

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

ВЫПУСКНАЯ  
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПРОВЕРЕНА

Рецензент,  
Заместитель начальника цеха №41  
ФГУП «ПСЗ»

\_\_\_\_\_ М.С. Чупахин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

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

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

**Техническое перевооружение системы автоматизации и регистрации  
параметров котельного цеха №41 ФГУП «ПСЗ» г. Трехгорный**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА  
ЮУрГУ–13.03.01.2020.096.08 ПЗ ВКР

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

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

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент

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

Консультант по разделу  
«Экономика и управление»,  
старший преподаватель

\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ–579

\_\_\_\_\_ П.П. Ломаев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер,  
старший преподаватель

\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Ломаев П.П. Техническое перевооружение системы автоматизации и регистрации параметров котельного цеха №41 ФГУП «ПСЗ» г. Трехгорный. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ; 2020, 75 с., 1 ил., библиогр. список – 46 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 2 демонстрационных листа ф. А1.

В выпускной квалификационной работе рассматривается Техническое перевооружение системы автоматизации и регистрации параметров котельного цеха №41 ФГУП «ПСЗ» г. Трехгорный. Работа состоит из введения, 10-ти глав, заключения и библиографического списка.

Во введении приведена характеристика предприятия. Поставлены задачи на предлагаемое техническое перевооружение.

В первой главе дана описание существующего оборудование и необходимость технического перевооружения системы автоматики котла ПТВМ-30М.

Во второй главе сделан обзор литературных источников, необходимых для написания ВКР.

В третьей главе приведен анализ современных систем автоматизации котельных.

В четвертой части выполнены расчеты топки, конвективного пучка и общего теплового баланса котла. Выполнен выбор оборудования.

В пятой главе выполнено сравнение водотрубных и жаротрубных котлов.

В шестой главе предложены мероприятия по энергосбережению промышленных котлов.

В седьмой главе сделана оценка воздействия источника теплоснабжения на окружающую среду. Путем поверочного расчета сделан вывод о пригодности существующей дымовой трубе.

В восьмой главе описана система автоматического регулирования процессами горения, газовоздушного режима, питания и температуры воды котла.

В девятой главе произведен анализ опасных и вредных производственных факторов и разработана безопасные мероприятия производственного процесса и оборудования.

В десятой главе выполнен технико-экономический расчет, сделан SWOT-анализ вариантов для реализации проекта, составлены дерево целей и график Ганта реализации проекта технического перевооружения системы автоматизации котельной.

В заключении подведены итоги технических показателей и решений.

Графическая часть выполнена на 6-ти листах формата А1 с использованием программного комплекса «Компас-3D».

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>		<i>Ломаев П.П.</i>			<i>Техническое перевооружение системы автоматизации и регистрации параметров котельного цеха №41 ФГУП «ПСЗ» г. Трехгорный</i>	<i>Лит.</i>		<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Пров.</i>		<i>Пашнин С.В.</i>				В	К	Р	3	75
<i>Н. Контр.</i>		<i>Алабугина Р.А.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»</i>				
<i>Утв.</i>		<i>Осинцев К.В.</i>								

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ВКР .....	7
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	8
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЛОВ .....	10
4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....	15
4.1 Тепловой расчет котла ПТВМ-30М .....	15
5 ВОДОТРУБНЫЕ И ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ .....	28
6 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	31
6.1 Основные направления энергосбережения .....	32
6.2 Энергосбережение котла ПТВМ-30М .....	34
7 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ .....	36
7.1 Поверочный расчет дымовой трубы .....	36
7.2 Расчет максимального выброса окислов азота .....	38
8 АВТОМАТИЗАЦИЯ .....	41
8.1 Система автоматизации управления котлом .....	41
8.2 Система автоматического регулирования процесса горения ....	42
8.3 Система автоматического регулирования газоздушного режима .....	43
8.4 Система автоматического регулирования питания котла водой ..	44
8.5 Система автоматического регулирования температуры воды ...	44
8.6 Спецификация оборудования КИПиА .....	44
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	50
9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов .....	50
9.2 Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса .	50
9.3 Безопасность производственного процесса и оборудования ....	53
9.4 Эргономика и производственная эстетика .....	58
10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ .....	59
10.1 Техничко-экономический расчет .....	60
10.1.1 Расчет капитальных затрат .....	60
10.1.2 Расчет текущих затрат .....	62
10.1.3 Расчет срока окупаемости проекта .....	64
10.2 SWOT-анализ вариантов реализации проекта .....	65
10.3 Дерево целей проекта .....	67
10.4 График Ганта реализации проекта .....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	72

## ВВЕДЕНИЕ

ФГУП «Приборостроительный завод» – одно из ведущих предприятий Росатома, градообразующее предприятие г. Трёхгорный, основная деятельность предприятия заключается в производстве ядерных боеприпасов.

Основными направлениями деятельности завода являются:

- гособоронзаказ;
- конструирование, выпуск приборов и систем радиационного контроля для ядерно- и радиационно-опасных объектов атомной отрасли;
- модернизации и продления сроков эксплуатации действующих энергоблоков атомных станций ОАО «Концерн «Росэнергоатом»;
- комплектное изготовление и поставка компонент и интегрированных измерительных систем паспортизации контейнеров, емкостей и упаковок с радиоактивными отходами;
- комплектное изготовление и поставка компонент и интегрированных измерительных систем диагностики состояния оборудования технологических контуров атомных станций.

Целью ВКР является техническое перевооружение системы автоматизации и регистрации параметров котельного цеха №41. В котельной установлены шесть водогрейных котлов ПТВМ-30М. Проектом предлагается произвести техническое перевооружение системы автоматизации котлов ПТВМ-30М. Предполагается, что это позволит эффективно использовать энергоресурсы, повысить выработку тепловой энергии, увеличить производственный потенциал предприятия.

Так же установка нового оборудования приведет к усовершенствованию технологий, все время стремящихся в будущее. Необходимо выполнить следующие шаги по решению этой задачи: провести общий анализ оборудования котельной, определить характеристики устанавливаемого оборудования, произвести тепловой расчет, определить вспомогательное оборудование.

Источники информации для выполнения ВКР: задание на ВКР, технологическая документация оборудования, техническая литература, а также личный опыт по ремонту, обслуживанию и эксплуатации оборудования котельной во время производственной и преддипломной практики.

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## 1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЭЦ

Шесть котлоагрегатов котельной здания №41 ФГУП «Приборостроительный завод» снабжает тепловой энергией предприятие для покрытия нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Также тепловая энергия идет на бойлерные установки для выработки тепла для отопления, горячее водоснабжение других промышленных предприятий и жилого сектора г. Трехгорный, а также используется на технологические нужды предприятия.

В ближайшее время будет вестись разработка проекта реконструкции производственных цехов, с заменой отопительных приборов, при этом увеличение потребляемой тепловой энергии не планируется в ближайшее время.

В настоящее время котлы ПТВМ-30М оборудованы системой автоматизации БУК-МП, разработанной и установленной в 2010 году. В настоящее время данная система автоматизации не позволяет эффективно использовать энергоресурсы, при этом в связи с окончанием срока эксплуатации (10 лет) требует капитального ремонта, что является нецелесообразным.

В связи с вышеизложенным, предлагается в ВКР провести техническое перевооружение системы автоматизации котла ПТВМ-30М. Это позволит:

- увеличить энергоэффективность использования топливно-энергетических ресурсов;
- увеличить выработку тепловой энергии;
- снизить затраты на топливо при повышении параметров теплоносителя;
- использовать каскадное управление в случае повышения тепловой нагрузки.

В связи с тем, что котлы ПТВМ-30М идентичны в данной котельной, то проект можно считать типовым. В связи с тем, что техническому перевооружению подлежит система автоматики котла, то основное оборудование не предлагается к замене, в том числе дымовая труба.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

При написании выпускной квалификационной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи в периодических изданиях, нормативно-законодательные акты.

Согласно Федеральному закону от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»: целью является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности [1].

В вопросах энергосбережения и повышения энергоэффективности важно организовать четкое взаимодействие с бизнес – сообществом, а также задействовать человеческий фактор, обеспечив информационную и образовательную поддержку мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов на международном, федеральном, региональном и муниципальном уровнях.

Правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах: эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов; поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности; системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности; планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности; использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

Согласно «Основам государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года»: стратегической целью государственной политики в области экологического развития является решение социально-экономических задач, обеспечивающих экологически ориентированный рост экономики, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, реализации права каждого человека на благоприятную окружающую среду, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. В выпускной квалификационной работе произведен расчет высоты дымовой трубы по методике А.И. Грибанова [25].

Целью «Энергетической политики России на период до 2030 года» является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций [32].

Настоящая Стратегия определяет цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на предстоящий период, приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей. В выпускной ква-

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ					

лификационной работе будет произведен тепловой расчет котельного агрегата. Основные принципы теплового расчета приведены в нормативных методиках и рекомендациях, разработанных ВТИ, ЦКТИ [19, 30].

Также можно использовать тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Книга содержит методику расчета котлов и вспомогательного оборудования с необходимыми иллюстрациями, таблицами и номограммами [29, 31].

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						8
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЛОВ

Продолжительность эксплуатации оборудования существенно превышает запланированные сроки службы (по автоматическим системам безопасности в несколько раз), поэтому особенно важным становится вопрос о дальнейшей безаварийной работе оборудования. Проблема усугубляется отсутствием запасных частей и комплектующих изделий, что крайне затрудняет поддержание оборудования в работоспособном состоянии.

Чтобы установить возможность дальнейшей эксплуатации технических средств котельной, необходимо провести диагностику оборудования. Для определения состояния котельной арматуры (секций, труб, задвижек и т.п.) существует несколько методов, например, рентгеноскопический, позволяющий с достаточной степенью вероятности прогнозировать работоспособность указанного оборудования.

Благодаря применению современных технологий управления (интеллектуальные горелки, автоматическое ПИД-регулирование основных технологических параметров, частотное управление дымососом и вентилятором, коррекция соотношения топливо – воздух по содержанию кислорода в дымовых газах и др.) достигается снижение расхода топлива и электроэнергии. В условиях постоянного роста цен на энергоресурсы обеспечивает довольно быструю окупаемость новых средств автоматики.

Срок службы технологического оборудования можно увеличить с помощью усовершенствованных средств управления (например, автоматический пуск котла с функцией плавного прогрева) и современной автоматики безопасности, предотвращающей аварийные ситуации, приводящие к ускоренному износу оборудования.

Автоматическое регулирование основных технологических параметров и применение новейших горелок с микропроцессорным управлением позволяют оптимизировать процесс горения и снизить вредные выбросы окислов азота  $NO_x$ . Соблюдение экологических норм приводит к экономии на денежных штрафах.

При комплексной автоматизации котлов радикально сокращается число трудоемких ручных операций (например, пуск котла вручную), появляется возможность управлять работой котельных без постоянного обслуживающего персонала.

Первая и самая главная цель автоматизации – защита топливоиспользующего и котельного оборудования от возникновения аварийных ситуаций и обеспечение безопасности обслуживающего персонала. Именно поэтому этот класс приборов часто называют просто «автоматикой безопасности».

Вторая важная цель автоматизации – реализация алгоритмов энергоэффективного управления: поддержание оптимального разрежения, соотношения газ – воздух, давления теплоносителя и уровня воды. Главными задачами разработчиков, проектировщиков и наладчиков при создании описываемой системы являются:

- обеспечение безопасного технологического режима котлов;
- сокращение расходов топлива и электроэнергии;
- увеличение срока службы технологического оборудования;
- снижение вредных выбросов в атмосферу;

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ				



– улучшение условий труда эксплуатационного персонала.

Рассмотрим систему автоматики следующих производителей:

1. ОАО «Московский завод тепловой автоматики» (г. Москва);
2. ООО «Сибпромэнерго» (Россия, Алтайский край, г. Бийск);
3. ООО «ЩитАвтоматикКомплект» (Московская обл., г. Щелково);
4. КБ «Агава» (г. Екатеринбург);
5. группа компаний «ПромАвтоматика» (г. Бийск);
6. шкаф автоматики разработан совместно с группой компаний «Амакс» (г. Москва);
7. ЗАО «НПФ Теплоком» (г. Санкт-Петербург).

Уровень автоматизации, обеспечиваемый шкафами автоматики, достаточно высок. Реализация защиты является либо программной (заложенной в алгоритме контроллера), либо реализованной на релейной логике (СПЭ, ЩАК). Осуществляется запоминание первопричины аварийного останова котла.

В шкафах МЗТА, ПромАвто и Теплоком реализована проверка срабатывания защит в рабочем режиме. Проверка срабатывания устройств защиты, блокировок и сигнализации должна проводиться не реже 1 раза в месяц, если другие сроки не предусмотрены заводом-изготовителем.

Во всех шкафах при работе на газе выполняется автоматическая проверка герметичности предохранительного запорного клапана (ПЗК) перед каждым розжигом котла.

Процесс пуска и останова котла в значительной мере или полностью автоматизирован. В шкафах МЗТА, Теплоком и ПромАвто выполняется плавный прогрев котла после розжига. В шкаф МЗТА задание регулятору нагрузки во время прогрева повышается (от значения давления теплоносителя в момент включения регулятора до рабочего значения) с определенной скоростью для того, чтобы не допустить резкого изменения нагрузки котла. Скорость изменения задания уточняется при наладке.

В шкафу Теплоком это достигается плавным переходом газового клапана из растопочного положения в положение прогрева (время хода задается наладчиком).

В шкафу ПромАвто основной датчик регулятора нагрузки – «плавающий». Он осуществляет плавное замедление прогрева, при котором опорное задание регулятора изменяется медленно и не вызывает значительного изменения мощности горелок при ступенчатом изменении задания давления. Особенно эффективно такое замедление при розжиге и выводе котла на номинальную нагрузку, так как прогрев будет производиться с заданной скоростью.

В некоторых шкафах автоматики (МЗТА, Агава, ПромАвто) применены передовые технологии управления: возможность частотного регулирования дымососом и вентилятором, коррекция для регулятора соотношения топливо – воздух по содержанию кислорода в уходящих газах.

Частотное управление дымососом существенно повышает качество регулирования. Обычно требуется поддерживать малое задание по разрежению с большой точностью ( $\pm 5$  Па). Если нет частотного регулирования, то возможна такая ситуация, когда дымосос работает на полную мощность, а направляющий аппарат (НАД)

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ					

почти полностью закрыт, чтобы обеспечить малое разрежение. При этом происходит значительный перерасход электроэнергии.

Так как расходная характеристика НАД существенно нелинейная, то качество регулирования разрежения невысоко и часто невозможно отработать резкие возмущения (таким возмущением может быть порыв ветра снаружи, который резко меняет давление в дымовой трубе и изменяет текущее разрежение в топке). Применение частотного управления позволяет отказаться от использования НАД, существенно улучшить качество регулирования разрежения и значительно сократить потребление энергии дымососом.

При частотном управлении вентилятором также улучшается качество работы регулятора соотношения газ – воздух (при этом достигается оптимальный режим работы горелки котла) и снижается энергопотребление. На горелках с частотным регулированием скорость вращения двигателя снижается в зависимости от уменьшения мощности горелки.

При нагрузке меньше 90 % на горелке снижаются шумовые эмиссии и потребление электроэнергии. Особенно ощутим выигрыш частотного регулирования на горелках большой мощности и в отопительных котельных, где постоянно наблюдаются значительные изменения тепловой нагрузки.

Коррекция задания регулятору соотношения топливо – воздух по содержанию кислорода в уходящих газах позволяет избежать влияния негативных факторов на качество сжигания топлива; изменения температуры воздуха, подаваемого на сжигание, колебаний атмосферного давления, давления газа и давления в камере сгорания. Предельные значения содержания  $O_2$  в отходящих газах по некоторым оценкам можно снизить примерно до 2 %, в результате чего во всем диапазоне мощности котла можно увеличить тепловой КПД на 1,5...2,5 %.

Многие производители шкафов применяют конфигурируемые контроллеры, специально разработанные для задач автоматизации котельных, а не свободно программируемые. Конфигурируемые контроллеры, как правило, дешевле, чем свободно программируемые. С другой стороны, их настройка для конкретного котла не проста, так как они спроектированы для автоматизации котлов широкой номенклатуры.

Свободно же программируемые контроллеры в составе шкафа автоматики поставляются уже с алгоритмом, разработанным для данного объекта. При этом число параметров настройки заметно сокращается. Система диспетчеризации расширяет возможности и повышает удобство эксплуатации системы управления котлом или всей котельной. Обычно функциональность системы диспетчеризации конкретной котельной во многом определяется требованиями заказчика, сформулированными в техническом задании. В целом система диспетчеризации для котельных должна удовлетворять типовым требованиям к SCADA-системам:

- обеспечивать аварийную и предупредительную сигнализацию;
- регистрацию необходимых параметров;
- предоставление текущей и архивной информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- распечатку отчетов (за смену, сутки, месяц) и графиков;

– визуализацию технологического процесса и параметров оборудования в цифровом и графическом виде;

– ведение архивов параметров и событий.

Для котельных без постоянного обслуживающего персонала важной функцией является возможность дистанционного управления котельной и отображения выполняемого этапа работы (пуск, останов, нормальная работа и др.).

