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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,
главный энергетик ОАО «Хлебпром»
_____ Я.И. Ушаков
«___» _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики,
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
«___» _____ 2017 г.

РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ ОАО «ХЛЕБПРОМ» ПУТЕМ ПЕРЕВОДА КОТЛА С ПАРОВОГО РЕЖИМА НА ВОДОГРЕЙНЫЙ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.266.03 ПЗ ВКР

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

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ С.В. Пашнин
«___» _____ 2017 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
«___» _____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ПЗ–579
_____ С.С. Ишутин
«___» _____ 2017 г.

.

Челябинск 2017.

АННОТАЦИЯ

Ишутин С.С. Реконструкция котельной ОАО «Хлебпром» путем перевода котла с парового режима на водогрейный. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-579; 2017, 98 с., 9 ил., библиогр. список – 53 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 1 лист плаката ф. А1.

Объектом выпускной квалификационной работы является котельная, расположенная на территории кондитерского предприятия ОАО «Хлебпром» в г. Челябинск. В работе рассматриваются вопросы реконструкции котельной в связи с увеличением потребляемой нагрузки, а также отсутствием использования пара.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 9-ти глав, заключения и библиографического списка.

Во введении изложены особенности развития малой энергетики в России, поставлены задачи проектирования, установлен объект работы.

В первой главе дана характеристика объекта, описана необходимость перевода данной котельной на водогрейный режим.

В главе №2 рассмотрены литературные источники, к которым необходимо обратиться при написании ВКР.

Третья глава приводит сравнение выбранного котла Ivar Super Rac 1450 с отечественными КВГМ-1,25-115 и зарубежными аналогами Bosh Unimat UT-L12.

В четвертой части сделаны основные расчеты: тепловых нагрузок потребителей, расходов сетевой воды, тепловой схемы, расчеты по работоспособности и надежности выбранной схемы перевода котла Е-1/9, расчет котла Ivar Super Rac 1450, подобрано вспомогательное оборудование.

В пятой главе рассмотрены мероприятия по энергосбережению.

Шестая глава содержит поверочный расчет дымовой трубы.

В седьмой главе приведено описание функциональной схемы автоматизации.

В восьмой главе произведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и предложены мероприятия по охране труда.

В девятой главе выполнен технико-экономический расчет, сделан SWOT-анализ для реализации проекта, а также представлено поле сил Курта Левина.

В заключении подведены итоги технических решений.

Графическая часть выполнена на 6-ми листах формата А1.

					13.03.01.2017.266.03 ПЗ			
Изм.	*Лист*	*№ докум.*	*Подпись*	*Дата*				
Разраб.		*Ишутин С.С.*			*Реконструкция котельной ОАО «Хлебпром» путем перевода котла с парового режима на водогрейный*	*Лит.*	*Лист*	*Листов*
Пров.		*Пашнин С.В.*				*В К Р*	*3*	*98*
						ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики		
Н. Контр.		*Алабугина Р.А.*						
Утв.		*Осинцев К.В.*						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……. 5

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЕЛЬНОЙ ……..…….. 7
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ……. 9
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ К УСТАНОВКЕ КОТЛОВ ……..... 11
4 РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ ……..…….. 19
4.1 Расчет тепловых нагрузок потребителей …….. 19
4.2 Перевод котла Е-1/9 с парового на водогрейный режим …….. 23
4.2.1 Описание котла Е-1/9 …… 23
4.2.2 Конструктивные решения …… 25
4.2.3 Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность перевода котла Е-1/9 …… 25
4.2.4 Объем реконструкции котла …… 31
4.2.5 Тепловая схема котла …… 32
4.3 Расчет котла Ivar Super RAC 1450 …..……... 35
4.3.1 Состав топлива, объемы воздуха и продуктов сгорания ….. 35
4.3.2 Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания …….. 35
4.3.3 Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания …….. 38
4.3.4 Тепловой баланс котельного агрегата …… 40
4.3.5 Поверочный расчет топочной камеры …… 42
4.3.6 Поверочный расчет конвективного пучка …….. 47
4.3.7 Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла …... 50
4.4 Выбор вспомогательного оборудования ……...…… 51
4.5 Внутреннее газоснабжение котельной …… 55
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ……... 57
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ ……. 60
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА ……. 64
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ …...……... 68
9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ …….……. 79
9.1 Технико-экономический расчет ……..……... 79
9.1.1 Расчет капитальных затрат на реконструкцию котельной ОАО «Хлебпром» ……... 79
9.1.2 Расчет текущих затрат обслуживания котельной ОАО «Хлебпром» ……... 83
9.1.3 Расчет экономической эффективности проекта ……. 86
9.2 SWOT-анализ для реализации проекта строительства ……...…. 87
9.3 Планирование целей предприятия и проекта …… 88
9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта) …….. 90

9.5 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов ……... 91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ …… 93
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ……... 94

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей реконструкции существующих котельных является перевод паровых котлов в водогрейный режим работы без генерации пара. Реконструкция котлов в водогрейные повышает экономичность установки за счет снижения затрат топлива и электроэнергии на собственные нужды, т.к. отпадает необходимость в питательных насосах с электрическим и паровым приводом, не требуется непрерывной и периодической продувок, упрощается схема химической водоподготовки ввиду того, что требования к сетевой воде ниже чем к питательной. Отпадает так же необходимость в дорогостоящей бойлерной установке, требующих дополнительных эксплуатационных затрат.

Ранее в паровых котлах, которые использовали в качестве водогрейных, размещали дополнительные поверхности нагрева. При этом тепловая схема не менялась. Для отопления и горячего водоснабжения от паровых котлов использовался пар как промежуточный теплоноситель, получаемый в паровых котельных агрегатах, работающих как парогенераторы с естественной циркуляцией. Тепло пара к горячей воде в этом случае передавалось посредством специальных пароводяных поверхностей теплообменников (бойлеров). Распространены тепловые схемы с групповыми бойлерами и отдельные бойлерные установки совместно с котлами типа Е-1/9. Существенным недостатком такой схемы является загромождение барабана деталями, не имеющими отношение к нормальной эксплуатации агрегата. Поверхность нагрева дополнительного теплообменника не может быть достаточно большой, что ограничивает тепловую мощность устройства. Кроме того, при относительно малом диаметре барабана размещение в нем даже небольших поверхностных теплообменников затруднит их эксплуатацию и ремонт. Через короткий промежуток времени (2 – 3 месяца) трубы теплообменника покрываются накипью и шлаками, что снижает и без того небольшую интенсивность теплообмена и вызывают необходимость их очистки.

Нормальная работа и ремонт котельного агрегата затруднены из-за дополнительных поверхностей нагрева внутри барабана. Кроме того, сооружение и эксплуатация бойлера требует значительных затрат и наличия дефицитных труб и других материалов. Поэтому схема котлов Е-1/9 с внутрибарабанными бойлерами не получила распространения.

Наибольшее распространение получил вариант перевода паровых котлов с естественной циркуляцией на прямоточном водогрейном режиме работы.

В работе ставятся следующие задачи:

– определение необходимой тепловой мощности;

– выполнение тепловых расчетов нового оборудования;

– выбор основного и вспомогательного оборудования для расчетной мощности;

– определение экономической эффективности для предложенной схемы котельной;

– выявление уменьшения негативного экологического воздействия при работе на газообразном топливе.

Работа пишется на основании нормативной базы стандартов и литературных источников.

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЕЛЬНОЙ

ОАО «Хлебпром» расположен в Курчатовском районе г. Челябинска и специализируется на производстве кондитерских изделий [53].

За годы эксплуатации предприятие реконструировалось и расширялось

В состав ОАО «Хлебпром» входят следующие цеха и участки:

1. дирекция
2. административно-бытовой корпус;
3. хозяйственный корпус;
4. котельная;
5. гаражные помещения;
6. цех кремовой продукции;
7. цех хлебобулочной продукции;
8. цех взбитых сливок;
9. цех заварных пирожных;
10. цех ТМ «Усладов»;
11. склад.

В 2016 году в связи с реконструкцией технологии производства (замена паровых кондитерских печей на газовые) необходимость пара отпала, а в 2018 году планируется запустить два новых цеха для выпуска продукции ТМ «Мой» и бренда «Carr's». Мощности существующей котельной на отопление всех производственных и административно-бытовых корпусов с учетом нового цеха хватать не будет. В связи с этим предлагается провести реконструкцию котельной путем перевода котлов Е-1/9 (2 шт.) с парового режима на водогрейный, а также установить новый котел IVAR Super RAC 1450 для увеличения мощности котельной, и соответственно подбор всего необходимого оборудования для работы технологической схемы котельной.

Расчет тепловых нагрузок производится по климатологическим данным г. Челябинск по [16] и приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Климатические параметры холодного периода года

Продолжительность n, сут	Температура воздуха, ºС			
	Отопления $t_{НО}$	Вентиляции $t_{НВ}$	Средняя отопительного периода	Средняя самого холодного месяца
218	-34	-34	-6,5	-15,8

Климат района континентальный. Зима суровая, холодная, продолжительная, с сильными ветрами и ранними заморозками. Лето сравнительно короткое, но довольно теплое, с непродолжительным безморозным периодом. Переходные периоды очень короткие, особенно весна.

Топливом служит природный газ с низшей теплотой сгорания 8670 ккал/м^3. Аварийное топливо не предусмотрено.

Состав природного газа приведен ниже:

- CH_4 = 94,2%;
- C_2H_6 = 2,8%;
- C_3H_8 = 0,4%;
- C_4H_{10} = 0,1%;
- C_5H_{12} = 0,1%;
- N_2 = 2,0%;
- CO_2 = 0,4%;
- $Q_н^р$ = 8670 ккал/нм³.

Котельная работает по температурному графику 95/70 ºС. Система теплоснабжения закрытая; котельная является отопительной.

Водоотвод осуществляется от стен котельной по спланированному проезду на пониженные места рельефа.

На площадке, планируется использовать одну существующую дымовую трубу для отвода дымовых газов котлов, к которой присоединить газоход котла Ivar Super RAC 1450.

Котельная автоматизированная с присутствием обслуживающего персонала. Автоматизация котельной выполнена на базе автоматики «Shcneider Electric Xenta 301».

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

Основным источником для проектирования является задание на проектирование №17/16 ОАО «Хлебпром», в котором указаны исходные параметры реконструируемой котельной (мощность, вид котлов, отопительный и производственный периоды), объем проектных работ и дополнительные условия.

Далее используемую литературу представим в нескольких разделах в соответствии с главами пояснительной записки:

1. Энергосбережение – указаны виды, методы, мероприятия энергосберегающих технологий на котельных и ТЭС, а также их фактическое применение:

1.1 «Основы энергосбережения» Данилов Н.И., Щелоков Я.М.;

1.2 Статья Интернет ресурса под редакцией Ливчака В.И. «Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития».

