будет только компании, вследствие чего спад спроса потребителей.

Подведем выводы по данному разделу:

1. Использование энергии отходящих газов можно использовать для нагрева воздуха, подаваемого вместе топливом в плавильную печь, тем самым увеличив КПД плавильной печи.
2. Установка утилизационных, нагревательных устройств для подогрева или же перегрева воды и использование в системе теплоснабжения цеха, завода и т.д.
3. Повышение отражающей способности обмуровочной конструкции плавильной печи с целью повышения КПД плавильной печи и снижению расходов топлива.

В большинстве случаев применение политики энергосбережения на крупных промышленных предприятиях может положительно сказаться на прибыли предприятия, в связи с уменьшением затрат на производство той или иной продукции.

										Лис
12	01	01	2010	200	02	ПЗ	ВКР			17
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат						

5 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФЕРРОСПЛАВНОЙ ПЕЧИ РКЗ–22,95

5.1 Описание производства ферросилиция

Ферросилиций – это сплав кремния (Si) и железа (Fe). Наиболее распространенный сплав ферросилиция содержит 75% кремния, баланс железа с примесями. Состав сплава определяется сырьем.

Основным сырьем является кварцит. Для того чтобы восстановить кварцит используются различные углеродистые материалы, такие как кокс, уголь и щепа. Источник железа обычно - вторичная окалина, скрап металла или железорудные окатыши [11].

Общая химическая реакция для восстановления SiO_2 в Si представлена по формуле (5.1):



Реакция протекает с большинством промежуточных реакций. Формируются промежуточные продукты, такие как $\text{SiO}(\text{g})$ и SiC , и играют важную роль в полной реакции.

Идеальный производственный процесс может быть описан следующим образом:

$\text{SiO}(\text{g})$ образуется в "кратере" печи и поднимается через шихту печи. В верхней части печи вступает в реакцию с углеродом при восстановлении материалов для образования SiC , представлена по формуле (5.2):



SiC вступает в реакцию с SiO_2 в "кратере" печи, как указано в формуле (5.3):



Оксид и карбид кремния могут вступать в реакцию друг с другом, как указано в формуле (5.4):



При идеальном производстве, как было описано выше, восстановление кремния - 100%.

На практике, некоторая часть SiO будет утрачена в отходящих газах печи и будет окисляться кислородом до SiO_2 в окружающую атмосферу. Горячий газ SiO , отходящий от поверхности шихты будет гореть сильным белым пламенем, известным как "продувка". Большое количество энергии, используемой для образования SiO , будет утеряно, и удельный расход энергии на тонну ферросилиция будет увеличиваться [12].

										Лис
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					18

В целях предотвращения проплавления электрода, в электродной колонне имеются датчики контроля состояния электрода.

5.2 Описание и принцип действия восстановительной ферросплавной печи РКЗ–22,95

Ферросплавная печь представляет из себя электродуговую печь с рабочими электродами, как элементами плавления. Общий чертеж изображен в приложении В.

Корпус печи состоит из стального кожуха с внутренней огнеупорной футеровкой. Процесс восстановления происходит в тигеле печи.

Три электродные колонны проводят электричество в активную зону. Используются самоспекающиеся электроды; новый электрод проталкивается в зажимы, когда электрод расходует на рабочем конце (рисунок 5.1). Над зажимами электрода имеется стальной кожух. Внутри кожуха закладывается электродная масса, которая расплавляется и спекается при повышении температуры при прохождении через зажимы [13].

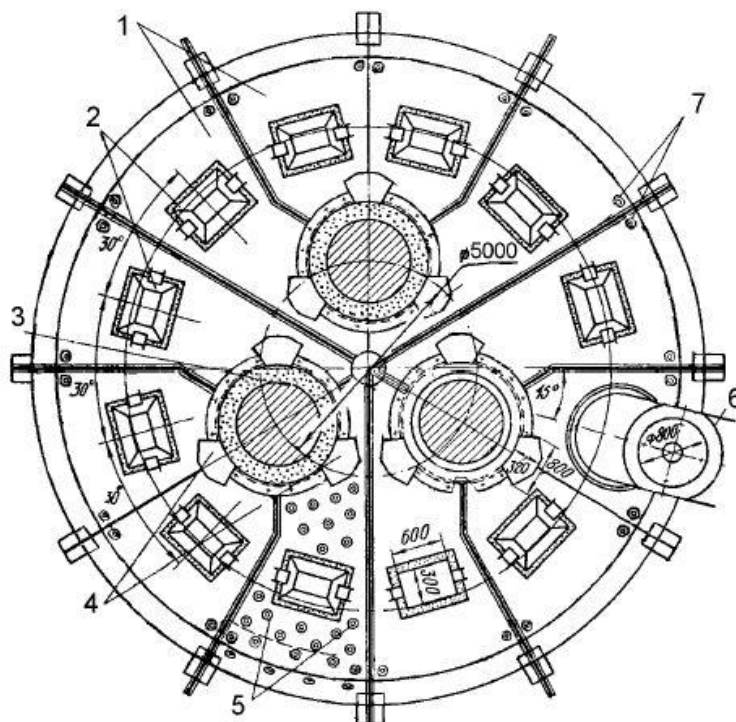


Рисунок 5.1 – Металлический свод ферросплавной печи:

1-секция свода (одна из шести); 2-противовзрывные люки; 3-электроды; 4-загрузочные воронки; 5-распорные трубки (условно показаны на одной секции); 6-газоотводная труба; 7-штуцеры для подвода и отвода охлаждающей воды

Для проталкивания электрода через контактные щеки используется устройство перепуска. Устройство состоит из двух цилиндров с резиновой футеровкой, каждый из которых удерживает электродную колонну за счет трения. Верхнее кольцо перепуска поднимается и прижимается гидроцилиндрами, за счет чего

						Лис
						20
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	

электродная колонна проталкивается через зажимы, компенсируя расход электрода на рабочем конце.

Электричество к электродам подается через три трансформатора. Ток и охлаждающая вода проходят к электродным зажимам по медным кабелям и водоохлаждаемым медным трубам.

Сырье из расходных бункеров подается по вибропитателям в весовые бункеры. Из весовых бункеров материал по ленточным конвейерам подается в семь печных бункеров. Кроме того, имеется один добавочный бункер. Добавочный материал подается в печь с помощью завалочной/шуровочной машины.

Шихта направляется из печных бункеров по трубопроводам вверх корпуса печи. Расход шихты контролируется вибропитателями, установленными под каждым печным бункером.

Шихта выгорает вокруг электродов. Необходимо подталкивать шихту к электродам с помощью шуровочной машины. Кроме того, необходимо разбивать шуровочным инструментом корку, образующуюся вокруг электрода, и проталкивать ее к электроду.

Корпус печи выполнен из стальных пластин. Внутренний огнеупорный слой покрыт углеродом. Углерод образует границу для реакционной камеры.

Шесть леток на боковой стенке кожуха печи используются для слива металла и шлака. Летки открываются и закрываются с помощью приспособлений, расположенных на платформе для выпуска плавки. Металл выпускается в ковшах, установленных в передвижной ковшевой тележке. Ковш выполнен из стали с огнеупорной футеровкой. Для сокращения образования шлака ковши предварительно прогреваются.

5.3 Расчет горения топлива в печи

Исходные данные представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Характеристики топлива

Бассейн, месторожд.	группа	C^r %	H^r %	N^r %	O^r %	A^c %	W^p %	W^{max} , %	Q_H^p , МДж/кг
Кузнецкий	камен	71,5	5,6	2,6	19,9	11,5	11,5	13,5	24,1

Органическую массу топлива, содержащую серу, называют горючей массой находим по формуле(5.5):

$$C^r + H^r + O^r + N^r + S^r = 100\% \quad (5.5)$$

$$71,5 + 5,6 + 19,9 + 2,6 + 0,4 = 100\%$$

Топливо, в котором содержатся все составляющие (включая влагу и зольность), называют рабочим.

Состав рабочей массы находим по формуле (5.6):

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p + W^p = 100\% \quad (5.6)$$

В исходных данных приведен состав сухой и горючей массы, поэтому необходимо провести пересчет состава топлива на рабочую массу.

Для пересчета воспользуемся следующими формулами (5.7 – 5.12):

$$A^p = A^c \frac{100 - W^p}{100}, \% \quad (5.7)$$

$$A^p = 11,5 \frac{100 - 11,5}{100} = 10,2\%$$

$$C^p = C^r \frac{100 - (A^p + W^p)}{100}, \% \quad (5.8)$$

$$C^p = 71,5 \frac{100 - (10,2 + 11,5)}{100} = 56\%$$

$$H^p = H^r \frac{100 - (A^p + W^p)}{100}, \% \quad (5.9)$$

$$H^p = 5,6 \frac{100 - (10,2 + 11,5)}{100} = 4,4\%$$

$$O^p = O^r \frac{100 - (A^p + W^p)}{100}, \% \quad (5.10)$$

$$O^p = 19,9 \frac{100 - (10,2 + 11,5)}{100} = 15,6\%$$

$$N^p = N^r \frac{100 - (A^p + W^p)}{100}, \% \quad (5.11)$$

$$N^p = 2,6 \frac{100 - (10,2 + 11,5)}{100} = 2,04\%$$

$$S^p = S^r \frac{100 - (A^p + W^p)}{100}, \% \quad (5.12)$$

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
						??
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		

$$V_{H_2O}^o = 0,0124(9 \cdot 4,4 + 11,5) + 0,0161 \cdot 5,6 = 0,72 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Найдя все данные подставляем их в формулу (5.15):

$$V_r = 1,05 + 4,44 + 0,72 + 5,6 \cdot (1,2 - 1) = 7,33 \text{ м}^3/\text{кг}$$

По полученным значениям можно сделать вывод, что объем угля, использующегося в качестве одного из восстановителей для плавления шихты составит 7,33 м³/кг.

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
						21
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат		

6 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

6.1 Описание и технические характеристики котла-утилизатора серии ТМ

Так как на комбинате произвели монтаж новой ферросплавной печи, встал вопрос об использовании тепловой энергии от технологических газов, отходящих от плавильной печи, для выработки перегретого пара.

По настоящее время пароснабжение комбината осуществлялось с помощью парового котла ДЕ-25-14-225 участка паровых и водогрейных котлов, и котлов-утилизаторов КУ50 и КУ-60, использующих отходящие газы от известковых печей.

В свою очередь, было предложено установить совершенно новый котел-утилизатор дымогарного типа, подходящий под параметры ферросплавной печи. И в итоге в данной выпускной квалифицированной работе будет рассмотрен котел-утилизатор дымогарного типа серии ТМ (рисунок 6.1). Данный котел-утилизатор будет расположен в непосредственной близости от плавильной печи и предназначается для утилизации тепловой энергии технологических газов и выработки перегретого пара используемого для технологических нужд комбината и горячего водоснабжения, аналогов которому нету на территории Российской Федерации [14].

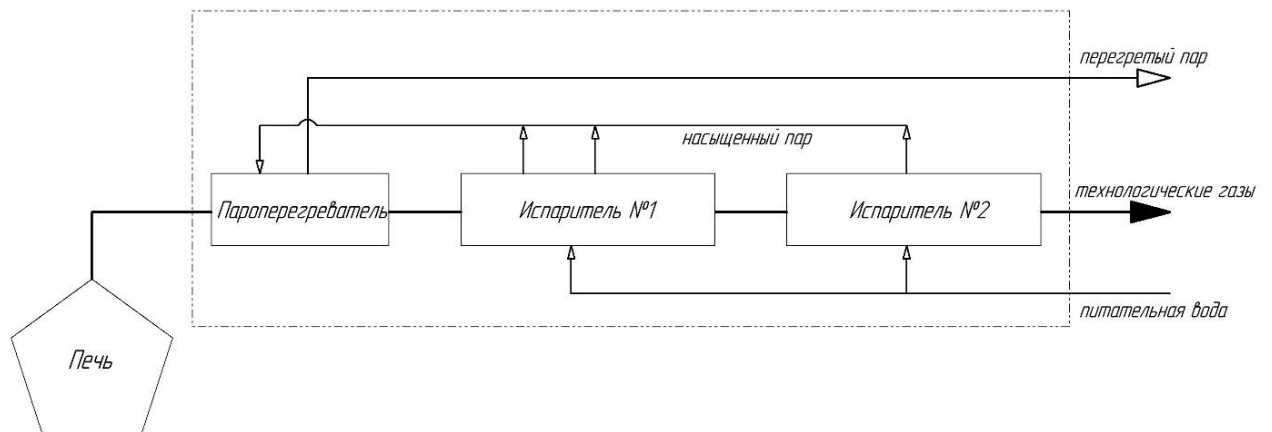


Рисунок 6.1 – Принципиальная схема котла-утилизатора

Газотрубный котел-утилизатор (см.рисунок 6.1) состоит из пароперегревателя и двух испарителей.

Проект котла-утилизатора основан на потреблении электроэнергии 17,5 МВт и х-факторе 1,36 для печи. Расчетная температура газа на входе в котел 450 °С, а температура газа на выходе принята 200 °С. Для расчета энергия дымовых газов составляет 23,7 МВт перед котлом. Номинальная тепловая мощность котла-утилизатора будет 12,2 МВт.

											Лис
											25
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР						

$$I_2'' = C_p \cdot t_2'', \text{ кДж/м}^3 \quad (6.3)$$

Подставляем значение температуры и теплоемкости в формулу (6.3):

$$I_2'' = 1,325 \cdot 200 = 265 \text{ кДж/м}^3$$

По вычисленным значениям строим график зависимости энтальпии дымовых газов в газоходах котла (рисунок 6.3).

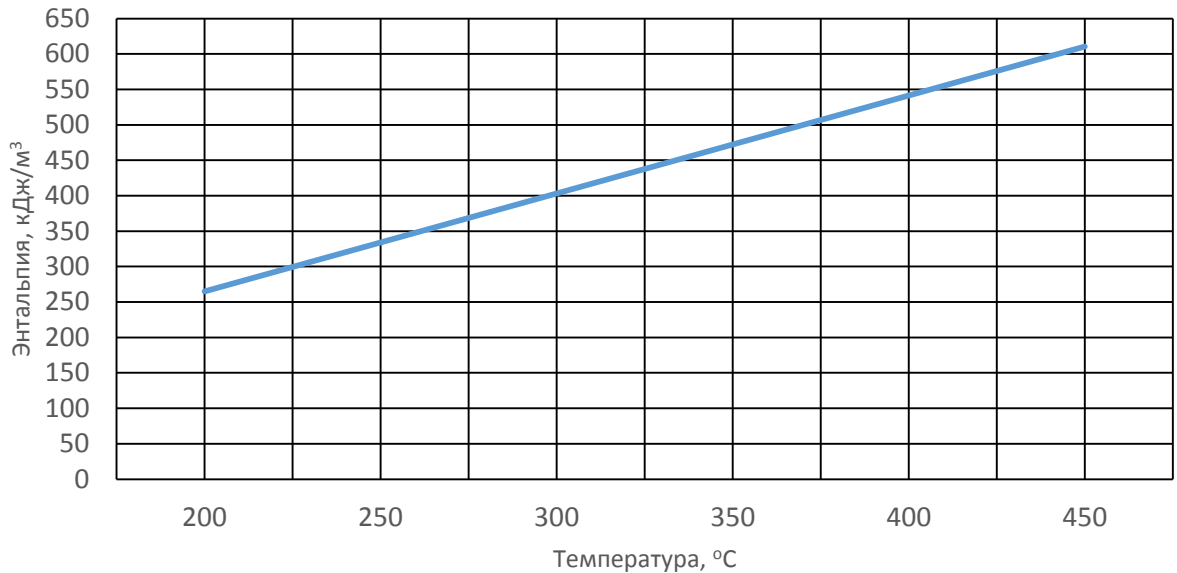


Рисунок 6.3– График зависимости энтальпии дымовых газов в газоходах котла-утилизатора от температуры

Энтальпию перегретого пара находим по *i-s* диаграмме (приложение Б).
 $i_{nn} = 3152 \text{ кДж/кг}$.

Температуру пара в испарителях t_s и энтальпию насыщенного пара i'' находим по *i-s* диаграмме (приложение Б). Учитывая, при этом, давление пара в испарителях, которое находится как сумма давления перегретого пара и гидравлического сопротивления пароперегревателя: $\Delta P \approx 0,1 P_{nn}$

В итоге подставляем значения в формулу (6.4) и получаем:

$$P_{\sigma} = P_{nn} + \Delta P \quad (6.4)$$

$$t_s = 205^\circ\text{C}, \quad i'' \approx 2778 \text{ кДж/кг}$$

Энтальпию перегретого пара находим по *i-s* диаграмме (приложение Б).
 $i_{nn} = 3152 \text{ кДж/кг}$

Температуру пара в испарителях t_s и энтальпию насыщенного пара i'' находим по $i-s$ диаграмме (приложение Б). Учитывая, при этом, давление пара в испарителях, которое находится как сумма давления перегретого пара и гидравлического сопротивления пароперегревателя: $\Delta P \approx 0,1 P_{nn}$

В итоге, подставляем значения в формулу (6.4) и получаем:

$$P_0 = 1,0 + 0,1 = 1,1 \text{ МПа}$$

$$t_s = 205^\circ\text{C}, i'' \approx 2778 \text{ кДж/кг}$$

Энтальпия кипящей воды определяется по таблице для сухого насыщенного пара и воды на линии насыщения (приложение Б) $i' = 754 \text{ кДж/кг}$.

Зная температуру питательной воды $t_{nv} = 102^\circ\text{C}$, можно определить энтальпию питательной воды по формуле (6.5):

$$i_{nv} = 4,19 \cdot t_{nv}, \text{ кДж/кг} \quad (6.5)$$

Подставляем значение температуры питательной воды в формулу (6.5):

$$i_{nv} = 4,19 \cdot 102 = 427,38 \text{ кДж/кг}$$

6.2.2 Тепловой баланс и паропроизводительность котла-утилизатора

Основными формулами (6.6), (6.7), (6.8) уравнений для составления теплового расчета котла-утилизатора являются [16]:

$$Q_z = \varphi \cdot G_0 (I'_z - I''_z), \text{ кВт} \quad (6.6)$$

$$Q_z = D_{nn} (i_{nn} - i_{nv}) + D_{np} (i' - i_{nv}), \text{ кВт} \quad (6.7)$$

$$Q_T = kF\Delta t, \text{ кВт} \quad (6.8)$$

где Q_z – теплота, отданная дымовыми газами, кВт;

Q_T – теплота, воспринятая рассчитываемой поверхностью нагрева, или тепловосприятие котла-утилизатора, кВт;

φ – коэффициент сохранения тепла, учитывающий его потери в окружающую среду (принимается равным $\varphi = 0,98$);

D_{nn} – паропроизводительность котла-утилизатора, кг/с;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²К);

F – расчетная поверхность нагрева, м²;

Δt – температурный напор, °С;

D_{np} – расход воды на продувку котла, который находится по формуле (6.9):

$$D_{np} = D_{nn} \cdot \psi_1, \text{ кг/с} \quad (6.9)$$

где ψ_1 – величина непрерывной продувки котла (принимается 12%)

Количество теплоты, отданной дымовыми газами найдем по формуле (6.6):

$$Q_z = 0,98 \cdot 40,55 \cdot (610,65 - 265) = 13735,8 \text{ кВт}$$

Теперь найдем паропроизводительность котла-утилизатора по формуле (6.10) используя формулы (6.6) и (6.8):

$$D_{nn} = \frac{Q_z}{(i_{nn} - i_{ne}) + 0,12 \cdot (i' - i_{ne})}, \text{ кг/с} \quad (6.10)$$

Подставляем значения в формулу (6.10) и получаем:

$$D_{nn} = \frac{13735,8}{(3152 - 427,38) + 0,12(754 - 427,38)} = 5,0 \text{ кг/с} = 18,0 \text{ т/ч}$$

6.2.3 Расчет пароперегревателя

Количество теплоты, идущей на перегрев пара, находится по формуле (6.11):

$$Q_{nn} = D_{nn} (i_{nn} - i''), \text{ кВт} \quad (6.11)$$

Подставим значения в формулу (6.11)

$$Q_{nn} = 5 \cdot (3152 - 2778) = 1870 \text{ кВт}$$

С учетом затрат теплоты на подогрев пара в пароперегревателе, рассчитаем энтальпию дымовых газов за ним по формуле (6.12):

$$I''_{nn} = I'_z - \frac{Q_z}{G_0 \cdot \varphi}, \text{ кДж/м}^3 \quad (6.12)$$

Подставим значения в формулу (6.12):

$$I''_{nn} = 610,65 - \frac{1870}{40,55 \cdot 0,95} = 562,1 \text{ кДж/м}^3$$

										Лис
										27
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

По i-s диаграмме определяем температуру дымовых газов за пароперегревателем $t_{nn}'' = 420^{\circ}\text{C}$ и соответственно данная температура является температурой на входе в испаритель №1 [17].