К сожалению, возможность построения системы удаленной диспетчеризации на базе шкафов автоматики предусмотрена не всеми производителями, несмотря на то что такая система очень полезна при работе котельных (даже при наличии постоянного обслуживающего персонала). При этом один диспетчерский пункт может отслеживать состояние нескольких подключенных к нему котельных и вовремя информировать о возникающих неполадках.

Таким образом, объем специфических требований к системам диспетчеризации для котельных существенно меньше, чем к системам автоматики нижнего уровня.

Далее рассматриваются примеры систем диспетчеризации котлов на базе разработок ОАО «МЗТА».

Эта система является уникальной для российского рынка. Она основана на принципе единого сервера, который реализует обмен данными с контроллерами разных проектов. Этот же сервер предоставляет операторский интерфейс на базе технологии «тонкого» клиента для пользователей соответствующих проектов. Доступ к тем или иным проектам, обслуживаемым сервером, защищен паролем. Причем надо отметить, что пользовательский интерфейс включает возможность не только осуществлять оперативный контроль и управление объектом, но и разрабатывать мнемосхемы. Этот принцип разработан специалистами МЗТА и защищен патентом в США.

Система КОНТАР SCADA по своим возможностям в целом аналогична КОНТАР АРМ, но предназначена для удаленного управления сетями КОНТАР через глобальную сеть. Она оснащена полным набором средств аутентификации пользователей, их администрирования и контроля произведенных изменений. Для наблюдения за объектом и оперативного управления на клиентском компьютере достаточно иметь любой web-браузер. Кроме того, к серверу КОНТАР SCADA можно подключить клиентскую часть КОНТАР АРМ.

Это позволяет по желанию пользователя использовать технологии как «тонкого», так и «толстого» клиентов, учитывая их достоинства и недостатки при решении конкретной задачи.

Данное программное обеспечение установлено на сервере МЗТА, выведено в сеть Интернет и предоставлено в общее пользование. Каждый пользователь программно-технического комплекса КОНТАР может получить доступ в систему (имя пользователя и пароль) для создания собственного проекта диспетчеризации. Чтобы работать с системой, не требуется никаких специальных программ.

Пользователь может работать со своим проектом, не оказывая никакого влияния на работу других пользователей. Доступ к системе возможен с любого компьютера, подключенного к сети Интернет. Цель построения диспетчерской – сокращение численности работников диспетчерской службы и возможность получения параметров, характеризующих выполнение технологического процесса. До внедрения

системы для одной-двух котельных приходилось нанимать штат аварийных диспетчеров из четырех человек, которые посменно выполняли обход котельных каждые 2 ч. Сейчас для всех котельных достаточно одной бригады диспетчеров, что позволило существенно снизить затраты на обслуживание объектов.

Сравниваемые системы диспетчеризации разных производителей обладают во многом схожими функциями и удовлетворяют типовым требованиям к SCADA-системам. Важные положительные черты КОНТАР АРМ и КОНТАР SCADA – их бесплатность и обширный выбор средств связи с объектом.

Необходимо отметить, что ОАО «МЗГА» является первопроходцем в построении систем интернет-диспетчеризации.

В системах диспетчеризации «Диспетчер» (Агава), TRACE MODE 5.0 (ПромАвто), masterSCADA(Теплоком) также предусмотрены возможности для распределенной работы (на базе интерне i-протокола TCP/IP и др.), однако часто необходимая функциональность реализуется путем установки дополнительных программных модулей и за отдельную плату. Изначально нацеленной на работу в глобальной распределенной сети Интернет является только КОНТАР SCADA. Встроенный конструктор для каждого интернет-пользователя КОНТАР SCADA («тонкого» клиента) – эксклюзивная особенность среди систем подобного рода, он позволяет легко и быстро вносить изменения в конкретный проект.

Эти характеристики очень удобны для быстрого и недорогого проектирования центральной диспетчерской, в том числе собственными силами клиента, без привлечения проектных организаций.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>13</i>

## 4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Проведем тепловой поверочный расчет котла ПТВМ-30: топки и конвективного пучка и составим тепловой баланс котла. При работе водогрейного котла вся поступившая в него теплота расходуется на выработку теплоты, и на покрытие различных потерь теплоты.

### 4.1 Тепловой расчет котла ПТВМ-30М

Топливо: природный газ. В таблице 4.1 представлены расчетные характеристики топлива.

Таблица 4.1 – Расчетные характеристики топлива

Газ	Компоненты										Сумма
	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	H <sub>2</sub> S	Q <sub>H<sup>P</sup></sub> МДж/м <sup>3</sup>	
природный	0,01	–	–	7,42	91,57	0,01	–	0,99	–	33,44	100%

Рассчитаем теоретический объем воздуха, необходимый для сжигания 1 м<sup>3</sup> топлива (4.1):

$$V^0 = 0,0476 \left( 0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left( m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right) \quad (4.1)$$

$$V^0 = 0,0476 \left( \left( 1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 91,57 + \left( 3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 0,99 - 0,01 \right) = 8,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретические объемы продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха при  $\alpha = 1$ :

– объем трехатомных газов (4.2):

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_m \cdot H_n) \quad (4.2)$$

$$V_{RO_2} = 0,01(0,01 + (1 \cdot 91,57) + (3 \cdot 0,99)) = 0,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

– объем двухатомных газов (4.3):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2 \quad (4.3)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 8,95 + 0,01 \cdot 7,42 = 7,14 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

– объем водяных паров (4.4):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{Г.ГЛ}) + 0,0161 \cdot V_0, \quad (4.4)$$

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $d_{Г.ТЛ} = 10 \text{ г/м}^3$  – влагосодержание топлива при  $t_{Г.ТЛ} = 10^0 \text{ С}$ .

$$V_{H_2O}^0 = 0,01((0,5 \cdot 4 \cdot 91,57) + (0,5 \cdot 8 \cdot 0,99) + (0,124 \cdot 10)) + 0,0161 \cdot 8,95 = 2,03 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

При  $\alpha > 1$  объемы продуктов сгорания и воздуха отличаются от теоретических на величину объемов воздуха и водяных паров, поступивших в котел с избыточным воздухом. Так как присосы воздуха не содержат трехатомных газов, то объем этих газов ( $V_{RO_2}$ ) от коэффициента избытка воздуха не зависит, во всех газоходах остается постоянным и равен теоретическому.

В таблице 4.2 представлен расчет энтальпий продуктов сгорания.

Таблица 4.2 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, ^\circ\text{C}$	$I_g^0, \text{кДж/м}^3$	$I_z^0, \text{кДж/м}^3$	$I = I_z^0 + (\alpha'' - 1) \cdot I_g^0, \text{кДж/м}^3$			
			$\alpha_m'' = 1,05$		$\alpha_{\text{вн}}'' = 1,05$	
			$I$	$\Delta I$	$I$	$\Delta I$
30	379,47	–	–	–	–	–
100	1284,36	1506,592	1570,81	–	1570,81	–
200	2588,18	3037,286	3166,695	1595,885	3166,695	1595,885
300	3921,19	4611,044	4807,104	1640,409	4807,104	1640,409
400	5273,66	6228,068	6491,751	1684,648	6491,751	1684,648
500	6655,32	7882,852	8215,618	1723,867	8215,618	1723,867
600	8075,9	9573,75	9977,545	1761,927	9977,545	1761,927
700	9525,67	11308,86	11785,15	1807,603	11785,15	1807,603
800	10994,9	13104,13	13653,88	1868,728	13653,88	1868,728
900	12464,13	14928,83	15552,03	1898,158	15552,03	1898,158
1000	13972,28	16791,65	17490,26	1938,232	17490,26	1938,232
1100	15519,35	18658,63	19434,59	1944,33	19434,59	1944,33
1200	17066,42	20531,86	21385,18	1950,584	21385,18	1950,584
1300	18788,63	21422,05	22361,48	976,3025	22361,48	976,3025
1400	20199,48	24426,4	25436,38	3074,899	25436,38	3074,899
1500	21785,47	26377,31	27466,58	2030,202	27466,58	2030,202
1600	23381,19	28360,14	29529,2	2062,624	29529,2	2062,624
1700	24967,18	30356,93	31605,29	2076,087	31605,29	2076,087
1800	26553,17	32372,37	33700,02	2094,734	33700,02	2094,734
1900	28187,81	34408,7	35818,09	2118,064	35818,09	2118,064
2000	29812,72	36435,92	37926,55	2108,466	37926,55	2108,466
2100	31515,47	38487,35	40063,13	2136,572	40063,13	2136,572
2200	33072,27	40545,36	42198,97	2135,844	42198,97	2135,844

В таблице 4.3 приведен тепловой баланс котла и расчет расхода топлива.

Таблица 4.3 – Расчет теплового баланса котла и расхода топлива

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Располагаемая теплота топлива	$Q_p^p$	$Q_H^p + Q_{В.ВН} + i_{ТЛ}$	кДж/кг	$33520+0+0=33520$
Температура уходящих газов	$\vartheta_{yx}$	по паспорту котла	°С	119
Энтальпия уходящих газов	$I_{yx}$	по таблице 4.2	кДж/м <sup>3</sup>	1874,03
Температура холодного воздуха	$t_{xв}$	принимаем	°С	30
Энтальпия холодного воздуха	$I_{xв}$	по таблице 4.2	кДж/м <sup>3</sup>	379,47
Потери тепла с уходящими газами	$q_2$	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{xв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}$	%	$\frac{(1874,03 - 1,05 \cdot 379,47) \cdot 100}{33520} = 4,3$
Потери тепла от химического недожога	$q_3$	по таблице 4-5 [30]	%	0
Потери тепла от механического недожога	$q_4$	по таблице 4-5 [30]	%	0
Потери тепла в окружающую среду	$q_5$	по таблице 3-1 [30]	%	1,5
Сумма тепловых потерь	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$4,3+0+0+1,5=9,4$
КПД котла	$\eta_{ка}$	$100 - \sum q$	%	$100 - 9,4 \approx 90,6$
Коэффициент сохранения тепла	$\varphi$	$1 - \frac{q_5}{\eta_{ка} + q_5}$	—	$1 - \frac{1,5}{94,1+1,5} = 0,984$
Температура питательной воды на входе в котел	$t'$	по техническим характеристикам котла	°С	70
Энтальпия питательной воды на входе	$i'$	по таблице VI – 6 [37]	кДж/кг	293,3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
Температура питательной воды на выходе из котла	$t''$	по техническим характеристикам котла	°С	95
Энтальпия питательной воды на выходе из котла	$i''$	по техническим характеристикам котла	кДж/кг	398,1
Расход питательной воды через котел	$G$	$\frac{Q_{ка} \cdot 10^3}{(i'' - i')}$	кг/с	$\frac{10 \cdot 10^3}{(398,1 - 293,3)} = 95,4$
Полный расход топлива	$B$	$\frac{Q_{ка}}{\eta_{ка} \cdot Q_p^p}$	м³/с	$\frac{10 \cdot 10^3}{0,906 \cdot 33520} = 0,33$
Расчетный расход топлива	$B_p$	$B \cdot \frac{100 - q_4}{100}$	м³/с	$0,33 \cdot \frac{100 - 0}{100} = 0,33$

При поверочном расчете топки по её тепловым и конструктивным характеристикам определяют температуру газов на выходе из топки  $\vartheta_m''$ . Результаты расчета сведем в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Поверочный расчет топки

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Объем топочной камеры	$V_m$	по конструктивным характеристикам котла	м³	7,8
Полная поверхность стен топочной камеры	$F_{ст}$	$\pi \cdot d \cdot l$	м²	26
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	$H_l$	по конструктивным характеристикам котла	м²	25,2



Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Коэффициент за- грязнения	$\xi$	по таблице 5-2 [30]	—	0,65
Коэффициент тепло- вой эффективности экранов	$\psi$	$\xi \cdot \frac{H_l}{F_{cm}}$	—	$0,65 \cdot \frac{25,2}{26,0} = 0,63$
Эффективная тол- щина излучающего слоя	$S$	$3,6 \cdot \frac{V_m}{F_{cm}}$	м	$3,6 \cdot \frac{7,8}{26} = 1,08$
Объемная доля водя- ных паров	$r_{H_2O}$	по таблице 4.2	—	0,19
Объемная доля трех- атомных газов	$r_{RO_2}$	по таблице 4.2	—	0,09
Суммарная погло- щательная способ- ность газов	$P_n \cdot S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·М Па	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 =$ $= 0,029$
t газов на выходе из топки	$g_m''$	принимаем	°С	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m''$	по таблице 4.3	кДж/ м <sup>3</sup>	17490,26
Коэффициент ослаб- ления лучей трех- атомными газами	$k_z$	по номограмме 5-5 [30]	—	12,5
Коэффициент ослаб- ления лучей для несветящихся трех- атомных газов	$k_{нсв}$	$k_z \cdot r_n$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$12,5 \cdot 0,28 = 3,54$
Сила поглощения потока	$kPS$	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$3,54 \cdot 0,098 \cdot 1,08$ $= 0,37$
Степень черноты то- почной среды для несветящегося газо- вого пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,22
Соотношение между содержанием угле- рода и водорода в рабочей массе топ- лива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	—	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 +$ $+ 0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 +$ $+ 0,4 \cdot 0,1 +$ $+ 0,42 \cdot 0,4) = 2,98$

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Коэффициент ослабления лучей сажи-стыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2-\alpha_m) \cdot \left(1,6 \frac{T_m''}{1000} - 0,5\right) \cdot \frac{C^P}{H^P}$	—	$0,3(2-1,05) \cdot (1,6 \cdot 1,273 - 0,5) \cdot 2,98 = 1,31$
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_z \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$12,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,81$
Сила поглощения потока	$kPS$	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$4,81 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,51$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,3
Видимое теплонпряжение топочного объема	$q_v$	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	кВт/м <sup>3</sup>	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	$m$	метод интерполяции	—	0,6
Эффективная степень черноты факела	$a_\phi$	$m \cdot a_{св} + (1-m) \cdot a_{исв}$	—	$0,6 \cdot 0,3 + (1-0,6) \cdot 0,22 = 0,332$
Степень черноты топки	$a_m$	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1-a_\phi) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,332}{0,332 + (1-0,332) \cdot 0,63} = 0,406$
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_m$	по таблице 4.2	—	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_s$	$I_{хв} \cdot \alpha_m$	кДж/м <sup>3</sup>	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_s$	кДж/м <sup>3</sup>	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	$g_a$	по таблице 4.2	°С	1955
Средняя теплоемкость газов	$Vc_{cp}$	$\frac{Q_m - I_m''}{g_a - g_m''}$	кДж/м <sup>3</sup> ·К	$\frac{33750,8 - 17490,26}{1955 - 1000} = 20,28$
Относительное положение температур	$\chi_m$		—	0,5

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	$M$	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_m$	—	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_m$	$\frac{\vartheta_a}{M \left( \frac{5,67 \psi_{cp} F_{CT} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \phi B_p V c_{cp}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°C	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m$	по таблице 4.2	кДж/м <sup>3</sup>	16742,1
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_m''$	принимаем	°C	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m''$	по таблице 4.2	кДж/м <sup>3</sup>	16742,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_2$	по номограмме 5-5 [30]	—	10,5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	$k_{нсв}$	$k_2 \cdot r_n$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$10,5 \cdot 0,28 = 2,98$
Сила поглощения потока	$kPS$	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$2,98 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,32$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,19
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	—	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 + 0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,1 + 0,42 \cdot 0,4) = 2,98$
Коэффициент ослабления лучей сажи-стыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2 - \alpha_m) \left( 1,6 \frac{T_m''}{1000} - 0,5 \right) x \frac{C^p}{H^p}$	—	1,31

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{cv}$	$k_2 \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$10,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,25$
Сила поглощения потока	$kPS$	$k_{cv} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$4,25 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,45$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{cv}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,33
Видимое теплонапряжение топочного объема	$q_v$	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	кВт/м <sup>3</sup>	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	$m$	метод интерполяции	—	0,6
Эффективная степень черноты факела	$a_\phi$	$m \cdot a_{cv} + (1 - m) \cdot a_{нсв}$	—	$0,6 \cdot 0,33 + (1 - 0,6) \cdot 0,19 = 0,274$
Степень черноты топки	$a_m$	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,274}{0,274 + (1 - 0,274) \cdot 0,63} = 0,37$
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_m$	по таблице 4.5	—	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_m$	кДж/м <sup>3</sup>	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_в$	кДж/м <sup>3</sup>	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	$g_a$	по таблице 4.2	°С	1955
Средняя теплоемкость газов	$Vc_{cp}$	$\frac{Q_m - I_m''}{g_a - g_m''}$	кДж/м <sup>3</sup> · К	$\frac{34750,84 - 16742,1}{1955 - 961,4} = 18,12$
Относительное положение максимума температур	$\lambda_m$		—	0,5

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	$M$	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_m$	–	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_m$	$\frac{\vartheta_a}{M \left( \frac{5,67 \psi_{cp} F_{CT} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \phi B_p V c_{cp}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°С	968
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m$	по таблице 4.2	кДж/м <sup>3</sup>	16870,02
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_l$	$\phi \cdot (Q_m - I_m)$	кДж/м <sup>3</sup>	$0,988 \begin{pmatrix} 33750,84 - \\ -16870,02 \end{pmatrix} = 16678,3$
Тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	$q_l$	$B_p \cdot \frac{Q_l}{H_l}$	кВт/м <sup>3</sup>	72,8