2. Расчет мощности котельной, температурного графика, расходов воды и схемы котельной – представлены поэтапные методы тепловых, гидравлических и других расчетов, выбор схем котельных, подбор оборудования и др.

2.1 «Теплофикация и тепловые сети» Соколов Е.Я.;

2.2 «Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения» Карауш С.А., Хуторной А.Н.

3. Котельные установки и их расчет – приведены принципы работы котлов, их виды и типы, методики расчетов и справочные значения величин:

3.1 «Котельные установки промышленных предприятий» Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н.;

3.2 «Тепловой расчет котлов (нормативный метод)»;

3.3 «Расчет жаротрубно-дымогарного котла» Лумми А.П., Мунц В.А.;

4. КИПиА – отражены принципы составления функионирования схем автоматики котельных, правила составления, преимущества и недостатки автоматизированных систем управления:

4.1 «Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизрованных систем управления теплоэнергетическими процессами» Плетнев Г.П., Зайченко Ю.П.;

4.2 ГОСТ 21.404-85 «автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

5. Экономика на теплоэнергетических предприятиях – приведены методы оценки эффективности и экономической целесообразности проекта:

5.1 «Производственный менеджмент в энергетике предприятия» Алабугин А.А., Алабугина Р.А.

6. БЖД – раскрыты факторы рабочей среды на предприятиях энергетической отрасли, стандарты измерения и допустимые величины факторов; действия персонала при возникновении аварийных ситуаций и их предупреждении:

6.1 «Безопасность жизнедеятельности» Бориков С.И., Киселева Л.М.;

6.2 СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение»

6.3 ГОСТ 12.13130-2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружный установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

7. Экологическая безопасность – содержится теоретическая база уменьшения вредных экологических факторов, их подавления и измерения в соответствии с ПДК, методы оценки и др.:

7.1 «Методические основы природоохранной деятельности ТЭС» Шульман В.Л.;

7.2 «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котла производительностью менее 30 Гкал/ч»

8. Технические характеристики устанавливаемого и рассматриваемого оборудования:

8.1 Официальный сайт компании «IVAR Industry»;

8.2 Официальный сайт компании «Baltur»;

8.3 Официальный сайт компании «Wilo»;

8.4 Официальный сайт компании «Grundfos»;

8.5 Официальный сайт компании «CNP».

Рассмотренного списка литературных источников должно хватить для написания данного дипломного проекта. Но допускается его расширить при отсутствии необходимых материалов. Итоговый библиографический список будет указан в конце проекта.

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ К УСТАНОВКЕ КОТЛОВ

При выборе котлов для производственного предприятия принимаем в расчет множество факторов. Перед тем как выбрать котел необходимо оценить преимущества и недостатки нескольких вариантов.

Отсутствие или постоянные перебои централизованного отопления и горячего водоснабжения вынуждают создавать собственные автономные системы. Их главным элементом является котел, который за счет сжигания топлива нагревает теплоноситель для системы обогрева и воду для бытовых нужд.

В рассматриваемую котельную планируется установить котлоагрегат Ivar Super RAC 1450. Существует возможность оборудовать данную котельную котлом зарубежного производителя «Bosh» или отечественным аналогом КВГМ-1,25-115.

Немецкий котел Bosh Unimat UT-L12

Отопительные котлы UNIMAT UT-L являются специальными отопительными котлами, в которых сжигание топлива происходит при избыточном давлении. Они разработаны с соблюдением соответствующих норм TRD 300. Котлы рассчитаны на производство теплоносителя низкого давления с максимальной температурой 110 °C (температура срабатывания предохранительного ограничителя нагрева) в системах отопления, отвечающих требованиям стандарта. На рисунке 3.1 представлен общий вид котла Bosh Unimat UT-L12.

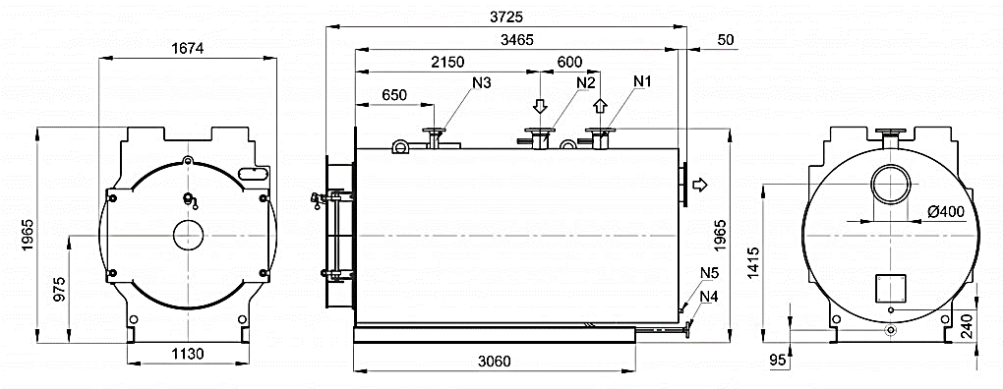

Рисунок 3.1 – Котел Bosh Unimat UT-L12

Блочная конструкция котла и его дополнительного оборудования делает их применение универсальным. Для каждого объекта можно подобрать подходящее решение. Котлы используются преимущественно на крупных объектах, таких как

больницы, заводские установки, теплоцентрали, ТЭЦ и промышленные предприятия.

К основным признаки и отличительным особенностям можно отнести:

– принцип трехходового прохождения продуктов сгорания;
– оптимальный температурный режим;
– компактная конструкция;
– экологичность и малотоксичность;
– экономичность;
– эксплуатационная надежность;
– равномерное распределение весовой нагрузки;
– простота технического обслуживания.

Технические характеристики котла Bosh Unimat UT-L12 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные характеристики горелок Bosh Unimat UT-L12

Наименование параметра	Bosh Unimat UT-L12
Мощность, кВт	1500
Коэффициент полезного действия, %	92,6
Гидравлическое сопротивление котла, мбар	23
Объемный поток воды, $м^3$/ч	134
Температура дымовых газов, °С	222
Вес, кг	5000

Модульная конструкция котла и дополнительного оборудования обеспечивает универсальность в применении:

– круглая обшивка котла из структурированного алюминиевого листа;
– видимые части котла покрыты грунтовой краской антрацитно-серого и красного цвета;
– теплоизоляция (100 мм) и тщательно изолированная дверь под горелку;
– прочный корпус котла со штуцерами для подключения подающей и обратной линий, для предохранительного(-ых) клапана(-ов) и слива;
– нижний контрольный люк, расположенный сзади на коллекторе дымовых газов;
– опорная рама котла для равномерного распределения весовой нагрузки и облегчения транспортировки;

– большая дверь под горелку, навешенная слева (по желанию возможна правая навеска);

– смотровое стекло топочной камеры с воздушным охлаждением;

Возможны следующие опции:

– удерживающее устройство для регулирующих приборов;

– теплообменник во встроенном или отдельно стоящем исполнении с использованием конденсационной техники или без нее.

Стоимость котельного агрегата Bosh Unimat UT-L12 составляет 1750 тыс. руб. (по данным ООО «ПромКотлоПоставка») [49].

Котел КВГМ-1,25-115

Котлы КВ-ГМ-1,25-115 выпускаются несколькими котельных заводов: Дорогобужский котельный завод (ОАО «Дорогобужкотломаш») и Бийский котельный завод.

Котлы серии КВ-ГМ (КВ-ГМ) производства Бийского котельного завода предназначены для получения горячей воды с номинальной температурой на выходе из котла 115°С, используемой в системе централизованного теплоснабжения на нужды отопления и ГВС объектов промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей предприятий различных отраслей.

Котлы предназначены для работы в закрытой системе теплоснабжения с принудительной циркуляцией воды.

Отличительные особенности КВ-ГМ:

– поставка котла в повышенной заводской готовности обеспечивает качество изделия и позволяет сократить сроки монтажа котла;

– при поставке котлов россыпью не требуются технологические проёмы в здании котельной для монтажа оборудования, а качество изделия в целом обеспечивается при монтаже и контролируется заказчиком на месте установки котла;

– обмуровка котлов, производимая на месте установки, существенно снижает массу поставочного блока котла и сроки заводского изготовления;

– унифицированные узлы и детали, применяемые в данной заводской серии котлов, позволяют их использовать на аналогичных водогрейных котлах других производителей;

– блоки (с минимальной реконструкцией) могут использоваться с разными горелками;

– устройство возврата уноса и острого дутья в котлах даёт более полное вы-

горание топлива, и, следовательно, меньший расход топлива и снижение выбросов CO, не превышающее допустимых значений;

– котлы долговечны, ремонтопригодны, просты в обслуживании, имеют доступ для осмотра, ремонта и очистки труб;

– котлы с горелкой работают в автоматическом режиме, имея возможность регулировки параметров и стабильность несения нагрузки;

– конструкция котлов рассчитана на установку в районах с сейсмичностью 9 баллов включительно.

Водогрейные котлы ОАО «Дорогобужкотломаш» предназначены для получения горячей воды с давление до 1,0 МПа и температурой 150°С (115°С), которая используется в системах отопления жилых, общественных и производственных зданий.

Приведем основные технические характеристики котла КВ-ГМ-1,25-115 (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Основные характеристики котла КВ-ГМ-1,25

Наименование параметра	КВ-ГМ-1,25-115
1	2
Теплопроизводительность номинальная, МВт	1,25
Расчетное (избыточное) давление воды на входе в котел, МПа (кгс/см^2)	1,6 (16,3)
Абсолютное рабочее давление воды на выходе из котла, МПа (кгс/см^2), не менее	1,0(10) / 0,43 (4,3)
Температура воды на входе в котел, °С:	70±2
Температура воды на выходе из котла, °С	115±2
Недогрев воды до кипения на выходе из котла, °С	(20)+10
Время растопки котла, ч, не более	0,5
Диапазон регулирования теплопроизводительности по отношению к номинальной	30…100
Допустимое число пусков за срок службы, не более	2000
Гидравлическое сопротивление, МПа (кгс/см2), не более	0,25 (2,5)
Масса котла, кг, расчетная	10000
Расход воды через котел, т/ч	144
Срок службы между капитальными ремонтами, лет, не менее	3
Полный назначенный срок службы котла, лет (ч)	10 (50000)

Продолжение таблицы 3.2

1	2
КПД котла, брутто, %, не менее: – на газе – на мазуте	 93,12 89,97
Расход топлива (расчетный) – природный газ, $м^3$/ч, – мазут, кг/ч,	 810 775/789

Котлы имеют единый профиль, и отличаются лишь глубинами конвективного газохода и топочной камеры. Топочная камера, имеющая горизонтальную компоновку, экранирована трубами Ø60×3 мм с шагом 64 мм, входящими в коллекторы Ø159×7 мм. Конвективная поверхность нагрева расположена в вертикальном газоходе, состоит из U-образных ширм из труб Ø28×3 мм с шагом S_1=64мм и S_2=40 мм.