Температурный напор определяется как среднелогарифмическая разность температур и рассчитывается по формуле (6.13):

$$\Delta t = \frac{(\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}})}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})}, ^{\circ}\text{C} \quad (6.13)$$

где Δt_{δ} – разность температур сред в том конце поверхности нагрева, где она больше;

$\Delta t_{\text{м}}$ – разность температур в другом конце поверхности.

Большую и меньшую разность температур находим по формулам (6.14) и (6.15):

$$\Delta t_{\delta} = (t_2' - t_s), ^{\circ}\text{C} \quad (6.14)$$

$$\Delta t_{\text{м}} = (t_{nn}'' - t_{nn}), ^{\circ}\text{C} \quad (6.15)$$

Подставляем значения в формулу (6.14):

$$\Delta t_{\delta} = 450 - 205 = 245 ^{\circ}\text{C}$$

Подставляем значения в формулу (6.15):

$$\Delta t_{\text{м}} = 420 - 350 = 70 ^{\circ}\text{C}$$

Полученные значения подставляем в формулу (6.13):

$$\Delta t = \frac{(245 - 70)}{\ln(245/70)} = 140 ^{\circ}\text{C}$$

Средняя температура потока дымовых газов определяется по формуле (6.16):

$$t_2 = \frac{(t_2' + t_{nn}'')}{2}, ^{\circ}\text{C} \quad (6.16)$$

Подставляем значения в формулу (6.16):

$$t_2 = \frac{(450 + 420)}{2} = 435^{\circ}\text{C}$$

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		22

Скорость движения дымовых газов определим по формуле (6.17):

$$w_2 = \frac{G_o \cdot (t_2 + 273)}{3600 \cdot f_2 \cdot 273}, \text{ м/с} \quad (6.17)$$

где f_2 – живое сечение для прохода дымовых газов, м^2 (принимается по конструктивной характеристике).

Как описано выше, в пароперегревателе вальцованы дымогарные трубы количеством – 1000 шт., учитывая это, площадь живого сечения для прохода

дымовых газов через пароперегреватель определяется по формуле (6.18):

$$f_2 = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot m, \text{ м}^2 \quad (6.18)$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр дымогарных труб, м;

m – количество дымогарных труб.

Подставляем значения в формулу (6.18):

$$f_2 = \frac{\pi \cdot 0,062^2}{4} \cdot 1000 = 3 \text{ м}^2$$

Получив значение площади живого сечения, определим скорость движения дымовых газов по формуле (6.17):

$$w_2 = \frac{40,55 \cdot (435 + 273)}{3 \cdot 273} = 35 \text{ м/с}$$

Среднюю скорость перегретого пара находим по формуле (6.19):

$$w_{nn} = \frac{v_{nn} \cdot D_{nn}}{f_n}, \text{ м/с} \quad (6.19)$$

где v_{nn} – удельный объем перегретого пара при средней его температуре, $\text{м}^3/\text{кг}$;

f_n – живое сечение для прохода пара, м^2

Среднюю температуру перегретого пара найдем по формуле (6.20):

$$t_{cp} = \frac{(t_s + t_{nn})}{2}, \text{ }^\circ\text{C} \quad (6.20)$$

Подставим значения температур в формулу (6.20):

$$t_{cp} = \frac{(202 + 350)}{2} = 277,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

						Лис
						21
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	

Удельный объем перегретого пара при температуре 277,5 °С равен 9,198 м³/кг (i-s диаграмма).

Живое сечение для прохода перегретого пара определим используя формулу (6.21):

$$f_n = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot m, \text{ м}^2 \quad (6.21)$$

где D_n – диаметр цилиндрической обечайки пароперегревателя, равный 3,15 м.

Подставляем значения в формулу (6.21):

$$f_n = \frac{\pi \cdot 3,15^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,07^2}{4} \cdot 1000 = 3,94 \text{ м}^2$$

Подставляем полученное значение в формулу (6.19):

$$w_{\text{нп}} = \frac{9,198 \cdot 5}{3,94} = 11,6 \text{ м/с}$$

Для определения теплоты, воспринимаемой поверхностью нагрева или тепловосприятие Q_T , необходимо определить коэффициент теплопередачи по формуле (6.22):

$$k = \frac{\psi \cdot \alpha_1}{1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}} \quad (6.22)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи от греющей среды к стенке от стенки к обогреваемой среде, Вт/(м²К);

ψ – коэффициент тепловой эффективности, принимают равным 0,6.

Для газотрубных котлов-утилизаторов коэффициент α_1 теплоотдачи от среды к стенке находится по формуле (6.23):

$$\alpha_1 = 0,023 \frac{\lambda}{d_s} \left(\frac{w d_s}{\nu} \right)^{0,8} \text{Pr}^{0,4} C_t C_d C_l, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.23)$$

где λ – теплопроводность газов 5,1 · 10² Вт/(м · К);

ν – вязкость газов, 60,2 · 10⁶ м²/с;

Pr – критерий Прандтля равный 0,63;

C_t – поправка, учитывающая влияние температуры (равна 1);

C_d – поправка на форму канала (равна 1);

C_l – поправка на относительную длину (не учитывается).

d_3 – эквивалентный диаметр (равна внутреннему диаметру труб).

Подставляем все полученные значения в формулу (6.22):

$$\alpha_1 = 0,023 \frac{5,1 \cdot 10^{-2}}{0,062} \left(\frac{35 \cdot 0,062}{60,2 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,8} 0,63^{0,4} \approx 58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

α_2 принимаем 319,2 Вт/(м²·К), подставляем в формулу (6.22) и получаем:

$$k = \frac{0,6 \cdot 58}{1 + 58/319,2} = 29,47 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

В итоге, можно рассчитать тепловосприятие по формуле (6.8):

$$Q_T = 29,47 \cdot 447,7 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 1847,1 \text{ кВт}$$

Для того, чтобы проверить правильность выполнения расчетов, необходимо рассчитать уравнение теплового баланса, подставив значения тепловосприятия в формулу (6.24) и сравнить расхождение:

$$\frac{Q_{nn} - Q_T}{Q_{nn}} \cdot 100\% \quad (6.24)$$

Подставляем значения в формулу (6.24):

$$\frac{1870 - 1847,1}{1870} \cdot 100\% = 1,2\%$$

Полученное выражение имеет менее 2 % невязки, соответственно расчет пароперегревателя верен.

Коэффициент полезного действия для данного котла по формуле (6.25) составляет:

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_z} \cdot 100\% \quad (6.25)$$

где Q_c , теплота на входе в котел $Q_c = G \cdot I^i = 40,55 \cdot 610,65 = 24761,8 \text{ кВт}$.

Подставляем значения в формулу (6.25):

$$\eta = \frac{13735,8}{247651,8} = 0,5547 = 55,47\%$$

6.2.4 Расчет испарителя №1

										Лис
										26
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

Температуру дымовых газов за испарителем №1 примем 290 °С. Составив график зависимости энтальпии дымовых газов от температуры, найдем энтальпию дымовых газов на выходе из испарителя №1 по рисунку 6.2: $I_u'' \approx 389 \text{ кДж/м}^3$

Найдем количество теплоты, отданное дымовыми газами пароводянной смеси по формуле (6.26):

$$Q_u = \varphi \cdot G_o (I_u' - I_u''), \text{ кВт} \quad (6.26)$$

Подставляем значения в формулу (6.26):

$$Q_u = 0,98 \cdot 40,55(562,1 - 389) = 6878 \text{ кВт}$$

Температурный напор определяется по формуле (6.13)

$$\Delta t = \frac{[(420 - 205) - (290 - 205)]}{\ln[(420 - 205)/(290 - 205)]} = 140^\circ\text{C}$$

Средняя температура потока дымовых газов определяется по формуле (6.16):

$$t_{с1} = \frac{420 + 290}{2} = 355^\circ\text{C}$$

Для определения скорости дымовых газов в испарителе №1, необходимо определить площадь живого сечения для прохода дымовых газов. Количество дымогарных труб в испарителе №1 – 900 шт., диаметр труб тот же – 70*4мм. Вставляем исходные данные в формулу (6.18):

$$f_{с1} = \frac{\pi \cdot 0,062^2}{4} \cdot 900 = 2,7 \text{ м}^2$$

Получив значение площади живого сечения, определим скорость движения дымовых газов по формуле (6.17):

$$w_{с1} = \frac{40,55 \cdot (355 + 273)}{2,7 \cdot 273} = 34,5 \text{ м/с}$$

Для определения теплоты, воспринимаемой поверхностью нагрева или тепловосприятие Q_T , необходимо определить коэффициент теплопередачи от греющей среды к стенке по формуле (6.27):

$$k = \xi \alpha_1 \quad (6.27)$$

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		27

где ξ – коэффициент использования (принимается равным 0,8)

Коэффициент α_1 теплоотдачи от среды к стенке находится также, как и для пароперегревателя по формуле (6.23):

$$\alpha_1 = 0,023 \frac{\lambda}{d_3} \left(\frac{wd_3}{\nu} \right)^{0,8} Pr^{0,4} C_t C_d C_l, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

где λ – теплопроводность газов $4,45 \cdot 10^2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

ν – вязкость газов, $50,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

Pr – критерий Прандтля равный 0,645;

C_t – поправка, учитывающая влияние температуры (равна 1);

C_d – поправка на форму канала (равна 1);

C_l – поправка на относительную длину (не учитывается).

d_3 – эквивалентный диаметр (равна внутреннему диаметру труб).

Подставляем значения в формулу (6.23):

$$\alpha_1 = 0,023 \frac{4,45 \cdot 10^2}{0,062} \left(\frac{34,5 \cdot 0,062}{50,25 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,8} 0,645^{0,4} \approx 52,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коэффициент теплопередачи будет равен (6.27):

$$k = 0,8 \cdot 52,5 = 42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Рассчитаем тепловосприятие для испарителя №1 по формуле (6.8):

$$Q_T = 42 \cdot 1150 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 6762 \text{ кВт}$$

Для того, чтобы проверить правильность выполнения расчетов, необходимо рассчитать уравнение теплового баланса, подставив значения тепловосприятия и сравнить расхождение по формуле (6.24):

$$\frac{6878 - 6762}{6878} \cdot 100\% = 1,7\%$$

Полученное выражение имеет менее 2 % невязки, соответственно расчет испарителя №1 верен.

6.2.5 Расчет испарителя №2

Температуру дымовых газов за испарителем №2 примем $200 \text{ }^\circ\text{C}$. По расчету теплоемкости, энтальпия дымовых газов $I_2'' = C_p \cdot t_2'' = 265 \text{ кДж}/\text{м}^3$

										Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					28

$$l_{y1-y3} = l_{y1-y2} + l_{y2-y3} = 750 + 400 + 300 + 50 = 1500 \text{ м} \quad (8.1)$$

Расход пара на участке y2-y3 $G_n = 0,6 G_n = 10,8 \text{ т/ч}$, на участке y2-y4 $G_n = 0,4 G_n = 7,2 \text{ т/ч}$.

Коэффициенты местных потерь на участках расчетной магистрали от котла-утилизатора до цеха ЦПЭ находим по формуле (8.2):

$$\alpha_{yi} = z \sqrt{G_{yi}} \quad (8.2)$$

где z – коэффициент, который принимается для паровых сетей, равен 0,07.

И так, подставив все значения в формулу (8.2), найдем коэффициенты местных потерь для участков расчетных магистраль:

$$\alpha_{y1-y2} = 0,07 \sqrt{18} = 0,297$$

$$\alpha_{y2-y3} = 0,07 \sqrt{10,8} = 0,23$$

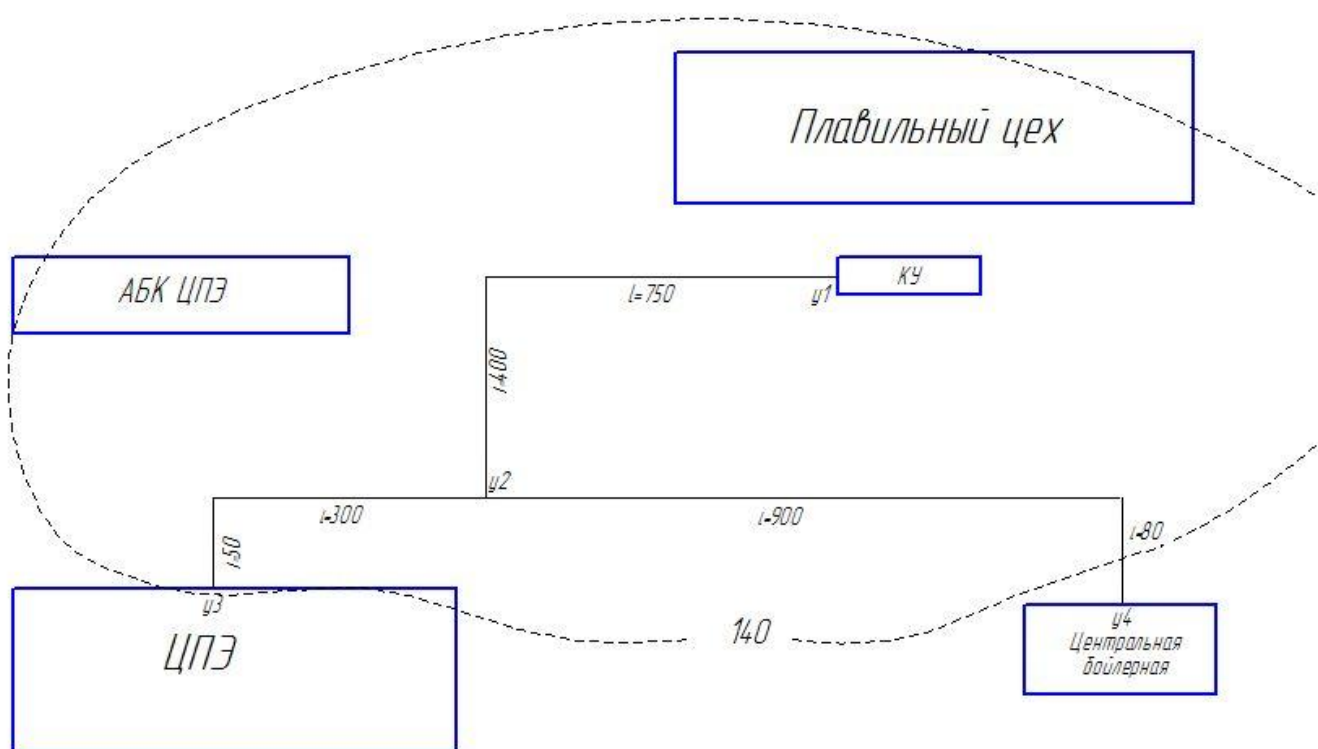


Рисунок 8.1 – План расположения паропровода

Если брать в расчет что падение температуры пара в паропроводе примерно равно 2°C на каждые 100 метров паропровода, то ориентировочно, температуру пара в конце паропровода определим по формуле (8.3):

$$\tau_{ki} = \tau_{ni} - \frac{\Delta\tau \cdot l_{yi}}{100}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8.3)$$

где τ_{ni} – температура пара в начале паропровода, согласно исходным данным;
 $\Delta\tau$ – падение температуры пара в паропроводе, равна 2°C ;
 l_{yi} – длина участка рассматриваемого паропровода.
 Подставим значения в формулу (8.3):

$$\tau_{k(y1-y3)} = 350 - \frac{2 \cdot 1500}{100} = 320^\circ\text{C}$$

Зная температуру и давление в начале паропровода и конце, найдем по таблице перегретого пара значения плотности пара в начале и конце паропровода [23]:

$$\rho_n = 3,54 \text{ кг/м}^3, \rho_k = 2,596 \text{ кг/м}^3$$

Зная плотности пара в начале и конце паропровода, определим их среднее значение (8.4):

$$\rho_{cp} = (\rho_n + \rho_k) / 2 = (3,54 + 2,596) / 2 = 3,068 \text{ кг/м}^3 \quad (8.4)$$

Средний коэффициент местных потерь давления рассчитаем по формуле (8.5):

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_{yi} \cdot l_{yi}}{\sum l_{yi}} \quad (8.5)$$

Подставляем значения в формулу (8.5):

$$\alpha_m = \frac{0,297 \cdot 1150 + 0,23 \cdot 350}{1150 + 350} = 0,281$$

Согласно исходным данным, потери давления в паропроводе по формуле (8.6) составляет:

$$\Delta p = p_n - p_k, \quad (8.6)$$

$$\Delta p = p_{y1} - p_{y3} = 1 - 0,7 = 0,3 \text{ МПа}$$

Для определения расчетного направления трубопровода, проведем расчет среднего значения удельного падения давления при табличном значении плотности $\rho = 1,0 \text{ кг/м}^3$ по формуле (8.7):

$$R_{cp(y1-y3)} = \frac{(p_{y1} - p_{y3}) \cdot 10^6}{l_{y1-y3} \cdot (1 + \alpha_m)} \cdot \frac{\rho_m}{\rho}, \text{ Па/м} \quad (8.7)$$

Подставляем значения полученные выше в формулу (8.7):

$$R_{cp(y1-y3)} = \frac{(1 - 0,7) \cdot 10^6}{1500 \cdot (1 + 0,281)} \cdot \frac{3,068}{1} = 479 \text{ Па/м}$$

Проведем расчет участка y1-y2.

Ориентировочно, падение давления на участке y1-y2 рассчитаем по формуле (8.8):

$$\Delta p_{y1-y2} = \frac{\Delta p}{\sum l \cdot (1 + \alpha_m)} \cdot l_{y1-y2}, \text{ МПа} \quad (8.8)$$

Подставляем значения в формулу (8.8):

$$\Delta p_{y1-y2} = \frac{0,3}{1500 \cdot (1 + 0,281)} \cdot 1150 = 0,179 \text{ МПа}$$

Тогда, давление в конце участка y1-y2 будет рассчитано по формуле (8.9):

$$p_{k(y1-y2)} = p_n - \Delta p_{y1-y2} = 1,0 - 0,179 = 0,82 \text{ МПа} \quad (8.9)$$

Найдем температуру пара в конце участка y1-y2 по формуле (8.3):

$$\tau_{k(y1-y2)} = 350 - \frac{2 \cdot 1150}{100} = 327 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тогда средняя температура пара на участке y1-y2 будет равна (8.10):

$$\tau_{cp(y1-y2)} = \frac{\tau_n + \tau_{k(y1-y2)}}{2} = \frac{350 + 327}{2} = 338,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8.10)$$

По параметрам температуры и давления пара, с помощью таблиц перегретого пара, найдем значение плотности в конце участка y1-y2: $\rho_{k(y1-y2)} = 2,951 \text{ кг/м}^3$.