Продукты сгорания передают теплоту наружной поверхности труб путем конвективного теплообмена и лучеиспускания. От наружной поверхности труб к внутренней теплота передается через стенку теплопроводностью, а от наружной поверхности к воде и пару – конвекцией. При расчете конвективных поверхностей нагрева используется уравнение теплопередачи и уравнение теплового баланса. Расчет конвективных поверхностей осуществляется по законам конвективного теплообмена. Поверочный расчет конвективного пучка водогрейного котла ПТВМ-30М приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Поверочный расчет конвективного пучка

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозн.	Расчетная формула		
1	2	3	4	5
Расположение труб	–	по конструктивным характеристикам котла	–	продольное
Число дымогарных труб	n	по конструктивным характеристикам котла	шт.	34

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5
Внутренний диаметр трубы	$d$	по конструктивным характеристикам котла	м	0,054
Расчетная поверхность нагрева	$H_p$	$n \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot l$	м <sup>2</sup>	$34 \cdot 3,14 \cdot 0,054 \cdot 2 = 11,53$
Живое сечение для прохода газов	$F_{\text{ж}}$	по конструктивным характеристикам котла	м <sup>2</sup>	0,254
Эффективная толщина излучающего слоя	$S_0$	по конструктивным характеристикам котла	м	1,08
Температура газов перед конвективным пучком	$g_m$	из расчета топки	°С	968
Энтальпия газов перед конвективным пучком	$I_m$	из расчета топки	кДж/м <sup>3</sup>	16870,02
Температура газов за конвективным пучком	$g_{\text{кн}}$	по характеристикам котла	°С	119
Энтальпия газов за конвективным пучком	$I_{\text{кн}}$	по таблице 4.2	кДж/м <sup>3</sup>	1874,03
Тепловосприятие конвективного пучка по балансу	$Q_0$	$\varphi \cdot (I_m - I_{\text{кн}})$	кДж/м <sup>3</sup>	$0,988 \cdot \begin{pmatrix} 16870,02 \\ -1874,03 \end{pmatrix} = 14816,04$
Средняя температура газов	$g_{\text{ср}}$	$0,5 \cdot (g^I + g^{II})$	°С	$0,5 \cdot (968 + 119) = 543,5$
Объем газов	$V_g$	по таблице 4.2	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	11,47
Средняя температура воды	$t_{\text{ср}}$	$\frac{t'_g + t''_g}{2}$	°С	$\frac{115 + 70}{2} = 82,5$
Температурный напор на входе в пучок	$t_B$	$g_m - t_{\text{ср}}$	°С	$968 - 82,5 = 885,5$
Температурный напор на выходе из пучка	$t_M$	$g_{\text{кн}} - t_{\text{ср}}$	°С	$119 - 82,5 = 36,5$

Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4	5
Средний температурный напор	$\Delta t$	$\frac{t_B + t_M}{\ln \frac{t_B}{t_M}}$	°C	$\frac{885,5 + 36,5}{\ln \frac{885,5}{36,5}} = 289,13$
Средняя температура газов	$g_{cp}$	$\Delta t + t_{cp}$	°C	$289,13 + 82,5 = 371,63$
Секундный расход газов	$V_{сек}$	$B_p \cdot V_z \cdot \frac{g_{cp} + 273}{273}$	м <sup>3</sup> /с	$0,11 \cdot 11,47 \cdot \frac{371,63 + 273}{273} = 2,98$
Средняя скорость газов в конвективном газоходе	$W$	$\frac{V_{сек}}{F_z}$	м <sup>3</sup> /с	38,4
Объемная доля трехатомных газов	$r$	по таблице 4.2	—	0,28
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов	$P_n S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,098 \cdot 0,28 \times 1,08 = 0,03$
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_z$	по номограмме 5-5 [30]	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	11
Сила поглощения потока	$k_z P S$	$k_z P_n S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$11 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 1,16$
Степень черноты продуктов сгорания топлива	$a$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,21
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_n$	по номограмме 6-12 [30]	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	4,1
Коэффициент тепловой эффект.	$\psi$	по таблице 6-2 [30]	—	0,85
Коэффициент теплопередачи	$k$	$\psi \cdot (\alpha_k + \alpha_n)$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	3,66
Тепловосприятие конвективного пучка по уравнению теплообмена	$Q_k$	$\frac{k \cdot H_p \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3}$	кДж/м <sup>3</sup>	$\frac{3,66 \cdot 11,53 \cdot 289,13}{0,11 \cdot 10^3} = 14110,9$
Расхождение тепловосприятия	$\Delta Q$	$\frac{Q_m - Q_{\sigma}}{Q_m} \cdot 100\%$	%	$\frac{14816,2 - 14110,9}{14816,2} \cdot 100\% = 2,7$

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

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

24

Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_m$	кДж/м <sup>3</sup>	398,44
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_в$	кДж/м <sup>3</sup>	33750,84
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_l$	$\varphi \cdot (Q_m - I_m'')$	кДж/м <sup>3</sup>	$0,988(33750,84 - 16870,02) = 16678,25$
Расчетная невязка теплового баланса	$\Delta Q$	$Q_p^p \cdot \eta_{ка} - (Q_l + Q_{ки})$	кДж/м <sup>3</sup>	$33520 \cdot 0,941 - (16678,25 + 14110,9) = 653,2$
Невязка	%	$\frac{\Delta Q}{Q_p^p} 100\%$	–	$\frac{653,2}{33520} \cdot 100 = 1,95$

Полученная погрешность удовлетворяет допустимой (2%), значит расчет проведен верно.

Автоматизированные горелочные устройства типа SF-400/800 являются примером реализации эффективной технологии сжигания газообразного топлива. Основным преимуществом горелочного устройства SF является струйно-вихревая схема, реализованная на автономном пилоне-коллекторе. Такой горелочный модуль замыкает на себя все стадии рабочего процесса: распределение горючего в потоке окислителя, смесеобразование до необходимого уровня концентрации, воспламенение топливной смеси, стабилизация факела и формирование концентрационных, скоростных и температурных полей продуктов сгорания, самоохладение потоками окислителя и горючего.

Преимущества от внедрения автоматизированных горелок SF на водогрейных котлах:

1. Высокие экономические показатели работы котлоагрегата: увеличение КПД и снижение затрат на газ до 10%, снижение затрат на электроэнергию до 50 %.
2. Широкий диапазон регулирования тепловой нагрузки агрегата (от 10% до 100%);
3. Работа горелок на низком и среднем давлении газа;



4. Плавный и надежный розжиг котла;
5. Увеличение межремонтного интервала поверхностей нагрева и в целом срока службы котлоагрегата;
6. Пониженный уровень шума, безопасность и удобство эксплуатации.

Основные характеристики автоматики для управления горелками SF:

- Позиционное/плавное (по ПИД-закону) регулирование мощности;
- Выполнение в полном объеме требований ГОСТ 21204-97, ГОСТ 27824-2000;
- Вид топлива: газ;
- Запоминание первопричины возникновения аварийной ситуации;
- Контроль давления газа перед горелкой;
- Контроль давления воздуха перед горелкой;
- Автоматический розжиг горелки;
- Защитное отключение горелки в случае аварийной ситуации;
- Защита котла от нештатных действий персонала;
- Режим «Пусконаладка»: проверка входных и выходных цепей;
- Режим «Регламент»: периодический контроль датчиков без остановки горелки;
- Вывод контекстной информации на встроенный дисплей.

Применение автоматизированных горелок SF (СНГ) на водотрубных водогрейных котлах ПТ-ВМ приводит к увеличению технико-экономических показателей котлоагрегатов и позволяет обеспечить:

- Высокую степень перемешивания газо-воздушной смеси и однородность стехиометрической смеси на выходе из амбразуры горелки;
- Работу горелки с минимально возможными коэффициентами избытка воздуха (до 1,03) в диапазоне рабочих нагрузок;
- Коэффициент рабочего регулирования более 10;
- Эффективное тепловосприятие радиационными поверхностями нагрева, что приводит к снижению температуры уходящих газов за котлом и уменьшению потерь тепла с уходящими газами, а также способствует увеличению срока службы огнетехнического объекта в целом;
- Короткий факел, который исключает «лизание» и перегрев топочных поверхностей;
- Осуществлять пуск горелки плавно и надёжно при мощности 1...2% от номинальной;
- Самоохлаждаемость горелочных модулей, что обеспечивает высокий эксплуатационный ресурс горелки;
- Малое аэродинамическое сопротивление горелки и, соответственно, снижение нагрузки на тягодутьевые средства в 1,3 – 2 раза;
- Уровень эмиссии СО и NOx значительно ниже действующих норм.

									Лист
									26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ				

## 5 ВОДОТРУБНЫЕ И ГАЗОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

Водотрубный котел – тип котла, при котором вода нагревается, двигаясь внутри металлических трубок (экранных и конвективных пучков), а трубы нагреваются с внешней стороны продуктами сгорания топлива.

Для характеристики принципа действия водотрубного котла составим общую схему оборудования этого типа.

Схема содержит всего две основных детали:

1. Верхний сосуд, который называется паровым барабаном.

2. Нижний сосуд, который называется грязевым барабаном.

Оба барабана соединяются через две трубы.

Большая часть водотрубных паровых котлов работают по принципу естественной циркуляции воды (эффект термосифона). На рисунке 9.1 представлен принцип действия водотрубного котла.

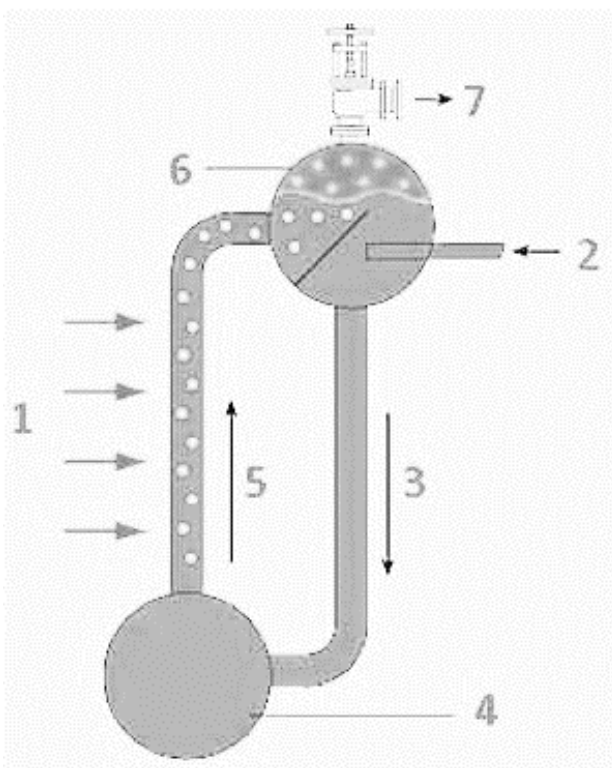


Рисунок 9.1 – Принцип действия водотрубного котла:

1 – лучистая энергия; 2 – ввод питательной воды; 3 – сливной стакан;  
4 – нижний барабан; 5 – подъемная труба; 6 – верхний барабан; 7 – отбор пара

Холодная питательная вода подается в паровую ёмкость 2, разделённой перегородкой. Поскольку холодная жидкость имеет высокую плотность по отношению к нагретой жидкости, питательная вода опускается через сливной стакан 3 в область нижнего барабана 4. Холодным потоком, более теплая вода с меньшей плотностью, вытесняется в область фронтальных труб 5 водотрубного котла. За счёт нагрева в передних трубах образуются пузырьки пара. Пузырьковая масса естественным образом отделяется от воды и скапливаются под сводом верхнего барабана 6.

Между тем, по мере увеличения давления внутри водотрубного котла, разница плотности воды и насыщенного пара снижается. Следовательно, уменьшается скорость циркуляции.

Поэтому для поддержания стабильного уровня выхода пара, при условии более высоких расчетных давлений, расстояние между нижним и верхним барабанами увеличивают. Либо в схему вводятся средства принудительной циркуляции (циркуляционный насос).

Энергия источника тепла для конструкций водотрубных котлов представлена на рисунке 9.2.

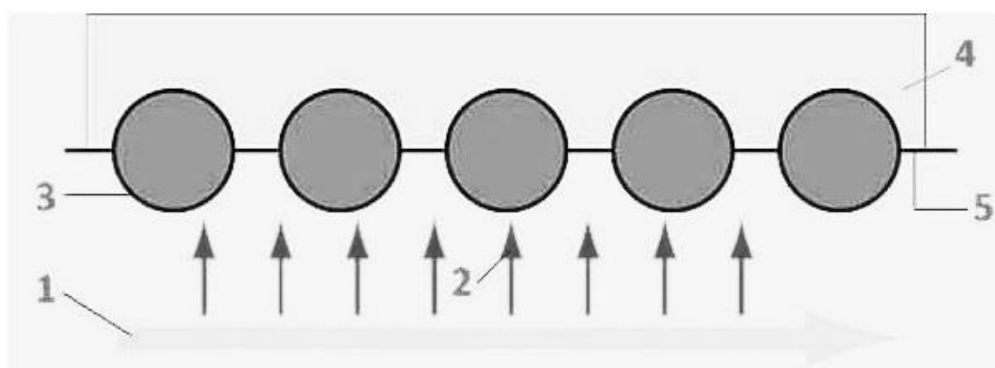


Рисунок 9.2 – Схема лучистой секции:

- 1 – открытый пламя; 2 – тепловой поток; 3 – трубы с водой металлические;  
4 – изоляционный материал; 5 – элементы ребрения

Такой источник представляет собой модуль, в котором преобразуется энергия пламени горелки или нескольких горелок. При этом пламя непосредственно не контактирует с трубами водотрубного котла, так как прямой контакт грозит серьезной эрозией и повреждением трубного металла.

На стенах лучистой секции установлены трубы. Эти трубы называются экранными и предназначены для поглощения лучистого тепла, исходящего от пламени горелки.

Трубы конвективного пучка предназначены для поглощения водой тепла горячих газов путем поточного проведения и эффекта конвекции. Большие по размерам котлы могут иметь несколько конвективных пучков, расположенных последовательно.

Таким способом извлекают максимум энергии горячих газов. Согласно расчётам, эффективность использования тепла горелок достигает 90% в большинстве случаев применения.

Конструкция газотрубного котла была создана для того, чтобы увеличить показатели производительности парового оборудования без увеличения размера агрегата и его формы.

Газотрубный котел представляет собой вид котельного оборудования, у которого поверхность состоит из определенного количества жаровых труб, внутри которых движется конкретный вид топлива.

Выделяют два основных класса оборудования:



Конструкция жаротрубного водогрейного котла состоит из корпуса, передней и задней крышки, труб для отвода из агрегата дымовых газов и опор. Сама конструкция корпуса включает в себя камеру, представленную жаровой трубой с закругленным дном, конвективную зону, переднюю камеру агрегата и опоры. Дополнительно жаротрубный водогрейный котел покрывается теплоизоляционными материалами.

Газы, которые образуются в жаровой трубе при сгорании конкретного вида топлива, меняют свое направление движения и возвращаются к фронтальной части отопительного оборудования. После отдачи тепла теплоносителю они выводятся наружу через дымоход.

Конструкция парового или водогрейного жаротрубного котла может быть другой. Расположение и комплектация разных компонентов оборудования, в том числе и жаровых труб, может отличаться у разных производителей, а также в зависимости от предназначения и габаритов агрегата.

В водотрубных котлах подогреваемая вода протекает по трубам малого диаметра, поэтому они практически не имеют ограничений по давлению и по производительности, хотя с ростом последней число труб и габариты аппаратов прогрессивно увеличиваются.

При сравнении водогрейных котлов водотрубных и жаротрубных конструкций можно выделить следующие недостатки жаротрубных котлов: высокие требования к качеству котловой воды, которые объясняются большими удельными тепловыми потоками в жаровой трубе и поворотной камере и очень малыми скоростями (на порядок меньше по сравнению с водотрубными котлами) теплоносителя в жаротрубных котлах.

В водотрубных котлах для недопущения пристенного кипения скорость воды в трубах поверхности нагрева принимается не менее 1 м/с. У жаротрубного котла скорость воды настолько мала, что он практически является фильтром-осадителем. В результате осаждения взвешенных веществ и покрытия ими нижних дымогарных труб «жаротрубника», температура этих труб становится выше верхних, давление перегретых труб на трубную доску и напряжения в сварных швах резко возрастают.

В жаротрубных котлах существуют внутренние топки, позволяющие сжигать только высокосортное топливо. Жаротрубные котлы взрывоопасны: при большом объеме нагретой воды при внезапном снижении давления внутри котла до атмосферного (раскрытие шва) мгновенно выделяется огромное количество пара и происходит взрыв.

Жаротрубные отопительные котлы недолговечны и ненадежны вследствие малого гидравлического сопротивления в контуре. У жаротрубных отопительных котлов аэродинамическое сопротивление выше, чем у водотрубных. Наличие большого объема воды жаротрубного котла делает котел слабо реагирующим на потребность в тепле.