Котлы могут быть оборудованы любыми как зарубежными, так и отечественными газовыми горелками, соответствующей производительности (имеющие соответствующие технические характеристики и сертификат соответствия Госстандарта РФ). Горелка устанавливается на воздушном коробе котла, который крепится на фронтовом экране к щиту.

Обслуживание горелочного устройства, его описание и технические характеристики даны в документации, прилагаемой с горелочным устройством [50].

Несущий каркас у котлов отсутствует. Каждый блок котлов (топочный и конвективный) имеет опоры, приваренные к нижним коллекторам.

Цена такого котла выше составляет 735 тыс. руб. (по данным ОАО «Дорогобужкотломаш»).

Итальянский котел Ivar Super RAC 1450

Главной особенностью котлов данного производителя является то, что они как уже выше упоминалось, могут работать от разных видов топлива – газ, дизельное топливо и специально предназначенный топочный мазут, что, в свою очередь, поможет владельцу такого водогрейного котла снизить расходы на энергию, которая и требуется для эффективной работы отопительной системы.

Кроме этого, топочная камера оборудования данной марки, в частности, модели – котёл Ivar SuperRac 1450 имеет размеры, которые полностью под-

ходят под требования европейских стандартов. Также топка отличается и тем, что имеет свободное горизонтальное расширение, благодаря чему значительно облегчается уход за этим оборудованием.

Котёл Ivar SuperRac 1450 изготавливается из высококачественной, стали с горизонтальной топкой (тупиковая, газоплотная). Помимо этого, оборудование оснащено периферийным узлом, состоящим из дымогарных труб, которые имеют встроенные турбулизаторы. Такая особенность котла объясняется тем, что данный агрегат может работать как при использовании природного газа, так и на мазуте или жидком дизельном топливе при диапазоне мощности - от 1480 до 1606 кВт.

В таблице 3.3 представлены общие характеристики котла Ivar SuperRac 1450.

Таблица 3.3 – Основные характеристики котла IVAR SuperRac 1450

Наименование параметра	IVAR SuperRac 1450
Номинальная мощность, МВт	1,48
Мощность камеры сгорания, МВт	1,66
Потери давления по воде, Па	1372
Объем воды, л	-10/+600
Максимальное рабочее давление, бар	6
Масса котла, кг	2580

По трубам продукты сгорания далее поступают в расположенный в задней части котла газосборник (коллектор), который оснащён патрубком для отвода газов. Для более интенсивной работы оборудования, что значительным образом повышает его эффективность, все трубы, расположенные в части конвективной поверхности, имеют шнековые турбулизаторы изготовленные из жаропрочной стали. Показатели рабочего давления модели такого оборудования, как водогрейный котёл Ivar SuperRac 1450 – 5 бар (возможна эксплуатация с показателями давления от 6-ти до 8-ми бар). Максимальный температурный режим нагрева воды котла – 110 °С. Используемое топливо – топочный мазут, дизельное топливо, а также природный газ.

Представленная модель является двухходовым жаротрубным водогрейным оборудованием, предназначенным для отопительных систем. Котёл оснащён цилиндрической, горизонтально расположенной топкой с периферийным расположением узла дымогарных труб и реверсивным развитием факела. Дымогарные трубы выполнены из жаропрочной стали и оснащены специальными турбулизато-

рами.

Внешняя часть котельного водогрейного оборудования, так называемый кожух, изготовлен из листовой стали, имеющей порошковую окраску устойчивой к повышенным температурным режимам эмалью. Толщина теплоизоляционного слоя, выполненного из мин. ваты составляет 60 мм.

На рисунке 3.3 изображен котёл IVAR SuperRac 1450.

Рисунок 3.3 – котёл IVAR SuperRac 1450

За счёт качественного уплотнения периметра топочной камеры при закрытии фронтальной двери на входе в отделение с конвективной поверхностью теплообмена формируется газовый поток (со стороны продуктов сгорания). Отличные теплоизоляционные показатели достигаются при помощи блока, состоящего из стойкой к эрозивному воздействию от жара и влаги керамики.

Стандартный вариант исполнения котла для отопительной системы:

– фронтальная дверка для закрытия топочного отделения, имеет левое расположение петель, по желанию заказчика изделие может быть изготовлено и с правым расположением;

– фланцы (ответные) предназначаются для гидравлических соединений;

– специально предназначенные гильзы, которые используются для ввода датчиков температуры;

– выполненное из качественного материала смотровое окно, которое необходимое для осуществления контроля за пламенем;

– оборудование имеет специальную опорную конструкцию (раму) выполненную из стального профиля. Основное назначение данной рамы - монтаж котельного оборудования в фундамент. Для подъёма котла предусмотрены два кронштейна.

– панель для управления котлом состоит из таких элементов: блокировочный термостат, рабочий термостат, главный выключатель, а также температурные датчики [51].

Стоимость комплекта котельного агрегата Ivar SuperRac 1450 составляет 833 тыс. руб. (по данным ООО «Теплый дом»).

Приведем в сводной таблице 3.4 сравнительные характеристики котлов.

Таблица 3.4 – Сравнительные характеристики котлов.

Параметр	Bosh Unimat UT-L12	КВ-ГМ-1,25-115	Ivar SuperRac 1450
Мощность, МВт	1,5	1,25 (отсутствие в линейке моделей мощность 1,5 МВт)	1,45
Тип	жаротрубный	водотрубный	жаротрубный
КПД	92,60	93,12	92,20
Масса котла, кг	5000	10000	2580
Стоимость, тыс. руб.	1750	735	833

Учитывая вышесказанное, принято решение об установке котлов итальянского производства Ivar SuperRac 1450 как наиболее соответствующим условиям эксплуатации, отличающимся надежностью, длительным сроком службы и ценой, ниже, чем у аналогичных котлоагрегатов других производителей. Данный котел лучший выбор по соотношению «цена – качество».

4 РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ

Реконструкция существующей котельной – ответственный вид работ, выполняемый при необходимости замены устаревшего основного котельного и вспомогательного оборудования, увеличения мощности котельной.

Реконструкция котельных может выполнятся либо в полном объеме с заменой всего котельного оборудования, либо частичная реконструкция котельной с заменой отдельных котлов, заменой горелок на котлах, заменой автоматики на котлах

При замене отдельных котлов на действующих котельных важно при установке котлоагрегатов учитывать их аэродинамическое сопротивление, характер работы – под давлением в топке, или под разряжением в топке.

4.1 Расчет тепловых нагрузок потребителей

Определение тепловых нагрузок потребителей производится по укрупненным показателям. [40] Расчетная тепловая нагрузка на отопление зданий определяется по формуле 4.1:

$$Q_0 = q_0 \cdot F \cdot \left(1 + K_1\right) \qquad (4.1)$$

где q_0 – укрупненный показатель расхода теплоты на отопление 1 м^2 общей жилой площади зданий, Вт [16];

F – общая площадь здания, м^2;

$К_1$ – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий, $К_1$=0,25 [16].

Результаты расчета сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика помещений ОАО «Хлебпром»

Наименование объекта	Q, Гкал/ч	G, т/ч
1	2	3
Дирекция	0,05	0,48
Административно-бытовой корпус	0,15	1,43
Хозяйственный корпус	0,08	0,76
Гаражные помещения	0,03	0,29
Цех кремовой продукции	0,25	2,39
Цех хлебобулочной продукции	0,18	1,72
Цех взбитых сливок	0,15	1,43

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
Цех заварных пирожных	0,13	1,24
Цех ТМ «Усладов»	0,35	3,34
Цех бренда «Carr's»	0,42	2,96
Цех ТМ «Мой»	0,48	2,67
Склад	0,07	0,67
ИТОГО:	2,34	19,38

Обратная сетевая вода сетевым насосом подается в водогрейный котел. Нагретая в котле вода направляется в подающий трубопровод Т1 и на собственные нужды котельной. Потери воды в котельной и тепловых сетях компенсируется подачей исходной воды из водопровода. Водопроводная вода с температурой 5°С поступает в бак (подпиточную емкость), далее поступает в подогреватель исходной воды и нагревается до 20°С. Затем вода направляется в химводоочистку. Подпиточным насосом умягченная вода направляется для подпитки тепловых сетей и тепловой схемы. [40]

Расчетный расход сетевой воды на отопление (4.2):

$$G_{ОВ} = \frac{Q_{ОВ} \cdot 10^3}{4{,}19 \cdot \left(t_{пр} - t_{об}\right)} \qquad (4.2)$$

где $Q_{ОВ}$ – тепловая нагрузка на отопление, МВт;

$t_{пр}$, $t_{об}$ – температура воды в подающем и обратном трубопроводе системы отопления, °С.

$$G_{ОВ} = \frac{2{,}34 \cdot 10^3}{4{,}19 \cdot \left(95 - 70\right)} = 19{,}38 \ кг/с$$

Общий сетевой расход воды на отопление (4.3):

$$G_C = G_{ОВ} \qquad (4.3)$$

$$G_C = 19{,}38 \ кг/с$$

Расход воды на подпитку тепловых сетей принимают равным (4.4):

$$G_{под}^{C} = (0,00 \div 0,02)\cdot G_{C} \qquad (4.4)$$

$$G_{под}^{C} = 0,02 \cdot 19,38 = 0,39 \ \ кг/с$$

Потери воды в тепловой схеме котельной принимаются в размере 25 – 30% от расхода подпиточной воды (4.5):

$$G_{под} = (0,25 \div 0,30) \cdot G_{C} \qquad (4.5)$$

$$G_{под} = 0,25 \cdot 19,38 = 4,85 \ \ кг/с$$

Расход теплоты на собственные нужды (4.6):

$$Q_{СН} = (0,00 \div 0,03)\cdot Q_{C} \qquad (4.6)$$

$$Q_{CH} = 0,02 \cdot 2,34 \cdot 1,163 = 0,047 \ \ МВт$$

Общая тепловая мощность котельной без учета тепловых потерь: (4.7):

$$Q_{K} = Q_{OB} + Q_{CH} \qquad (4.7)$$

$$Q_{K} = 2,34 + 0,047 = 2,077 \ \ МВт$$

Расход воды через котел (4.8):

$$G_{K} = \frac{Q_{K} \cdot 10^{3}}{4,19 \cdot (t_{пр} - t_{об})} \qquad (4.8)$$

$$G_{K} = \frac{2,077 \cdot 10^{3}}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 19,83 \ \ кг/с$$

Расход воды (через котел) на собственные нужды (4.9):

$$G_{СН} = \frac{Q_{СН} \cdot 10^3}{4{,}19 \cdot (t_к - t_к)} \qquad (4.9)$$

$$G_{СН} = \frac{0{,}047 \cdot 10^3}{4{,}19 \cdot (95 - 70)} = 0{,}45 \ \ кг / с$$