Средняя плотность пара на участке y1-y2 будет равна (8.11):

$$\rho_{cp(y1-y2)} = \frac{\rho_n + \rho_{k(y1-y2)}}{2} = \frac{3,54 + 2,951}{2} = 3,245 \text{ кг/м}^3 \quad (8.11)$$

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
						ЛР
Изм	Лис	№ докум	Подп	Дат		

Учитывая расход пара на участках $G_{y1-y2} = 18$ т/ч, $G_{y2-y3} = 10,8$ т/ч и полученному среднему значению удельного падения давления $R_{cp(y1-y3)} = 479$ Па/м, определяем диаметры паропроводов на соответствующих участках по номограмме для расчета паропроводов (рисунок 8.2).

Для участка у1-у2 диаметр паропровода $d_{y1-y2} = 273 \times 7$ мм, для участка у2-у3 $d_{y2-y3} = 219 \times 6$ мм. Помимо этого, из монограммы получим приблизительные табличные значения скорости пара $\omega_{y1-y2} = 112$ м/с, $\omega_{y2-y3} = 96$ м/с.

Так как диаметры участков паропроводов известны, то удельные потери при наземной прокладке паропровода будут равны [24]:

$$q_{l(y1-y2)} = 96 \text{ Вт/м}; q_{l(y2-y3)} = 87 \text{ Вт/м}.$$

Количество пара, которого необходимо для компенсации его конденсации на участке у1-у2 определяется по формуле (8.12):

$$G_{к(y1-y2)} = \frac{q_{l(y1-y2)} \cdot l_{(y1-y2)}}{r_{cp(y1-y2)}}, \text{ кг/с} \quad (8.12)$$

где r_{cp} – средняя величина теплоты парообразования, кДж/кг.

Для определения средней величины теплоты парообразования, найдем среднее значение давления на участке у1-у2 по формуле (8.13):

$$P_{cp(y1-y2)} = \frac{P_{н(y1)} + P_{к(y2)}}{2}, \text{ МПа} \quad (8.13)$$

Подставим значения в формулу (8.13):

$$P_{cp(y1-y2)} = \frac{1 + 0,82}{2} = 0,91 \text{ МПа}$$

По таблице свойств водяного пара определим среднюю величину парообразования: $r_{cp(y1-y2)} = 2028,7$ кДж/кг.

Подставим все значения в формулу (8.12):

$$G_{к(y1-y2)} = \frac{96 \cdot 1150}{2028,7 \cdot 10^3} = 0,054 \text{ кг/с} = 0,19 \text{ т/ч}$$

Проведем расчет участка у2-у3.

Начальное давление для этого участка – это конечное давление для участка у1-у2: $p_{к(y1-y2)} = 0,82$ МПа. Начальная температура также известна и равна конечной температуре на участке у1-у2: $\tau_{н(y2-y3)} = 327^\circ\text{C}$. При это давлении и температуре плотность пара: $\rho_{y2} = 2,951$ кг/м³.

					12.01.01.2010.200.02.ПЗ.ВКР	Лис
Изм	Лис	№ докум	Подп	Дат		ЛО

По исходным данным, давление в конце паропровода известно и равно $p_{к(y2-y3)} = 0,7 \text{ МПа} = 7 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Температура пара в конце паропровода найдена по формуле (8.3) и равна $\tau_{к(y2-y3)} = 320^\circ\text{С}$. Соответственно плотность пара: $\rho_{y3} = 2,596 \text{ кг/м}^3$.

Среднее значение плотности и температуры на участке у2-у3 найдем по формулам (8.10) и (8.11):

$$\tau_{ср(y2-y3)} = \frac{\tau_{y2} + \tau_{y3}}{2} = \frac{327 + 320}{2} = 323,5^\circ\text{С}$$

$$\rho_{ср(y2-y3)} = \frac{\rho_{y2} + \rho_{y3}}{2} = \frac{2,951 + 2,596}{2} = 2,7735 \text{ кг/м}^3$$

Определим среднее значение давления для участка у2-у3 по формуле (8.13):

$$P_{ср(y2-y3)} = \frac{0,82 + 0,7}{2} = 0,76 \text{ МПа}$$

По таблице свойств водяного пара определим среднюю величину парообразования: $r_{ср(y2-y3)} = 2054,4 \text{ кДж/кг}$.

Количество пара, которого необходимо для компенсации его конденсации на участке у2-у3 определим по формуле (8.12):

$$G_{к(y2-y3)} = \frac{87 \cdot 350}{2054,4 \cdot 10^3} = 0,0148 \text{ кг/с} = 0,005 \text{ т/ч}$$

Проведем расчет для участка у2-у4.

Начальное давление и температура пара известны: $p_{к(y1-y2)} = p_{н(y2-y4)} = 0,82 \text{ МПа}$ и $\tau_{к(y1-y2)} = \tau_{н(y2-y4)} = 327^\circ\text{С}$. Соответственно, зная давление и температуру, плотность пара равна: $\rho_{y2} = 2,951 \text{ кг/м}^3$.

Рассчитаем конечную температуру пара $\tau_{к(y2-y4)}$ на участке у2-у4, используя формулу (8.3) $l_{y2-y4} = 980 \text{ м}$:

$$\tau_{к(y2-y4)} = 327 - \frac{2 \cdot 980}{100} = 307,4^\circ\text{С}$$

Конечное давление пара известно $p_{к(y2-y4)} = 0,7 \text{ МПа}$

Зная температуру и давление пара, при помощи таблицы перегретого пара [25] плотность пара в конце паропровода равна $\rho_{y4} = 2,656 \text{ кг/м}^3$

Среднее значение плотности и температуры на участке у2-у4 найдем по формулам (8.10) и (8.11):

					<i>12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР</i>	Лис
Ис	Лис	№ докум	Подп	Дат		50

$$\tau_{cp(y2-y4)} = \frac{\tau_{y2} + \tau_{y4}}{2} = \frac{327 + 307,4}{2} = 313,7^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_{cp(y2-y4)} = \frac{\rho_{y2} + \rho_{y4}}{2} = \frac{2,951 + 2,656}{2} = 2,8 \text{ кг/м}^3$$

Коэффициенты местных потерь на участках расчетной магистрали от котла-утилизатора до центральной бойлерной находим по формуле (8.2):

$$\alpha_{y2-y4} = 0,07\sqrt{7,2} = 0,188$$

Для определения расчетного направления трубопровода, проведем расчет среднего значения удельного падения давления при табличном значении плотности $\rho=1,0 \text{ кг/м}^3$ по формуле (8.14):

$$R_{cp(y2-y4)} = \frac{(p_{y2} - p_{y4}) \cdot 10^6}{l_{y2-y4} \cdot (1 + \alpha_{y2-y4})} \cdot \frac{\rho_m}{\rho}, \text{ Па/м} \quad (8.14)$$

Подставляем значения полученные выше в формулу (8.14):

$$R_{cp(y2-y4)} = \frac{(0,82 - 0,7) \cdot 10^6}{980 \cdot (1 + 0,188)} \cdot \frac{2,8}{1} = 288,6 \text{ Па/м}$$

Учитывая расход пара на участке $G_{y2-y4} = 7,2 \text{ т/ч}$ и полученному среднему значению удельного падения давления $R_{cp(y2-y4)} = 288,6 \text{ Па/м}$, определяем диаметр паропровода на участке у2-у4 по номограмме для расчета паропроводов (рисунок 8.2). Для участка у2-у4 диаметр паропровода равен $d_{y2-y4} = 219 \times 6 \text{ мм}$. Помимо этого, из номограммы получим приблизительные табличные значения скорости пара $\omega_{y2-y4} = 73,7 \text{ м/с}$.

Так как диаметр паропровода известен, то удельные потери при наземной прокладке паропровода будут равны [26]: $q_{l(y2-y4)} = 88 \text{ Вт/м}$.

Определим среднее значение давления для участка у2-у4 по формуле (8.13):

$$p_{cp(y2-y4)} = \frac{0,82 + 0,7}{2} = 0,76 \text{ МПа}$$

По таблице свойств водяного пара определим среднюю величину парообразования: $r_{cp(y2-y4)} = 2054,4 \text{ кДж/кг}$.

Количество пара, которого необходимо для компенсации его конденсации на участке у2-у4 определим по формуле (8.12):

												Лис
Ис	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР							51

$$G_{\kappa(y2-y4)} = \frac{88 \cdot 980}{2054,4 \cdot 10^3} = 0,0419 \text{ кг/с} = 0,151 \text{ т/ч}$$

После предварительных расчетов участков паропровода, проведем окончательный расчет.

Для участка у1-у2 расчетный расход пара определим по формуле (8.15):

$$G_{y1-y2}^{расч} = G_{y1-y2} + 0,5G_{\kappa(y1-y2)} + \sum_{y1}^{y5} (G_{\kappa(y2-y3)} + G_{\kappa(y2-y4)}), \text{ т/ч} \quad (8.15)$$

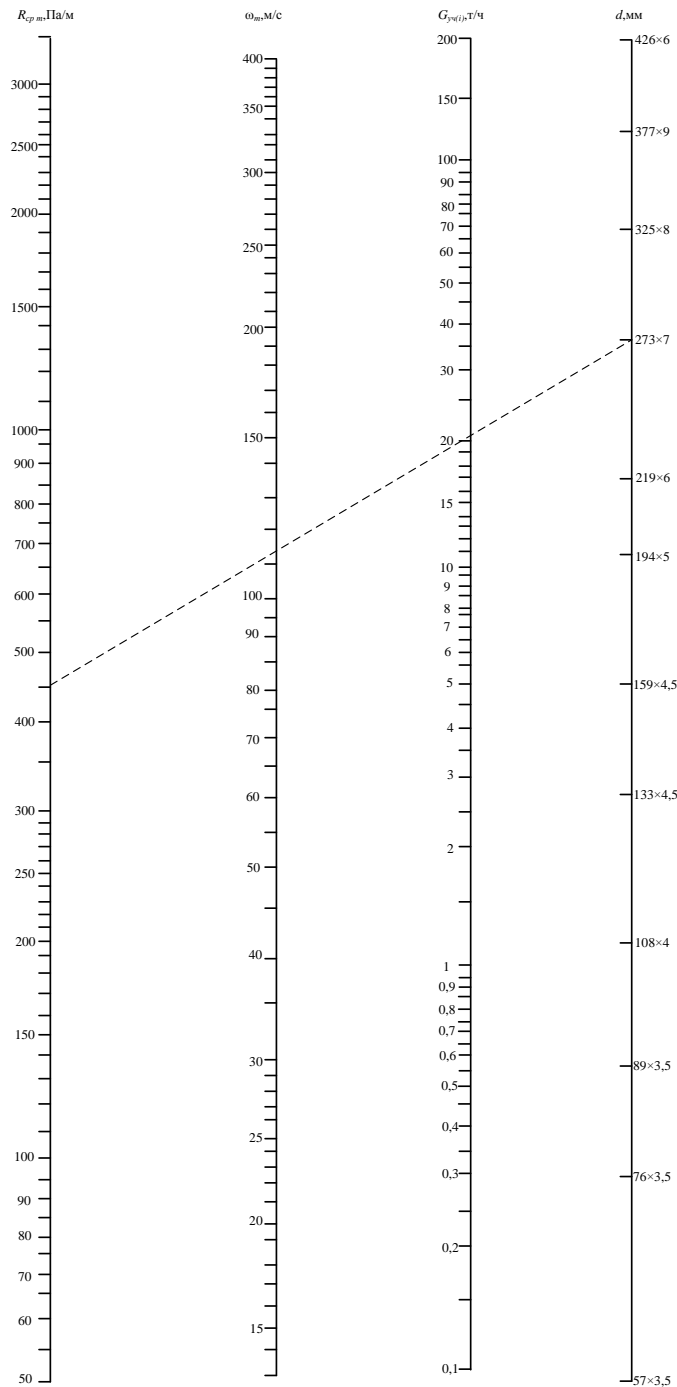


Рисунок 8.2 – Номограмма для расчета паропроводов [22]

Для участка у2-у3 по формуле (8.18):

$$R_{Д(y2-y3)} = 329 \cdot \frac{1}{2,7735} = 118,6 \text{ Па/м}$$

Для участка у2-у4 по формуле (8.18):

$$R_{Д(y2-y4)} = 165 \cdot \frac{1}{2,8} = 58,9 \text{ Па/м}$$

Определим действительные скорости пара по формуле (8.19):

$$\omega_{Дi} = \omega_{срi} \cdot \frac{\rho}{\rho_{срi}} \text{ м/с} \tag{8.19}$$

Подставляем значения в формулу (8.19) и получаем:

$$\omega_{Д(y1-y2)} = \omega_{ср(y1-y2)} \cdot \frac{\rho}{\rho_{ср(y1-y2)}} = 94,5 \cdot \frac{1}{3,245} = 29,12 \text{ м/с}$$

Полученная скорость пара меньше максимально допустимой.

Аналогично для остальных участков.

Для участка у2-у3 по формуле (8.19):

$$\omega_{Д(y2-y3)} = \omega_{ср(y2-y3)} \cdot \frac{\rho}{\rho_{ср(y2-y3)}} = 85 \cdot \frac{1}{2,7735} = 30,6 \text{ м/с}$$

Полученная скорость пара меньше максимально допустимой.

Для участка у2-у4 по формуле (8.19):

$$\omega_{Д(y2-y4)} = \omega_{ср(y2-y4)} \cdot \frac{\rho}{\rho_{ср(y2-y4)}} = 59,8 \cdot \frac{1}{2,8} = 21,35 \text{ м/с}$$

Полученная скорость пара меньше максимально допустимой. Что свидетельствует о том, что расчет верен.

Полученные значения, для удобства, занесем в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты гидравлического расчета паропровода

										Лис
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					51

уч-к	l_{yi} , м	$R_{срyi}$ Па/м	$R_{Ди}$ Па/м	$\omega_{срi}$ м/с	$\omega_{Ди}$ м/с	$\rho_{срyi}$ кг/м ³	$\tau_{срi}$ °С	$G_y^{расч}$ т/ч	d_y мм
y1-y2	1150	457	146,52	94,5	29,12	3,245	338,5	18,251	273×7
y2-y3	350	350	117,45	85	30,6	2,7735	320	10,8025	219×6
y2-y4	980	350	125,94	59,8	21,35	2,8	307,4	7,2755	219×6

8.2 Расчет местных сопротивлений

По плану трассы паропровода, необходимо определить местные сопротивления, которыми являются повороты, сужения диаметров, тройники отводы и компенсаторы.

Согласно справочной литературе, для максимально условного диаметра трубы $d_y=250$ мм и при высоких параметрах температуры и давления, рекомендуемое расстояние между неподвижными опорами паропровода должно быть не больше $l=100$ м. Для рассматриваемой схемы по рисунку 9.1 установим 22 неподвижные опоры.

Потребуется 19 П-образных компенсаторов. По схеме будут установлено 6 задвижек. Согласно схеме 8.1 потребуется 3 колена под углом 90° , 1 тройник.

Определим коэффициенты местных гидравлических сопротивлений на участках и рассчитаем потери давления на участках по формуле (8.20):

$$\Delta P_{к(i-i+1)} = R_D (l + l_e) \quad (8.20)$$

где $\Delta P_{к(i-i+1)}$ – потери давления на участке i -той точки паропровода до точки $i+1$;
 l_e – эквивалентная длина (учитывающая местные сопротивления).

Также проведем расчет давления пара в конце участка по формуле (8.21):

$$P_{к(i-i+1)} = p_{i+1} - \Delta P_{к(i-i+1)} \quad (8.21)$$

Рассмотрим эквивалентную длину местных сопротивлений отдельно по каждому участку. Для участка y1-y2:

- 9 П-образных компенсаторов $9 \cdot 5,2=46,8$ м;
- 2 задвижки $2 \cdot 4,2=8,4$ м;
- 1 тройник 17,4 м;
- 1 колено 9 м.

Получается:

$$l_{e(y1-y2)} = 46,8+8,4+17,4+9=81,6 \text{ м}$$

Потери давления на участке y1-y2 найдем по формуле (8.20):

$$\Delta P_{к(y1-y2)} = 146,52(1150 + 81,6) = 180454 \text{ Па} = 0,18 \text{ МПа}$$

										Лис
										55
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

И так, давление пара в конце участка определим по формуле (8.21):

$$P_{\kappa(y1-y2)} = 1,0 - 0,18 = 0,82 \text{ МПа}$$

Рассмотрим эквивалентную длину местных сопротивлений для участка у2-у3:

- 2 П-образных компенсатора $2 \cdot 5,2 = 10,4$ м;
- 2 задвижки $2 \cdot 4,2 = 8,4$ м;
- 1 тройник 17,4 м;
- 1 колено 9 м.

Получается:

$$l_{e(y2-y3)} = 10,4 + 8,4 + 17,4 + 9 = 45,2 \text{ м}$$

Потери давления на участке у2-у3 найдем по формуле (8.20):

$$\Delta P_{\kappa(y2-y3)} = 117,45(350 + 45,2) = 46416,24 \text{ Па} = 0,046 \text{ МПа}$$

И так, давление пара в конце участка определим по формуле (8.21):

$$P_{\kappa(y2-y3)} = 0,82 - 0,046 = 0,774 \text{ МПа}$$

Рассмотрим эквивалентную длину местных сопротивлений для участка у2-у4:

- 8 П-образных компенсатора $8 \cdot 5,2 = 41,6$ м;
- 2 задвижки $2 \cdot 4,2 = 8,4$ м;
- 1 тройник 17,4 м;
- 1 колено 9 м.

Получается:

$$l_{e(y2-y4)} = 41,6 + 8,4 + 17,4 + 9 = 76,4 \text{ м}$$

Потери давления на участке у2-у4 найдем по формуле (8.20):

$$\Delta P_{\kappa(y2-y4)} = 125,94(980 + 76,4) = 133043 \text{ Па} = 0,133 \text{ МПа}$$

И так, давление пара в конце участка определим по формуле (8.21):

$$P_{\kappa(y2-y4)} = 0,82 - 0,133 = 0,687 \text{ МПа}$$

Полученные, в процессе расчета значения участков занесем в таблицу 8.2, для последующего построения пьезометрического графика паропровода.

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКД	Лис
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.		56

Таблица 8.2 – Результаты расчета местных сопротивлений

уч-к	l_{ey} , м	ΔP_k , МПа	P_k , МПа	d_y мм
y1-y2	81,6	0,18	0,82	273×7
y2-y3	45,2	0,046	0,774	219×6
y2-y4	76,4	0,133	0,687	219×6

8.3 Построение пьезометрического графика паропровода

На основе данных, полученных по формуле (8.21) для трех участков y1-y2, y2-y3, y2-y4 и данных полученных в техническом задании проекта существующего паропровода был построен пьезометрический график паропровода, отображенный на рисунке 8.3.