Характерное для таких котлов длительное время нагрева приводит на практике к необходимости поддерживать высокую температуру большой массы воды в течение какого-то периода времени в ожидании потребности в тепле. А стоимость топлива, идущего на поддержание этого «горячего резерва» может достигать значительной величины.

В то же время жаротрубные котлы обладают такими неоспоримыми преимуществами как компактность, возможность работы с современными длинно-факельными горелочными устройствами, высокая автоматизация и др.

В водотрубных отопительных котлах скорость воды выше, поэтому увеличивается долговечность и надежность, также повышается и теплосъем. У водотрубных отопительных котлов необходимость поддержания на входе достаточно высокой температуры решается путем рециркуляции воды (при этом материальные затраты минимальны). Именно водотрубные агрегаты практически не имеют ограничений по давлению и теплопроизводительности и характеризуются рядом технико-эксплуатационных преимуществ.

Анализируя вышеперечисленные недостатки водогрейных котлов двух разных конструкций, а также рынок поставщиков, можно сказать следующее: несмотря на высказанные опасения, многие отечественные и особенно зарубежные производители водогрейных котлов, используя современные технологии и новые конструкционные материалы, останавливают свой выбор на выпуске именно жаротрубных водогрейных котлов.

Зарубежные производители поставляют в Россию в основном (95 %) жаротрубные котлы, и только около 5 % составляют водотрубные. Российские производители отдают предпочтение котлам водотрубного типа и поставляют на российский рынок около 60 % водотрубных и только 40 % жаротрубных котлов.

Зарубежные заводы предлагают в основном жаротрубные котлы, к тому же сразу ставят условие:

- необходимо устанавливать соответствующую химводоподготовку;
- использовать только химочищенную воду, согласно принятых европейских нормативов.

Высокие требования к качеству котловой воды, сопоставимые с требованиями к качеству питательной воды для паровых котлов. Так, для надежной и безаварийной эксплуатации своих котлов жаротрубной конструкции изготовитель декларирует значение общей жесткости воды 100 мкг-экв/л, а в технической литературе встречаются значения требуемой жесткости котловой воды в пределах от 15 до 100 мкг-экв/л.

При несоблюдении этих требований котлопроизводители снимают с себя все гарантийные обязательства.

В связи с неоспоримыми преимуществами водотрубных котлов в выпускной квалификационной работе предлагается установить именно водотрубные котлы серии «Смоленск» производства ОАО «Дорогобужкотломаш». Изучая зарубежные аналоги рассматриваемых в работе котлов КВ-ГМ, поставляемых на российский рынок, было обращено внимание на двух производителей: котлы водогрейные Wolf, серия EURO THERM POLYKRAFT, производитель «Вольф Энерджи Солюшен» и водогрейные котлы Thermogenics, поставщиком которых является инженерная компания «Интерблок».

Водогрейный водотрубный газоплотный котел серии Eurotherm (усовершенствованный аналог котла КВ-ГМ) теплопроизводительностью от 1,1 до 58,2 МВт, предназначен для получения горячей воды давлением до 1,6 (16,3) МПа (кгс/см<sup>2</sup>) и номинальной температурой 150 или 115 °С, используемой в системах отопления

и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей.

Характеристики:

- 12 типоразмеров в 3 модификациях – 95 °С, 115 °С и 150 °С;
- сертифицированы по системе ГОСТ Р;
- тоннельное исполнение котлов мощностью до 17 МВт и Г-образное – от 23 до 58 МВт;
- работают на природном газе/легком жидком топливе, нефти/ мазуте;
- спроектированы для использования с импортными горелочными устройствами;
- поверхности нагрева выполнены из гладкостенных труб;
- три газохода для снижения уровня NO<sub>x</sub> в отходящих газах;
- шестигранная конструкция топочной камеры для оптимального распределения тепловых напряжений;
- высокий КПД – 92%;
- экономия электроэнергии за счет отсутствия дымососа;
- полная заводская готовность к установке и монтажу. Котлы до 17 МВт поставляются 1 блоком, 23 МВт – 2 блоками, 35 МВт – 3 блоками, 58 МВт – 5 блоками;
- высокая ремонтпригодность;
- возможность эффективной работы в сетях с открытым водоразбором;
- безаварийный срок эксплуатации – 25 лет;
- гарантия 2 года.

Завод Wolf только использует разработки немецких инженеров, само предприятие ПАО «Вольф Энерджи Солюшен» – динамично развивающееся Российское предприятие по производству котельного оборудования, расположенное в Смоленская области в городе Сафоново. Изначально завод задумывался для совместного с немецким концерном WOLF GmbH производства водогрейных стальных котлов WOLF GKS Dynatherm. В марте 2006 года работники завода совместно с немецкими специалистами и на основе немецких моделей производства WOLF GmbH начали разрабатывать новые модели водогрейных стальных котлов с максимальной адаптацией к российским условиям эксплуатации. А уже в сентябре 2008 году на заводе была выпущена первая продукция.

«Вольф Энерджи Солюшен» – стало первым производством на отечественном рынке, которое вооружившись многолетним немецкий опытом в области котлостроения изготавливает и поставляет промышленные котлы высочайшего качества. На предприятии «Вольф Энерджи Солюшен» используется самое современное, большей частью импортное оборудование, в том числе немецкий трубогибочный станок, американский установка для плазменной резки металла, сварочный автомат из Швеции и многое другое.

Это положительно сказывается на качестве выпускаемых котлов. Большое внимание специалисты завода так же уделяют дизайну продукции и выработке своего особого стиля, выражающегося в первую очередь в форме обшивки и цветовых решениях. Продукция торговой марки WOLF Energy Solutions легкоузнаваема именно благодаря современному и продуманному дизайну.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

Появление на российском рынке водогрейных котлов Thermogenics, Канада является весьма актуальным. Фирмой предлагаются водогрейные котлы водотрубного типа с принудительной циркуляцией серии TGH, являющиеся нагревателями жидкостей высокого давления ( $p = 8\text{--}15$  бар) и тепловой мощностью 200 –5 900 кВт.

Водогрейные котлы Thermogenics выполнены по классической, надежной схеме водотрубного теплообменного агрегата с принудительной циркуляцией теплоносителя. Конструктивные и технологические решения обладают несомненной оригинальностью, защищены патентами и опережают технический уровень аналогов, выпускаемых другими производителями.

Предлагаемые водогрейные котлы обладают следующими преимуществами:

1) Экономичная эксплуатация:

– Быстрый запуск и мгновенное выключение. Время выхода на заданную тепловую мощность не превышает 5 минут после включения, что обеспечивает дополнительную экономию топлива (до 15%);

– Быстрая реакция на изменение тепловой нагрузки. Время реакции не превышает 1 минуты за счет эффективной системы управления горелкой и малого объема циркулирующей воды в змеевиках;

– Плавная регулировка мощности. Максимальный диапазон регулирования производительности – 7:1, что позволяет бесперебойно обеспечивать теплом потребителей, не прибегая к режиму включения или выключения котла при низких нагрузках;

– В процессе работы котла не требуется постоянное присутствие обслуживающего персонала.

2) Современная технология и безопасная конструкция:

– Небольшая площадь внешней поверхности означает малую площадь конвекции и малые потери лучистой энергии. Из-за значительных размеров жаротрубных котлов их конвекционные потери составляют около 3% в зависимости от типа котельной. Эти же потери в котле серии TGH составляют менее 0,7%;

– Многотопливность. В качестве топлива могут использоваться природный газ, дизельное топливо, пропан или другое жидкое или газообразное углеводородное топливо;

– Конструкция котлов серии TGH исключает возможность термоударов, даже при частых пусках и остановах;

– Конструкция котлов серии TGH обеспечивает их надежную работу, простоту технического обслуживания и безопасную эксплуатацию;

– Совместимость с действующими котловыми технологиями. Малые габариты и вес, отсутствие необходимости строительства специальных фундаментов позволяют устанавливать котлы серии TGH на площадях существующих котельных или других производственных помещениях для получения дополнительной тепловой энергии или поэтапной замены выработавших ресурс котлов.

Конструкция горелочного устройства котлов серии TGH обеспечивает низкий уровень вредных выбросов в окружающую среду, что существенно улучшит экологическую обстановку в районе.



Котлы не требуют дымососной установки, т.к. работают под наддувом (избыточным давлением).

Технологически необходимая высота дымовой трубы не превышает 3,2 метра над уровнем кровли.

Гарантийный период эксплуатации водогрейных котлов серии TGH – 24 месяца.

Инженерная компания «Интерблок», производящая котлы Thermogenics, также не является зарубежной. Она находится в России и использует канадские разработки в проектировании и изготовлении котельного оборудования. Основным направлением деятельности ЗАО «Инженерная компания «Интерблок» является модернизация паросилового хозяйства предприятий, создание автономных, децентрализованных теплоэнергетических систем и комплексов на основе применения парогенераторов серии ST пр-ва Thermogenics Inc., Канада.

Подводя итог всему вышесказанному в данной главе, можно отметить следующее: на российском рынке практически не существует зарубежных аналогов предлагаемых к установке в рассматриваемой котельной водотрубных водогрейных котлов КВ-ГМ. В качестве сравнения были рассмотрены котлы Eurotherm Polykraft, завода Wolf, и котлы Thermogenics серии TGH, инженерной компании «Интерблок». Данные котлы обладают рядом преимуществ по сравнению с котлами КВ-ГМ, однако, не являются зарубежными, а лишь используют зарубежные разработки, завод Wolf – разработки немецких инженеров, а «Интерблок» – канадские разработки.

Конструкция водотрубных котлов позволяет увеличить поверхность нагрева за счет использования большего количества водопроводных труб.

Конвекционный поток таких систем способствует ускорению движения воды в большей степени, чем этот эффект проявляется у жаротрубных сооружений.

Соответственно, коэффициент передачи тепла водотрубных котлов более высокий, что сопровождается не менее высоким значением эффективности этого вида котельного оборудования.

Исполнение конструкции позволяет плавно наращивать давление внутри водотрубного котла до значений, равных 150–160 кг/см<sup>2</sup>.

Выход пара на подобных сооружениях может достигать 500 кг/с. При этом доступно получить верхнюю границу температуры пара на выходе из водотрубного котла, равную 550°C.

Классическое исполнение парового оборудования, работающего по принципу термосифона. Подобные системы часто встречаются в составе проектов котельных разного назначения

По габаритным размерам водотрубные котлы успешно конкурируют с дымогарным (жаротрубным) оборудованием.

Небольшие по габаритам водотрубные паровые котлы традиционно собраны как единое целое оборудование, помещённое внутрь прочного корпуса.

Но крупные котельные установки обычно изготавливаются секционными модулями, которые собираются в единый модуль непосредственно на месте установки системы. Из преимуществ можно отметить относительно небольшую потребность по массе питательной воды. Поэтому водотрубным котлам присущи свойства быстрой реакции на изменение нагрузки и ввода тепла.

Конструкции могут содержать множество горелок, установленных на любой стороне, что открывает варианты для организации горизонтального или вертикального обжига. Также контроль температуры допустимо организовать в различных частях системы.

Организация температурного контроля особенно важна, когда водотрубный котёл имеет встроенную систему перегрева пара. В этом случае появляется необходимость контролировать температуру перегретого пара с высокой точностью по времени.

По недостаткам рассмотренных котлов отмечаются сложности их изготовления в компактном виде. Возможность использования нескольких горелок в котле обеспечивает гибкость регулировки нагрева. Однако массовое применение горелок требует сложных систем управления.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						35
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 6 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Согласно Федеральному закону от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»: целью является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах: эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов; поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности; системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности; планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности; использование энергетических ресурсов с учетом ресурсов, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

Энергосбережение – комплекс мер или действий, предпринимаемых для обеспечения более эффективного использования энергетических ресурсов, например, мероприятия, направленные на достижение экономии топлива и энергии, рациональное их использование, замещение дефицитных и дорогих энергоресурсов и энергоносителей другими, более доступными и дешевыми (замена нефти углем, нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии).

За последнее столетие мировое энергопотребление возросло более чем в 5 раз и превысило 12 млрд. т условного топлива в год.

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК), являясь основой экономики, призван обеспечивать настоящие и будущие энергетические потребности страны.

Энергосбережение следует рассматривать в двух аспектах [28].

Первый аспект состоит в снижении физического объема топлива и (или) энергии, расходуемых на единицу выпускаемой продукции или национального дохода, т.е. в экономии органического и ядерного топлива, электрической и тепловой энергии.

Второй аспект – это мероприятия, реализация которых обеспечивает достижение экономического эффекта благодаря совершенствованию структуры самого энергетического баланса, а также замещению энергией трудовых ресурсов (например, повышение производительности труда) или дорогих и дефицитных материалов. К этому аспекту энергосбережения относятся и мероприятия, при которых экономический эффект достигается при дополнительном расходе энергоресурсов, но при этом обеспечиваются повышение качества, надежности и срока службы выпускаемой продукции или организация производства новой продукции с улучшенными потребительскими свойствами, повышение комфортности жилья, улучшение условий и безопасности труда. Снижение негативного воздействия на окружающую среду. Такие мероприятия будут повышать экономическую эффективность и в определенной мере носить энергосберегающий характер.

Общая экономия ресурсов в народном хозяйстве в результате всех энергосберегающих мероприятий формируется как сумма экономии первичных энергоресурсов, достигаемой в сфере потребления в неэнергетической части производительных

сил благодаря совершенствованию энергетического хозяйства потребителей и в самом топливно-энергетическом комплексе.

В вопросах энергосбережения и повышения энергоэффективности важно организовать четкое взаимодействие с бизнес – сообществом, а также задействовать человеческий фактор, обеспечив информационную и образовательную поддержку мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов на международном, федеральном, региональном и муниципальном уровнях.

В условиях сложившихся темпов развития научно-технического прогресса в мире если не провести настоящей реформы в энергетике страны, то в ближайшем будущем ТЭК окажется тормозом ее развития. Объемы производства топливно-энергетических ресурсов смогут обеспечить лишь внутренние потребности страны. В этом случае экспорт этих энергоресурсов из России должен быть практически прекращен с потерей внешних рынков, валютного дохода и источников финансирования отечественной промышленности.

Энергосбережение играет ключевую роль в снижении энергоемкости национальной экономики и существенно влияет на темпы роста ВВП.

Сохранение высоких темпов экономического роста национальной экономики возможно только при условии повышения уровня энергосбережения в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, при производстве, транспортировке и распределении энергии.

Главной движущей силой в проведении энергосберегающей политики является государственный сектор, а ее экономической основой – самокупаемость затрат на выполнение энергоэффективных проектов, включенных в федеральные и региональные программы энергосбережения.

Реализация комплекса мер правового, административного и экономического характера, намеченных в энергетической стратегии и стимулирующих энергосбережение, будет способствовать устойчивому развитию экономики России, обеспечивая тем самым ее энергетическую безопасность, представляющую собой неотъемлемую часть всей системы национальной и экономической безопасности Российской Федерации. Российская Федерация располагает одним из самых больших в мире технических потенциалов повышения энергоэффективности, который составляет более 40% от уровня потребления энергии. Ресурс повышения энергоэффективности следует рассматривать как один из основных энергетических ресурсов будущего экономического роста.

## **6.1 Основные направления энергосбережения**

Существует три крупных направления энергосбережения.

Первое – рационализация использования топлива и энергии. В отличие от развитых стран, в России значительное количество энергоресурсов расходуется на производство неконкурентоспособных товаров, строительство объектов с повышенной теплоотдачей, с потерями в промышленности и сельском хозяйстве. За счет реализации этого направления можно сократить потребность в топливе и энергии на 12–15%.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

Второе направление связано со структурной перестройкой экономики, изменением темпов развития энергоемких и менее энергоемких отраслей.

Третье направление предусматривает внедрение энергосберегающих технологий, процессов, аппаратов и оборудования в наиболее энергоемких отраслях. В этом направлении представляется возможным снизить потребность страны в энергоресурсах на 25–30%.

По климатическим условиям затраты топлива как на обеспечение населения теплом, так и на выпуск продукции в России наиболее высоки. Россия – самая холодная в мире страна, как по длительности отопительного сезона, так и доле населения, проживающей в областях, где наблюдается отрицательная среднегодовая температура. Обогрев, снабжение горячей водой и теплым вентиляционным воздухом каждого жителя России требуют больших затрат топлива, чем Канаде и Скандинавии. Больше энергии требует обогрев общественных зданий и промышленных предприятий. Большими непроизводительными затратами энергии сопровождается транспортировка теплоносителей по тепловым сетям [26].

По сравнению со странами западной Европы и Соединенными Штатами Америки энергетические ресурсы используются недостаточно эффективно. И с учетом поправок на климат удельные затраты на единицу продукции в России существенно выше. Наша страна обладает самым высоким потенциалом энергосбережения. По различным оценкам доля энергии, которую можно сэкономить составляет от 30 до 40% топливно-энергетического баланса страны.

Месторождения топлива в России сосредоточены в отдаленных и труднодоступных местах (Западная Сибирь, Заполярье). В результате затраты на добычу топлива, его транспортировку, на освоение новых месторождений выше, чем в других нефтедобывающих странах.