Расход исходной воды (4.10):

$$G_{ИВ} = (1 - 5{,}2) \cdot G_{ХО} \qquad (4.10)$$

$$G_С = G_{ОВ} \qquad (4.11)$$

$$G_{ИВ} = 1{,}2 \cdot 4{,}85 = 5{,}82 \ \ кг / с$$

Расход греющей воды через подогреватель исходной воды (4.12):

$$G_Г = \frac{G_{ХО} \cdot (t_{ВЫ} - t_{ВХ})}{t_{пр} - t_{ОБ}} \qquad (4.12)$$

$$G_Г = \frac{4{,}85 \cdot (20 - 5)}{95 - 70} = 2{,}91 \ \ кг / с$$

Расчетный расход воды:

– на собственные нужды (4.13):

$$G_{РСН} = G_Г \qquad (4.13)$$

$$G_{РСН} = 2{,}91 \ \ кг / с$$

– через котел в расчетном режиме (4.14):

$$G_{PK} = \frac{Q_{в}^{3}}{4{,}19 \cdot (95 - 70)} + G_{р} \qquad (4.14)$$

$$G_{PK} = \frac{2{,}077 \cdot 10^{3}}{4{,}19 \cdot (95 - 70)} + 2{,}91 = 22{,}74 \ \ кг / с$$

При расхождении предварительно принятых в расчете величин с полученными в результате расчета более чем на 3 % расчет следует повторить, подставив в качестве исходных данных полученные значения. Определяется относительная погрешность расчета тепловой схемы водогрейной котельной (4.15):

$$\Delta = \frac{G_{PK} - G_{K}}{G_{PK}} \cdot 100 \ \% \qquad (4.15)$$

$$\Delta = \frac{22{,}74 - 19{,}83}{22{,}74} \times 100\% = 1{,}28\% < 2\%,$$

Значит расчет тепловой схемы сделан верно.

4.2 Перевод котла Е-1/9 с парового на водогрейный режим

Перевод котла Е-1/9 в водогрейный режим осуществляется без изменений режима горения в топке котла. Тепловая мощность котла остается прежней, изменяется только режим нагрева и движения воды в экранных трубах и барабанах котла. Теплопроизводительность котла в водогрейном режиме регулируется изменением температуры питательной воды на выходе из котла.

4.2.1 Описание котла Е-1/9

Котел марки Е-1/9 – вертикально-водотрубный, двух-барабанный с топкой для сжигания природного газа. Котел Е-1/9 относится к котлам с естественной циркуляцией. Они имеют полностью экранированную топочную камеру и развитый кипятильный (конвективный) пучок. Топочная камера котлов разделена кирпичной стенкой на собственно топку и камеру догорания. Вход газов из топки в камеру догорания и выход их из котла асимметричные. Перегородка, отделяющая камеру

догорания от конвективного пучка, и чугунная перегородка, делящая пучок на две части, создают горизонтальный разворот газов при поперечном омывании труб.

Котел состоит из 2-х расположенных вдоль него барабанов, из которых верхний барабан длиннее нижнего; пучка кипятильных труб, соединяющих верхний и нижний барабаны; коллекторов боковых экранов, соединяющих боковые коллекторы с передней частью верхнего барабана, коллекторов и экранной трубной системы заднего и фронтового экранов. В задней части верхний барабан соединен с коротким нижним барабаном пучком кипятильных труб.

Трубная система котла состоит из экранных и пучка кипятильных труб Ø51×2,5, передних опускных труб питания Ø159×4,5 и нижних опускных труб питания коллекторов экранов из нижнего барабана Ø 108×4,5. Передние опускные трубы питания, соединяющие верхний барабан с боковыми коллекторами экранов, располагаются в обмуровке и являются дополнительной опорой для переднего конца верхнего барабана. Торцы этих труб приваривают к верхнему барабану и коллекторам экранов. Кипятильные трубы соединяют с барабанами на развальцовке. Верхний конец экранных труб завальцовывается в верхний барабан, а нижний приваривается к коллекторам экрана.

Топка котла имеет 2 боковых экрана, коллекторы которых выполнены из труб Ø 219×10. Один конец коллектора глухой, а другой - снабжен торцевым люком для удаления накипи и шлама. Коллекторы боковых экранов питаются как из верхнего барабана по передним опускным трубам питания, так и из нижнего по нижним опускным трубам питания. Кроме боковых коллекторов котел оборудован задним и фронтальным экранами, размер коллекторов - Ø 219×10. Коллектор фронтального экрана питается от верхнего барабана посредством 4х опускных труб питания Ø76×3,5, коллектор заднего экрана питается посредством трех опускных труб питания Ø76×3,5 от нижнего барабана. Опускными трубами кипятильного пучка служат трубы последних рядов второго газохода, подъемными — все остальные трубы пучка.

Пароводяная система котла включает в себя питательный тракт и тракт сетевой воды. Первый включает паровой тракт от котла до пароводяного бойлера, слив конденсата организован в нижний барабан котла, восполнение утечек организовано с помощью подачи питательной воды в верхний барабан котла. Тракт сетевой воды представляет собой трубопровод сетевой воды в экономайзер, после которого сетевая вода подается в водяную часть бойлера и, далее, в тепловую сеть. Подпитка организована подачей подпиточной воды из ХВО подпиточным насосом в обратный коллектор котельной.

4.2.2 Конструктивные решения

Перевода котла Е-1/9 на водогрейный режим работы можно осуществить несколькими способами. При этом основным требованием надежной работы котла в водогрейном режиме является исключение возможности вскипания воды в трубах котла и надежность циркуляции воды.

При выборе конструктивных решений перевода котла на водогрейный режим работы, основным следующие условия:

– обеспечение неизменности газовоздушной и газовой части котла;

– учет конструктивных особенностей трубной системы котла Е-1/9,

– соблюдения допустимых скоростей движения воды в трубной системе;

– подача обратной сетевой воды после экономайзера в трубы экранной системы и, тем самым, обеспечение интенсивного охлаждения наиболее напряженных поверхностей нагрева котла.

Для обеспечения скоростей воды в котле естественная циркуляция заменяется принудительной циркуляцией. Это достигается путем установки определенным образом поперечных перегородок в верхнем и нижнем барабанах котла и шайбированием опускных труб питания боковых экранов со стороны верхнего и нижнего барабанов. Опускные трубы питания фронтового экрана в верхней части глушатся, в нижней – используются в схеме сетевой воды.

При выполнении расчетов температура сетевой воды на входе в котел принята 60 °С, давление воды перед котлом после сетевых насосов 5 – 7 кгс/см^2, тепловая нагрузка котла 0,64 Гкал/час.

4.2.3 Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность перевода котла Е-1/9

Особенностью работы котла в водогрейном режиме является обеспечение нагрева питательной воды без образования пара, даже в виде пузырьков на внутренней поверхности трубной системы, подверженной большим тепловым нагрузкам.

Расчет расхода воды через котел

Максимальная фактическая теплопроизводительность котла Е-1/9 по условию надежной работы предохранительных клапанов, а также исходя из максимальной нагрузки горелочных устройств котла 0,64 Гкал/час.

Минимальный расход воды на котел из условия невскипания (4.16):

$$M_в = \frac{Q_к \cdot 10^6}{(t'' - 20 - t')} \quad (4.16)$$

где t'' – температура насыщения при рабочем давлении, °С;
t' – температура воды на входе в котел, °С.

$$M_в = \frac{0,64 \cdot 10^6}{(172,2 - 20 - 60)} = 6,9 \ \text{м}^3/\text{ч}$$

Расчет первой секции (подъемное движение)

Площадь поперечного сечения трубы (4.17):

$$S_{тр} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \quad (4.17)$$

где $d_{вн}$ – внутренний диаметр конвективных и экранных труб котла, м.

$$S_{тр} = \frac{3,14 \cdot 0,046^2}{4} = 0,00166 \ м$$

Расчетное число подъемных труб первой секции фронтового экрана (4.18):

$$n_{П1} = \frac{M_в}{(3600 \cdot S_{тр} \cdot W_п)} \quad (4.18)$$

где $W_в$ – рекомендуемая скорость воды в подъемных трубах фронтового экрана, м/с.

$$n_{П1} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 1)} = 20,1 \ шт.$$

Принимаем число подъемных труб первой секции 20 шт.
Расчетное число рядов труб конвективного пучка первой секции (4.19):

$$m_1 = \frac{n_{1П}}{n} \quad (4.19)$$

где n – число труб в одном ряду фронтового экрана котла Е-1/9, шт.

$$m_1 = \frac{20}{20} = 1 \ \ шт.$$

Уточненная скорость воды в подъемных трубах первой секции (4.20):

$$W_n = \frac{M_в}{(3600 \cdot S_{тр} \cdot n_{П1})} \qquad (4.20)$$

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 20)} = 1,003 \ \ м/с$$

Расчет второй секции
(передние панели боковых экранов, опускное движение)

Расчетное число труб второй секции – опускных труб:

$$n_{О2} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 1,4)} = 14,3 \ \ шт.$$

Принимаем число труб второй секции (передние панели боковых экранов, опускное движение) 14 шт.

Уточненная скорость воды в подъемных трубах первой секции:

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 14)} = 1,43 \ \ м/с$$

Расчет третьей секции
(задние панели боковых экранов, подъемное движение)

Расчетное число труб боковых экранов задних панелей – подъемное движение третьей секции:

$$n_{П3} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 0,45)} = 44 \ \ шт.$$

Принимаем число труб третьей секции (задние панели боковых экранов, подъемное движение) 44 шт.

Число рядов экранных труб задних панелей третьей секции:

$$m_3 = \frac{44}{2} = 22 \ \ шт.$$

Уточненная скорость воды в третьей секции:

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 44)} = 0,456 \ \ м/с$$

Расчет четвертой секции (опускное движение)

Расчетное число экранных труб четвертой секцией (задний экран, опускное движение):

$$n_{О4} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 1,0)} = 20,1 \ \ шт.$$

Принимаем число экранных опускных труб четвертой секции – $n_{о4}$ = 20 шт, т.е. весь задний экран.

Уточненная скорость воды в опускных трубах четвертой секцией, заднего экрана:

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 20)} = 1,003 \ \ м/с$$

Расчет пятой секции конвективных труб (подъемные)

Расчетное число труб пятой секции (первый конвективный пучок, подъемное движение):

$$n_{П5} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 0,13)} = 154,3 \ \ шт.$$

Принимаем число число труб пятой секции (первый конвективный пучок, подъемное движение) 154 шт.

Скорость воды в первом конвективном пучке (подъемное движение) пятой секции:

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 154)} = 0,13 \ \ м/с$$

Число рядов труб пятой секции:

$$m_3 = \frac{154}{22} = 7 \ \ шт.$$

Расчет шестой секции конвективных труб (опускное движение)

Расчетное число труб шестой секции (второй конвективный пучок, опускное движение):

$$n_{Об} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 0,45)} = 44,6 \ \ шт.$$

Принимаем число число труб шестой секции (первый конвективный пучок, опускное движение) 44 шт.