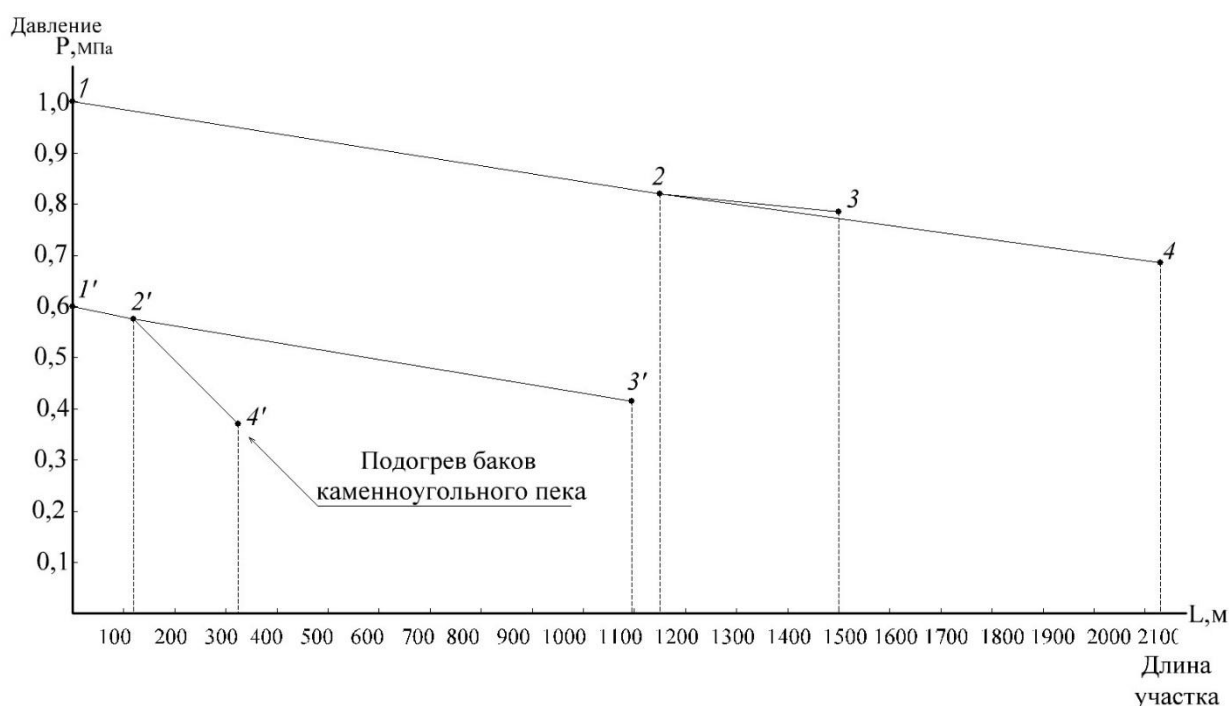


Рисунок 8.3 – Пьезометрический график проектируемого и существующего паропроводов

Точки, показанные на рисунке 8.3, а именно 1'-2', 1'-3', 2'-4' показывают существующее положение паропровода, длина его меньше по сравнению с проектируемым, это связано с близким расположением газовой паровой котельной. Точка 4' показывает падение давления и соответственно снижение скорости пара, что в свою очередь приводит к понижению температуры и, как следствие, недостатку в подогреве каменноугольного пека.

Также по графику на рисунке 8.3 отчетливо видно, что проектируемый паропровод будет с высоким давлением, требуемым потребителю, в условиях

модернизации существующего электродного оборудования, а также увеличению мощности производства.

8.4 Тепловой расчет и выбор толщины изоляции паропровода

Рассмотрим участок паропровода у1-у2.

Так как средняя температура пара на участке у1-у2 равна 338,5 °С, целесообразней будет использовать 2^{yx} слойную изоляцию.

В качестве материала для первого слоя изоляции выберем вату из супертонкого базальтового волокна без связующего с коэффициентом теплопроводности, вычисляемым по формуле (8.22):

$$\lambda_{\text{из1}} = 0,032 + 0,00019 \cdot t_{\text{cp}} \quad (8.22)$$

где t_{cp} – среднее значение температуры теплоносителя, равна $t_{\text{cp}(y1-y2)} = 338,5^\circ\text{C}$.

Подставим значение в формулу (8.22):

$$\lambda_{\text{из1}} = 0,032 + 0,00019 \cdot 338,5 = 0,096 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

Для расчета толщины изоляции, определим линейную плотность теплового потока [27] по формуле (8.23):

$$q_l = \frac{(\tau_{\text{cp}(y1-y2)} - \tau_{\text{cp.зод}}) \cdot k}{\frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_n \pi d_3}} \quad (8.23)$$

Термическое сопротивление теплоотдаче – это второе слагаемое в знаменателе формулы (8.23) и рассчитывается по формуле (8.24):

$$R_l^{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_n \pi d_3} \quad (8.24)$$

где k – коэффициент, который учитывает дополнительные потери, принимается $k=1,15$.

Для упрощения расчетов вводится дополнительный параметр B , который представляет собой отношение по формуле (8.25):

$$\ln B = \ln \frac{d_3}{d_2} \quad (8.25)$$

Значение $R_l^{\text{н}}$ ориентировочно принимается $R_l^{\text{н}}=0,03 \text{ (м} \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$.

С учетом формул (8.24) и (8.25) преобразуем формулу (8.23):

					12.04.01.2010.200.02.ПЗ.ВКР	Лис 58
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.		

$$q_l = \frac{(\tau_{cp(y1-y2)} - \tau_{cp,zod}) \cdot k}{\frac{1}{2\pi\lambda_{uz}} \ln B + R_l^H}$$

Вычислим значение параметра B для первого слоя изоляции с учетом, что для первого слоя, за среднегодовую температуру примем температуру между слоями $\tau_{cp,zod} = t_{1,2} = 220^\circ\text{C}$ по формуле 8.26:

$$\ln B_1 = 2\pi\lambda_{uz1} \left[\frac{(\tau_{cp(y1-y2)} - t_{1,2}) \cdot k}{q_l} - R_l^H \right] \quad (8.26)$$

Подставляем значения в формулу (8.26) и получаем:

$$\ln B_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,096 \left[\frac{(338,5 - 220) \cdot 1,15}{96} - 0,03 \right] = 0,838$$

Извлекаем натуральный логарифм по формуле (8.27):

$$B_1 = e^{0,838} = 2,311 \quad (8.27)$$

Толщина изоляции определяется по формуле (8.28):

$$\delta_{uz1} = \frac{d_n \cdot (B_1 - 1)}{2} \quad (8.28)$$

где d_n – внешний диаметр трубопровода, 273 мм.

Подставляем значение в формулу (8.28):

$$\delta_{uz1} = \frac{273 \cdot (2,311 - 1)}{2} = 179 \text{ мм}$$

В качестве материала для второго слоя изоляции выберем цилиндр минераловатный с коэффициентом теплопроводности, вычисляемым по формуле (8.29):

$$\lambda_{uz1} = 0,04 + 0,00004 \cdot t_{1,2} \quad (8.29)$$

где $t_{1,2}$ – температура между слоями изоляции, равна 220°C .

Подставим значение в формулу (8.29):

$$\lambda_{уз2} = 0,04 + 0,00004 \cdot 220 = 0,0466 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$$

В дальнейшем, используем аналогично формулы (8.26) – (8.28) для нахождения толщины изоляции второго слоя $\delta_{уз2}$.

Только, за среднюю температуру пара $\tau_{cp(y1-y2)}$, в формуле (8.30), примем температуру между слоями изоляции $t_{1,2}$, а второе значение температуры будет среднегодовая температура окружающего воздуха $\tau_{cp.год}$:

$$\ln B_2 = 2\pi\lambda_{уз2} \left[\frac{(t_{1,2} - \tau_{cp.год}) \cdot k}{q_l} - R_l^H \right] \quad (8.30)$$

Подставляем все значения в формулу (8.30) и получаем:

$$\ln B_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0466 \left[\frac{(220 - 3,2) \cdot 1,15}{96} - 0,03 \right] = 0,751$$

Значение B_2 находим аналогично по формуле (8.27):

$$B_2 = e^{0,751} = 2,12$$

Толщина изоляции второго слоя определяется по формуле (8.31):

$$\delta_{уз2} = \frac{d_{уз1} \cdot (B_2 - 1)}{2} \quad (8.31)$$

где $d_{уз1}$ – внешний диаметр изоляции трубопровода, $d_n + 179 = 452$ мм.
Подставляем значение в формулу (8.31):

$$\delta_{уз2} = \frac{452 \cdot (2,12 - 1)}{2} = 253 \text{ мм}$$

Аналогично проведем расчет для остальных участков паропровода. Во всех случаях будем применять двойной слой изоляции, для сохранения наиболее высокой температуры и меньшему воздействию на окружающую среду в следствии тепловых потерь.

Результаты проведенных расчетов толщины изоляции занесем в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 – Результаты теплового расчета паропровода

участок	d_y , мм	$\delta_{уз1}$, мм	$\delta_{уз2}$, мм
---------	------------	---------------------	---------------------

										Лис
										60
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

y1-y2	273×7	179	253
y2-y3	219×6	169	214
y2-y4	219x6	152	220

При расчете паропровода необходимо учесть, что пар, который направлен был в качестве излишнего количества пара в центральную бойлерную, будет использоваться полноценно, т.е. без возврата конденсата.

8.5 Расчет охлаждающей установки

Так как температура перегретого пара высокая 320°C, а потребителю необходима периодически требуется пониженная температура пара в пределах 230-250 °С, то будет так же проведен расчет охлаждающей установки (ОУ), принципиальная схема которого показана на рисунке 8.4.

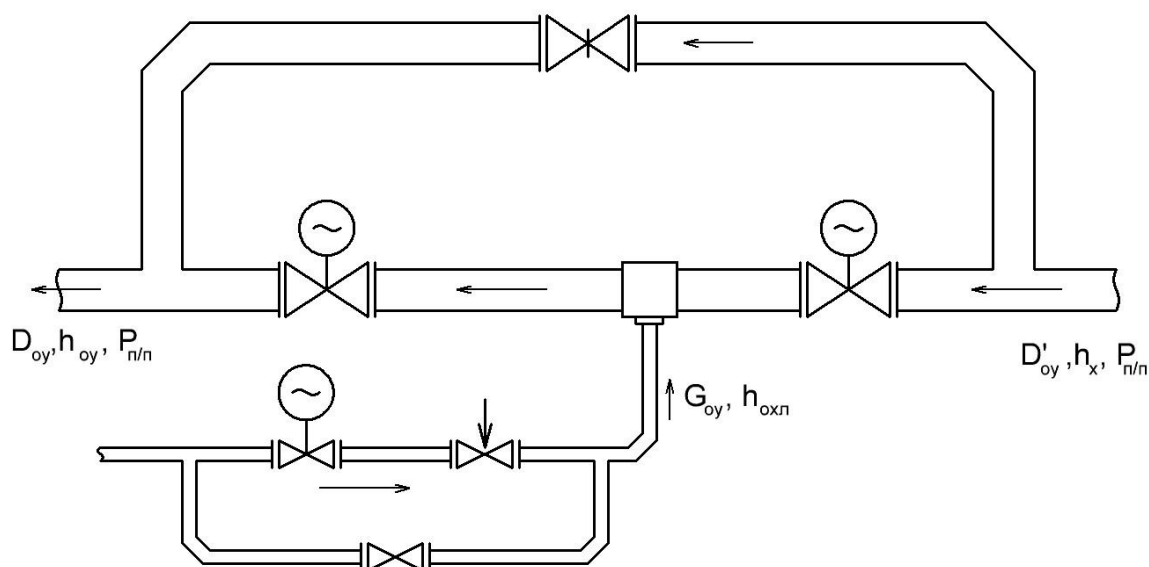


Рисунок 8.4 – Схема охлаждающей установки

Принцип работы ОУ заключается в рассеивающем впрыске охлаждающей воды в полость трубопровода, благодаря чему снижается температура пара, при этом давление пара остается неизменным.

Для того, чтобы определить необходимое количество охлаждающей воды для снижения температуры с 320°C до 250 °С, составим тепловой баланс ОУ, используя формулу (8.32):

$$D'_{oy} \cdot h_x + G_{oy} \cdot h_{охл} = D_{oy} \cdot h_{oy} \quad (8.32)$$

где D'_{oy} – расход перегретого пара до ОУ, т/ч;

h_x – энтальпия перегретого пара до ОУ, кДж/кг;

G_{oy} – расход охлаждающей воды, т/ч;
 $h_{охл}$ – энтальпия охлаждающей воды, кДж/кг;
 D_{oy} – расход охлажденного пара, т/ч;
 h_{oy} – энтальпия охлажденного пара, кДж/кг;
 $P_{n/n}$ – давление пара, МПа.

Материальный баланс ОУ описывается как сумма расходов перегретого пара и охлаждающей воды с одной стороны и расхода охлажденного пара с другой.

Баланс ОУ представлен в формуле (8.33):

$$D'_{oy} + G_{oy} = D_{oy} \quad (8.33)$$

По is–диаграмме определим значения энтальпий перегретого пара с температурой 320 °С и давлением 0,7 МПа, охлаждающей воды с температурой 95 °С и давлением 3,0 МПа, а также энтальпию охлажденного пара с температурой 250 °С и давлением 0,7 МПа.

$$h_x = 3100,5 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{охл} = 381,2 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{oy} = 2952 \text{ кДж/кг}$$

Преобразуем формулу (8.32):

$$G_{oy} = \frac{D'_{oy} (h_x - h_{oy})}{h_{oy} - h_{охл}}, \text{ т/ч} \quad (8.34)$$

Подставляем все значения в формулу (8.34):

$$G_{oy} = \frac{10,8 \cdot (3100,5 - 2952)}{2952 - 381,2} = 0,624 \text{ т/ч}$$

Подставим значение расхода охлаждающей воды в формулу материального баланса ОУ (8.33):

$$D_{oy} = 10,8 + 0,624 = 11,424 \text{ т/ч}$$

Таким образом, для снижения температуры перегретого пара с 320 °С до температуры 250 °С потребуется охлаждение с расходом 0,624 т/ч. Так же увеличится расход уже насыщенного пара до 11,424 т/ч, что никак не скажется на потребителе. Схема внутреннего паропровода в цехе производства электродов показана в приложении Е.

						12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис 62
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.			

В целом, проведенные расчеты показали, что данная научно-исследовательская работа выполнена и готова к применению на производстве.

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат		62

9 ВЫБОР КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И АВТОМАТИКИ, ПРИБОРОВ УЧЕТА И ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПОВ ИХ РАБОТЫ

9.1 Приборы КИПиА

Для обеспечения бесперебойной и слаженной работы котел-утилизатор оборудуется средствами контрольно-измерительных приборов и автоматики для управления и защиты котла, а также для управления технологическим процессом в соответствии с эксплуатационными требованиями.

На котле-утилизаторе автоматизируются:

- пуск и останов котла и дымососа;
- управление уровнем воды в котле;
- управление давлением питательной воды;
- продувочные и дополнительные продувочные клапаны котла;
- управление охлаждением продувочной воды в расширительном сосуде;
- расчет перепада давления отходящих газов, проходящих через котел;
- главный паровой клапан котла;
- управление минимальной температурой пара;
- клапан охлаждения перегретого пара;
- управление максимальным давлением перегретого пара на выходе из пароперегревателя;
- система защиты котла и счетчики рабочего времени.

Контур любого элемента управления котлом состоит из датчиков, контроллеров и исполнительного механизма управления.

Датчик – это часть измерительной или управляемой системы, которая представляет из себя особую совокупность измерительных преобразователей, включающую преобразователь типа сигнала, которая размещается в зоне действия влияющих факторов объекта и принимающую естественно закодированную информацию от данного объекта [28].

Контроллер представляет из себя встроенный блок процессора, который отвечает за возможность последовательной обработки запросов и выдачи дальнейшей операции на исполнительный механизм. Также в системе котла имеется программируемый логический контроллер (ПЛК) Simatic s7-300 фирмы «SIEMENS», который отвечает за автоматизацию всех технологических процессов в управлении котла-утилизатора. По сути является мозгом управления котла-утилизатора. Также для контроллеров имеется возможность контроля и назначения уставных значений, параметров и пределов сигнализации.

В процессе работы контроллер, согласно заложенной программе с помощью микропроцессора периодически опрашивает задействованные в работе датчики температуры, обрабатывает полученную информацию, размещает ее в памяти для дальнейшего использования. В результате произведенных вычислений, формируются выходные управляющие сигналы определенной продолжительности, которые через соответствующий порт управляют релейными выходами

						12.01.01.2010 200.02.12 В.И.В.	Лис
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.			61

исполнительных механизмов и пускозащитной аппаратуры насосов или вентиляторов.

Котел рассчитан на работу в автоматическом режиме. Вмешательство человека в работу котла минимально. Важной частью эксплуатации котла является информация, которая должна отображаться на станции центра дистанционного управления (RCC), а также визуализация различных процессов на экране, при этом:

- Все технологическое оборудование должно иметь автоматический и ручной режимы работы, а блокировки, которые имеют отношение к безопасности должны активироваться в ручном режиме;

- Эксплуатационные приборы и компоненты в процессе должны быть обозначены для обеспечения легкого доступа к информации о соответствующем процессе;

- Изменение значения или уставки обозначаются трехзначным числом, управляющие сигналы обозначаются двухзначным числом;

- Изменение величин должно производиться вводом новых числовых показателей и причем они должны быть ограничены обозначенными нормальными уставками;

- При любом вмешательстве оператора, таком как пуск/остановка котла, открытие/закрытие или изменение уставок/пределов сигнализации, ему должно быть предложено подтвердить эти изменения;

- Должна быть возможность установить контроллеры в «ручной» режим. Переключение из «ручного» в «автоматический» режим должно происходить мягкой передачей управления, т.е. без скачков управляющего сигнала. Это также относится к случаям, когда контроллеры, использующие мин./макс. блокировки, переключаются между «внутренней» и «внешней» уставкой или между «автоматическим» и «ручным» режимом;

- Там, где для выбора между несколькими управляющими сигналами используются максимальные или минимальные функции, за активным управляющим сигналом должен следовать неактивный, контроллер должен обладать функцией предотвращения интегрального насыщения;

- Для всех контуров управления должны выявляться ошибки, а именно в случаях, если сигнал становится ниже 3,5 мА или превышает 20,1 мА.

- Динамические сигналы с реальными величинами должны обновляться с интервалом в 1 секунду;

- Кодовые метки, контуры управления, блокировки и равноценная информация обычно должны быть скрыты, но они должны выводиться на экран управления по запросу; Для всех аналоговых сигналов должна быть возможность определять «аварийно высокий», «высокий», «низкий», «аварийно низкий» предел оповещения. Пределы оповещений, за исключением функций безопасности, должны легко устанавливаться с экрана управления котлом. Блокировки и процедуры обеспечения безопасности должны соответствовать сигналам «аварийно высокий» и «аварийно низкий» [29];

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис 65
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		

- Изменение контрольных параметров производится вручную вводом из системы управления.

9.2 Защита и сигнализация

Любое оборудование должно обеспечиваться системой защиты и сигнализации в случае неисправности или выхода из строя какого-либо элемента в оборудовании.

Котел – это сложное высокотехнологическое оборудование имеющее ряд систем безопасности, которые исключают возникновение аварийных ситуаций, таких как взрыв и разрушение элементов котла. Данная система защиты необходима для стабильной и непрерывной работы котельного оборудования [30].

В настоящее время котлы оборудуются большим количеством контрольных и измерительных устройств, обеспечивающих автоматическую работу котельного оборудования с минимальным воздействием человека.

В котле-утилизаторе серии ТМ заложена система защиты, которая полностью исключает воздействие человека на работу котла-утилизатора, за исключением переключений режимов работы.

В приложении 3 показана схема контрольно-измерительных приборов и автоматики, а также система защиты котла.

У котла-утилизатора имеется несколько видов защит, которые обеспечивают своевременный останов котла.

Защита по низкому аварийному уровню воды в котле (LZ^L-211, LZ^L-221) – при понижении уровня воды в котле по уставке LZ^L-211, LZ^L-221 (25%) происходит останов котла-утилизатора с одновременной сигнализацией на панели оператора. В этот момент останавливается дымосос котла-утилизатора, открываются клапана байпаса газохода и закрываются клапана на основном газоходе котла, прекращающие подачу отходящих газов в котел. Помимо этого, закрываются и блокируются клапана продувки котла, предотвращающие упуск воды, автоматически открываются клапана подачи питательной воды. Данная защита остается актуальной, пока уровень в котле не повысится до значений предупреждающей уставки (30%).