Старение и уменьшение эффективности энергетического оборудования: электростанций, котельных, тепловых сетей, теплоиспользующих установок. Недостаток средств на строительство новых энергетических объектов.

Кризисное состояние энергетики, связанное со спадом производства во всех отраслях ТЭК; низким техническим уровнем основного оборудования ТЭК, быстро растущей его изношенностью и, как следствие, высокой стоимостью производимых ТЭР; спадом инвестиций в отрасли ТЭК и т.д., снижает энергобезопасность страны. Повышение эффективности использования энергии может стать двигателем устойчивого экономического роста в России, поскольку энергетика – основа экономики и существования любого цивилизованного государства.

Энергосбережение имеет важное значение для развития мировой экономики и в особенности для развития экономики нашей страны. Постепенное истощение запасов, усложнение добычи и увеличение стоимости природного органического топлива, которое в настоящее время трудно заменить другими, в т.ч. возобновляемыми источниками энергии.

Результатом роста цен на топливо становится рост цен на товары и услуги и общее замедление темпов экономического роста, либо прямое снижение жизненного уровня.

Усложнение экологической ситуации, связанное с увеличением выбросов токсичных и канцерогенных (вызывающих возникновение злокачественных опухолей,

например, бензаперен) продуктов сгорания, а также веществ, разрушающих озоновый слой атмосферы.

Выбрасываемые при сжигании топлива в атмосферу вещества ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,) и продукты их химических превращений в атмосфере приводят к разрушению озонового слоя, усилению парникового эффекта, появлению кислотных дождей. Увеличивая рост эмиссии углекислого газа, человечество вносит свою долю в общее повышение температуры земной поверхности и изменение климата. Существующие методы очистки – не могут полностью избавить от негативных последствий выбросов. Одновременно загрязняются и поверхностные водоемы – как за счет их нагрева, так и при промывке продуктов сгорания.

Значительный вред окружающей среде наносится не только при сжигании топлива, но и при его добыче, обработке, транспортировке, захоронении его отходов. Кроме постоянного, так сказать «планируемого» загрязнения, все чаще происходят чрезвычайные случаи, таких как разливы нефти при авариях танкеров, разрывах нефтепроводов, утечки газов из емкостей, самовозгорание запасов угля. Многие из них не только наносят вред окружающей среде, но и представляют опасность для жизни и здоровья людей.

## 6.2 Энергосбережение котла ПТВМ-30

Одним из высокоэффективных методов энергосбережения является автоматизация теплотехнологических систем.

Основные цели автоматизации технологического процесса:

- сокращение численности обслуживающего персонала;
- повышение эффективности производственного процесса;
- повышение качества продукции;
- снижение расходов сырья;
- повышение безопасности, экологичности и экономичности.

Цели достигаются посредством решения следующих задач автоматизации технологического процесса:

- улучшение качества регулирования;
- повышение коэффициента готовности оборудования;
- улучшение эргономики труда операторов процесса;
- обеспечение достоверности информации о материальных компонентах, применяемых в производстве;
- хранение информации о ходе технологического процесса и аварийных ситуациях.

Автоматизация котла ПТВМ-30 исключает возможность аварий с разрушением капитальных строений. Автоматическая система регулирования способна круглосуточно обеспечить нормальное функционирование оборудования, свести к минимуму влияние человеческого фактора.

Экономия природного газа при усовершенствовании автоматизации обеспечивается:

- оптимальным соотношением «газ/воздух» в топливной смеси на всех режимах работы котельной,

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ					

- коррекцией по уровню содержания кислорода в продуктах сгорания;
- возможностью индивидуальной настройки не только котлов, но и газогорелочных устройств;
- регулированием не только по температуре и давлению теплоносителя на входе и выходе котлов, но и с учетом параметров окружающей среды.

Внедрение предложенной системы автоматизации позволяет улучшить процесс горения, предотвратить неполное сгорание топлива, уменьшить выбросы оксидов азота, поддерживать оптимальное разряжение в топке котла, снизить расход топлива, повысить эффективность работы котла, исключить пусковые токи вентилятора, снизить мощность потребляемую электродвигателем вентилятора и тем самым снизить потребление электроэнергии.

Предложенная система автоматического регулирования подачи воздуха и топлива позволяет сократить расход топлива на котел на 6% [31].

Годовой расход топлива до внедрения автоматического регулирования (6.1):

$$B_{год} = B_{pz} \cdot n_1 + B_{pl} \cdot n_2 \quad (6.1)$$

где  $B_{pz}$  – расчетный расход топлива при работе котла в зимнем режиме, м<sup>3</sup>/с;

$B_{pl}$  – расчетный расход топлива при работе котла в летнем режиме, м<sup>3</sup>/с;

$n_1$  – продолжительность отопительного периода, с;

$n_2$  – продолжительность неотопительного периода, с;

$$B_{год} = 0,755 \cdot 13996800 + 0,294 \cdot 17539200 = 157241088 \text{ м}^3/\text{год}$$

Экономия топлива после внедрения системы автоматизации (6.2)

$$\Delta B = B_{год} \cdot 0,06 \quad (6.2)$$

$$\Delta B = 15724108,8 \cdot 0,06 = 943446,53 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таким образом, экономия топлива составит 943,446 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Автоматическая система регулирования благодаря совместному регулированию частоты вращения вентилятора и управлению заслонками позволяет исключить пусковые токи и снизить мощность потребляемую электродвигателем вентилятора, что приведет к экономии 20% электрической энергии [31]. Подача воздуха регулируется путем изменения скорости вращения дутьевого вентилятора с одновременным зависимым регулированием положения поворотной заслонки.

## 7 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

В связи с экстенсивным характером развития промышленного производства во всем мире весьма стала актуальна проблема охраны окружающей среды от вредных промышленных выбросов.

При нормальной работе котла на газе основным загрязнителем атмосферного воздуха являются оксиды азота  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ).

При оценке ущерба, причиняемого вредными выбросами в атмосферу, принимается во внимание два фактора: количество выбрасываемого вещества и его свойства (вредность).

Оксиды азота ядовиты (при растворении в воде они образуют азотную кислоту).

Сокращение выбросов в атмосферу окислов азота дымовыми газами принципиально может быть осуществлено по следующим основным направлениям:

1. Принцип ступенчатого сжигания топлива, то есть создание многоступенчатых камер сгорания (снижение концентрации  $\text{NO}_x$  в 2–3 раза).

2. Использование горелок с низким выбросом  $\text{NO}_x$ . Применение таких горелок дает возможность снизить выбросы  $\text{NO}_x$  для котлов, работающих на угле – до 50%, для газо-мазутных котлов – до 60%.

3. Введение в камеру сгорания инертных разбавителей: впрыск воды или пара, создание парогазовой смеси (снижение концентрации  $\text{NO}_x$  в 2-3 раза).

4. Рециркуляция дымовых газов.

5. Комбинация нескольких мероприятий.

### 7.1 Поверочный расчет дымовой трубы

Характеристика дымовой трубы приведена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Характеристика дымовой трубы

Наименование и год ввода в эксплуатацию		Диаметр устья	Высота	Материал трубы/толщина стенки мм.	
Дымовая труба	1950 г.	3,2	50	Ст10	8

Максимальная концентрация выбросов окислов азота в приземном слое, не должна превышать при данной высоте трубы  $ПДК_{\text{NO}_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$ .

Поверочный расчет дымовой трубы будем вести без учета фоновых загрязнений. Состав топлива приведен в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Состав топлива

Компоненты										Сумма
$\text{CO}_2$	$\text{CO}$	$\text{H}_2$	$\text{N}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{O}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{H}_2\text{S}$	$Q_{\text{H}^P}$ , $\text{МДж/м}^3$	
0,01	–	–	7,42	91,57	0,01	–	0,99	–	33,44	100%



Рассчитаем теоретический объем воздуха, необходимый для сжигания 1 м<sup>3</sup> топлива (7.1):

$$V^0 = 0,0476 \left( 0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left( m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right) \quad (7.1)$$

$$V^0 = 0,0476 \left( \left( 1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 91,57 + \left( 3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 0,99 - 0,01 \right) = 8,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретические объемы продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха при  $\alpha = 1$ :

– объем трехатомных газов (7.2):

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_m \cdot H_n) \quad (7.2)$$

$$V_{RO_2} = 0,01(0,01 + (1 \cdot 91,57) + (3 \cdot 0,99)) = 0,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

– объем двухатомных газов (7.3):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2 \quad (7.3)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 8,95 + 0,01 \cdot 7,42 = 7,14 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

– объем водяных паров (7.4):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{Г.ТЛ}) + 0,0161 \cdot V_0, \quad (7.4)$$

где  $d_{Г.ТЛ} = 10 \text{ г}/\text{м}^3$  – влагосодержание топлива при  $t_{Г.ТЛ} = 10^0 \text{ C}$ .

$$V_{H_2O}^0 = 0,01((0,5 \cdot 4 \cdot 91,57) + (0,5 \cdot 8 \cdot 0,99) + (0,124 \cdot 10)) + 0,0161 \cdot 8,95 = 2,03 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Расход топлива на котел  $B = 6,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Полный объем продуктов сгорания за котлом при нормальных условиях (7.5):

$$V_{\Sigma} = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + 1,0161(\alpha_{yx} - 1)V_{\Sigma}^0, \quad (7.5)$$

где  $\alpha_{yx} = 1,2$  – коэффициент избытка воздуха в уходящих газах.

$$V_{\Gamma} = 0,95 + 7,14 + 2,03 + 1,0161(1,2 - 1) \cdot 8,95 = 11,94 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ					

Объемный расход продуктов сгорания за котлом при рабочих условиях.  
 Объем продуктов сгорания при рабочих условиях (7.6):

$$V_2^p = n \cdot B \cdot V_2 \frac{p_n T_p}{p \cdot T_n}, \quad (7.6)$$

где  $p_n = 101,3$  кПа – нормальное атмосферное давление;  
 $t_p = 155$  °С – температура уходящих газов;  
 $p = 98$  кПа – атмосферное давление в районе расположения котельной.

$$V_2^p = 1 \cdot 6,5 \cdot 11,94 \frac{101,3 \cdot 428}{98 \cdot 273} = 125,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

## 7.2 Расчет максимального выброса окислов азота

Выброс окислов азота рассчитывается по формуле (7.7):

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot Q_H^p \cdot (1 - q_4 / 100) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3 \cdot n \cdot B \cdot k, \quad (7.7)$$

где  $Q_H^p$  – теплота сгорания, кДж/м<sup>3</sup>;  
 $B$  – расход топлива, м<sup>3</sup>/с;  
 $q_4$  – потери теплоты от механического недожога;  
 $\beta_1$  – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива;  
 $\beta_2$  – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку;  
 $\beta_3$  – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, для вихревых горелок;  
 $k$  – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1 тонну топлива (7.8):

$$k = \frac{12 \cdot Q_\phi}{200 + Q_H}, \quad (7.8)$$

где  $Q_\phi$ ,  $Q_H$  – фактическая и номинальная производительность котла.

$$k = \frac{12 \cdot 250}{200 + 260} = 6,5$$

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 0,85 \cdot 32440 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6,5 \cdot 6,5 = 39,5 \text{ г/с}$$

Определение максимальной приземной концентрации окислов азота.  
 Скорость выхода газов из устья трубы (7.9):

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$w_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_0^2} \quad (7.9)$$

$$w_0 = \frac{4 \cdot 125,8}{3,14 \cdot 3,2^2} = 15,7 \text{ м/с}$$

Максимальная приземная концентрация окислов азота определяется по формуле (7.10):

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{\partial z} \cdot \Delta T}}, \quad (7.10)$$

где  $A$  – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях;

$M_{NO_2}$  – расход выбросов оксидов азота;

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

$H$  – высота дымовой трубы, м;

$V$  – объем дымовых газов, образующихся при работе котла,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$\Delta T$  – разность температур уходящих газов и атмосферного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой.

Коэффициент  $v_m$  определяем по формуле (7.11):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\partial z} \cdot \Delta T}{H}} \quad (7.11)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{125,8 \cdot (155 - 20)}{50}} = 4,54$$

Коэффициент  $f$  определяем по формуле (7.12):

$$f = \frac{10^3 \cdot w^2 \cdot D_0}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (7.12)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 15,7^2 \cdot 3,2}{50^2 \cdot (155 + 34)} = 1,67$$

Коэффициент  $m$  при  $f < 100$  рассчитывается по формуле (7.13):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (7.13)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,67} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,67}} = 0,83$$

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

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 39,5 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1}{50^2 \cdot \sqrt[3]{125,8 \cdot (155 - 20)}} = 0,0801 \text{ мг/м}^3$$

$$\frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} = \frac{0,0801}{0,085} = 0,942 \geq 1$$

Существующая дымовая труба удовлетворяет экологическим требованиям.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						45
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 8 АВТОМАТИЗАЦИЯ

Структура подсистем автоматизации котла имеет тесную взаимосвязь всех элементов системы автоматизации, взаимодополняющих друг друга.

### 8.1 Система автоматизации управления котлом

Система автоматизированного управления (САУ) котла предназначена для целенаправленного воздействия на технологические процессы и оборудование котла в соответствии с принятыми критериями управления. Основными критериями являются: безопасность, надежность, готовность к работе, экономичность, соответствие соответствующим нормам и правилам.

При этом основными функциями САУ котла являются:

1. Автоматическое регулирование технологических параметров котла;
2. Технологические защиты и блокировки;
3. Дистанционное управление;
4. Технологический контроль;
5. Автоматическое логическое управление.

САУ котла позволяет осуществить:

- пуск котла из различных тепловых состояний;
- работу в регулировочном диапазоне нагрузок;
- плановый останов;
- аварийный сброс нагрузки до установленного значения;
- вынужденное изменение состава работающего оборудования;
- замену топлив, совместное сжигание топлив.

Система управления и контроля котла может быть выполнена либо на традиционных средствах, либо на базе программно-технических комплексов (ПТК).

Переход от локальных систем контроля и управления к автоматизированным системам управления характеризуется существенным расширением информационных и управляющих функций, реализуемых на базе современных ПТК.

Внедрение АСУ ТП, кроме выполнения традиционных задач управления и контроля, позволяет:

- повысить уровень эксплуатации оборудования;
- создать комфортные условия работы оперативного и персонала;
- создать развитую систему информации о ходе и показателях технологического процесса, состоянии оборудования, работе автоматических устройств, представить информацию в виде графиков, таблиц, гистограмм, мнемосхем на экранах дисплеев и распечатку их по требованию оператора;
- диагностировать состояние технологического оборудования и технических средств АСУ ТП, в т.ч. вести определение места и причин неисправности, прогнозировать техническое состояние элементов оборудования;
- увеличить объем логического управления технологическими процессами, требующими повышенного внимания обслуживающего персонала и влияющими на безопасность работы оборудования;

- выполнить автоматическую регистрацию аварийных ситуаций и проанализировать действия технологических защит и персонала;
- выполнить расчет технико-экономических показателей за любой заданный период времени;
- давать советы и рекомендации оператору по ведению технологического процесса, с целью достижения максимально экономичного режима работы котла;
- автоматически вести и распечатывать оперативную документацию (журналы, рапорты и пр.).:
- возможные диапазоны топлив, кроме 50:50;
- какое из топлив может быть базовым при переменных нагрузках, до каких пределов. С учетом наличия двухцветного экрана;
- вид растопочных топлив;
- уровень автоматизации (АСУ ТП, локальные системы на микропроцессорных средствах);
- тип (поставщик) технических средств, в т.ч. программно-технического комплекса (в случае реализации АСУ ТП) и др.

Для разработки системы автоматических защит и регуляторов горения следует представить утвержденные условия безопасного использования на ТЭЦ коксового и доменного газов. Система автоматического регулирования котла предназначена для обеспечения стабилизации или изменения по заданным алгоритмам технологических параметров. Качество поддержания основных технологических параметров в регулировочном диапазоне нагрузок соответствует нормативным документам. Автоматическое регулирование технологических процессов котла состоит из следующих систем регулирования:

- процесса горения;
- газовоздушного режима;
- питания котла водой;
- температуры теплоносителя.

Каждая из систем регулирования состоит из локальных регуляторов. Структура регуляторов выполняется исходя из условий применения для их реализации микропроцессорной техники. Ниже приводится краткое описание предлагаемых систем и регуляторов.

## 8.2 Система автоматического регулирования процесса горения

Система автоматического регулирования процесса горения предназначена для поддержания заданной или изменения с требуемой скоростью тепловой нагрузки котла и обеспечения требуемого качества топочных процессов.

Основные требования, предъявляемые к качеству топочного процесса – обеспечение максимальной экономичности и максимального снижения выбросов окислов азота.

Главный регулятор управляет группой котлов, работающих на общую тепловую сеть котельной и предназначен для поддержания требуемого давления теплоносителя в тепловой сети.

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Регулятор формирует задание по нагрузке регуляторам топлива подключенных к нему котлов, с целью достижения максимально экономичного режима работы указанной группы котлов.

Регуляторы давления природного, доменного и коксового газа обеспечивают стабилизацию давления топлива в режимах растопки и при переводе котла с одного топлива на другое или в режим совместного сжигания. Регуляторы дают возможность выровнять нагрузку горелок.