Уточненная скорость воды в шестой секции (второй конвективный пучок, опускное движение):

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 44)} = 0,46 \ \ м/с$$

Число рядов труб пятой секции:

$$m_3 = \frac{44}{22} = 2 \ \ шт.$$

Расчет седьмой секции конвективных труб (подъемные)

Расчетное число труб седьмой секции (третий конвективный пучок, подъемное движение):

$$n_{Об} = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 0,045)} = 418 \ \ шт.$$

Принимаем число труб седьмой секции (третий конвективный пучок, подъемное движение) 418 шт. Уточненная скорость воды в конвективных подъемных трубах седьмой секции:

$$W_n = \frac{6,9}{(3600 \cdot 0,00166 \cdot 418)} = 0,048 \ \ м/с$$

Число рядов труб пятой секции:

$$m_3 = \frac{418}{22} = 19 \ \ шт.$$

Таким образом, предлагается схема с противоточно-перекрестным движением воды и продуктов сгорания и не требующая монтажа дополнительных конструкций, кроме двух перегородок в верхнем барабане и двух – в нижнем.

По предлагаемой схеме сетевая вода, поступающая из тепловой сети, общим потоком проходит через экономайзер котла (снижая температуру уходящих газов). В схеме предусматривается байпасная линия Ø108×4 для более точной регулировки расхода воды.

После экономайзера вода поступает в распределительную гребёнку, откуда по четырём трубам Ø76×3,5 поступает в нижний коллектор фронтового экрана Ø219×10.

С нижнего коллектора фронтового экрана Ø219×10 вода поступает в первую секцию. По обогреваемым трубам фронтового экрана вода поступает в первый отсек верхнего барабана. Количество труб – 20, рядов – 1 ряд, скорость движения – 1,003 м/с, движение - подъемное. Опускные трубы питания боковых экранов шайбируются диафрагмой Ø150×10, опускные трубы питания фронтовых экранов обрезаются и глушатся со стороны верхнего барабана.

С первого отсека верхнего барабана весь поток сетевой воды поступает в обогреваемые 14 труб боковых экранов – вторая секция обогрева. Скорость движения
– 1,433 м/с, движение – опускное. Поток воды собирается в передних панелях коллекторов боковых экранов.

Первая перегородка в верхнем барабане устанавливается между 7 и 8 рядами экранных труб (счет – со стороны фронта котла).

Поток воды, повернувшись в задних панелях коллекторов боковых экранов, поступает в 44 трубы боковых экранов – третья секция обогрева. Скорость движения – 0,456 м/с, движение – подъемное. Число рядов – 22 ряда экранных труб. Две опускные трубы питания нижнего барабана Ø108×4,5 шайбируются диафрагмой Ø98×10 со стороны нижнего барабана.

Из второго отсека поток сетевой воды по одному обогреваемому ряду из 20 труб заднего экрана, являющимся четвертой секцией обогрева, поступает в коллектор заднего экрана. Скорость движения – 1,003 м/с, движение – опускное. Вторая перегородка в верхнем барабане устанавливается после 29 ряда экранных труб

Из коллектора заднего экрана вода по 4м необогреваемым трубам Ø89×4 поступает в первый отсек нижнего барабана. Отсюда вода поступает в обогреваемый первый пучок конвективных труб – пятая секция обогрева. Число труб – 154, рядов – 7 по 22 трубы в ряду. Скорость движения – 0,13 м/с, движение – подъемное. Далее, поток воды собирается в третьем отсеке верхнего барабана, откуда поступает в шестую секцию обогрева – два ряда конвективного пучка. Число труб шестой секции – 2 ряда по 22 трубы – 44 трубы, скорость движения – 0,45 м/с, движение – опускное. Перегородка в нижнем барабане устанавливается между 7 и 8 рядами конвективного пучка, перегородка в верхнем барабане устанавливается между 9 и 10 рядами конвективного пучка.

После шестой секции обогрева вода поступает во второй отсек нижнего барабана, далее, поток, развернувшись, поступает в седьмую секцию обогрева – 418 труб третьего конвективного пучка, 19 рядов по 22 трубы, скорость движения – 0,048 м/с, движение – подъемное. Из седьмого отсека вода поступает в четвертый отсек верхнего барабана – в тепловую сеть.

4.2.4 Объем реконструкции котла

Существующий бойлер: демонтаж бойлера, демонтаж линий от верхнего барабана до бойлера и заглушка отверстий в верхнем барабане, демонтаж линий конденсата бойлера в боковые коллектора конвективного пучка.

Верхний барабан: демонтаж сепарационного щита, демонтаж направляющих уголков, демонтаж линий подвода питательной воды в верхнем барабане, демонтаж продувочных линий и вентилей продувки, демонтаж водомерной колонки и заглушка отверстий в верхнем барабане, демонтаж линий отвода основного пара, паропровода собственных нужд, демонтаж части опускных труб питания фронтального экрана, монтаж трех перегородок внутри барабана, шайбирование опускных труб питания боковых экранов, монтаж предохранительного клапана 17ч19бр2 D_y150, монтаж линии отвода воды Ø219×4 от предохранительного клапана в существующий продувочный колодец, заглушка специальными отверстиями патрубков верхнего барабана.

Нижний барабан: демонтаж продувочных линии и вентилей продувки, замена трех перепускных труб от коллектора заднего экрана в нижний барабан Ø76 × на четыре трубы Ø89×4, монтаж одной перегородки внутри барабана - между 7 и 8 рядами конвективного пучка, две трубы связи нижнего и верхнего барабанов Ø108×4,5 шайбируются диафрагмой Ø98×10 со стороны нижнего барабана.

Коллектора экранов: демонтаж и монтаж части изоляции фронтального и заднего экранов, демонтаж части опускных труб питания фронтального экрана, врезка четырех труб Ø76×3,5 в коллектор фронтального экрана и подключение трубопровода воды с экономайзера к коллектору фронтального экрана, замена трех перепускных труб от коллектора заднего экрана в нижний барабан Ø76×4 на четыре трубы Ø89×4.

Коллектора котла: монтаж коллектора Ø159 × 4,5 от экономайзера до коллектора фронтального экрана, монтаж коллектора Ø219×6 от крайнего отсека верхнего барабана до подающего коллектора котельной, монтаж расходомерной шайбы $Д_y$200, ТС, гильзы под спиртовой термометр, показывающего манометра, ЭКМ на выходном коллекторе котла, монтаж гильзы под спиртовой термометр, показывающего манометра, ЭКМ на входном коллекторе котла до экономайзера.

Экономайзер: монтаж байпасной линии Ø57×3,5, узел рециркуляции, монтаж насосов рециркуляции, обвязка узла насоса рециркуляции, монтаж КИП насоса рециркуляции, узел перепуска котла, монтаж и обвязка узла перепуска, монтаж схемы вакуумного деаэрирования.

4.2.5 Тепловая схема котла

Существовавшая до перевода тепловая схема котельной включала в себя два паровых котла Е-1/9, работавших на отопительную систему с тепловой сетью за-

крытого типа с прямой циркуляцией воды через экономайзер и пароводяной бойлер. Циркуляция сетевой воды обеспечивалась работой двух сетевых насосов типа 6НДВ. Подпитка тепловой сети осуществлялась насосами – К-45/30 и К-20/18.

После реконструкции схемой предусматривается подача обратной сетевой воды существующими двумя сетевыми насосами типа 6НДВ. На котлах для более точного регулирования расхода воды предусмотрена байпасная линия $Д_у$50.

После котлов сетевая вода направляется в существующий коллектор подающей сетевой воды к потребителям.

Для регулирования температуры воды на входе в котлы предусматривается установка узла рециркуляции, а для регулирования расхода воды через котёл – линия перепуска. От узла рециркуляции предусматривается общий коллектор рециркуляции и подводки к каждому котлу. Такая схема позволяет подавать воду рециркуляции к любому из котлов котельной.

Расчет рециркуляции и перепуска водогрейного котла

Расчетная температура на выходе из котла (4.21):

$$t_{вых} = \frac{G_{СВ} \cdot (t_{под} - t_{обр})}{G_К + t_{вх}} \quad (4.21)$$

где $G_{св}$ – расход сетевой воды после узла сетевых насосов, м^3/ч;

$t_{под}$ – температура воды на подаче в теплосеть по температурному графику, °С;

$t_{обр}$ – температура воды обрата теплосети по температурному графику, °С;

$G_к$ – расход воды через котёл, м^3/ч;

$t_{вх}$ – расчетная температура на входе в котёл , °С;

$$t_{вых} = \frac{160 \cdot (59,7 - 48,1)}{6,9 + 60} = 75,5 \ °C$$

Расчетный расход рециркуляции (4.22):

$$G_{рец} = \frac{G_К \cdot (t_{вх} - t_{обр})}{t_{вых} - t_{обр}} \quad (4.22)$$

$$G_{рец} = \frac{6,9 \cdot (60 - 48,1)}{75,5 - 48,1} = 52,1 \ м^3 / ч$$

Расчетный расход воды через линию перепуска (4.23):

$$G_{пер} = G_{св} - G_к + G_{рец} \qquad (4.23)$$

$$G_{пер} = 160 - 6,9 + 77,2 = 117,2 \ м^3 / ч$$

В качестве насосов рециркуляции подбирается насос К-80-50-200 с электродвигателем 4АМ160S2У3. Подача насоса в режиме максимального КПД – 50…54 $м^3$/ч, напор – 50 м.в.ст. Число насосов рециркуляции – 2 шт. (рабочий и резервный)

Схема химической подготовки котельной остается без изменений. Схема деаэрации котельной переводится в режим схемы вакуумного деаэрирования. Для корректировки содержания кислорода в подпиточной воде предусматривается схема ввода сульфита натрия в подпиточную воду.

При переводе котла тягодутьевые устройства не подвергались реконструкции и остались без изменения.

Для создания разрежения в котле установлен один дымосос марки Д-10 одностороннего всасывания.

Для обеспечения горелок котла воздухом установлен один вентилятор ЦАГИ №9 одностороннего всасывания.

При переводе котла горелочные устройства не подвергались реконструкции и остались без изменения.

В качестве горелочных устройств котла Е-1/9 применяются горелки ГМГм-2с с характеристиками. При реконструкции газовое оборудование котла не подвергалось реконструкции и осталось без изменения. Общий вид горелки представлен на рисунке 4.1.