Защита по высокому аварийному уровню воды в котле (LZ^H-211, LZ^H-221) – при превышении уровня воды в котле по уставке LZ^H-211, LZ^H-221 (85%) происходит также останов котла-утилизатора с одновременной сигнализацией на панели оператора. В этот момент останавливается дымосос котла-утилизатора, открываются клапана байпаса газохода и закрываются клапана на основном газоходе котла, прекращающие подачу отходящих газов в котел. Помимо этого, закрываются и блокируются клапана подачи питательной воды, предотвращающие переполнение водой котла, автоматически открываются клапана продувки котла-утилизатора, для дренирования котловой воды и снижению уровня воды в котле. Данная защита остается актуальной, пока уровень в котле не понизится до значений предупреждающей уставки (75 %).

Защита по превышению давления пара в испарителях №1,2 (PZ^H-215, PZ^H-225) до наступления данной защиты срабатывают предохранительный клапана, но если

					12.01.01.2010 200.02.12.ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.		66

они не справляются, то активизируется данная защита. При превышении давления пара в испарителях №1,2 выше 13 кгс/см^2 ($1,3 \text{ МПа}$) происходит останов котла-утилизатора с одновременной сигнализацией на панели оператора. В этот момент останавливается дымосос котла-утилизатора, открываются клапана байпаса газохода и закрываются клапана на основном газоходе котла, прекращающие подачу отходящих газов в котел. Также автоматически остается открытым клапан шумоглушителя PV-330. Защита остается актуальной до понижения давления пара ниже 10 кгс/см^2 ($1,0 \text{ МПа}$).

Защита по превышению температуры перегретого пара (TZ^H-302, TZ^H-303) данная защита активируется при превышении уставки температуры перегретого пара свыше 440°C . В данном случае происходит останов котла-утилизатора с одновременной сигнализацией на панели оператора. В этот момент останавливается дымосос котла-утилизатора, открываются клапана байпаса газохода и закрываются клапана на основном газоходе котла, прекращающие подачу отходящих газов в котел. Также автоматически закрывается клапан подачи перегретого пара PV-325 и открывается клапан шумоглушителя для стабилизации давления перегретого пара PV-330. Защита остается актуальной до понижения температуры перегретого пара ниже 390°C .

9.3 Регуляторы

На котле-утилизаторе присутствует регулирующая арматура, отвечающая за непрерывный и бесперебойный процесс работы.

Регулятор питательной воды (PV-203) – данный регулятор при помощи датчика давления (PT-203) контролирует постоянное давление питательной воды в пределах уставки 17 кгс/см^2 . При понижении давления ниже уставки, регулятор открывается, при превышении давления выше уставки, регулятор соответственно закрывается. Управление осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность произвести переключение в дистанционный режим и задавать открытие или закрытие регулятора питательной воды в ручную.

Регулятор уровня котловой воды в испарителе №1 (LV-213) – данный регулятор при помощи датчика контроля уровня котловой воды (LT-210) производит подачу питательной воды в испаритель №1 в случае понижения уровня котловой воды ниже уставки (<50%) и закрывается при уставке больше 50%. Управление регулятором осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность управления в дистанционном режиме.

Регулятор уровня котловой воды в испарителе №2 (LV-207) – данный регулятор при помощи датчика контроля уровня котловой воды (LT-220) производит подачу питательной воды в испаритель №2 в случае понижения уровня котловой воды ниже уставки (<50%) и закрывается при уставке больше 50%. Управление регулятором осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность управления в дистанционном режиме.

Регулятор охлаждения (подмеса) перегретого пара (TV-323) – при превышении значения температуры перегретого пара после пароперегревателя выше уставки,

							12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКВ	Лис
Иэ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.				67

датчики температуры (ТТ-323 и ТТ-303) подают сигнал на контроллеры (ТС-323 и ТС-303) и контроллеры дают задание на открытие регулятора охлаждения перегретого пара, тем самым охлаждая перегретый пар потоком насыщенного пара.

После понижения температуры ниже уставки, регулятор TV-323 закрывается. Управление регулятором осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность управления в дистанционном режиме.

Регулятор контроля давления перегретого пара после пароперегревателя (PV-330) – при превышении давления перегретого пара выше уставки, датчик давления (РТ-304) подает сигнал на контроллер (РС-304). Управление регулятором осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность управления в дистанционном режиме.

Контроллер дает задание регулятору (PV-330) на открытие, тем самым понижая давление перегретого пара в системе. Излишний пар выводится через шумоглушитель в атмосферу. При понижении давления ниже уставки, регулятор PV-330 закрывается. Управление регулятором осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность управления в дистанционном режиме.

Регулятор подачи перегретого пара к потребителю (PV-325) – является главным регулирующим органом в системе котла-утилизатора, позволяя установить необходимый расход перегретого пара. Имеются датчики контроля температуры и давления перегретого пара к потребителю, которые позволяют контролировать параметры перегретого пара в котле-утилизаторе.

При понижении давления перегретого пара к потребителю после регулятора PV-325 ниже уставки, датчик РТ-306 подает сигнал контроллеру РС-306 на закрытие регулятора PV-325 с целью сохранения давления перегретого пара в котле-утилизаторе. При превышении давления у потребителя датчик РТ-306 также подает сигнал контроллеру РС-306 на закрытие регулятора PV-325.

Аналогично и для температуры. Датчик температуры ТТ-326 подает сигнал контроллеру ТС-326 при превышении температуры выше уставки или при понижении температуры ниже уставки для закрытия регулятора PV-325.

Управление регулятором осуществляется в автоматическом режиме, но имеется возможность управления в дистанционном режиме.

Регулятор охлаждения расширительного сосуда (TV-602) – данный регулятор при помощи датчика ТТ-205 и контроллера ТС-205 ведет контроль температуры продувочной воды в барбатер. При превышении температуры выше уставки TV-602 открывается, при понижении температуры ниже уставки закрывается. Управление регулятором осуществляется как в автоматическом так и в ручном режимах.

Регулятор периодической продувки испарителя №1 (QV-224) – при помощи датчика соледержания QT-224 и контроллера QC-224 производит продувку верхней части испарителя №1. При превышении показателя соледержания в котловой воде, датчик QT-224 подает сигнал контроллеру QC-224 на открытие регулятора QV-224. При понижении значения соледержания, регулятор

											Лис
											68
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР						

закрывается. Управление осуществляется как в автоматическом так и в ручном режимах.

Регулятор периодической продувки испарителя №2 (QV-227) – при помощи датчика соленосодержания QT-227 и контроллера QC-227 производит продувку верхней части испарителя №2. При превышении показателя соленосодержания в котловой воде, датчик QT-227 подает сигнал контроллеру QC-227 на открытие регулятора QV-227. При понижении значения соленосодержания, регулятор закрывается. Управление осуществляется как в автоматическом так и в ручном режимах.

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		60

Для защиты фильтровального материала рукавов от воздействия высоких температур, кроме кулера предусмотрен предохранительный клапан, обеспечивающий подсос холодного воздуха в критических случаях.

Для защиты материала компенсаторов на газоходе от воздействия высоких температур, предусмотрен предохранительный клапан, установленный после шахты печи, обеспечивающий подсос холодного воздуха, в случае неработающего котла-утилизатора.

Для защиты рукавного фильтра от воздействия низких температур предусмотрен байпас. Байпасный газоход соединяет вход и выход кулера. Клапан байпаса открывается, когда температура на входе в блок рукавных фильтров опускается ниже 150°C. Клапан на основном газоходе перед входом в кулер закрывается, что обеспечивает защиту рукавного фильтра и дымососа от низких температур и вибрации.

Рассмотрим подробнее про каждое газоочистное устройство и его назначение.

Циклоны – это устройства предварительного сбора пыли спроектированы так, чтобы они улавливали искры и грубые частицы из отходящего газа во избежание повреждения рукавных фильтров.

Система газоочистки состоит из трех циклонов. Эти циклоны расположены между печью и трамбонным охладителем.

Дымовой газ тангенциально вводится в цилиндрическую секцию циклона, и при этом возникает сильный вихрь внутри корпуса циклона. Частицы в газе подвергаются действию центробежной силы, которая перемещает их по радиусу в направлении стенки циклона. Твердые частицы сдвигаются вниз со стенок циклона внешним вихрем, и далее они следуют в бункер через выпускное отверстие.

Крупная пыль, собранная в бункерах циклонов, при помощи шлюзового питателя, через телескопический аспирационный рукав подается в кузов автотранспорта.

Телескопический (растягивающийся) рукав оснащен электрическим подъемным устройством и представляет собой «трубу в трубе». При выгрузке пыль поступает по внутренней полости, а возникающее на выходе из рукава пыление засасывается в наружную полость и транспортируется обратно в бункер, обеспечивая отсутствие пыления при разгрузке. Оставшаяся тонкая пыль направляется через охладители в рукавные фильтры.

Циклоны спроектированы на следующие рабочие параметры:

- Пылевая нагрузка = 550 кг/ч
- Количество улавливаемой пыли = 190 кг/ч

Ожидаемая расчетная эффективность циклона равна 35 %, связано это с тем, что циклон работает эффективно лишь с частицами большого диаметра.

Ожидается, что завихрители (верхние части циклонов) будут подвержены абразивному износу в большей степени, чем остальные детали. По данной причине эти детали изготовлены из более износостойкого материала, а именно из стали 18ХГНМФР. Срок работы циклонов сильно зависит от определенных переменных, таких как:

						12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат			72

- Объемный расход газа, проходящего через циклон
- Температура газа, и соответственно, температура стали
- Шихта(сырье), подаваемая в печь

Прогнозируется, что срок службы циклонов составит 7 лет.

Циклоны установлены на поддерживающие конструкции, изготовленные из стали марки СтЗсп, которая не является коррозионно-устойчивой. Однако окружающая среда не имеет сильно выраженных коррозионных свойств, и поэтому срок службы поддерживающих конструкций равен 15 годам.

Газоочистной тракт на входе в охладитель оборудован преуловителем, являющимся дополнительной ступенью очистки.

Благодаря специальной конструкции преуловителя поток газа теряет скорость, а крупные частицы сталкиваясь со стенками устройства теряют кинетическую энергию и падают в бункера.

Пыль, собранная в бункерах преуловителя, при помощи шлюзового питателя, через телескопический аспирационный рукав подается в кузов автотранспорта.

Телескопический (растягивающийся) рукав оснащен электрическим подъемным устройством и представляет собой «трубу в трубе». При выгрузке пыль поступает по внутренней полости, а возникающее на выходе из рукава пыление засасывается в наружную полость и транспортируется обратно в бункер, обеспечивая отсутствие пыления при разгрузке.

Дымовые газы с оставшимися мелкими частицами направляются далее в тромбонный охладитель (кулер).

Охладители, также называемые тромбонными кулерами являются предпочтительным оборудованием в том случае, когда имеется открытое пространство и точный контроль температуры не требуется. Они не требуют дополнительного охлаждения и используют естественную конвекцию и излучение для достижения необходимого охлаждения.

Для каждой печи и рукавных фильтров предназначен свой набор тромбонных охладителей.

Внешний вид преуловителя с тромбонным охладителем показан на рисунке 10.2.

Принцип работы тромбонного кулера основан на использовании излучения и естественной конвекции для охлаждения газов с 450 до 200°C в случае когда не используется котел-утилизатор. Для обеспечения требуемой зоны поперечного сечения, трубы расположены параллельно. Впускной и выпускной газоходы кулера обеспечивают равномерное распределение газов. При работающем котле-утилизаторе байпасный газоход позволяет горячим газам обойти кулер, если температура отходящих газов ниже 150°C.

В нижней части кулера предусмотрены люка для выгрузки осевшей пыли.

При проектном значении объемного расхода, скорость на входе тромбонного охладителя равна 18,0 м/с. Эта скорость воздуха в трубах охладителя достаточно велика для предотвращения осаждения пыли, но и достаточно мала для минимального абразивного износа труб охладителя. Для очистки от осевшей пыли имеются смотровые люки в его нижней части.

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		72

Под каждой из секций блока рукавных фильтров расположены пирамидальные промежуточные бункера. Для уменьшения риска выпадения конденсата и как следствие налипания пыли, наружные стенки бункеров утеплены теплоизоляционным материалом. Уловленная пыль попадает в бункер секции, откуда посредством шлюзового питателя перекачивается в сменный пылесборный мешок (бигбег), установленный непосредственно под бункером.

Для улучшения схода пыли в бункерах предусмотрена установка вибровстряхивания (виброрамы).

Для предотвращения слеживания пыли в бункерах, на каждом бункере установлена система пневматического встряхивания пыли.

На каждом бункере установлен ресивер (накопитель сж. воздуха) с тремя мембранными клапанами. От двух клапанов импульс сжатого воздуха подаётся в верхнюю часть бункера, где через перфорированные трубы, расположенные по периметру, происходит обдув стенок. От третьего клапана производится продувка выгрузочного отверстия и шлюзового питателя.

Продувка бункеров происходит в автоматическом режиме, по замкнутому циклу.

Замена наполненных мешков (биг-бегов) на пустые производится вилочным автопогрузчиком. Полные мешки вывозятся автотранспортом.

Особая конструкция основных дымососов обеспечивает их работу в интенсивном режиме и при высоких температурах. Основные дымососы установлены по параллельной схеме и транспортируют дымовые газы из печи, предотвращают падение давления в газоходе, кулерах, предуловителях и блоках рукавных фильтров.

Объем забираемых от печи газов регулируется электрическими направляющими аппаратами типа жалюзи.

Лопasti дымососа обладают изогнутой в обратном направлении формой для повышения эффективности работы в на чистом воздухе, поступающем из фильтра, и сделаны из особого износостойкого материала.

После каждого дымососа предусмотрен клапан, отсекающий его от коллектора на время ремонта.

Вентиляторы оборудованы радиальными лопастями для работы в условиях грязного воздуха, оснащены системой частотного регулирования скорости вращения, подключенной к электрическому двигателю, чтобы контролировать давление при очистке фильтровальных рукавов и в эксплуатационных целях.

Так как температура дымовых газов после дымососов низкая, происходит конденсация дымовых газов в дымовой трубе, что приводит к разрушению самой трубы. Чтобы этого избежать на нулевой отметке дымовой трубы установлен слив конденсата.

10.2 Расчет и подбор рукавного фильтра

В ферросплавном производстве, лидирующее место в очистке отходящих газов будет занимать именно рукавные фильтры, так как они позволяют с точностью в

										Лис
										76
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

99,9 % улавливать ферросплавную пыль и при этом затрачивается минимум сопутствующих материалов. При использовании рукавных фильтров имеется возможность переработать пыль во вторичный ресурс.

Технологические расчеты фильтрующих устройств сводятся к определению площади фильтровальной перегородки, гидравлического сопротивления фильтровальной перегородки и устройства в целом, частоты и продолжительности циклов регенерации фильтрующих элементов.

Исходные данные:

- Объемный расход очищаемых газов 500000 м³/ч;
- Температура очищаемого газа перед фильтром 120°С;
- Концентрация ферросплавной пыли в отходящих газах перед фильтром 2 г/м³;
- Плотность ферросплавной пыли 2,6·10³ кг/м³;
- Средний размер частиц пыли 3,2 мкм;
- Время отключения секции на регенерацию 40 с.

Требование к очищаемому газу – концентрация пыли в очищенном газе не должно превышать 5 мг/м³.

Коэффициент очистки $\eta = 99,75\%$

Начнем с того, что определим удельную нагрузку q используя формулу (10.1):

$$q = q_H C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 \quad (10.1)$$

где q_H – значение нормативной удельной газовой нагрузки, 1,7 м³/(м²·мин);

C_1 – коэффициент, характеризующий особенность регенерации фильтровальных элементов, для фильтров обратной продувки 0,55;

C_2 – коэффициент, учитывающий влияние концентрации пыли на удельную газовую нагрузку, равен 1,1;

C_3 – коэффициент, учитывающий влияние дисперсного состава пыли в газе, равен 1;

C_4 – коэффициент, учитывающий влияние температуры газа, равен 0,73;

C_5 – коэффициент, учитывающий требования к качеству очистки газов, равен 0,9.

Подставляем значения в формулу (10.1):

$$q = 1,7 \cdot 0,55 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 0,9 = 0,675 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$$

Определим гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки, предварительно оценивая длительность цикла регенерации в 900 с. по формуле (10.2):

$$\Delta p_{II} = K_{II} \mu \omega + K_1 \mu \nu Z_{\text{эк}} \omega^2 \quad (10.2)$$

где K_n – коэффициент, характеризующий сопротивление фильтровальной перегородки с оставшимся на ней слоем пыли, для частиц размером 3,2 мкм равен $2400 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$;

μ – кинематическая вязкость пыли, $28 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

ω – скорость фильтрования, $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$;

K_1 – коэффициент слоя пыли, равен $82 \cdot 10^9 \text{ м/кг}$;

ν – цикл фильтрования, равен 900 с;

Z_{ex} – запыленность после фильтра, 5 мг/м^3 .

Подставляем значения в формулу (10.2):

$$\begin{aligned} \Delta p_n &= 2400 \cdot 10^6 \cdot 28 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot 10^{-2} + 82 \cdot 10^9 \cdot 28 \cdot 10^{-6} \cdot 900 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (1,3 \cdot 10^{-2})^2 = \\ &= 873,67 + 1746,108 = 2620 \text{ Па} \end{aligned}$$

Так как гидравлическое сопротивление большое, снизим длительность цикла регенерации до 600 с. Таким образом:

$$\begin{aligned} \Delta p_n &= 2400 \cdot 10^6 \cdot 28 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot 10^{-2} + 82 \cdot 10^9 \cdot 28 \cdot 10^{-6} \cdot 600 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (1,3 \cdot 10^{-2})^2 = \\ &= 873,67 + 1164,072 = 2037 \text{ Па} \end{aligned}$$

Определим количество регенераций за 1 час по формуле (10.3):

$$m_p = \frac{3600}{\nu + \tau_p'} \quad (10.3)$$

где ν – цикл фильтрования, равен 600 с;

τ_p' – время отключения секции на регенерацию, 40 с.

Подставляем значения в формулу (10.3):

$$m_p = \frac{3600}{600 + 40} = 5,625$$

Вычислим объем газа, который расходуется на обратную продувку, при этом, условно примем, что скорость газа при обратной продувке, равна скорости фильтрования [34].

Объем газа найдем по формуле (10.4):

$$V_p = \frac{V_n \cdot m_p \cdot \tau_p'}{3600} \quad (10.4)$$

где V_n – объемный расход очищаемых газов, равен $260000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Подставляем значения в формулу (10.4):

											Лис
											78
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР						

$$V_p = \frac{500000 \cdot 5,625 \cdot 40}{3600} = 31250 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Предварительно, определим фильтровальную площадь по формуле (10.5):

$$F_\phi = \frac{V_n + V_p}{60 \cdot q} \quad (10.5)$$

Подставляем полученные ранее значения в формулу (10.5):

$$F_\phi = \frac{500000 + 31250}{60 \cdot 0,675} = 13117 \text{ м}^2$$

Для данной фильтровальной площади используем один 12-секционный фильтр типа ФРО-15000 [35].

Определим площадь фильтрования, отключающую на время регенерации по формуле (10.6):

$$F_p = \frac{N_c \cdot F_c \cdot m_p \cdot \tau_p'}{3600} \quad (10.6)$$

где N_c – число секций, 12;

F_c – фильтрующая поверхность секции, 1100 м².