Регуляторы расхода природного, доменного и коксового газа поддерживают заданную нагрузку котла, определяемую главным регулятором или задатчиком, путем обеспечения требуемого расхода сжигаемого топлива или смеси топлив в основном режиме работы котла.

Регулятор давления природного газа воздействует на растопочный регулирующий капан. Регулятор расхода природного газа воздействует на основной регулирующий капан. Воздействие на тот или иной клапан определяется их регулируемыми диапазонами, переключение осуществляется автоматически.

Регуляторы давления и расхода доменного и коксового газа воздействуют каждый на один соответствующий регулирующий клапан доменного и коксового газа.

### **8.3 Система автоматического регулирования газовоздушного режима**

Система авторегулирования газо-воздушного режима решает задачи обеспечения максимальной экономичности и надежности процессов в топке и газо-воздушном тракте. Система способствует ведению процессов горения с улучшенными экологическими показателями, с контролем за содержанием  $O_2$ ,  $N_{ox}$ ,  $CO$  в уходящих газах при оптимальном избытке воздуха и разряжения в топке во всех режимах работы котла. При проектировании котла принят ряд технологических и конструктивных решений, позволяющих снизить содержание окислов азота в уходящих газах. Это применение горелок с пониженным образованием  $N_{ox}$ , подача газов рециркуляции в топку.

Регулятор общего воздуха служит для поддержания отношения «топливо – воздух» с корректирующим воздействием по требуемому содержанию кислорода в дымовых газах в зависимости от нагрузки и вида сжигаемого топлива. Регулятор воздействует на частотные преобразователи электроприводов дутьевых вентиляторов с синхронизацией их хода по сигналам активной мощности электроприводов вентиляторов.

Регулятор разряжения поддерживает заданное разрежение в верхней части топки котла и выполнен по схеме соотношения «расход воздуха в топку котла – расход дымовых газов, отводящихся из котла» с коррекцией по разряжению вверху топки. Регулятор воздействует на частотные преобразователи электроприводов дымососов с синхронизацией их хода по сигналам активной мощности электроприводов дымососов.

Регулятор рециркуляции дымовых газов предназначен для поддержания заданного расхода газов рециркуляции, подаваемых в горелки, в зависимости от нагрузки котла. Регулятор воздействует на частотный преобразователь электропривода дымососа рециркуляции.

Регулятор температуры воздуха перед ТВП предназначен для поддержания заданной температуры воздуха перед ТВП в зависимости от нагрузки котла.

Регулятор воздействует на регулирующий клапан, расположенный на линии рециркуляции горячего воздуха на всас дутьевого вентилятора.

Для котла предусмотрено два регулятора.

#### **8.4 Система автоматического регулирования питания котла водой**

Система авторегулирования питания котла водой служит для автоматического поддержания заданного значения уровня воды в барабане и солесодержания котловой воды во всех режимах работы котла.

Регулятор питания котла водой поддерживает уровень воды в барабане котла в пусковом и основном режимах путем воздействия на расход питательной воды изменением степени открытия регулирующих питательных клапанов – растопочного РПК Ду80 и основного РПК Ду200.

Переключение воздействия регулятора с растопочного регулирующего питательного клапана на основной осуществляется автоматически.

Уровень воды в барабане поддерживается от начала непрерывной подпитки.

Солесодержание котловой воды поддерживается регулятором непрерывной продувки путем сброса части питательной воды из выносных циклонов через линию непрерывной продувки. Регулятор работает по принципу «нагрузка – величина продувки». По лабораторным исследованиям качества воды вносится коррекция в это соотношение.

#### **8.5 Система автоматического регулирования температуры теплоносителя**

Система авторегулирования температуры теплоносителя поддерживает температурный режим поверхностей нагрева и выходные параметры теплоносителя в основном и пусковом режимах работы котла путем воздействия на расход.

Регулятор температуры теплоносителя на выходе из котла предназначен для поддержания температуры горячей воды на выходе из котла своего потока.

Регулятор воздействует на регулирующий клапан. Для котла предусмотрено два регулятора.

#### **8.6 Спецификация оборудования КИПиА**

К новой автоматике котлов были выдвинуты следующие условия: привязать новую автоматику к ранее установленным блокам контроля герметичности газовых клапанов БКГ; полностью автоматизировать розжиг растопочной группы горелок котлов ПТВМ-30; привязать новую автоматику к существующим частотным приводам, управляющих дымососами и дутьевыми вентиляторами; сделать автоматику максимально понятной для обслуживающего персонала.

Спецификация оборудования КИПиА котла ПТВМ-30М приведена в таблице 8.1.



Таблица 8.1 – Оборудования КИПиА

Позиция	Назначение	Обозначение по схеме	Наименование	Тип	Количество
1	2	3	4	5	6
1	Регулирование температуры теплоносителя	1а	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-21	1
		1б	Электронный регулирующий прибор	РПИБ-Т	1
		1в	Универсальный переключатель	УП-5315- С457	1
		1г	Дистанционный показатель положения	ДУП-М	1
		1д	Магнитный пускатель		1
		1е	Исполнительный механизм	МЭО 10/25	1
		1ж	Клапан регулирующий	ДХ - 250	1
		1пу	Задатчик	ЗД-50	1
		1ку	Переключатель универсальный	УП 53-15- А70	1
2	Температура теплоносителя	2а	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-21	1
		2б	Потенциометр автоматический	КСПЗ-П- 1001	1
3	Температура природного газа и воздуха	3а 3г	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-21	2
		3б 3в	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-41	2
		3д	Переключатель	АМТ-6	1
		3е	Милливольтметр	Ш 4500	1
4	Температура дымовых газов перед дымососом	4а	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-41	1

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

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

50

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6
		4б	Милливольтметр регулирующий	Ш 4501	1
5	Температура теплоносителя, природного газа, воздуха и дымовых газов	5б 5г	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-21	2
		5а,5в 5д	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-41	3
		5е	Потенциометр автоматический	КСПЧ -41- 463-50-030	1
		ТС1- ТС4	Табло световое	ТС6/2	4
6	Температура стенок труб	6а-6к	Термометр термоэлектрический хромель-копелевый	ТХКП- XVIII	10
		6л	Потенциометр автоматический многоточечный	КСП4-41- 513-50-101	1
		ТС5	Табло световое	ТС6/2	1
7	Отсечка газа	7е	Клапан отсечной	ДХО-80	1
		7д	Автоматическое закрытие клапана	АЗК-063	1
		7ж	Клапан электропневматический	ЭПК-1/4	1
8	Давление теплоносителя	7а	Манометр	МЭД- 22365	1
		7б	Манометр показывающий	МОШ1- 160-25	1
		7в	Прибор вторичный	КСДЗ-1001	1
9	Давление теплоносителя	8а	Манометр показывающий	МОШ1- 160-25	1
10	Давление природного газа перед ПП	9а	Диафрагма камерная	ДК-16-80	1
		9б	Дифманометр мембранный	ДМ-3564	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

51

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6
10	Давление природного газа перед ПП	9а	Диафрагма камерная	ДК-16-80	1
		9б	Дифманометр мембранный	ДМ-3564	1
		9в	Напоромер мембранный	НМП-52	1
		9г	Прибор вторичный	КСДЗ-1001	1
11	Давление воздуха перед горелкой	10а	Датчик реле-напора	ДН-100-11	1
		10б	Напоромер	НМП-52	1
		ТС7	Табло световое	ТС6/2	1
12	Давление газа розжига перед горелкой	11а	Дифманометр	ДМ-23-573	1
		11б	Напоромер мембранный	НМП-52	1
		11в	Прибор вторичный	КВД1-501	1
13	Наличие кислорода в дымовых газах	12а	Датчик газоанализатора		1
		12б	Приемник		1
		12в	Мост автоматический	КСМ2-024	1
14	Регулирование разряжения в топке	13а	Дифманометр колокольный	ДКО-3702	1
		13в	Прибор вторичный	КСДЗ-1201	1
		13г	Прибор электронный регулирующий	РПИБ-Т	1
		13пу	Задатчик	ЗД-50	1
		13д	Переключатель универсальный	УП-5315-С457	1
		13е	Указатель положения дистанционный	ДУП-4	1
		13и	Аппарат направляющий дымососа		1
13ку	Переключатель	УП-5313	1		
15	Разряжение в топке	13б	Тягонапоромер мембранный	ТНМП-52	1
16	Разряжение газоходе	14а	Дифманометр колокольный	ДКО-3702	1
		14б	Прибор вторичный	КВД1-501	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

52

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6
17	Разряжение в газопроводе перед газоподогревателем	15а	Дифманометр колокольный	ДКО-3702	1
		15б	Прибор вторичный	КВД1-501	1
18	Разряжение в газопроводе после газоподогревателя	16а	Дифманометр колокольный	ДКО-3702	1
		16б	Прибор вторичный	КВД1-501	1
19	Разряжение в воздухоподогревателе	17а	Дифманометр колокольный	ДКО-3702	1
		17б	Прибор вторичный	КВД1-501	1
20	Разряжение газов перед дымососом	18а	Дифманометр мембранный	ДМ-23-573	1
		18б	Прибор вторичный	КВД1-501	1
21	Расход теплоносителя	19а	Сосуд конденсационный	СКМ-40	1
		19б	Диафрагма камерная	ДК-25-200	1
		19в	Дифманометр мембранный	ДМ-23-573	1
		19г	Прибор вторичный	КСДЗ-1001	1
22	Регулирование соотношения газ-воздух	20а	Диафрагма камерная	ДК-25-200	1
		20б 20в	Дифманометр мембранный	ДМ-23-573	2
		20г 20д	Прибор вторичный	КСДЗ-1001	2
		20е	Прибор электронный регулирующий	РПИБ-Т	1
		20ку	Задатчик	ЗД-50	1
		20ж	Переключатель универсальный	УП-5315-А70	1
		20з	Указатель положения дистанционный	ДУП-М	1
		20пу	Переключатель универсальный	УП-5315-С457	1
		20и	Пускатель магнитный		1
		20к	Механизм исполнительный	МЗО-10/25	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

53

## Окончание таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6
		20л	Клапан регулирующий	ДП-80	1
		ТС10 ТС11	Табло световое	ТС6/2	2
23	Контроль наличия факела	21а	Датчик ионизационный		1
		21б	Датчик пламени		1
		21в 21г	Блок управления	W-Г-М100	2
		21д	Трансформатор		1
		21ку	Устройство ввода параметров		1
		21е	Вентиль электромагнитный		1
		ТС12 ТС13	Табло световое	ТС6/2	2
24	Расход и температура	22а	Диафрагма камерная	ДК-25-200	1
		22б	Дифманометр мембранный	ДМ-23-573	1
		22в	Прибор вторичный	КСДЗ-1001	1
		23а	Термометр Термоэлектрический хромель-копелевый	ТХК-0515 710-41	1
		23б	Милливольтметр	Ш4500	1
		24а	Дифманометр мембранный	ДМ-23-573	1
		24б	Прибор вторичный	КСДЗ-1001	1
		ТС14-16	Табло световое	ТС6/2	1
25	Общие элементы схемы автоматизации	25а	Кнопка	КЕ-511	1
		25б	Звонок бытовой		1
26	Общие элементы схемы сигнализации	26а 26б	Кнопка	КЕ-511	1
		ТС21-24	Табло световое	ТС6/2	4

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

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

54

## 9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Одна из главных задач работодателя это безопасность его работников. Для обеспечения этой безопасности необходимо проводить специальную оценку условий труда рабочих мест, в соответствии со статьёй 212 ТК РФ.

### 9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

За эксплуатацию, надежную и безаварийную работу существующего и вновь установленного оборудования (котельных агрегатов), за выработку теплоносителя необходимых параметров отвечает оператор котельного цеха.

В соответствии с ГОСТ 12.0.002.-80 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» вредными факторами определяются факторы, воздействие которых на рабочего приводит к заболеванию или снижению работоспособности [6].

Если же производственный фактор приводит к травме или к резкому внезапному ухудшению здоровья, то его считают опасным.

Опасные и Вредные Производственные Факторы:

1. Физические:

- вибрации;
- производственный шум;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура поверхностей оборудования;
- недостаток естественного освещения;

2. Химические:

- утечки газа;
- продукты горения топлива.

3. Психофизиологические:

- тяжесть труда: умеренные физические нагрузки (категория Ib);
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда.

### 9.2 Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса

В соответствии с нормативными документами действие всех ОВПФ нормируется, нормой являются предельно допустимые условия (ПДУ). Предельно допустимый уровень для общей вибрации (в нашем случае общая вибрация категории 3А) – 92 дБ. Для локальной вибрации по оси 17 – 112 дБ, шума – 80 дБА, тяжесть труда (перемещения в пространстве, переходы, обусловленные технологическим процессом) – 4,1–10 км, нервно-эмоциональная нагрузка.

Кроме перечисленных также нормируются следующие ОВПФ:

- температура на поверхности изоляции по нормам проектирования тепловой изоляции оборудования и трубопроводов в помещении не должна превышать 45 °С, а для объектов, расположенных вне зданий, не должна превышать 60 °С;

						13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			55

– интенсивность теплового облучения не должна превышать 140 Вт/м<sup>2</sup> при наличии спецодежды;

– пороговые значения токов: пороговый осязаемый – 1,0–1,5 мА; пороговый фибрилляционный – 80 мА; пороговый неотпускающий – 10–15 мА;

Согласно ГОСТ 12.1.005-88(1999) ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» показатели микроклимата [8]:

Оптимальные величины:

1. Температура воздуха 18-20°C;
2. Относительная влажность воздуха 60-40%;
3. Скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Допустимые величины:

1. Температура воздуха 15-23°C;
2. Относительная влажность воздуха не более 75%;
3. Скорость движения воздуха не более 0,3 м/с.

Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны

Нормирование параметров микроклимата устанавливается в зависимости от:

1. Периода года (холодный ( $t_{\text{нар.возд.}} < 10^\circ\text{C}$ ), теплый ( $t_{\text{нар.возд.}} > 10^\circ\text{C}$ ))
2. Вида выполняемых работ. Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч:

- легкий физический труд (категории Ia, Ib);
  - средний физический труд (категории Па, Пб);
  - тяжелый физический труд (категория П);
3. Постоянного и непостоянного рабочего места

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности

Неблагоприятное освещение возникает вследствие плохой работы осветительных приборов и затененностью оборудования, конструкций. Зрительная работа оператора котла: рассматривание предметов размером 1 – 5мм. Характер зрительной работы – средней точности. Разряд зрительной работы – 3.

Рабочее место оператора котла должно быть хорошо освещено рассеянным и нерезким светом; особенно хорошо должны быть освещены водоуказательные стекла, манометры и другие приборы. Кроме того, котельный цех должен быть оборудован аварийным освещением от резервного или самостоятельного источника питания независимо от общей электроосветительной сети котельной.

						13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			56

Должны быть обязательно оборудованы аварийным освещением следующие места:

- фронт котлов, а также проходы между котлами, сзади котлов и над котлами;
- тепловые щиты и пульты управления;
- водоуказательные и измерительные приборы;
- вентиляционная площадка;
- помещения для баков и деаэраторов;
- площадки и лестницы котлов;
- насосные помещения.

При работе котлов на газообразном топливе, обязательным является дополнительное взрывобезопасное освещение рабочих мест с выключателем, установленным снаружи у входной двери. Для взрывобезопасного освещения устанавливаются электролампы с арматурой во взрывозащищенном исполнении с самостоятельной проводкой. Взрывобезопасное освещение может быть использовано и как аварийное.

Интенсивность вибрации деталей агрегатов, имеющих большие излучающие поверхности (корпуса агрегатов, кожухов, крышек и т. д.) следует уменьшать путем:

- облицовки этих поверхностей или заполнение специально предусмотренных в них воздушных полостей демпфирующими вибрацию материалами;
- устройство гибких связей между этими деталями и узлами агрегата вызывающих вибрацию;
- замена металлических деталей деталями из пластмасс или других незвучных материалов;
- использование минимальных допусков при изготовлении и сборке деталей агрегата для уменьшения зазоров в сочленениях деталей и тем самым уменьшения энергии соударений;
- широкого внедрения смазки соударяющихся деталей вязкими жидкостями и помещения в жидкостные масляные и другие ванны вибрирующих и издающих шум деталей (шестеренчатых редукторов и т. д.);
- замены подшипников качения подшипниками скольжения в случае, когда преобладающим шумом является шум подшипника;

Рабочим, работающим на машинах и агрегатах, передающих вибрацию на рабочие места, рекомендуется работать в виброгасящей обуви, в случае необходимости применять наколенники. Передача вибрации на руки при работе пневматическим инструментом может быть ослаблена применением специальных виброзащитных рукавиц.