Рисунок 4.1 – Горелка ГМГм-2с

4.3 Расчет котла Ivar Super RAC 1450

4.3.1 Состав топлива, объемы воздуха и продуктов сгорания

Для эффективного сжигания топлива в топочных камерах приходится подавать воздуха больше, чем это теоретически необходимо (4.24) [42]:

$$V_{\partial} = \alpha_T \cdot V^{\circ} \tag{4.24}$$

где $V_д$ – объем подаваемого в топку воздуха на рассчитываемую единицу топлива, м^3;

V° – объем теоретически необходимого для горения воздуха, м^3;

α_T – коэффициент избытка воздуха на выходе из топки, α_T = 1,1 – для газа [42].

Коэффициент избытка воздуха за каждой поверхностью нагрева *i* после топочной камеры подсчитывается прибавлением к α_T суммы коэффициентов присосов воздуха (4.25):

$$\alpha = \alpha_T + \sum_{1}^{i} \Delta\alpha_i \tag{4.25}$$

где j – номер поверхности нагрева по ходу продуктов сгорания;

$\Delta\alpha_j$ = 0 для топки;

$\Delta\alpha_j$ = 0,05 – для первого конвективного пучка.

Среднее значение для каждого газохода определяется по формуле (4.26):

$$\alpha = \frac{\alpha' + \alpha''}{2} \quad (4.26)$$

где α', α'' – соответственно коэффициенты избытка воздуха.

4.3.2 Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания

Расчет объемов и энтальпии воздуха и продуктов сгорания рассчитываются на 1 м^3 газообразного состава топлива при нормальных условиях. Теоретический объем воздуха при сжигании газа составит (4.27):

$$V^\circ = 0,0238 \cdot \left[CO + H_2 + 3H_2S + 2 \cdot \left[(m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n + 2O_2 \right] \right] \quad (4.27)$$

где m, n – число атомов углерода и водорода соответственно.

$$V^\circ = 0,0238 \cdot \left[2 \cdot \begin{pmatrix} (1 + 0,25 \cdot 4) \cdot 94,2 + (2 + 0,25 \cdot 6) \cdot 2,8 + \\ + (3 + 0,25 \cdot 8) \cdot 0,4 + (4 + 0,25 \cdot 10) \cdot 0,1 + \\ + (5 + 0,25 \cdot 12) \cdot 0,1 \end{pmatrix} \right] = 9,42 \ м^3 / м^3$$

Теоретический объем азота (4.28):

$$V^\circ_{N_2} = 0,79 \cdot V^\circ + 0,01 \cdot N_2^c \quad (4.28)$$

$$V^\circ_{N_2} = 0,79 \cdot 9,42 + 0,01 \cdot 2 = 7,46 \ м^3 / м^3$$

Теоретический объем трехатомных газов (4.29):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2C + \Sigma m \cdot C_m H_n) \quad (4.29)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (0,4 + 94,2 + 2 \cdot 2,8 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) = 1,023 \ м^3 / м^3$$

Теоретический объем водяных паров (4.30):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (H_2C + H_2 + 0,5 \cdot \Sigma n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_г) + 0,0161 \cdot V^\circ \quad (4.30)$$

где $d_г$ – влагосодержание газов в граммах на 1 кг сухого газа.

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (4 \cdot 94,2 + 6 \cdot 2,8 + 8 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,1 + 12 \cdot 0,1 + 0,124 \cdot 10) +$$
$$+0,0161 \cdot 9,42 = 4,07 \ \ м^3 / м^3$$

Избыточное количество воздуха для каждого газохода (4.31):

$$V_{ИЗБ}^B = V^\circ \cdot (\alpha_{ср} - 1) \quad (4.31)$$

$$V_{ИЗБ}^B = 9,42 \cdot (1,1 - 1) = 0,942 \ \ м^3 / м^3$$

Действительный объем водяных паров (4.32):

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^\circ + 0,0161 \cdot (\alpha_{ср} - 1) \cdot V^\circ \quad (4.32)$$

Действительный суммарный объем продуктов сгорания (4.33):

$$V_Г = V_{RO_2} + V_{N_2}^\circ + (\alpha_{ср} - 1) \cdot V^\circ + V_{H_2O}^\circ + 0,0161 \cdot (\alpha_{ср} - 1) \cdot V^\circ \quad (4.34)$$

Объемная доля трехатомных газов (4.35):

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_Г} \quad (4.35)$$

Объемная доля водяных паров (4.36):

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_Г} \quad (4.36)$$

Суммарная доля газов (4.37):

$$r_n = \frac{r_{RO_2}}{r_{H_2O}} \quad (4.37)$$

Все результаты расчета сводятся в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Объемы воздуха и продуктов сгорания

Величина	Расчетная формула	Газоход	
		Топка	Конвектив-ный пучок
1	2	3	4
Коэффициент избытка воздуха после поверхности нагрева α_i	4.17	1,1	1,15
Средний коэффициент избытка воздуха в газоходе поверхности нагрева $\alpha_{ср}$	4.18	1,1	1,125

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
Избыточное количество воздуха $V_{ИЗБ}^{B}$, м^3/м^3	4.22	0,942	1,176
Объем водяных паров V_{H_2O}, м^3/м^3	4.24	4,08	4,09
Полный объем продуктов сгорания $V_{Г}$, м^3/м^3	4.25	16,56	17,01
Объемная доля трехатомных газов r_{RO_2}	4.26	0,24	0,240
Объемная доля водяных паров r_{H_2O}	4.27	0,182	0,179
Суммарная объемная доля r_n	4.28	0,270	0,262

4.3.3 Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания

Энтальпия теоретического объема воздуха на единицу топлива для всего выбранного диапазона температур (4.38) [42]:

$$I_B^{\circ} = V^{\circ} \cdot I_B \qquad (4.38)$$

где $I_в$ – энтальпия 1 м^3 воздуха.

Энтальпия теоретического объема продуктов сгорания на единицу топлива для всего выбранного диапазона температур (4.39):

$$I = V_{RO_2} I_{RO_2} + V_{N_2} I_{N_2} + V_{H_2O} I_{H_2O} + V_{изб} I_B \qquad (4.39)$$

где I_{RO2}, I_{N2}, I_{H2O} – энтальпии 1 м^3 трехатомных газов, азота и водяных паров, принимаемые для соответствующей температуры.

Энтальпия избыточного количества воздуха на единицу топлива для всего выбранного диапазона температур (4.40):

$$I^{в}_{изб} = (\alpha - 1) \cdot I^{\circ}_{в} \quad (4.40)$$

Энтальпия продуктов сгорания на единицу топлива при коэффициенте избытка воздуха $\alpha > 1$ (4.41):

$$I = I^{\circ}_{г} + I^{в}_{изб} \quad (4.41)$$

Результаты расчета энтальпий продуктов сгорания в рассматриваемых интервалах температур сводятся в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Энтальпия продуктов сгорания

Поверхность нагрева	Температура после поверхности нагрева	$I^{\circ}_{в}$, кДж/м^3	$I^{\circ}_{г}$, кДж/м^3	$I^{\circ}_{изб}$, кДж/м^3	I, кДж/м^3
1	2	3	4	5	6
Топочная камера $\alpha_т$ = 1,1	2000 1900 1800 1700	32181,7 30422,9 28664,1 26947,2	39209,8 37032,3 34836,6 32675,0	3218,2 3042,3 2866,4 2694,7	42427,0 40074,6 37702,0 35369,7

Конвек-тивный пучок $\alpha_{КП}$ = 1,15	1600	25240,8	30529,9	2524,1	33053,9
	1500	23523,8	28392,6	2352,4	30744,9
	1400	21806,9	26295,4	2180,7	28476,1
	1300	20090,0	23945,2	2009,0	25954,2
	1200	18425,4	22104,9	1842,5	23947,4
	1100	16750,4	20083,5	1675,0	21758,6
	1000	15075,4	18068,9	1507,5	19576,4
	900	13452,7	16069,3	1345,3	17414,5
	800	11871,9	14102,1	1187,2	15289,3
	700	10280,5	12173,6	1542,1	13715,6
	600	8710,2	10298,9	1306,5	11605,5
	500	7181,7	8484,6	1077,3	9561,9
	400	5684,7	6697,2	852,7	7549,9
	300	4229,5	4959,8	634,4	5594,2
	200	2795,2	3271,3	419,3	3690,5
	100	1392,4	1617,3	208,9	1826,1

4.3.4 Тепловой баланс котельного агрегата

При работе котельного агрегата вся поступившая в него теплота Q_p^p расходуется на выработку полезной теплоты Q_1, содержащейся в горячей воде и на покрытие различных тепловых потерь [42]. Тепловой баланс котельного агрегата на единицу рассчитываемого топлива имеет вид 4.42:

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5 \quad (4.42)$$

или в относительных величинах (процентах) – 4.43:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_5 \quad (4.43)$$

где Q_p^p – располагаемая теплота;

Q_1, q_1 – полезная теплота, содержащаяся в горячей воде;

Q_2, q_2 – потери теплоты с уходящими газами;

Q_3, q_3 – потери теплоты от химической неполноты сгорания;

Q_5, q_5 – потери теплоты от наружного охлаждения котельного агрегата.

Располагаемая теплота для газа определится (4.44):

$$Q_p^p = Q_н^c + Q_{в.вн.} \quad (4.44)$$

где $Q_н^c$ – низшая теплота сгорания топлива;

$Q_{в.вн}$ – теплота внесенная в котельный агрегат горячим воздухом.

В нашем случае $Q_н^c$ = 47335,7 кДж/м^3, $Q_{в.вн}$ = 0 кДж/м^3, $Q_р^р$ = 47335,7 кДж/м^3.

Потери теплоты с уходящими газами (4.45):

$$q_2 = \frac{(I_{ух} - \alpha I^{\circ}_{хв}) \cdot 100}{Q_р^р} \quad (4.45)$$

где $I_{ух}$ – энтальпия уходящих газов, при $V_{ух}$=222 ˚С, кДж/м^3; $\alpha_{кп}$ = 1,15;

$I^{\circ}_{хв}$ – энтальпия теоретического объема холодного воздуха (4.46), при $t_{хв}$ = 30 ˚С.

$$I^{\circ}_{ХВ} = 39,8 V^{\circ} \quad (4.46)$$

$$I^{\circ}_{ХВ} = 39,8 \cdot 10,469 = 416,66 \ кДж/м^3$$

$$q_2 = \frac{(3131,18 - 1,15 \cdot 416,66) \cdot 100}{47335,7} = 5,602 \ \%$$

Потеря теплоты от химической неполноты сгорания q_3 = 0% [42].

Потеря теплоты от наружного охлаждения, наблюдаемая и обусловленная передачей теплотой через обмуровку агрегата наружному воздуху определяется по [42] q_5 = 2,8%.