Подставляем значения в формулу (10.6):

$$F_p = \frac{12 \cdot 1100 \cdot 5,625 \cdot 40}{3600} = 825 \text{ м}^2$$

Уточним количество газа, который расходуется на обратную продувку по формуле (10.7):

$$V_p = \omega \tau_p' m_p N_c F_c \quad (10.7)$$

Подставляем полученные ранее значения в формулу (10.7):

$$V_p = 0,013 \cdot 40 \cdot 5,625 \cdot 12 \cdot 1100 = 38610 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим необходимую площадь фильтрования для фильтра типа ФРО-15000 по формуле (10.8):

$$F_\phi = \frac{V_n + V_p}{60 \cdot q} + F_p \quad (10.8)$$

									Лис
									70
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР				

Подставляем полученные ранее значения в формулу (10.8):

$$F_{\phi} = \frac{500000 + 38610}{60 \cdot 0,675} + 825 = 14124 \text{ м}^2$$

Проведем сопоставление времени цикла фильтрования с временем, которое затрачивается на регенерацию секций по формуле (10.9). При этом условие регенерации только одной секции.

$$v \geq (N_c - 1)\tau_p' \quad (10.9)$$

Подставляем значения в формулу (10.9):

$$600 > (12-1)40$$

Следовательно, регенерации одной секции достаточно для фильтрования отходящих газов в данной установке.

10.3 Расчет высоты дымовой трубы

Даже после очистки в отходящих газах остаются вредные вещества, особенно газообразные, количество которых может значительно превосходить предельно допустимую концентрацию (ПДК) этих веществ в атмосфере. Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через высокие дымовые трубы. Из дымовых труб поток газов выбрасывается в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом, за счет чего концентрация вредностей на уровне дыхания снижается до нормативного значения. К тому же окислы азота и серы, попавшие в атмосферу, там не накапливаются, т.к. под действием ультрафиолетового излучения сравнительно быстро происходит самоочищение.

Основным компонентом в ферросплавной пыли является диоксид кремния, который является вредным веществом. Так как дымовые газы проходят многочисленную стадию очистки от ферросплавной пыли, частицы, а именно 0,01% выбрасываются и рассеиваются на прилегающей территории.

Поэтому будет проведен расчет высоты дымовой трубы с имеющимися данными по количеству пыли оставшейся после рукавного фильтра.

К данной дымовой трубе также относятся газоочистки 3^x плавильных печей, поэтому расчет необходимо проводить с учетом всех печей.

Для расчета требуемой высоты уточним скорость выхода дымовых газов для принятого диаметра 6220 мм и используем ее для дальнейших расчетов.

При расчете будем учитывать только летний режим работы, как самый вредный.

Объемный расход дымовых газов всех плавильных печей равен 1200 тыс. м³/ч или 333 м³/с, температура отходящих газов в дымовой трубе 72 °С

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис ЭЛ
Изд	Лис	№ докум	Подп	Дат		

И так, при коэффициенте очистки $\eta = 99,75 \%$ найдем расход выбрасываемого в атмосферу оксида кремния по формуле (10.10):

$$M_{SiO_2} = C_{вых} \cdot V \quad (10.10)$$

где $C_{вых}$ – концентрация пыли в отходящих газах после фильтра, 5 мг/м^3 ;
 V – объемный расход отходящих газов, $1200 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ или $333 \text{ м}^3/\text{с}$.

Подставляем значения в формулу (10.10):

$$M_{SiO_2} = 0,005 \cdot 333 = 1,665 \text{ г/с}$$

Уточним скорость дымовых газов в дымовой трубе, учитывая расход дымовых газов со всех четырех плавильных печей [36]:

$$w = \frac{4V_d}{\pi \cdot D^2} \quad (10.11)$$

где D – диаметр дымовой трубы, $6,22 \text{ м}$.

Подставляем значения в формулу (10.11):

$$w = \frac{4 \cdot 333}{3,14 \cdot 38,68} = 10,9 \text{ м/с}$$

Для определения параметра f воспользуемся формулой (10.12):

$$f = 1000 \frac{w^2 D}{H^2 \Delta T} \quad (10.12)$$

где D – диаметр устья дымовой трубы 6220 мм);

H – высота дымовой трубы (возьмем для расчета 80 м);

ΔT – разница температур (для летнего режима $43,8^\circ\text{C}$)

Подставляем значения в формулу (10.12) для летнего режима:

$$f = 1000 \frac{10,9^2 \cdot 6,22}{80^2 \cdot 43,8} = 2,64$$

Значения коэффициента m определяются исходя из параметров значения f .

Поскольку $f < 100$, то:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad (10.13)$$

Подставляем значения в формулу (10.13):

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис 21
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{2,64} + 0,34\sqrt[3]{2,64}} = 0,76$$

Значение коэффициента n зависит от опасной скорости ветра w_m (скорость, при которой приземные концентрации примесей имеют наибольшие значения).
 w_m определяется по формуле (10.14):

$$w_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q\Delta T}{H}} \quad (10.14)$$

где Q – объем газовоздушной смеси. Q для круглого устья трубы определяется по формуле (10.15):

$$Q = w_0 \frac{\pi D^2}{4} \quad (10.15)$$

Подставляем значения в формулу (10.15):

$$Q = 10,9 \frac{\pi \cdot 6,22^2}{4} = 331 \text{ м}^3/\text{с}$$

Полученное значение подставляем в формулу (10.14):

$$w_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{331 \cdot 43,8}{80}} = 3,67 \text{ м/с}$$

Получается, коэффициент n равен 1.

Максимальная приземная концентрация вредных веществ при выбросе определяется по формуле (10.16):

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_0 \cdot \Delta T}} \quad (10.16)$$

где A – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется климатической зоной. Для Европейской территория России и Урала севернее 52° с.ш. $A = 160$;

M – расход выбрасываемого в атмосферу вещества (оксид кремния), $1,665 \text{ г/с}$;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для аэрозольных примесей с коэффициентом очистки более 90% $F = 2$;

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха при неблагоприятных условиях;

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат.		87

V_0 – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, 333 м³/с;

$\eta = 1$ – поправочный коэффициент на рельеф

Подставляем значения в формулу (10.16):

$$C_m = \frac{160 \cdot 1,665 \cdot 2 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1}{80^2 \cdot \sqrt[3]{333 \cdot 43,8}} = 0,00258 \text{ мг/м}^3$$

Проверим выполнение условия по формуле (10.17):

$$\frac{C_{SiO_2}}{ПДК_{SiO_2}} \leq 1 \quad (10.17)$$

Значение ПДК для оксида кремния равно 4 мг/м³

Получается:

$$C_{SiO_2} = 0,0026 \text{ мг/м}^3 < ПДК = 4 \text{ мг/м}^3$$

Таким образом, концентрация приведенных выбросов SiO₂ в приземном слое при данной высоте трубы не превышает ПДК. Отсюда следует, что высота дымовой трубы подобрана верно и удовлетворяет требованиям защиты окружающей среды.

										Лис
										82
Из	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

11 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данный раздел содержит основные требования по обеспечению безаварийной работы и безопасного обслуживания парового котла-утилизатора серии ТМ, расположенного после плавильной печи РКЗ-22,95. Объект располагается вне помещения на открытой местности. Работа котла-утилизатора осуществляется без постоянного оперативного персонала (удаленно), на диспетчерском пульте имеется необходимое оборудование для дистанционного слежения и управления оборудованием в автоматическом и ручном режимах.

11.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Полная безопасность труда человека в производственных условиях определяется тремя факторами [37]:

- безопасность производственного оборудования;
- безопасность производственно – технологического процесса;
- безопасность трудового процесса.

Отклонения от нормы в работе оборудования и производственно – технологическом процессе, а также меры по их устранению, рассматриваются в специальных инструкциях по технической эксплуатации оборудования и технологии производства.

Безопасность трудового процесса в пространстве, не ограничивается только границами своего рабочего места. В то же время в производственном процессе безопасность труда на рабочем месте имеет резко выраженные границы, нарушать которые запрещается. Нарушение этого требования часто приводит к несчастным случаям.

Безопасность трудового процесса начинается с выхода человека из дома на работу и заканчивается приходом его с работы домой. Поэтому каждый член коллектива цеха обязан с момента поступления на работу представлять себе сложный характер производства цеха и всего комбината, насыщенность территории комбината и цеха опасными и вредными производственными факторами:

- а) движущиеся машины и механизмы, в том числе грузоподъемные механизмы, подвижные и вращающиеся части производственного оборудования;
- б) опасного уровня напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- в) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- г) повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, поверхностей оборудования, материалов;
- д) повышенный уровень шума и вибрации на рабочих местах;
- е) недостаточная освещенность рабочей зоны;
- ж) использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа и при температуре нагрева воды более 115 градусов С;
- и) повышенный уровень газоопасных мест и работ.

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		21

Для защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов в цехе применяются средства коллективной защиты:

- от движущихся и вращающихся частей оборудования предусмотрены: ограждения, звуковая сигнализация, ограждение площадок и рабочих мест, дистанционное управление, тормозные устройства, знаки безопасности;
- от повышенной запылённости, загазованности и повышенной температуры предусмотрены вытяжная и приточная вентиляция; герметизация пылящегося оборудования, изоляция горячего оборудования и трубопровода;
- от действия электрического тока предусмотрено: ограждение участков, находящихся под напряжением; изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, зануления, электрические блокировки, световая и звуковая сигнализации, знаки безопасности (предупредительные плакаты), диэлектрические коврики.

Для защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов в цехе применяются средства индивидуальной защиты:

- для защиты органов дыхания используют респираторы «Лепесток»;
- для защиты рук используют рукавицы хлопчатобумажные и суконные с кожаными нашивками;
- для защиты головы используют каски, подшлемники;
- для защиты лица используют защитные маски, защитные щитки;
- для защиты органов слуха используют противошумные вкладыши (типа беруши), антифоны;
- для защиты глаз используют защитные очки;
- для защиты туловища используют спецодежду (куртки, костюмы, халаты);
- для защиты ног используют спецобувь (ботинки, сапоги, валенки);
- используют предохранительные приспособления - предохранительные пояса;
- используют дерматологические средства - пасты, кремы;
- для защиты от вредных химических элементов применяются микроклиматические установки;
- для защиты от движущихся машин, в том числе ГПМ - ограждения, блокировки, световая и звуковая сигнализации, предупредительные плакаты и знаки, козуха;
- для защиты от падения с высоты - оградительная техника, в том числе площадки обслуживания, спасательные пояса, ограничительная техника (проходы).
- для защиты от напряжения – электрические блокировки, световая и звуковая сигнализации, предупредительные плакаты и знаки, средства индивидуальной защиты (коврики, перчатки и т.д.).

11.2 Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса.

Рабочее место оператора котельной находится в производственном помещении с выделением тепла, вследствие чего в помещении повышенная температура, пониженная влажность, повышенная скорость воздуха.

											Лис
											ДБ
ИЗ	Лис	МФ	Ложим	Полл	Лат						

Повышение температуры воздуха приводит к затрудненному функционированию сердечно-сосудистой системы человека, приводит к потере большого количества влаги и солей, а также в отдельных случаях может привести к тепловому удару.

Пониженная влажность воздуха приводит к затрудненному дыханию, ухудшению работы сердечно-сосудистой системы человека.

Повышенная скорость воздуха нарушает терморегуляцию организма человека.

Для оператора котельной категория выполняемых работ Ia в операторской и Ib при обходах технологического оборудования.

Основным документированием по контролю воздушной среды в рабочей зоне является СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Для нормальной работы организма человека такое сочетание как температура и влажность, скорость движения воздуха и тепловое излучение должно быть не более допустимого [38].

В таблице 11.1 представлены допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в производственных помещениях.

Таблица 11.1 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период Года	Категория работ по уровню энергозаграт, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Ib (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Ib (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3

В таблице 10.2 представлены допустимые показатели интенсивности теплового облучения работниками от производственных источников.

Таблица 10.2 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
Не более 25	100

Так как, рабочий персонал находится на территории водогрейной котельной и в процессе работы водогрейных котлов, в воздушной среде рабочей зоны возможно содержание токсичных веществ: это угарный газ СО, и оксид азота NO, диоксид азота NO₂. Данные сильнодействующие ядовитые газообразные вещества входят в состав продуктов сгорания природного газа. Они появляются в котельной в случаях утечки в местах стыковки частей газохода дымовых газов. Токсичные вещества при попадании в организм человека вызывают отравление, а также нарушение работы дыхательной системы.

Класс опасности диоксида и оксида азота – III, угарного газа – IV. Предельно допустимая концентрация угарного газа составляет 20 мг/м³, предельно допустимая концентрация диоксида азота 2 мг/м³, предельно допустимая концентрация оксида азота 5 мг/м³.

Производственный процесс сопровождается выделением тепла и влаги, вследствие чего метеорологические параметры и состав воздуха в производственном помещении отличаются от нормального. Для создания надлежащих метеорологических условий и чистоты воздуха в помещениях участка паровых и водогрейных котлов предусмотрена вентиляция и кондиционирование воздуха, с созданием хорошей теплоизоляции поверхностей оборудования и экранированием источников излучения.

Естественная вентиляция осуществляется за счет разности температур воздуха, находящегося внутри и снаружи производственных помещений, а также за счет воздействия ветра. При аэрации свежий воздух поступает в помещение котельной через ряд проемов, расположенных на переплетах боковых оконных проемов и удаляется через верхние проемы. В помещении пульту оператора установлена сплит-система.

Отопление котельной в зимнее время происходит с помощью радиаторов, в которых в качестве теплоносителя используется горячая вода.

Освещение рабочей зоны

При недостаточном естественном освещении в организме человека происходит нарушение зрения, наступает быстрая утомляемость и головные боли.

Для создания наилучших условий работы, зрения человека в процессе труда освещение должно обеспечивать:

– освещенность на рабочих местах в соответствии с характером зрительной работы;

										Лис
										27
Ил	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

- достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности;
- отсутствие резких теней, блескости.

На участке паровых и водогрейных котлов предусмотрено совмещенное рабочее освещение, а также искусственное дежурное и аварийное освещение.

Основным документированием по контролю световой среды на рабочих местах является СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

Аварийное освещение следует предусматривать в случаях если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса.

Аварийное освещение должно создавать на рабочих поверхностях в производственных помещениях и на территориях предприятий, требующих обслуживания при отключении рабочего освещения, наименьшую освещенность в размере 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий.

В помещениях участка паровых и водогрейных котлов предусмотрено естественное освещение, а в вечернее и ночное время искусственное. Искусственное освещение осуществляется комбинацией общего освещения котельной с местным освещением рабочих мест. В качестве источников света применяются люминесцентные лампы и светодиодные лампы. Для обеспечения требуемого направления светового потока электрические лампы заключены в арматуру, которая обеспечивает защиту глаз от слепящего действия и предохраняет лампы от загрязнения. Для освещения применяются светильники напряжением 220 В и мощностью 40-1000 Вт.

Требования к освещению на рабочих местах, диспетчерский пульт управления с установленными ЭВМ:

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать отраженную блёскость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Дежурное освещение предусмотрено возле оборудования котельной, в местах установки приборов, в помещении операторской.

В случае аварийной ситуации предусмотрено аварийное освещение, которое составляет 10% рабочего освещения. Аварийное освещение обеспечивает работу на пультах управления, а также осмотр фронтальных частей котлов, доступ к

						Лис
						22
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	<i>12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР</i>	

обслуживающим площадкам. Для осмотра оборудования у оператора предусмотрены аккумуляторные светильники и переносные электрические фонари. Переносные ручные электрические светильники питаются от сети напряжением 12 В.

Виброакустические факторы

Основными источниками общей вибрации в водогрейной котельной являются вращающиеся механизмы – дымосос, вентилятор, а также работающие котлы. Вибрация возникает как при плохом центрировании или разбалансировке вращающихся механизмов, так и в случае правильной балансировки. В оборудовании вибрация возникает при движении среды.

Вибрация может вызвать нарушение функций организма. При воздействии общей вибрации возникают изменения со стороны центральной нервной системы: головокружение, шум в ушах, сонливость, нарушается координация движений. Со стороны сердечно-сосудистой системы наблюдается неустойчивость артериального давления, гипертонические явления. Поражение кожно-суставного аппарата локализуется в ногах и позвоночнике. При большой интенсивности и в определенном диапазоне частот – разрыв тканей. Наиболее опасны для организма человека вибрации, частоты которых совпадают с частотами собственных колебаний тела человека и его внутренних органов, так как такие вибрации могут вызвать резонансные явления в организме. Диапазон частот таких вибраций от 4 до 400 Гц. Наиболее опасна частота 5÷9 Гц.

Вибрация в котельной является постоянной.

На оператора котельной действует общая вибрация категории 3, технологического типа А (на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий).

Основным документированием по контролю вибрации является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

При нормировании вибрации учитывают отклонения виброскорости и виброускорения от предельно допустимых значений по осям ортогональной системы координат.

Основным способом обеспечения вибробезопасности должно быть создание и применение вибробезопасных машин. При проектировании и использовании машин, зданий, объектов должны быть использованы методы, снижающие вибрацию на путях ее распространения от источника возбуждения; применены виброизоляция, виброгасящие основания (пневматические демпферы, пружины).

Для исключения вибраций и сотрясений от работы машин несущие конструкции здания не должны соприкасаться с фундаментами машин.

В котельной применены виброгасящие основания на фундаментах насосов.

Источники шума в водогрейной котельной – это котлы, работающие насосы, дымосос, вентилятор, движение воды и пара в трубопроводах.

Интенсивный шум при ежедневном воздействии снижает остроту слуха, приводит к изменению кровяного давления, ослабляет внимание, снижает остроту зрения, ускоряется процесс утомления, вызывает изменение в двигательных

										Лис
										20
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

центрах. Особенно неблагоприятное воздействие оказывает шум на сердечно-сосудистую и нервную системы. Шум интенсивностью более 130 дБ вызывает боль в ушах, а при 140 дБ наступают необратимые нарушения органа слуха.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный критерий – эквивалентный (по энергии) уровень звука.

Основной документ по контролю воздействия шума СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать для тонального и импульсного шума на 5 дБ меньше значений указанных в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах и территории предприятий

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах помещениях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые по следующим направлениям:

- разработкой шумобезопасной техники;
- применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация»;
- применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Основные требования и классификация».

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности». Работаящие в этих зонах должны быть снабжены средствами индивидуальной защиты.

Одним из методов снижения шума является снижение шума на пути его распространения. Он реализуется применением кожухов, экранов и звукоизолирующих перегородок, которыми закрывают вышеперечисленное оборудование, применением звукоизоляции ограждающих конструкций; уплотнением по периметру притворов окон, ворот, дверей; звукоизоляцией мест пересечения ограждающих конструкций инженерными коммуникациями; устройством звукоизолированных кабин наблюдения и дистанционного управления. В качестве индивидуальных средств защиты используют противושумные вкладыши и наушники.

Для уменьшения шума от вращающихся механизмов в котельной применены кожухи. Помещение операторской имеет звукоизоляцию.

Электромагнитный излучения, электростатические поля и другие виды излучений

Источниками магнитного излучения и электростатических полей являются:

- персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ).

Воздействию электромагнитного поля негативно влияет на нервную систему и тесно связанную с ней сердечно-сосудистую систему, так как представляют собой биоэлектрические системы, способные реагировать на внешнее воздействие электрических сигналов. Возникают изменения со стороны центральной нервной системы: головные боли, утомляемость, нарушения внимания и др. Со стороны сердечно-сосудистой системы наблюдается снижение артериального давления, урежение частоты сердечных сокращений, замедление внутрижелудочковой проводимости. Установлено также негативное воздействие электромагнитных полей на иммунологическую реактивность организма.