### **9.3 Безопасность производственных процессов и оборудования**

Опасными местами в котельном цехе являются: топка котла, трубопроводы пара и горячей воды, предохранительные клапаны, насосы, электродвигатели и электропускатели. В зоне обслуживания оборудования оператора котла могут иметь место следующие травмоопасные факторы:

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57



- электроопасность;
- ожоги от горячих поверхностей, горячей воды и выходящего пара;
- взрыв котла с вероятностью пожара (из-за перегрева и избыточного давления), травмы, вызванные действием взрывной волны, летящими осколками, пламенем, теплоносителем и др.;
- возможны взрывы газовоздушной смеси в газоходе или топке котла, приводящие к разрушению обмуровки и выбрасыванию пламени и горячей воды;
- удушье от вдыхания воздуха с низким содержанием кислорода;
- отравление окисью углерода или другими продуктами сгорания в воздухе, в частности, в случае неисправной вентиляции или недостаточного притока воздуха в горелки (острое отравление окисью углерода может вызвать головные боли, головокружение, тошноту, потерю сознания, кому и смерть);
- наличие площадок для обслуживания котла, расположенных на высоте, пологие и высокие лестницы;
- соскальзывание и падение на ровные поверхности, в частности, на скользкий пол, на который разлиты вода, топливо, масла и др.;
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигаемые изделия.

Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять соответствующие меры:

- при обслуживании вращающихся механизмов не должно быть развеваемых частей одежды, которые могут быть захвачены движущимися частями механизмов;
- при необходимости нахождения вблизи горячих частей оборудования следует принять меры по защите от ожогов и действия высоких температур (ограждение оборудования, вентиляция, теплая спецодежда);
- при нахождении в помещениях с действующим технологическим оборудованием (за исключением щитов управления) необходимо носить защитную каску для защиты головы от ударов случайными предметами.

Оператор котельной установки должен работать в спецодежде и применять средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

Проходя через тело человека, электрический ток раздражает и возбуждает живые ткани организма, вызывая произвольные судорожные сокращения мышц, в том числе дыхательных мышц грудной клетки и мышцы сердца. При этом возникают различные нарушения в организме, а также прекращение дыхания или деятельности сердца.

При прохождении электрического тока через организм человека, имеющий определенное сопротивление, возникают различные тепловые эффекты, которые также влияют на деятельность внутренних органов. Помимо этого, электрический ток проявляет и электролитическое действие, вызывающее в тканях организма сложные физико-химические изменения. Воздействуя на центральную нервную систему, электрический ток вызывает расстройство деятельности жизненно важных органов.

Следствием произвольных сокращений мышц под воздействием тока могут быть разрывы кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, вывихи суставов, а также откровенные и компрессионные переломы костей.

При воздействии на человека электрического тока исход поражения во многом определяется факторами:

- величиной протекающего через тело человека тока;
- частотой этого тока;
- родом тока;
- длительностью протекания тока;
- направлением протекания тока;
- сопротивлением тела человека.

Различают ощутимые, неотпускающие и фибрилляционные токи. Ощутимый ток, вызывает раздражение организма, и его минимальная величина составляет 1-1,5 мА для мужчин. Дальнейшее увеличение тока, протекающего через тело человека, вызывает эффект «неотпускания».

Фибрилляционные токи. Сердечная мышца состоит из отдельных волокон, называемых фибриллами, которые колеблются синхронно, обеспечивая тем самым работу мышцы. При воздействии на фибриллы электрического тока последние начинают хаотично сокращаться, а мышца дергаться. Это приводит к нарушению деятельности сердца. Минимальное значение тока, вызывающего фибрилляцию, составляет 80 мА.

С увеличением тока, протекающего через тело человека, опасность поражения возрастает. Наряду с величиной тока на исход поражения оказывает влияние и частота тока. Ток с частотой 1 – 10 Гц оказывает самое опасное воздействие, т.к. он вступает в резонанс с организмом (головной мозг, сердце, легкие). Ток с 10 – 50 Гц менее опасен, а с частотой 50 – 700 Гц оказывает практически одинаковое воздействие, и она не несет определяющего воздействия. Ток с частотой больше 700 Гц оказывает тепловое воздействие.

Влияние рода тока на исход поражения. При производстве, преобразовании, распределении и потреблении электроэнергии возникают искажения формы кривой синусоидальной тока (напряжения).

Эти искажения возникают при генерации, передаче и главным образом при потреблении электроэнергии, связанном в основном с преобразованием переменного тока в постоянный. При возникновении поражения электрическим током тела человека, как правило, протекает несинусоидальный ток.

Длительность протекания тока. Этот фактор связан с работой сердечной мышцы. Длительность одного цикла сердечной мышцы не более 1 секунды, поэтому при протекании тока через тело человека кратковременно (менее 0,5 с) явление фибрилляции может и не возникнуть.

И чем меньше время воздействия, тем меньше вероятность возникновения фибрилляции.

Другим является тот факт, что с течением времени наблюдается увеличение тока, протекающего через тело человека, хотя приложенное напряжение остается

постоянным по величине. Рост тока обуславливает опасность поражения, а вызван он снижением сопротивления тела человека.

Еще один фактор, определяющий исход поражения - направление протекания тока, влияние которого связано с такими явлениями:

- неодинаковым сопротивлением тела человека для различных путей протекания тока;

- непосредственным или рефлекторным действием тока на жизненно важные органы (сердце, легкие, головной мозг).

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества

Для создания безопасных условий работ с электрическими установками существует ряд защитных приспособлений: ограждение и блокировка; средства, изолирующие рабочего от земли; предостерегающие надписи и плакаты; сигнализация.

В качестве ограждения используют решетки, сплошные щиты, ящики шкафы и т. п. Все ограждения закрываются на замок или снабжаются блокировкой, исключающие входа за ограждение или открывание ящиков, камер при включенном напряжении.

Средствами, служащими для изолирования рабочего от земли, являются изолирующие подставки, резиновые коврики, резиновые галоши и боты, резиновые перчатки и другие средства индивидуальной защиты.

Управления двигателями и вспомогательными агрегатами осуществляется дистанционно с пультов управления.

Учитывая, что все помещения котельного цеха относятся к особо опасным или с повышенной опасностью, корпуса электрооборудования напряжением 380/220 В переменного тока, 220 и 440 В постоянного тока необходимо заземлять.

Подстанция и ее помещения должны быть не доступны для посторонних. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» [7].

Так как технологический процесс связан со сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива из газопровода и образование взрывоопасных газозвушных смесей.

Котельная по пожарной безопасности относится к категории «Г». По огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания котельной «П».

Применяемы меры по ограничению масштабов пожаров:

- разделение зданий противопожарными средствами – это перегородки, разделяющие здание котельной на секции;

- устройство противопожарных преград (гребни, бортики, козырьки, пояса и т.д.).

- устройство противопожарных дверей и ворот. Противопожарные перекрытия примыкают к наружным стенам, выполненным из огнестойких материалов без зазоров.

Для предупреждения образования взрывоопасных газозвушных смесей большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения.

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ				

Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. При включении предупредительной сигнализации и аварийной вентиляции предусматривается автоматическое или ручное отключение всего или части технологического оборудования.

Противопожарные стены и перекрытия пересекаются каналами и трубопроводами для транспортировки горючих веществ.

Для борьбы с пожаром котельная оборудована противопожарным инвентарем по существующим нормам противопожарной охраны. В состав этого инвентаря входят:

- пенные химические огнетушители;
- порошковые огнетушители;
- гидранты;
- ящики с песком;
- лопаты;
- ведра.

Весь инвентарь расположен в доступном месте на входе в котельную. Для быстрого вызова пожарной службы в котельной установленные извещатели и телефон.

В здании предусмотрено четыре выхода с разных сторон.

Во взрывоопасных помещениях разрешается применение только взрывобезопасной осветительной аппаратуры, а также временная установка дополнительных светоточек открытого типа на расстоянии вне зоны распространения газа.

Отыскание мест утечек газа производить только с помощью мыльного раствора, а проверку присутствия газа в помещении – газоанализатором.

Во избежание искрообразования во время ремонта должен применяться инструмент из цветного металла, кроме ключей, зубил, которые смазываются солидолом.

До начала работ в местах проведения газоопасных работ должны быть подготовлены первичные средства пожаротушения.

Отогревание любых газопроводов и газовых аппаратов производить паром или теплой водой. Возле газопроводов, газовых установок, помещений, где имеется оборудование или газоаппаратура, заполненная газом, не допускать разведения огня, установку электронагревательных приборов, курение, хранение легковоспламеняющихся жидкостей, лесоматериалов и других материалов.

Тушение электроустановок и электропроводки производить углекислотными огнетушителями. Тушение легковоспламеняющихся жидкостей производить пенными огнетушителями и песком. Во всех случаях после окончания работ на газопроводах, аппаратах и оборудовании, с применением деревянных лесов, щитов и мостиков, последние должны быть немедленно сняты.

При появлении опасности воспламенение газа или возникновение пожара немедленно сообщить в пожарную команду по телефону 01, назвать точное место пожара, свою фамилию и цех. До прибытия пожарной команды тушение производить имеющимися под руками средствами пожаротушения и с целью предотвращения дальнейшего распространения огня. К средствам пожаротушения относятся: пар, пена, углекислота, азот, аргон, песок, глина.

											Лист
											61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				13.03.01.2020.096.08 ПЗ			

Пенные огнетушители содержат щелочной раствор двууглекислой соды и серную кислоту, которая, вступая во взаимодействие со щелочью, образует пену. Пенные огнетушители применяются для тушения дерева, легковоспламеняющихся жидкостей, бензина, керосина.

Углекислотные огнетушители дают наибольший эффект при тушении пожара в закрытых помещениях и электроустановках. Углекислота для тушения применяется в газообразном состоянии, она не электропроводна; не портит предметов, подвергающихся тушению, и не изменяет своих качеств во время хранения. При тушении загоревшегося газа нужно иметь ввиду, что с прекращением горения газа будет отравляться атмосфера, поэтому необходимо обеспечить себя средствами газозащиты, убрать лишних людей, вызвать газоспасателя и принять меры по устранению утечки газа.

При обнаружении горящего газа на газопроводе необходимо:

- если имеется небольшая утечка горящего газа на фланцевых соединениях необходимо убрать находящиеся рядом с пламенем другие сгораемые материалы, после чего произвести обтяжку и чеканку фланцев;
- если факел горения небольшой, сбить его войлоком, фуфайкой, вязкой глиной, после чего произвести ликвидацию утечки газа;
- если горение газа обнаружено в местах разрыва газопроводов на длине не более 200 мм, пламя необходимо тушить струей из огнетушителя или паром с последующим наложением бандажа с сальниковой набивкой.

При пожаре на газопроводе немедленно вывести из цеха людей, не связанных с ликвидацией аварии, и, не ожидая прибытия пожарной команды, принять следующие меры:

- снизить давление газа на аварийном участке газопровода до 0,5 кПа (50 мм в ст.), о снижении давления газа предупредить начальника смены, мастера и диспетчера газового цеха,
- подать пар в газопровод через все паропродувочные штуцера с целью вытеснения газа паром и прекращения огня, после потухания пламени газопровод должен быть выключен с целью наложения бандажа на щель и ее уплотнения.

## **9.4 Эргономика и производственная эстетика**

Выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости. Для оператора котла «часто» – менее двух операций в минуту.

Существует три зоны выполнения ручных операций и размещения органов управления:

- 1<sup>я</sup> зона: в ней размещены наиболее важные и очень часто используемые органы управления;
- 2<sup>я</sup> зона: в ней размещены часто используемые органы управления;
- 3<sup>я</sup> зона: в ней размещены редко используемые органы управления.

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

В соответствии с ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности, разметка сигнальная» устанавливаются следующие цвета – сигнальные знаки безопасности: красный, желтый, синий, зеленый [15].

На пульте управления красным светом обозначены рукоятки отключения, аварийной остановки, а также лампы, сигнализирующие о нарушении технологического процесса. Желтым цветом обозначены подъемно-транспортное оборудование, постоянные и временные ограждения, устанавливаемые на границе опасных зон. Синий цвет применяется для подписываемых знаков. Зеленый цвет для световых табло, сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы котлов.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						63
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Экономическо-управленческий раздел работы содержит две части: технико-экономическое обоснование и создание структуры реализации проекта технического перевооружения системы автоматики котельного цеха №41 ФГУП «ПСЗ».

### 10.1 Технико-экономический расчет

Исходными данными для работы служат результаты, полученные при расчете тепловых нагрузок. Суммарная тепловая мощность при максимально-зимнем режиме:  $\Sigma Q = 1,8 \cdot 10^6$  Гкал/год.

#### 10.1.1 Расчет капитальных затрат

Смета капитальных затрат на техническое перевооружение системы автоматики котельного цеха №41 определяется по прейскуранту завода-изготовителя и сведена в таблицу 10.1.

Таблица 10.1 – Смета капитальных затрат

Наименование затрат	Количество	Источник определения стоимости	Стоимость единицы, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
Комплект автоматики для котла ПТВМ-30М на базе АГАВА 6432	6	ООО «КБ «АГАВА» [45]	600,00	3 600,00
Транспортные расходы	1	ООО ТК«Авто-трейдинг» [42]	50,00	50,00
Демонтажные работы	6	ООО «Ремстрой-тепло-Сервис» [41]	100,00	600,00
Разработка проектной документации	1		500,00	500,00
Монтажные работы (в том числе пусконаладочные)	6		200,00	1 200,00
			ИТОГО:	5 950,00

#### 10.1.2 Расчет текущих затрат

Проведем расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание котла после технического перевооружения.

Годовые затраты на природный газ с котлом ПТВМ-30М (10.1):

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$$I_T = C_T \cdot B_{\text{год}}, \quad (10.1)$$

где  $C_T$  – тариф на природный газ, руб./м<sup>3</sup> ( $C_T = 2750$  руб./м<sup>3</sup> – по данным ПАО «Новатек» [43]);

$B_{\text{год}}$  – годовой расход газа, млн.м<sup>3</sup>/год, по расчету главы 4.

$$I_T = 2750,00 \cdot 186080 \cdot 10^6 = 511,72 \text{ млн.руб./год}$$

Годовые затраты на воду (10.2):

$$I_v = C_v \cdot G_{\text{год}}, \quad (10.2)$$

где  $C_v$  – тариф на воду, руб./м<sup>3</sup> ( $C_v = 29,60$  руб./м<sup>3</sup> – по данным МУПП «ПОВВ» [39]);

$G_{\text{год}}$  – годовой расход воды, м<sup>3</sup>/год, по расчету главы 4.

$$I_T = 29,60 \cdot 28390 \cdot 10^3 = 84,03 \text{ млн.руб./год}$$

Годовой фонд основной и дополнительной зарплаты всех категорий персонала обслуживания котла ПТВМ-30 составит 2,56 млн. руб./год (по данным бухгалтерии ФГУП «ПСЗ»).

Отчисления на социальные нужды (10.3):

$$I_{\text{соц}} = H_C \cdot \text{годовой фонд}, \quad (10.3)$$

где  $H_C$  – процент отчислений на социальные нужды, % ( $H_C = 34\%$ ).

$$I_{\text{соц}} = 0,34 \cdot 2,56 = 0,87 \text{ млн.руб./год}$$

Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт (10.4):

$$I_s = 0,01 \cdot K + 0,1 \cdot K, \quad (10.4)$$

где 0,01 – 1% на содержание и эксплуатацию энергооборудования;

0,1 – 10% на амортизацию энергооборудования;

$K$  – общая стоимость обслуживаемого оборудования, млн.руб. (10.5):

$$K = K_{\text{сущ.об.}} + K_{\text{уст.об.}}, \quad (10.5)$$

где  $K_{\text{сущ.об.}}$  – стоимость существующего оборудования котла ПТВМ-30, тыс.руб.: ( $K_{\text{сущ.об.}} = 21,45$  млн.руб. – по данным ФГУП «ПСЗ»);

$K_{\text{уст.об.}}$  – стоимость устанавливаемого оборудования котла ПТВМ-30, тыс.руб.: ( $K_{\text{уст.об.}} = 3,60$  млн.руб. – по данным таблицы 10.1).