Коэффициент полезного действия котла по выработанной теплоте, называемый КПД брутто (4.47):

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_5) \quad (4.47)$$

$$\eta = 100 - (5,602 + 0 + 2,8) = 91,52 \ \%$$

Полезная мощность котла $Q_к$ (4.48):

$$Q_к = G_к \cdot 4{,}19 \cdot (t_{г.в.} - t_{х.в.}) \qquad (4.48)$$

где $G_к$ – расход горячей воды, кг/с;

$t_{г.в}$, $t_{хв}$ – температура горячей и холодной воды соответственно, ˚С ($t_{г.в}$ = 95 ˚С, $t_{хв}$ = 70 ˚С).

$$Q_к = 20{,}05 \cdot 4{,}19 \cdot (95 - 70) = 2100 \ кВт$$

Расход топлива, подаваемого в топку (4.49):

$$B = \frac{Q_к}{Q_р^р \cdot \eta_к} \qquad (4.49)$$

$$B = \frac{2100}{47335{,}7 \cdot 0{,}9159} = 0{,}048 \ м^3 / с$$

Коэффициент сохранения теплоты (4.50):

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta_к + q_5} \qquad (4.50)$$

$$\varphi = 1 - \frac{2{,}3}{9{,}5 + 2{,}3} = 0{,}92$$

4.3.5 Поверочный расчет топочной камеры

Порядок расчета топочных камер определяет: температуру продуктов сгорания на выходе из топочной камеры, удельные нагрузки топочного объема. При поверочном расчете топки по её тепловым и конструктивным характеристикам определяют температуру газов на выходе из топки ϑ_m”. Поверочный расчет топки котельного агрегата производиться с целью определения параметров, характеризующих тепловые режимы работы топки. Проверяется соответствие температуры продуктов сгорания на выходе из топки условиям эксплуатации.

Результаты расчета сведем в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Поверочный расчет топки котла Ivar Super RAC 1450

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	$м^3$	7,8
Полная поверхность стен топочной камеры	$F_{ст}$	$\pi \cdot d \cdot l$	$м^2$	26
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	$H_л$	по конструктивным характеристикам котла	$м^2$	25,2
Коэффициент загрязнения	ξ	По таблице 5-2 [42]	–	0,65
Коэффициент тепловой эффективности экранов	ψ	$\xi \cdot \frac{H_л}{F_{ст}}$	–	$0,65 \cdot \frac{25,2}{26,0} = 0,63$

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Эффективная толщина излучающего слоя	S	$3,6 \cdot \frac{V_m}{F_{ст}}$	м	$3,6 \cdot \frac{7,8}{26} = 1,08$
Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	по таблице 4.2	–	0,182
Объемная доля трехатомных газов	r_{RO_2}	по таблице 4.2	–	0,24
Суммарная поглощательная способность газов	$P_п \cdot S$	$P \cdot r_п \cdot S$	$м \cdot МПа$	$0,098 \cdot 0,27 \cdot 1,08 = 0,029$
Температура газов на выходе из топки	ϑ''_m	принимается	$°C$	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	I''_m	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	17490,26
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_г$	по номограмме 5-5 [42]		12,5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	$k_{нсв}$	$k_г \cdot r_п$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$12,5 \cdot 0,27 = 3,54$

Сила поглощения потока	kPS	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$3,54 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,37$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [42]	–	0,22
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 сажистыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2-\alpha_m)\left(1,6\frac{T_m''}{1000}-0,5\right)x$ $x\frac{C^p}{H^p}$	–	$0,3(2-1,05) \cdot (1,6 \cdot 1,273 - -0,5) \cdot 2,98 = 1,31$
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_г \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$12,5 \cdot 0,27 + 1,31 = 4,81$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$4,81 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,51$

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	по номограмме 5-4 [42]	–	0,3
Видимое теплонапряжение топочного объема	q_v	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	$\frac{кВт}{м^3}$	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	m	методом интерполяции	–	0,6
Эффективная степень черноты факела	$a_ф$	$m \cdot a_{св} + (1-m) \cdot a_{нсв}$	–	$0,6 \cdot 0,3 + (1-0,6) \cdot \cdot 0,22 = 0,332$
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_ф}{a_ф + (1-a_ф) \cdot \psi}$	–	$\frac{0,332}{0,332 + (1-0,332)} = 0,406$
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	по таблице 4.2	–	1,1

Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_т$	$кДж/м^3$	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	$Q_т$	$Q_р^р \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_в$	$кДж/м^3$	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	$\vartheta_а$	по таблице 4.3	$°C$	1955
Средняя теплоемкость газов	$Vc_{ср}$	$\frac{Q_т - I''_т}{\vartheta_а - \vartheta''_т}$	$\frac{кДж}{м^3 \cdot К}$	$\frac{33750,8 - 17490,26}{1955 - 1000} = 20,28$
Относительное положение максимума температур	$\chi_т$		–	0,5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	M	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_т$	–	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_т$	$\frac{\vartheta_а}{M\left(\frac{5,67\psi_{ср}F_{СТ}a_т\vartheta_а^3}{10^{11}\varphi B_р Vc_{ср}}\right)^{0,6}+1} - 273$	$°C$	961,4

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_т$	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	16742,1
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta''_т$	принимается	$°C$	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I''_т$	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	16742,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_г$	по номограмме 5-5 [42]		10,5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	$k_{нсв}$	$k_г \cdot r_п$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$10,5 \cdot 0,28 = 2,98$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$2,98 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,32$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [42]	–	0,19
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^р}{H^р}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	–	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 + +0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 + +0,4 \cdot 0,1 + +0,42 \cdot 0,4) = 2,98$
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_т$	$\frac{\vartheta_a}{M\left(\frac{5,67\psi_{ср}F_{СТ}a_т\vartheta_a^3}{10^{11}\varphi B_р V c_{ср}}\right)^{0,6}} - 273$	$°C$	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_т$	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	16742,1
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta''_т$	принимается	$°C$	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I''_т$	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	16742,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_г$	по номограмме 5-5 [42]		10,5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся	$k_{нсв}$	$k_г \cdot r_п$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$10,5 \cdot 0,28 = 2,98$

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
трехатомных газов				
Сила поглощения потока	kPS	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$2,98 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,32$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [42]	–	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 сажистыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2-\alpha_m)\left(1,6\frac{T''_m}{1000}-0,5\right)x$ $x\frac{C^p}{H^p}$	–	1,31
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_г \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$10,5 \cdot 0,27 + 1,31 = 4,25$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$4,25 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,45$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	по номограмме 5-4 [42]	–	0,33
Видимое теплонапряжение топочного объема	q_v	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	$\frac{кВт}{м^3}$	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	m	методом интерполяции	–	0,6
Эффективная степень черноты факела	$a_ф$	$m \cdot a_{св} + (1-m) \cdot a_{нсв}$	–	$0,6 \cdot 0,33 + (1-0,6) \cdot \cdot 0,19 = 0,274$
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_ф}{a_ф + (1-a_ф) \cdot \psi}$	–	$\frac{0,274}{0,274 + (1-0,274) \cdot 0,63} = 0,37$
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	по таблице 4.2	–	1,1

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5
Теоретическая температура горения	ϑ_a	по таблице 4.3	°C	1955
Средняя теплоемкость газов	$Vc_{ср}$	$\frac{Q_т - I''_т}{\vartheta_a - \vartheta''_т}$	$\frac{кДж}{м^3 \cdot К}$	$\frac{34750,84 - 16742,1}{1955 - 961,4} = 18,12$
Относительное положение максимума температур	$\chi_т$		–	0,5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	M	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_т$	–	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_т$	по таблице 4.3	°C	968
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_т$	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	16870,02
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_л$	$\varphi \cdot (Q_т - I''_т)$	$кДж/м^3$	$0,988(33750,84 - -16870,02) = 16678,3$
Тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	$q_л$	$B_р \cdot \frac{Q_л}{H_л}$	$кВт/м^3$	72,8

4.3.6 Поверочный расчет конвективного пучка

Поверочный расчет конвективного пучка водогрейного котла Ivar Super RAC 1450 приведен в таблице 4.5 [42].

Таблица 4.5 – Поверочный расчет конвективного пучка

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

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5
дымогарных труб		ным характеристикам котла		
Внутренний диаметр жаровой трубы	d	по конструктивным характеристикам котла	*м*	0,054
Расчетная поверхность нагрева	$H_р$	$n \cdot \pi \cdot d_{âí} \cdot l$	$м^2$	$34 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}054 \cdot 2 = 11{,}53$
Живое сечение для прохода газов	$F_{œ}$	по конструктивным характеристикам котла	$м^2$	0,254
Эффективная толщина излучающего слоя	S_0	по конструктивным характеристикам котла	*м*	1,08
Температура газов перед конвективным пучком	$\vartheta_т$	из расчета топки	°*C*	968
Энтальпия газов перед конвективным пучком	$I_т$	из расчета топки	$кДж/м^3$	16870,02
Температура газов за конвективным пучком	$\vartheta_{кн}$	по характеристикам котла	°*C*	119
Энтальпия газов за конвективным пучком	$I_{кн}$	по таблице 4.3	$кДж/м^3$	1874,03
Тепловосприятие конвективного пучка по балансу	$Q_б$	$\varphi \cdot (I_т - I_{кн})$	$кДж/м^3$	$0{,}988 \cdot (16870{,}02 - 1874{,}03) = 14816{,}04$
Средняя температура газов	$\vartheta_{ср}$	$0{,}5 \cdot (\vartheta^{I} + \vartheta^{II})$	°*C*	$0{,}5 \cdot (968 + 119) = 543{,}5$
Объем газов	$V_г$	по таблице 4.3	$м^3/м^3$	11,47
Средняя температура воды	$t_{ср}$	$\frac{t_в^{'} + t_в^{''}}{2}$	°*C*	$\frac{95+70}{2} = 82{,}5$
Температурный напор на входе в пучок	$t_Б$	$\vartheta_т - t_{ср}$	°*C*	$968 - 82{,}5 = 885{,}5$
Температурный напор на выходе	$t_м$	$\vartheta_{кн} - t_{ср}$	°*C*	$119 - 82{,}5 = 36{,}5$

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5
из пучка				
Средний температурный напор	Δt	$\frac{t_Б + t_М}{\ln \frac{t_Б}{t_М}}$	$°C$	$\frac{885,5+36,5}{\ln \frac{885,5}{36,5}} = 289,13$
Средняя температура газов	$\vartheta_{ср}$	$\Delta t + t_{ср}$	$°C$	$289,13+82,5 = 371,63$
Секундный расход газов	$V_{сек}$	$B_р \cdot V_г \cdot \frac{\vartheta_{ср}+273}{273}$	$м^3/с$	$0,11 \cdot 11,47 \cdot \frac{371,63+273}{273} = 2,98$
Средняя скорость газов в конвективном газоходе	W	$\frac{V_{сек}}{F_г}$	$м/с$	38,4
Объемная доля трехатомных газов	r	по таблице 4.2	–	0,27
Общая поглощательная способность трехатомных газов	$P_n S$	$P \cdot r_n \cdot S$	$м \cdot МПа$	$0,098 \cdot 0,27 \cdot 1,08 = 0,03$
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_г$	по номограмме 5-5 [42]	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	11
Сила поглощения потока	$k_г PS$	$k_г P_n S$	$\frac{1}{м \cdot МПа}$	$11 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 1,16$
Степень черноты продуктов сгорания топлива	a	по номограмме 5-4 [42]	–	0,21
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_л$	по номограмме 6-12 [42]	$\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$	4,1
Коэффициент тепловой эффективности	ψ	по таблице 4.3	–	0,85
Коэффициент теплопередачи	k	$\psi \cdot (\alpha_к + \alpha_л)$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$	3,66
Тепловосприятие конвективного				

Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4	5
пучка по уравнению теплообмена	$Qкп$	$\frac{k \cdot H_р \cdot \Delta t}{B_р \cdot 10^3}$	$кДж/м^3$	$\frac{3,66 \cdot 11,53 \cdot 289,13}{0,11 \cdot 10^3} = 14110,9$
Расхождение расчетных тепловосприятия	ΔQ	$\frac{Q_т - Q_б}{Q_т} \cdot 100\%$	%	$\frac{14816,2 - 14110,9}{14816,2} \cdot 100\% = 4,7$

4.3.7 Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

При тепловом расчете водогрейного котла тепловой баланс составляется для определения КПД брутто и расчетного расхода топлива. Определение КПД по обратному балансу значительно точнее, так как погрешности при измерении потерь тепла меньше, чем при определении расхода топлива.