На котельной в помещении операторской (диспетчерской) Основным источником неблагоприятного воздействия на здоровье персонала средства визуального отображения информации от ПЭВМ. ПК часто оснащают сетевыми фильтрами (например, типа "Pilot"), источниками бесперебойного питания и другим вспомогательным электрооборудованием. Все эти элементы при работе ПК формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей, а также в помещениях образовательных, дошкольных и культурно-развлекательных учреждений указаны в таблице 11.4.

					<i>12 01 01 2010 200 02 ПЭ ВКП</i>	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		01

Таблица 11.4 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
1		2
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл.

Основным документом по контролю за электромагнитным излучением является СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

Предельно допустимые уровни электростатического поля (ЭСП)

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах.

Уровень ЭСП оценивают в единицах напряженности электрического поля (Е) в кВ/м.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (E_{ndy}) при воздействии ≤ 1 час за смену устанавливается равным 60 кВ/м.

При воздействии ЭСП более 1 часа за смену E_{ndy} определяются по формуле (11.1):

$$E_{ndy} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \text{кВ/м} \quad (11.1)$$

где t - время воздействия (час).

Получается:

$$E_{ndy} = \frac{60}{\sqrt{8}} \text{кВ/м}$$

Расчет по формуле допускается в пределах от 0,5 до 8,0 ч.

При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

В диапазоне напряженностей 20-60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты ($t_{доп}$) определяется по формуле (11.2):

$$t_{доп} = \left(\frac{60}{E_{факт}}\right)^2 \quad (11.2)$$

где $E_{факт}$ - измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

Применение средств защиты работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают значение 60 кВ/м.

Основными документами по электростатическим полям являются СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля, ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ.

11.3 Безопасность производственных процессов и оборудования Требования безопасности к основному оборудованию

Необходимые требования правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок и оборудования работающего под избыточным давлением:

Для безопасной работы все движущиеся части оборудования должны быть закрыты защитными кожухами.

Для предупреждения разрушения котельного оборудования при повышении давления, его оснащают предохранительными клапанами. Предохранительные клапаны устанавливают на оборудовании, работающих под давлением, которые могут быть отделены от остального оборудования запорными вентилями (барaban котла, сепаратор).

На выходном газоходе котла установлен взрывной клапан, срабатывающий при превышении давления газов выше допустимого значения. При его срабатывании выходящие газы отводятся по трубе через кровлю котельной в окружающую среду.

Все подшипники дымососа снабжены приборами, контролирующими температуру масла в подшипниках. При превышении допустимого значения температуры масла в подшипниках во избежание возгорания масла происходит останов дымососа.

Трубопроводы питательной воды и пара должны иметь возможность свободного температурного удлинения, что достигается установкой компенсаторов. Все трубопроводы и оборудование, в которых находится среда с высокой температурой, должны быть покрыты тепловой изоляцией. Допускаемая температура поверхности изоляции 45°C.

В местах возможного повреждения оборудование и трубопроводы необходимо ограждать.

										Лис
										02
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР					

Трубопроводы окрашивают в цвет, соответствующий среде, транспортируемой по трубопроводу, по ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки»:

- паропроводы – красный,
- водопроводы – зеленый.

Для работы на высоте предусмотрены площадки с ограждением по периметру высотой 1 м.

Электробезопасность

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатель дымососа, электроприводы арматуры, приборы контроля в пультовой оператора.

При нарушении электроизоляции возможно воздействие электрического тока на человека, что вызывает ожоги.

Основным документом по электробезопасности является ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».

При нормальных режимах работы для тока частотой 50 Гц допусковое напряжение не более 2В, допускаяемая сила тока не более 0,3 мА. Допускаемые значения напряжения и силы тока при аварийных режимах работы приведены в таблице 11.5.

Таблица 11.5 – Напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц.

Продолжительность воздействия, сек	Нормируемая величина	
	Напряжение, В	Сила тока, мА
1	2	3
0,01 – 0,08	550	650
0,1	340	400
0,2	160	190
0,3	135	160
0,4	120	140
0,5	105	125
0,6	95	105
0,7	85	90
0,8	75	75
0,9	70	65
1,0	60	50
>1,0	20	6

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электрооборудования;
- техническими способами и методами защиты;

					12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКД	Лис
Изм	Лис	№ докум	Подп	Дат		01

– организационными и техническими мероприятиями.

Для защиты персонала от попадания под опасное для жизни напряжение при повреждении изоляции выполняется защитное заземление. В качестве проводников используются стальные трубы и нулевые проводники электропроводки, имеющие надежное соединение с нейтралью трансформаторов посредством нулевых жил питающих кабелей.

В качестве молниеприемника используется металлическая кровля здания, в качестве молниеотводов и заземлителей – соответственно арматура колонн и фундаментов.

Заземлены корпуса электрических машин, приводы электрических аппаратов, каркасы распределительных щитов, металлические кабельные конструкции, стальные трубы электропроводок, лотки, короба, тросы.

11.4 Пожаровзрывобезопасность

Категория производства по пожаровзрывобезопасности «Г» – помещение пультовой котельной (постоянное место работы рабочего персонала) и площадка котла-утилизатора.

Помещение водогрейной котельной спланировано таким образом, чтобы ограничить распространение огня. Полы в помещении выполнены негоряемыми, огнестойкими. Для защиты от огня предусмотрен противопожарный разрыв между близко расположенными зданиями.

Основным документом по пожаробезопасности является ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

Пределы огнестойкости:

- несущие стены, колонны, плиты, настилы, несущие – 2,0;
- конструкции перекрытий – 0,75;
- внутренние несущие стены – 0,75;

Применена автоматическая сигнализирующая установка, определяющая загорание по наличию дыма. Установка сигнализирует о пожаре с помощью световых и звуковых сигналов. Противопожарное водоснабжение помещения осуществляется от единой системы подачи и распределения воды. Котельная оборудована пенными и углекислотными огнетушителями для тушения пожаров в начальной стадии, расположенными на пожарных щитах. Один огнетушитель находится в помещении операторской. Возможно использование циркуляционной воды для тушения пожаров.

Причиной взрыва может быть высокая концентрация СО при наличии мощного источника энергии. Поэтому профилактика взрывов направлена на недопущение мощных электрических искр, открытого пламени, перегрева деталей.

Основным документом по взрывобезопасности является ГОСТ 12.1.010-76 «ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования».

Для предотвращения пожаров и взрывов на предприятии проводятся следующие организационно-технические мероприятия:

									Лис
									05
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат					

12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР

- обучение работающих правилам пожарной безопасности на производстве;
- разработку инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами;
- разработку инструкций о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара.

					<i>12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКД</i>	<i>Лис</i>
						<i>06</i>
<i>Иг</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп</i>	<i>Дат</i>		

12 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Ежегодно в АО «ЧЭМК» проводится оптимизация промышленного производства и перед предприятием встает вопрос, как наиболее эффективно и с минимальными затратами обеспечить надежную и бесперебойную работу ферросплавного производства. В данном случае, проведение экономических исследований (расчетов) по определению эффективности и надежности работы то или иного оборудования первоочередное. Так как, если игнорировать экономический аспект при проектировании оборудования, то в результате данное оборудование может оказаться даже убыточным делом.

Поэтому, экономический расчет является важным разделом в выпускной квалифицированной работе, который позволит оценить насколько прибыльно или же убыточно будет то или иное оборудование в производстве.

В выпускной квалификационной работе рассмотрен проект по внедрению системы утилизации тепловой энергии от технологических газов путем установки котла-утилизатора дымогарного типа.

Актуальностью экономики-управленческого раздела является то, что до настоящего времени использование котла-утилизатора дымогарного типа в ферросплавном производстве не использовалось в виду низких температур дымовых газов.

Для осуществления успешного проведения экономического расчета используем метод расчета экономической эффективности утилизации вторичного энергоресурса, коим являются дымовые газы от ферросплавной печи.

12.1 Технико-экономический расчет

Технико-экономический расчет является важнейшим элементом в обосновании экономической целесообразности проектируемого варианта, строительства того или иного оборудования либо перевооружения, модернизации или реконструкции уже имеющегося оборудования. Разработка технико-экономического расчета ведется одним из первых элементов в изначальном проектировании оборудования и на основе этого расчета делаются выводы в дальнейшем развитии проекта либо его закрытии. Данный расчет будет состоять из сметы капитальных и текущих затрат котла-утилизатора дымогарного типа серии ТМ, после чего будут произведены расчеты экономической эффективности использования котла-утилизатора в ферросплавном производстве.

12.1.1 Смета капитальных затрат

Капитальные затраты – это обоснование перспектив приобретения того или иного оборудования (основных фондов). Основные же фонды – это материальные активы, которые промышленное предприятие содержит в целях использования их в процессе производства или поставки продукции, предоставления услуг и т.д., в ожидаемый срок эксплуатации, которых более одного года.

										Лис
										07
Ил	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЭ ВКР					

В таблице 12.1 приведена смета капитальных затрат на установку котла-утилизатора серии ТМ. Данные предоставлены отделом проектно-конструкторского управления АО «ЧЭМК».

Таблица 12.1 – Смета капитальных затрат на установку котла-утилизатора

Наименование	Единица измерения	Стоимость
Затраты на приобретение оборудования, K_o		
Разработка проекта	тыс.руб.	5100
Котел-утилизатор серии ТМ	тыс.руб.	19 500
Система управления	тыс.руб.	1800
Вспомогательное оборудование	тыс.руб.	900
Трубопроводы	тыс.руб.	800
Приборы автоматизации	тыс.руб.	1200
Итого:	тыс.руб.	29300
Транспортные расходы, K_{Tp}		
Стоимость транспортировки	тыс.руб.	3200
Затраты на монтаж, K_m		
Строительно-монтажные работы	тыс.руб.	1500
Пуско-наладочные работы	тыс.руб.	750
Итого:	тыс.руб.	2250

Единовременные (капитальные) затраты на сооружение системы утилизации посчитаем по формуле (12.1):

$$K = K_o + K_{Tp} + K_m \quad (12.1)$$

где K_o – капитальные затраты на приобретения оборудования, тыс.руб.;
 K_{Tp} – капитальные затраты на транспортировку оборудования, тыс.руб.;
 K_m – капитальные затраты на монтаж оборудования, тыс.руб.

Подставляем значения из таблицы (12.1) в формулу (12.1) и получаем:

$$K = 29300 + 3200 + 2250 = 34750 \text{ тыс.руб.}$$

12.1.2 Расчет текущих затрат

Текущие затраты – это затраты, которые несет предприятие для получения прибыли или же для поддержания дохода работой того или иного оборудования для получения продукции.

Потребность в перегретом паре постоянна, работа котлов в среднем составит $\tau_0 = 6000$ часов.

						12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКД	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат			08

Для котла-утилизатора, согласно проведенному тепловому расчету выход тепловой энергии составит $Q_{ВЭР} = 13,7$ МВт.

Годовая выработка тепловой энергии котлом-утилизатором будет равна:

$$Q_{ВЭР}^{год} = Q_{ВЭР} \cdot \tau_{\text{д}} \quad (12.2)$$

где $Q_{ВЭР}^{год}$ – годовая выработка тепловой энергии котлом-утилизатором, ГВт·ч;

$Q_{ВЭР}$ – выход тепловой энергии котлом-утилизатором, согласно тепловому расчету равен 13,7 МВт;

$\tau_{\text{д}}$ – время работы котла-утилизатора за год, 6000 ч.

Подставляем все значения в формулу (12.2):

$$Q_{ВЭР}^{год} = 13,7 \cdot 6000 = 82,2 \text{ ГВт} \cdot \text{ч} = 295920 \text{ ГДж}$$

Годовой расход электроэнергии для котла-утилизатора равен: 960 тыс.кВт. В г. Челябинске ставка тарифа на электроэнергию высокого напряжения составляет 3,14 руб/кВт·ч. в итоге, стоимость годового использования электроэнергии для котла-утилизатора составит 3014 тыс.руб./год [39].

Расход питательной воды для производства перегретого пара для котла-утилизатора серии ТМ за 6000 часов составляет 144 000 м³/год. Стоимость 1 м³ воды по данным МУП ПОВВ составляет 23,97 руб [40].

Получается затраты на питательную воду для котла-утилизатора составят: 3451 тыс.руб.год.

Текущие затраты на электроэнергию и воду внесем в смету текущих затрат на энергетическое обслуживание.

Для определения экономического эффекта от использования ВЭР и сроков окупаемости системы утилизации отходящих газов с использованием котла-утилизатора серии ТМ, необходимо определить текущие затраты на обслуживание котла-утилизатора. В таблице 12.2 представлена смета текущих затрат на энергетическое обслуживание.

Таблица 12.2 – Смета текущих затрат на энергетическое обслуживание

Наименование затрат	Единица измерения	Стоимость
1	2	3
Техническая вода	тыс. руб./год	3451
Электроэнергия	тыс.руб./год	3014
Основная и дополнительная заработная плата эксплуатационного персонала	тыс. руб./год	2794
Отчисления на социальные нужды	тыс. руб./год	838
Содержание оборудования в части материалов и запчастей для ремонта	тыс. руб./год	278

Продолжение таблицы 12.2

Амортизация оборудования (8%)	тыс. руб./год	2780
Основная и дополнительная заработная плата ремонтного персонала	тыс. руб./год	1926
Отчисления на социальные нужды	тыс. руб./год	578
Зарплата персонала управления котельной	тыс. руб./год	1764
Социальные отчисления	тыс. руб./год	529
Содержание и текущий ремонт сооружения	тыс. руб./год	38,75
Прочие производственные расходы	тыс. руб./год	135,3
Итого производственная себестоимость	тыс. руб./год	18126,05
Полезно используемая тепловая энергия	ГВт·ч/год	82,2
Полная себестоимость товарной продукции	руб./ГВт·ч	220

12.1.3 Расчет экономической эффективности использования вторичного энергоресурса

Для расчета экономической эффективности, определим экономию топлива от использования котла-утилизатора серии ТМ по формуле (12.3) [41]:

$$B_{ВЭР} = \frac{0,034}{\eta_z} Q_{ВЭР}^{zod} \sigma \quad (12.3)$$

где $B_{вэр}$ – экономия топлива, т.у.т./год;

η_z – коэффициент полезного действия замещающей установки, в нашем случае будет паровой котел ДЕ-25-14 КПД которого 91,7%;

0,034 – коэффициент эквивалентного перевода 1 ГДж в т.у.т.;

$Q_{ВЭР}^{zod}$ – годовая выработка тепловой энергии котлом-утилизатором, ГДж;

σ – коэффициент использования выработки тепловой энергии, 0,9.

$$B_{ВЭР} = \frac{0,034}{0,917} \cdot 295920 \cdot 0,9 = 9874,7 \text{ т.у.т./год}$$

Формула экономического эффекта считается конечным экономическим результатом, который получается в результате проведения определенных мероприятий, вызывающих улучшение соответствующих показателей работы.

Расчет экономического эффекта от использования вторичного энергоресурса найдем по формуле (12.4):

$$\mathcal{E}_{ВЭР} = B_{ВЭР} \overline{\mathcal{E}}_T + И + E_{HK} \quad (12.4)$$

где $\bar{\mathcal{E}}_{ВЭР}$ – величина экономического эффекта, тыс.руб./год;

$\bar{\mathcal{E}}_T$ – затраты на единицу сэкономленного топлива, 5510 руб./т.у.т.;

I – текущие затраты на утилизационную установку, тыс.руб./год;

E_H – нормативный коэффициент основных фондов, принимается 0,15;

K – капитальные затраты на сооружение утилизационной установки, тыс.руб.

Для расчета экономического эффекта от использования системы утилизации отходящих газов, воспользуемся данными расчетов текущих и капитальных затрат $I = 18126,05$ тыс.руб./год, $K = 34750$ тыс.руб.

Подставляем значения в формулу (12.4):

$$\bar{\mathcal{E}}_{ВЭР} = 9874,7 \cdot 5510 + 18126050 + 0,15 \cdot 34750000 = 77748,147 \text{ тыс.руб.}$$

Определим величину $\Delta\Pi$ как экономического хозрасчетного эффекта (прироста прибыли) на комбинате за счет использования ВЭР по формуле (12.5):

$$\Delta\Pi = Q_{ВЭР}^{год} (\bar{C}_Q - \bar{S}_V^Q) - H_\phi \cdot K \quad (12.5)$$

где $\Delta\Pi$ – значение экономического хозрасчетного эффекта, тыс.руб.;

$Q_{ВЭР}^{год}$ – годовая выработка тепловой энергии котлом-утилизатором;

\bar{C}_Q – стоимость единицы сэкономленного топлива, 5510 руб./т.у.т.;

\bar{S}_V^Q – себестоимость полученной тепловой энергии, 220 руб./ГДж;

H_ϕ – нормативный коэффициент эффективности основных фондов, 0,15;

K – капитальные затраты на сооружение котла-утилизатора.

Подставляем значения в формулу (12.5):

$$\Delta\Pi = 295920 \cdot (5510 - 220) - 0,15 \cdot 34750000 = 1560204,3 \text{ тыс.руб.}$$

Проведем расчет показателей относительной эффективности использования ВЭР. К данным показателям относятся удельный эффект $\bar{\mathcal{E}}_{вэр}$, срок окупаемости капитальных затрат $T_{ВЭР}$ и рентабельность утилизационной установки $R_{ВЭР}$.

Удельный эффект определим по формуле (12.6):

$$\bar{\mathcal{E}}_{вэр} = \frac{\bar{\mathcal{E}}_{ВЭР}}{K} \quad (12.6)$$

где $\bar{\mathcal{E}}_{вэр}$ – удельный эффект;

$\bar{\mathcal{E}}_{ВЭР}$ – значение экономического эффекта, тыс.руб.;

K – капитальные затраты на сооружение котла-утилизатора, тыс.руб.

					12 01 01 2010 200 02 ПЭ ВКД	Лис
ИЗ	Лис	НО ДОКУМ	Подп	Дат		10

Поставим значения в формулу (12.6):

$$\bar{\mathcal{E}}_{\text{вэр}} = \frac{77748,147}{34750} = 2,231$$

Срок окупаемости найдем по формуле (12.7):

$$T_{\text{вэр}} = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{вэр}}} \tag{12.7}$$

где $T_{\text{вэр}}$ – срок окупаемости оборудования;

$\mathcal{E}_{\text{вэр}}$ – значение экономического эффекта, тыс.руб./год;

K – капитальные затраты на сооружение котла-утилизатора, тыс.руб.

Подставим все значения в формулу (12.7):

$$T_{\text{вэр}} = \frac{34750}{77748,147} = 0,4 \text{ года}$$

Рентабельность утилизационной установки найдем по формуле (12.8):

$$R_{\text{вэр}} = \frac{\Delta\Pi}{K} \cdot 100\% \tag{12.8}$$

где $R_{\text{вэр}}$ – рентабельность оборудования, выражается в %;

$\Delta\Pi$ – значение экономического хозрасчетного эффекта, тыс.руб.;

K – капитальные затраты, тыс.руб.

Подставляем значения в формулу (12.8):

$$R_{\text{вэр}} = \frac{1560204,3}{34750000} \cdot 100\% = 0,64\%$$

12.2 Модель SWOT–анализа исполнения проектных решений

SWOT-анализ – это инструмент стратегического анализа и планирования, применяемый для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на компанию или проект.

Для определения сильных и слабых сторон промышленного предприятия, его внешних благоприятных возможностей и ошибок, используют методику SWOT–анализа, которая является самым эффективным инструментом в стратегическом менеджменте предприятия.