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$K = 21,45 + 3,60 = 25,05 \text{ млн.руб.}$$

Тогда содержание и эксплуатация энергооборудования составят:

$$I_э = 0,01 \cdot 25,05 + 0,1 \cdot 25,05 = 2,76 \text{ млн.руб./год}$$

Цеховые расходы, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений (10.6):

$$I_p = 0,0025 \cdot K, \quad (10.6)$$

где 0,0025 – 0,25% на цеховые расходы.

$$I_p = 0,0025 \cdot 25,05 = 0,06 \text{ млн.руб./год}$$

Прочие производственные расходы (10.7):

$$I_{np} = 0,1 \cdot \Sigma I_з, \quad (10.7)$$

где 0,1 – 10% на прочие производственные расходы;

$\Sigma I_з$  – сумма зарплат всех категорий персонала, тыс.руб./год.

$$I_{np} = 0,1 \cdot 2,56 = 0,256 \text{ млн.руб./год}$$

Сумма всех затрат (10.8):

$$I = \Sigma I_i = I_m + I_з + I_{соц} + I_э + I_p + I_{np} \quad (10.8)$$

где  $\Sigma I_i$  – сумма всех затрат, млн.руб./год;

$$\begin{aligned} I_1 &= 511,72 + 84,03 + 2,56 + 0,87 + 2,76 + 0,06 + 0,256 = \\ &= 602,26 \text{ млн.руб./год} \end{aligned}$$

Проведем расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание котла ПТВМ-30М до технического перевооружения автоматики. Годовые затраты на природный газ:

$$I_T = 2750,00 \cdot 194065 \cdot 10^6 = 533,67 \text{ млн.руб./год}$$

Годовые затраты на воду:

$$I_T = 29,60 \cdot 27563 \cdot 10^3 = 81,58 \text{ млн.руб./год}$$

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Годовой фонд основной и дополнительной зарплаты всех категорий персонала обслуживания котла ПТВМ-30М составит 2,56 млн. руб./год (по данным бухгалтерии ФГУП «ПСЗ»). Отчисления на социальные нужды:

$$I_{соц} = 0,34 \cdot 2,56 = 0,87 \text{ млн.руб./год}$$

Общая стоимость обслуживаемого оборудования составит 21,45 млн.руб. – по данным ФГУП «ПСЗ». Тогда содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт:

$$I_э = 0,01 \cdot 21,45 + 0,1 \cdot 21,45 = 2,36 \text{ млн.руб./год}$$

Цеховые расходы, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений:

$$I_p = 0,0025 \cdot 21,45 = 0,05 \text{ млн.руб./год}$$

Прочие производственные расходы:

$$I_{пр} = 0,1 \cdot 2,56 = 0,256 \text{ млн.руб./год}$$

Сумма всех затрат:

$$\begin{aligned} I_2 &= 533,67 + 81,58 + 2,56 + 0,87 + 2,36 + 0,05 + 0,256 = \\ &= 621,35 \text{ млн.руб./год} \end{aligned}$$

### 10.1.3 Расчет срока окупаемости проекта

Экономия текущих затрат составит (10.9):

$$\Delta И = И_2 - И_1, \quad (10.9)$$

где  $И_1$  – общая сумма затрат на обслуживание котла ПТВМ-30 после проведения технического перевооружения, млн.руб./год;

$И_2$  – общая сумма затрат на обслуживание котла ПТВМ-30 до проведения технического перевооружения, млн.руб./год.

$$\Delta И = 621,35 - 602,26 = 19,09 \text{ млн.руб./год}$$

Экономическая эффективность принятых технических решений может быть определена таким показателем, как срок окупаемости. Для определения срока окупаемости проекта реконструкции используют формулу (10.10):

					13.03.01.2020.096.08 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T = \frac{K - K_{ликв}}{\Delta И}, \quad (10.10)$$

где  $\Delta И$  – экономия текущих затрат, тыс. руб./год;

$K$  – капитальные затраты ( $K = 5\,950,00$  тыс.руб.);

$K_{ликв}$  – стоимость демонтированного оборудования, тыс.руб. (10.11):

$$K_{ликв} = Ц_{л} \cdot M, \quad (10.11)$$

где  $Ц_{л}$  – тариф на металлолом, руб./кг ( $Ц_{л} = 16,5$  руб./кг – по данным АО «Челябвторцветмет» [46]);

$M$  – масса демонтированного металлолома, кг ( $M = 3,01$  кг – по данным главы 4).

$$K_{ликв} = 16,5 \cdot 3,01 = 50,00 \text{ тыс.руб.}$$

Тогда срок окупаемости составит:

$$T = \frac{5950,0 - 50,0}{19090} = 0,31 \text{ года}$$

Вывод: по результатам расчета получили срок окупаемости проекта менее 5 лет, соответственно данный проект реконструкции экономически эффективен. Основная экономия текущих затрат достигается за счет снижения затрат на топливо (природный газ).

### 10.3 SWOT-анализ вариантов реализации проекта

Необходимо проанализировать сильные и слабые стороны проекта в двух вариантах, оценить сравнительную эффективность, выбрать лучший вариант. Для этого выполним SWOT – анализ варианта «Работа котельного цеха после технического перевооружения» (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – «Работа котельного цеха после технического перевооружения»

S: Сильные стороны	W: Слабые стороны
1. Наличие источников финансирования 2. Повышение автоматизации производства 3. Повышение безопасности трудового и производственного процесса 4. Экономия топливно-энергетических ресурсов	1. Недостаточно квалифицированный персонал. 2. Большие капитальные затраты

Продолжение таблицы 10.2

О: внешние благоприятные возможности	Т: внешние угрозы предприятию
1. Наличие деловых партнеров, способных поддерживать проект 2. Наличие современного оборудования	1. Рост цен на топливо 2. Повышение цен на новые технологии

И для варианта «Работа котельного цеха до технического перевооружения» (таблица 10.3).

Таблица 10.3 – «Работа котельного цеха до технического перевооружения»

S: Сильные стороны	W: Слабые стороны
1. Знакомое оборудование для персонала.	1. Устаревшее, изношенное оборудование. 2. Малая производительность энергоресурсов. 3. Высокая трудоемкость. 4. Затраты на ремонт.
О: внешние благоприятные возможности	Т: внешние угрозы предприятию
1. Запасные части для ремонта.	1. Рост цен на топливо 2. Появление в производстве котлов с более высоким КПД

Из SWOT-анализа можно сделать вывод, что установка новой автоматики для котлов ПТВМ-30М котельного цеха №41 ФГУП «ПСЗ» более выгодна, так как имеет больше положительных сторон. При всем вышеизложенном, имеется еще один положительный момент, численность персонала остается неизменной. Далее необходимо разработать мероприятия по реализации проекта.

### 10.3 Дерево целей проекта

Управленческие цели представлены в большом количестве, поэтому проект нуждается в комплексном, системном подходе к выбору их состава.

Структура проекта – это организация связей и отношений между ее элементами.

Основные задачи структуризации:

- разбивка проекта на управляемые блоки;
- распределение ответственности за различные элементы и увязка работ со структурой организации;
- точная оценка затрат;
- создание единой базы для планирования и контроля за затратами;

- увязка работ по проекту с системой ведения бухгалтерских счетов;
- переход от общих целей к конкретным заданиям;
- определение комплексов работ.

Для достижения цели обычно требуется выполнить множество локальных целей (подцелей). Одной главной цели могут соответствовать несколько наборов локальных целей. Структуру целей проекта принято называть деревом целей. Дерево целей – это схема, показывающая, как генеральная (главная) цель разбивается на подцели. Дерево целей имеет иерархическую структуру. В каждом блоке дерева записывается название локальной цели.

На рисунке 10.1 изображено дерево целей проекта.

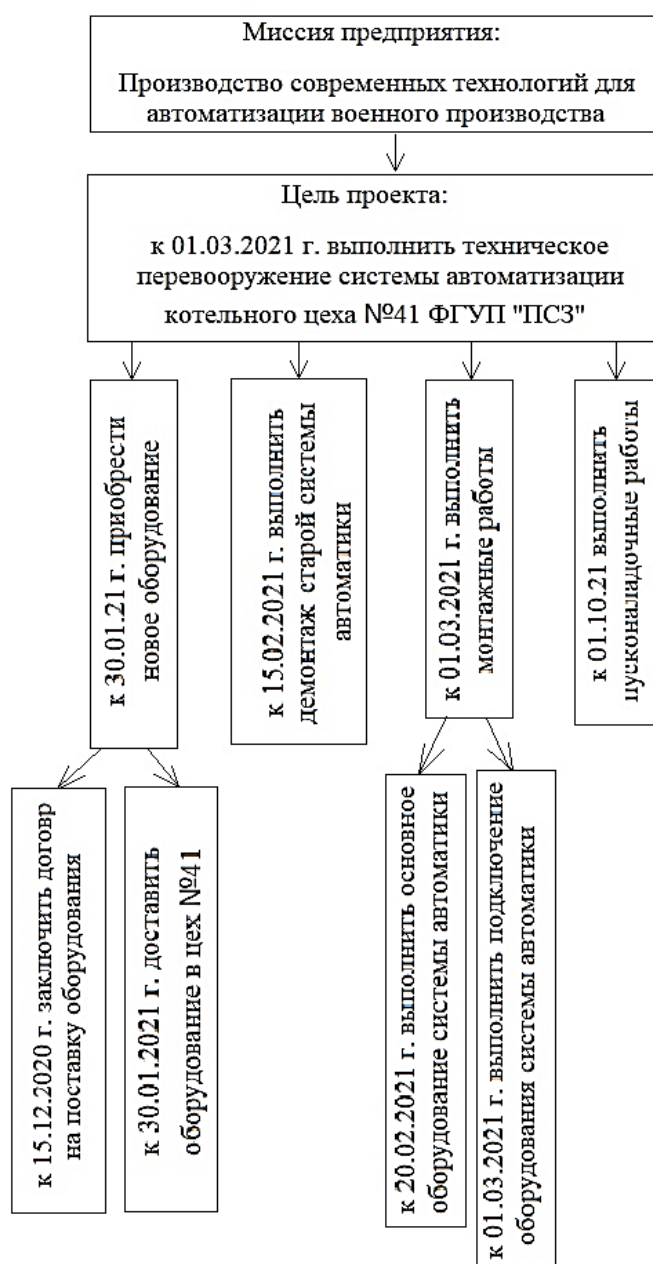


Рисунок 10.1 – Дерево целей проекта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2020.096.08 ПЗ

Лист

70

## 10.5 График Ганта реализации проекта

График Ганта отражает примерное распределение процессов во времени и их логическую последовательность, должен быть скорректирован и дополнен при детальной проработке проекта изменений. Он позволяет нам визуализировать конец и начало проекта во времени наряду с каждым элементом или задачей, которые должны быть выполнены.

Так как многие задачи проекта зависят от предыдущих, диаграммы также позволяют нам увидеть эти зависимости и планировать, принимая их во внимание. Для того, чтобы построить диаграмму, сначала необходимо определить полный список всех задач проекта и время, необходимое на выполнение каждой из них.

График Ганта имеет более детальное отражения тех же целей, которые представлены в дереве целей. График Ганта отображен в таблице 10.4.

Таблица 10.4 – График Ганта

Работы по проекту	Исполнители	Кол-во исполнителей	Продолжительность																	
			2020 г.						2021 г.											
			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Заключение договора на поставку оборудования	Отдел снабжения	2	■	■	■	■	■													
Доставка оборудования в цех №41	Транспортный цех	3					■	■	■											
Демонтаж старой системы автоматики	Подрядчик	6						■	■	■	■	■								
Монтаж основного оборудования системы автоматики	Подрядчик	6							■	■	■	■	■							
Подключение оборудования системы автоматики	Подрядчик	3								■	■	■								
Пусконаладочные работы	Подрядчик, Заказчик	2												■	■					

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом нашей ВКР является разработка одного из вариантов технического перевооружения системы автоматизации котельного цеха ФГУП «Приборостроительный завод» в г. Трехгорный с заменой типовой автоматики котла ПТВМ-30М.

В сравнение технических характеристик рассмотрены системы автоматики следующих производителей: ОАО «Московский завод тепловой автоматики» (г. Москва), ООО «Сибпромэнерго» (Россия, Алтайский край, г. Бийск), ООО «ЩитАвтоматикКомплект» (Московская обл., г. Щелково), КБ «Агава» (г. Екатеринбург), группа компаний «ПромАвтоматика» (г. Бийск), шкаф автоматики разработан совместно с группой компаний «Амакс» (г. Москва), ЗАО «НПФ Теплоком» (г. Санкт-Петербург).

Выполнены поверочные расчеты топки, конвективного пучка и общего теплового баланса котла ПТВМ-30М. Определены температуры и тепловосприятости рабочего тела и газовой среды в поверхностях нагрева заданного котла.

Предложены мероприятия по энергосбережению котла ПТВМ-30М.

По результатам анализа основных разделов: максимальная приземная концентрация выбросов вредных веществ от котла, не превышает предельно-допустимой концентрации (ПДК) и составляет 0,048 г/м<sup>3</sup>.

Дано описание системы автоматического регулирования процессами горения, газоздушного режима, питания в и температуры теплоносителя котла. Новая система автоматики котла ПТВМ-30М построена на базе контроллера Агава 6432.

Произведен анализ опасных и вредных производственных факторов и разработана безопасные мероприятия производственного процесса и оборудования.

Выполнен технико-экономический расчет, на основании которого получили срок окупаемости проекта реконструкции 0,31 года. Сделан SWOT-анализ вариантов для реализации проекта технического перевооружения котельного цеха, составлены дерево целей и график Ганта реализации проекта.

ВКР реконструкции ТЭЦ является экономичным, технически обоснованным решением и рекомендован к реализации.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации;
- 2 Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса;
- 3 Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 №116. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением;
- 4 Приказ Минтруда РФ от 17.08.2015 №551н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок;
- 5 Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. №328н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- 6 ГОСТ 12.0.002-80. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. М.: Государственный стандарт СССР, 1980. – 37 с.;
- 7 ГОСТ 12.004.91. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Государственный стандарт СССР, 1991. – 22 с.;
- 8 ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Государственный стандарт СССР, 1988. – 42 с.;
- 9 ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности. М.: Государственный стандарт СССР, 1990. – 18 с.;
- 10 ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: Государственный стандарт СССР, 1996. – 13 с.;
- 11 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. М.: Государственный стандарт СССР, 1991. – 8 с.;
- 12 ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Государственный стандарт СССР, 1981. – 21 с.;
- 13 ГОСТ 12.1.038-82\* ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. М.: Издательство стандартов, 2001. – 32 с.
- 14 ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М: Издательство стандартов, 2015. – 44 с.;
- 15 ГОСТ 12.4.026-2001 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности, разметка сигнальная». М.: Госстандарт России, 2001. – 64 с.;
- 16 ГОСТ 31607-2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. М.: Стандартиформ, 2013. – 28 с.;
- 17 ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу: Библиографическая запись. Библиографическое описание / Общие требования и правила составления. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 166 с.;

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2020.096.08 ПЗ				



18 СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.;

19 Акимов, Ю.И. Тепловой расчет котлоагрегатов: Учебное пособие / Ю.И. Акимов, А.В. Васильев, Г.В. Антропова. Саратовский государственный технический университет, Саратов, 2006. – 95 с.;

20 Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»: учебное пособие для бакалавров и магистрантов / А. А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 44 с.;

21 Алабугина, Р.А. Выпускная квалификационная работа: структура, требования к оформлению и нормоконтролю: методические указания / Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 43 с.;

22 Александров, А.А. Таблицы теплофизические свойств воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. службой стандартных справочных данных / А.А. Александров, Б.А Григорьев. – М.: Издательство МЭИ. 2007. – 168 с.;

23 Александров, В.Г. Паровые котлы малой и средней мощности / В.Г. Александров. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: «Энергия», 2008. – 200 с.

24 Алтухов, М.С. Теплоэнергетика и теплотехника: Тепловые и атомные электростанции / М.С. Алтухов; под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: МЭИ, 2007 – 648 с..

25 Грибанов, А.И. Экологическая безопасность в теплоэнергетике: учебное пособие / А.И. Грибанов, Л.М. Киселева, И.П. Палатинская. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 70 с.;

26 Григорьев, В.И. Справочник энергетика/ В.И. Григорьев. – М.: Издательство Колосс 2006, – 205 с.;

27 Гусев, Ю.Л. Основы проектирования котельных установок: учебное пособие / Ю.Л. Гусев. – М.: Стройиздат. 1973г. – 248 с.;

28 Данилов, О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник / О.Л. Данилов, А.Б. Горяев, Яковлев И.В. – М.: Издательство МЭИ, 2010. – 451 с. ;

29 Клименко, А.В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 327 с.;

30 Колесников, А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях / А.И. Колесников, Ю.М. Варфоломеев, М.Н. Федоров. – М.: Инфра-М, 2010. – 160 с.;

31 Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.;

32 Лисиенко, В.Г. Топливо: рациональное сжигание, управление и технологическое использование / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. – М.: Теплотехник, 2003. – 833 с.;

33 Плетнев, Г.П. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами / Г.П. Плетнев, Ю.П. Зайченко, Е.А. Зверев. – М.: Издательство МЭИ, 2007. – 316 с.;

- 34 Прахин, Н.Ф. Топливо и теория горения / Н.Ф. Парахин, В.В. Шелудченко. – Севастополь: Издательство Вебер, 2003. – 170 с.;
- 35 Ривкин, С. Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров – М.: Энергия, 1980. – 424 с.;
- 36 Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. Издательство НПО ЦКТИ, СПб, 1998, – 256 с.
- 37 Эстеркин, Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие для техникумов / Р.И. Эстеркин. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.;
- 38 Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года – <http://base.garant.ru/70169264/>;
- 39 Официальный сайт МУП «ПОВВ» – <http://voda.uu.ru>;
- 40 Официальный сайт ООО «Ломов74» – <http://lomov74.ru>;
- 41 Официальный сайт ООО «Ремстройтепло-Сервис» – <http://www.rsteplo.ru>;
- 42 Официальный сайт ООО ТК«Автотрейдинг» – <http://autotrading.ru>;
- 43 Официальный сайт ПАО «Новатэк» – <http://www.novatek74.ru>;
- 44 Официальный сайт ПАО «Челябэнергосбыт» – <http://esbt74.ru>;
- 45 Официальный сайт ООО «КБ «АГАВА» – <http://www.kb-agava.ru>;
- 46 Официальный сайт АО «Челябвторцветмет» – <http://chvcm.ru>.

					<i>13.03.01.2020.096.08 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						75
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		