Идея разработки метода SWOT-анализа всецело принадлежит профессору Кеннету Эндрюсу. Он занялся добавлением в анализ важных факторов извне и тех, что есть внутри, к матрице и в результате получил отчетливую классификацию определений, проектов или предприятий для выбора основных

					12 01 01 2010 200 03 ПЭ ВКР	Лис
Ис	Лис	МФ докум	Подп	Дат		10

факторов, которые определяют уровень успешности. Отметим, что в названии анализа, следует обратить внимание на аббревиатуру SWOT, ее можно отнести к наименованиям, которые часто выдвигаются американскими преподавателями по экономике и бизнесу для того, чтобы начинающие предприниматели могли легче усваивать фундаментальные принципы.

По сути, данный анализ представляет из себя четыре квадранта в каждом из которого описываются определенные характеристики, присущие данному квадранту. Соответственно аббревиатура названия анализа соответствует каждому из четырех квадрантов

И так, рассмотрим два варианта анализа: котел-утилизатор и паровой котел ДЕ-25-14, которого будет замещать утилизационная установка.

В таблице 12.3 представлен SWOT–анализ сооружения утилизации тепловой энергии в основе которого используется котел-утилизатор.

Таблица 12.3 – SWOT–анализ работы котла-утилизатора серии ТМ

<p>Сильные стороны (S):</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокая эксплуатационная надежность ; – простое и удобное управление, регулирование функций; – высокоэкологичен в следствие отсутствия использования энергоресурсов – возможность установки вне помещения – возможность работы при низких температурах отходящих газов 	<p>Слабые стороны (W):</p> <ul style="list-style-type: none"> – большие габариты котла – зависимость от плавильной печи
<p>Возможности (O):</p> <ul style="list-style-type: none"> – устойчивый спрос на тепловую энергию вне предприятия; – сокращение использования природного газа; 	<p>Угрозы (T):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Длительный срок поставки оборудования

Для сравнения, рассмотрим в таблице 12.4 модель SWOT–анализа работающего газового парового котла ДЕ-25-14, который будет замещен указанным выше котлом-утилизатором, тем самым сэкономив потребление природного газа.

Таблица 12.4 – SWOT–анализ работы существующего парового котла ДЕ-25-14

Сильные стороны (S):	Слабые стороны (W):
<ul style="list-style-type: none"> – высокая эксплуатационная надежность ; – простое и удобное управление, регулирование функций; 	<ul style="list-style-type: none"> – использование природного газа – низкие параметры теплоносителя – высокие затраты на производство пара

Продолжение таблицы 12.4

Возможности (O):	Угрозы (T):
<ul style="list-style-type: none"> – устойчивый спрос на тепловую энергию; – рост потребления продукции 	<ul style="list-style-type: none"> – выработка газовых месторождений – увеличение стоимости природного газа

Вывод: утилизация тепловой энергии дымовых газов от плавильных печей путем внедрения котла-утилизатора является более целесообразной по наличию благоприятных возможностей, сильных и слабых сторон предприятия.

12.3 Планирование целей предприятия АО «ЧЭМК»

Планирование на промышленном предприятии это проведение прогнозирования, разработки и установки на том или ином предприятии эффективных показателей развития и способствует позитивному выбору благоприятных путей к достижению поставленных целей.

Для осуществления этого, проведем планирование целей с помощью двух видов: пирамиды целеполагания и модели дерева целей.

12.3.1 Планирование целей предприятия с помощью модели пирамиды целеполагания

Четко сформулированные цели и задачи – это основа для достижения успеха того или иного предприятия, или компании. Для этого на предприятия имеются специалисты, отвечающие за стратегическое планирование и развитие, которые изучают, моделируют различные ситуации и выводят из этого положительные моменты в развитии производства.

Ключевым этапом при планировании любых изменений является разработка системы целей организации. Любая система управления по определению есть целенаправленная система, имеющая иерархическое строение и организованная для достижения целей, называемых целями функционирования системы управления.

В качестве одной из моделей в стратегическом планировании рассмотрим пирамиду целеполагания. Данная модель строится на основе видения, миссии предприятия, стратегических целей и поставленных задач перед предприятием.

В общем виде пирамида целеполагания АО «ЧЭМК» показана на рисунке 12.1.

					<i>12 01 01 2010 200 02 ПЭ ВКР</i>	Лис
ИЗ	Лис	№ докум	Подп	Дат		10

Для ферросплавного производства, который и является основополагающим в АО «ЧЭМК», видением будет к 2030 году увеличить спрос в ферросплавной продукции среди стран ближнего и дальнего зарубежья, а также закрепление и расширение позиций комбината на рынке ферросплавной продукции и снижение экологического влияния на окружающую среду и жилые зоны города Челябинска, а то и вовсе работать без каких-либо вредных выбросов.



Рисунок 12.1 – Модель пирамиды целеполагания АО «ЧЭМК»

					12 01 01 2010 200 02 ПЭ ВКР	Лис
Ил	Лис	№ докум	Подп	Дат		10

Миссией предприятия будет усовершенствование технологии получения ферросплавов, применив в работе современные ферросплавные печи, дающие больше производительности, с применением технологии утилизации тепловой энергии отходящих ферросплавных газов путем установки котлов-утилизаторов, а также снижение себестоимости получения ферросплавов путем применения отечественных и зарубежных инновационных решений.

Целями предприятия будут:

- Увеличить использование вторичного энергоресурса (дымовые газы, ферросплавная пыль) в производстве, срок до 2021г.;
- Заменить устаревшее ферросплавное оборудование, с внедрением системы утилизации (котлы-утилизаторы), срок до 2021 г.;
- Повысить очистку технологических газов от ферросплавной пыли плавильных печей, путем усовершенствования газоочистного оборудования, срок до 2022 г.

Стратегия предприятия включает в себя производство ферросплавной продукции под конкретного заказчика с применением систем утилизации и вторичной переработке отходов производства (брикетирование ферросплавной пыли), а также выплавка новых видов ферросплавов, на которых имеется повышенный спрос.

Задачи, поставленные перед руководством предприятия состоят в планировании и разработке перспективных путей развития ферросплавного производства, обеспечение рационального и эффективного использования ресурсного потенциала, достижение и поддержание конкурентоспособности выпускаемой продукции, повышение профессионального мастерства среди рабочего персонала, увеличение заработной платы, как мотивирующей части в поддержании работы ферросплавного производства.

12.3.2 Планирование целей предприятия с помощью модели дерева целей

Дерево целей – это модель, которая показывает взаимосвязь между целями подразделений в структурной системе управления. По сути, это визуальное представление в достижении поставленных перед подразделениями целей.

Цель – это финальная стадия или же желаемый результат, которого стремится достичь предприятие, то есть зрительное восприятие конечного результата. Поэтому цели должны быть конкретными, преодолимыми, достижимыми, и что самое главное, согласованными между собой. Чем больше целей ставит перед собой предприятие, тем она сложнее по структуре и управлению.

Чем эффективен данный метод так это тем, что изобразив поставленные цели в виде графика, руководство предприятия наглядно видит, какие проблемы преграждают путь в достижении намеченных целей и в каких случаях потребуется дополнительное инвестирование.

Модель дерева целей может быть описана с помощью связного ориентированного древовидного графа, вершины которого являются целями различной степени детализации, а ребра - связями между ними. Эти связи

12.3.3 Модель поля сил эффективности

Для того, чтобы провести сооружение системы утилизации тепловой энергии от плавильной печи, необходимо оценить какие движущие силы благоприятствуют этому исполнению и какие сдерживающие силы препятствуют реализации проекта и что над чем преобладает. Оценку движущих и сдерживающих сил проведем с использованием схемы поля сил изменений системы Курта Левина (рисунок 12.3).

Движущие силы:

- Перевооружение, строительство плавильной печи, как один из основополагающих факторов, так как без строительства новой плавильной печи было бы невозможным внести систему утилизации отходящих газов путем установки котла-утилизатора – это сильная движущая сила;
- Реализация проекта требует больших капитальных вложений – это сильная движущая сила;
- Квалифицированный персонал. Я также его поместил в поле движущих сил, так как без хорошо обученных квалифицированных рабочих невозможно вести надежное управление котлом-утилизатором – это средняя движущая сила;
- Использование нового оборудования. Так как имеется возможность заменить устаревший паровой котел ДЕ-25-14, который использует природный газ новым котлом-утилизатором. Тем самым снизить потребность в природном газе – это слабая движущая сила.

Также имеются и сдерживающие силы, которые будут препятствовать в реализации проекта:

- Длительный срок поставки оборудования, так как основные элементы котла-утилизатора, а также система управления очень сложная, требуется больше времени на изготовление – это средняя сдерживающая сила.

-

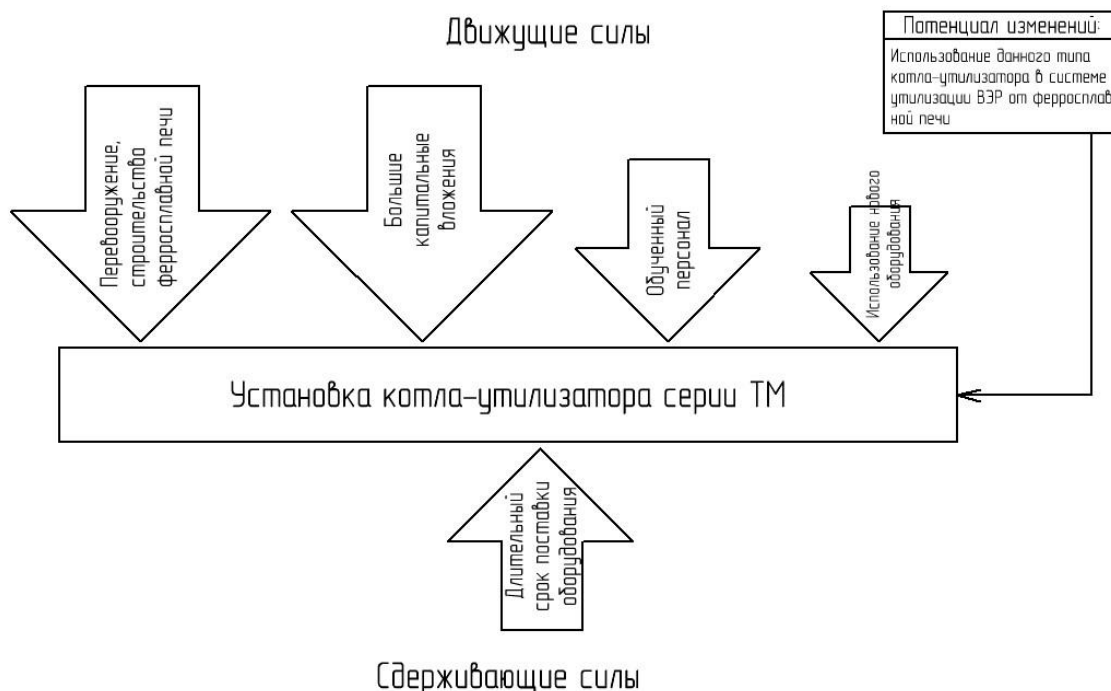


Рисунок 12.1 – Поле сил реализации

Потенциалом изменений будет новизна в использования данного котла-утилизатора в системе утилизации вторичного энергоресурса от ферросплавной печи.

Вывод: судя по схеме, движущие силы значительно преобладают над сдерживающими, следовательно данный проект имеет все шансы на успешное выполнение.

12.3.4 Ленточный график Ганта

Ленточный график Ганта является одним из популярных и, в тоже время, удобных способов отображения в графическом виде представления о периоде выполнения поставленных задач относительно шкалы времени. Данный график используется всеми специалистами управления проектами. Ленточные графики являются самыми простыми с точки зрения построения, учета, контроля и исполнения.

Ленточный график Ганта представлен в таблице 12.5

Таблица 12.5 – План-график Ганта

Наименование этапа работ	2018	2019										
	год	год										
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Разработка проекта												
Заключение договора на выполнения работ												
Выбрать поставщиков оборудования и совершить покупку нового оборудования												
Монтаж нового оборудования												
Провести обучение персонала												
Произвести пуско-наладочные работы												
Обеспечить ряд испытаний для безопасной эксплуатации												

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект по внедрению системы утилизации тепловой энергии дымовых газов от ферросплавной печи путем установки котла-утилизатора дымогарного типа серии ТМ.

Актуальностью в данной работе является то, что до настоящего времени дымовые газы после ферросплавных печей сразу удалялись в систему газоочистного оборудования и не генерировались ввиду их низкой температуры для большинства котлов-утилизаторов.

Рассмотренный котел-утилизатор генерирует тепловую энергию дымовых газов в получение перегретого пара.

В ВКР был проведен тепловой расчет котла-утилизатора, в котором были определены расход перегретого пара, а также составлен тепловой баланс.

Также был рассмотрен проект по разработке паропровода до цеха производства электродов, с целью повышения эффективности работы электродного оборудования.

Были описаны контрольно-измерительные приборы и автоматика котла-утилизатора с графической схемой.

В экономической разделе был проведен расчет экономической эффективности проекта по внедрению котла-утилизатора, рассчитана его окупаемость, экономический эффект и рентабельность.

В экологической части ВКР была рассмотрена система газоочистного оборудования, установленного после котла-утилизатора, для улавливания ферросплавной пыли и вредных веществ. Также был проведен расчет по определению высоты дымовой трубы и рассеивания вредных веществ.

Считаю, что в данной выпускной квалификационной работе все цели и задачи были выполнены.

						12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР	Лис
Изд	Лис	№ докум	Подп	Дат			11

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Положение об энергетическом цехе. Инструкция / сост. А.М. Назаров. – Челябинск: ЧЭМК, – 2015. 12 с.
- 2 Положение о участке паровых и водогрейных котлов энергоцеха. Инструкция / сост. А.М. Назаров – Челябинск: ЧЭМК. – 2015. 9 с.
- 3 Поволоцкий, Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов / Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Рошин, М.А. Рысс, А.И. Строганов, М.А. Ярцев – М.: Metallurgy, 1974. – 547с.
- 4 Соколов Б.А., Котельные установки и их эксплуатация / Б.А. Соколов – М.: Академия, – 2007. 432с.
- 5 Котлы-утилизаторы и котлы энерготехнологические. Каталог продукции / – Белгород: ООО «БЕЛЭНЕРГОМАШ–БЗЭМ». – 2011. 52 с.
- 6 Поздеев, А.Г. Источники и системы теплоснабжения предприятий / А.Г. Поздеев, Ю.А. Кузнецова. – МарГТУ, 2011. – 200 с.
- 7 Инструкция по эксплуатации плавильной печи №57. Инструкция / сост. А.В. Струков. – Челябинск: ЧЭМК. – 2015. 32 с.
- 8 Котлы Norsk energy <http://www.energi.no/en/>
- 9 Ярошенко, Ю.Г. Основные направления энерго- и ресурсосбережение в технологиях производства ферросплавов / Ю.Г. Ярошенко, В.И. Жучков // Урал индустриальный. Бакунинские чтения. Материалы. Екатеринбург, 4-5 декабря 2014 г. : в 2-х т. — Екатеринбург : [УРФУ, 2014. — Т. 1. — С. 624-633.
- 10 Молодежникова, Л.И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие / Л.И. Молодежникова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 205с.
- 11 Дуррер, Р.Р. Metallurgy ферросплавов / Р.Р. Дуррер, Г. Фолькерт. – М.: Metallurgizdat, 1956. – 362 с.
- 12 Щедровицкий, Я.С. Высококремнистые ферросплавы / Я.С. Щедровицкий. – М.: Metallurgizdat, 1961. – 256 с.
- 13 Зобнин, Б.Ф. Теплотехнические расчеты металлургических печей / учебное пособие / Зобнин, Б.Ф., Казяев, М.Д., Китаев, Б.И., Лисиенко, В.Г., Телегин, А.С., Ярошенко, Ю.Г. – М.: Metallurgy, 1982. – 360 с.
- 14 Воинов, А.П. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты / А.П. Войнов, В.А. Зайцев, Л.И. Куперман, Л.Н. Сидельковский. - М.: Энергоатомиздат, 1989г., 272 с.
- 15 Газотрубные котлы-утилизаторы и энерготехнологические котлы / НИИЭкономики. М., 1986. 41 с.
- 16 Кузнецова, Н.В. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / учебное пособие под ред. Н.В. Кузнецова. – М.: Экалит, 2011. – 296 с.
- 17 Фокин, В.М. Расчет и эксплуатация теплоэнергетического оборудования котельных: Учеб. Пособ. / В.М. Фокин – Волгоград, 2005. – 228с.
- 18 Сыромятников, И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И.А. Сыромятников. М.: Энергоатомиздат, 1984. 114 с.

					<i>12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВКР</i>	<i>Лис</i>
<i>ИЗ</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп</i>	<i>Дат</i>		<i>11</i>

- 19 Инструкция по эксплуатации котла-утилизатора печи 57. Инструкция / сост. Д.Ю. Баянов. – Челябинск: ЧЭМК, – 2016. 47 с.
- 20 Соломахова, Т.С. Центробежные вентиляторы. Аэродинамические схемы и характеристики: Справочник / Т.С. Соломахова, К.В. Чебышева. М.: Машиностроение, 1980. – 176 с.
- 21 Инструкция по эксплуатации паровой котельной СПЦ. Инструкция / сост. В.В. Чупин. – Челябинск: ЧЭМК, – 2015. 19 с.
- 22 Осинцев, К.В. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий: Учеб.пособ. / К.В. Осинцев, В.В. Осинцев, Е.В. Торопов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, – 2015. 51 с.
- 23 Козин, В.Е. Теплоснабжение: Учеб.пособ. / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков, И.Б. Пронина и др. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
- 24 Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.
- 25 Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 80 с.
- 26 Ионин, А.А. Теплоснабжение: учебник для вузов / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая, под ред. А.А. Ионина. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
- 27 Справочник проектировщика: проектирование тепловых сетей / под ред. инж. А.А. Николаева. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 360 с.
- 28 Шарапов, В.М. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой, Г.Г. Ишанин, И.Г. Минаев, А.С. Совлуков. - М.: Москва: Техносфера, 2012г., 624 с.
- 29 Мукосеев, Ю. Л. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. М., "Энергия", 1973 г., 584 с.
- 30 Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности. – М.: Статистика, 2005.
- 31 Экологическая политика: методические указания / сост. П.Я. Бауман. – Челябинск: изд. ЧЭМК, 2015.
- 32 Система экологического менеджмента. <http://integral.ru/iso14000.html>
- 33 Технологическая инструкция по эксплуатации газоочистных установок за печами 54-57 цеха №8. Инструкция / сост. В.А. Петренко. – Челябинск: ЧЭМК, 2017. – 57 с.
- 34 Мазус, М.Г. Фильтры для улавливания промышленных пылей / М.Г. Мазус, А.Д. Мальгин, М.Л. Моргулис. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
- 35 Пылеулавливание и очистка газов черной металлургии / под ред. М.Я. Юдашкина, – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1984, – 320 с.
- 36 Гордон, Г.М. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. – М.: Металлургия, 1977, – 456 с.
- 37 Инструкция по охране труда для работников энергетического цеха: инструкция / сост. А.М. Назаров. – Челябинск: ЧЭМК, 2016. – 89 с.

38 Анализ оценки рисков производственной деятельности. Учебное пособие / П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. — М.: Высшая школа, 2007. — 328 с.

39 Тарифы за электроэнергию <https://energo-24.ru/tariffs/electro/2018-e.html>

40 Тарифы для МУП ПОВВ <http://voda.uu.ru/upload/files/img/%D202018.pdf>

41 Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»: учебное пособие / А. А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 36 с.

										Лис
Ил	Лис	№ докум	Подп	Дат	12 01 01 2010 200 02 ПЗ ВУД					11