Для определения правильности выполнения расчетов теплового баланса рассчитывают невязку теплового баланса. В таблице 4.6 приведен расчет невязки теплового баланса водогрейного котла Ivar Super RAC 1450.

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	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_т$	$кДж/м^3$	398,44
Полезное тепловыделение в топке	$Q_т$	$Q_р^р \cdot \frac{100 - q_з}{100} + Q_в$	$кДж/м^3$	33750,84
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_л$	$\varphi \cdot \left(Q_т - I_т^{''}\right)$	$кДж/м^3$	$0,988\left(\begin{matrix}33750,84 - \\ -16870,02\end{matrix}\right) = 16678,25$
Расчетная невязка теплового баланса	ΔQ	$Q_р^р \cdot \eta_{ка} - \left(Q_л + Q_{кн}\right)$	$кДж/м^3$	$33520 \cdot 0,941 - (16678,25 + +14110,9) = 653,2$
Невязка	%	$\frac{\Delta Q}{Q_р^р} 100\%$	–	$\frac{653,2}{33520} \cdot 100 = 1,95$

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

4.4 Выбор вспомогательного оборудования

Помимо основного оборудования котельной, к которому относится непосредственно котельный агрегат, необходимо подобрать ряд вспомогательного оборудования для завершения тепловой схемы котельной. К такому оборудованию относятся горелки газовые, насосное и вентиляционное оборудование и т. д. Его выбор заключается в приведение в соотношение необходимых характеристик к данной котельной по мощности, расходу, подачи, напору и геометрическим размерам.

Горелка газовая Baltur TBG 210 P

Компания «Baltur» специализируется на изготовлении наддувных (вентиляторных) горелок различных модификаций. Универсальность горелок позволяет совмещать их с большинством современных котлов, в том числе, с котлами небольших размеров. Благодаря широкому диапазону мощностей, горелки могут применяться как в бытовых, так и в промышленных условиях. В качестве топлива используется природный или сжиженный газ. Конструкция пламенной головы обеспечивает стабильность газовоздушной смеси. Газовые горелки Baltur имеют компактные размеры, характеризуются надежностью и простотой эксплуатации, низким уровнем шума. Газовые горелки поставляются собранными. Широкий модельный ряд оборудования позволяет сделать оптимальный выбор исходя из тех или иных условий эксплуатации.

В таблице 4.7 приведены основные технические характеристики горелки Baltur TBG 210 P.

Таблица 4.7 – Технические характеристики горелки Baltur TBG 210 P

Наименование параметра	Значение
Мощность минимальная, кВт	400
Мощность максимальная, кВт	2100
Электрическое подключение	3 N AC 50 Гц 400 V
Мощность электродвигателя, кВт	3
Размеры L×P×H, мм	1080×770×700
Вес, кг	94

Для горелок Baltur серии TBG характерны следующие особенности:

– горелка газовая по стандарту CE EN676;

– двухступенчатое регулирование (большое/малое горение);

– работает с камерой сгорания любого типа, по стандарту EN303;

– частичная рециркуляция продуктов горения в сопловой трубе гарантирует пониженные выбросы NOx (класс II);

– поворотное сопло (открывается в обе стороны) не требует демонтажа горелки;

– регулирование положения воздушной заслонки электрическим сервоприводом;

– горелка оборудована устройством перекрытия доступа воздуха в топку;

– степень электрозащищенности IP55;

– крепежный фланец, скользящий вдоль сопла, позволяет найти оптимальное положение сопла в камере сгорания;

– вентилятор специальной конструкции повышенного давления из алюминиевого литья;

– вентилятор приводится в действие 3-фазным электродвигателем;

– звукоизоляционный кожух на стороне забора воздуха обеспечивает оптимальную траекторию воздушного потока и снижает уровень шума на впуске.

– на дисплее в панели управления соответствующими лампочками отображаются рабочие параметры горелки, переключатель старт/стоп и повторного запуска;

– панель управления имеет функцию самодиагностики с поиском неисправностей (по стандарту EN298);

– контроль наличия пламени с помощью электрода ионизации;

– газовая рампа оборудована рабочим клапаном 1-й и 2-й ступени и клапаном безопасности, прессостатом минимального давления, регулятором давления и газовым фильтром. [48]

Насос рециркуляции котла CNP TD 50-60/2

Насосы серии TD – центробежные, одноступенчатые, моноблочные электронасосы, состоящие из стандартного асинхронного электродвигателя и насосной части, соединенных переходным фланцем. Входной и выходной патрубки имеют одинаковые диаметры и расположены на одной линии. Уплотнение по линии вала – торцовое, одинарное, неразгруженное, уплотнение насосной камеры – уплотнительное кольцо, круглого сечения.

Вал насоса жестко соединен с валом электродвигателя при помощи специальной муфты. Конструкция насоса позволяет снять головную часть насоса (двигатель с переходным фланцем, рабочим колесом) без полного демонтажа насоса с трубопровода.

В таблице 4.8 представлены основные технические характеристики насоса CNP TD 50-60/2.

Таблица 4.8 – Технические характеристики насоса CNP TD 50-60/2

Наименование параметра	Значение
Напор, м	60
Потребляемая мощность, кВт	115
Скорость вращения электродвигателя, об./мин	2900
Максимальная температура жидкости, °С	115
Минимальная температура жидкости, °С	-15
Материал корпуса	нержавеющая сталь
Подача, $м^3$/ч	50
Вес, кг	191

Насос системы отопления К 80-50-200

Консольные насосы К 80-50-200 предназначены для перекачивания воды производственно-технического назначения с pH от 6 до 9 (кроме морской) и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности в системах водоснабжения, отопления, циркуляции. Размер твердых включений до 0,2 мм с объемной концентрацией не более 0,1%.

На рисунке 4.1 изображен общий вид насоса К 80-50-200.

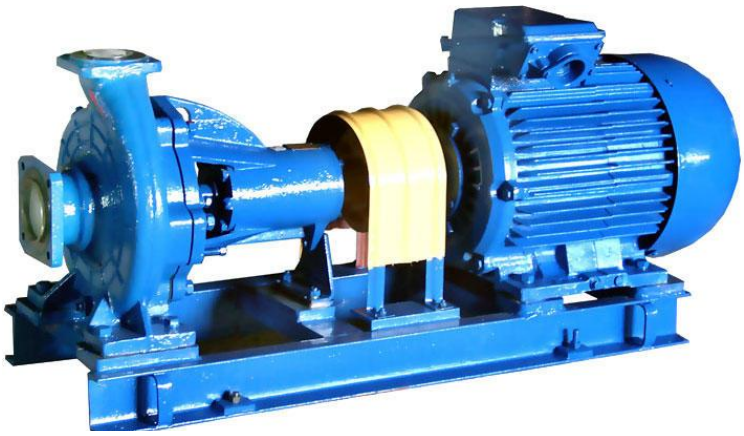

Рисунок 4.1 – Насос К 80-50-200

В таблице 4.9 представлены основные технические характеристики насоса К 80-50-200.

Таблица 4.9 – Технические характеристики насоса К 80-50-200

Наименование параметра	Значение
Напор, м	50
Электродвигатель	АИР 160S2, 15 кВт
Подача, $м^3$/ч	50
Размеры L×P×H, мм	1120×458×455
Вес, кг	56

Насос системы вентиляции Wilo IL 50/170-7,5/2

Для производственных целей используется теплота на нужды вентиляции. Горячая вода подается к водяным калориферам Frico SWH02, которые греют воздух приточной вентиляции. Так как длина системы водоснабжения для системы вентиляции имеет большое значение (762 м) необходимо установить насос.

Циркуляционный насос с сухим ротором Wilo CronoLine IL 50/170-7,5/2 – это современный и надежный промышленный насос. Его применяют в системах отопления и горячего водоснабжения, циркуляции, промышленных установках и технологических процессах.

Насос Wilo IL 50/170-7,5/2 с сухим ротором, фланцевым соединением, классом защиты IP 55, двигатель насоса отделен от рабочей зоны с перекачиваемой жидкостью и надежно защищен торцевым уплотнением.

Насос Wilo IL 50/170-7,5/2 может перекачивать воду в системах отопления температурой от -20^0C до $+140^0$C, охлаждающую или холодную воду, водогликолевую смесь (с долей гликоля 20-40 об. % и температурой перекачиваемой среды $< 40^0$C).

4.5 Внутреннее газоснабжение котельной

Внутреннее газоснабжение котельной осуществляется через ГРУ, установленного в помещении котельной. ГРУ производит снижение (дросселирование) входного давления газа до заданного выходного и поддержание последнего в контролируемой точке газопровода постоянным (в заданных пределах) независимо от изменения входного давления и расхода газа. Кроме того, в ГРУ осуществляются

очистка газа от механических примесей; контроль входного и выходного давления и температуры газа; прекращение подачи газа в случае повышения или понижения давления газа в контролируемой точке газопровода за допустимые пределы; измерение расхода газа.

В котельной ОАО «Хлебпром» предлагается установить ГРУ-05-2У1 (ГРУ-400-01), разработанный на базе РДНК-400М.

Регуляторы давления газа РДНК-400М имеет встроенный отсечной клапан, который срабатывает при аварийном понижении или повышении выходного давления газа. Регулятор настраивается на выходное давление от 2 до 5 кПа, то есть низкое давление газа.

Общий вид ГРУ-05-2У1 представлен на рисунке 4.2.

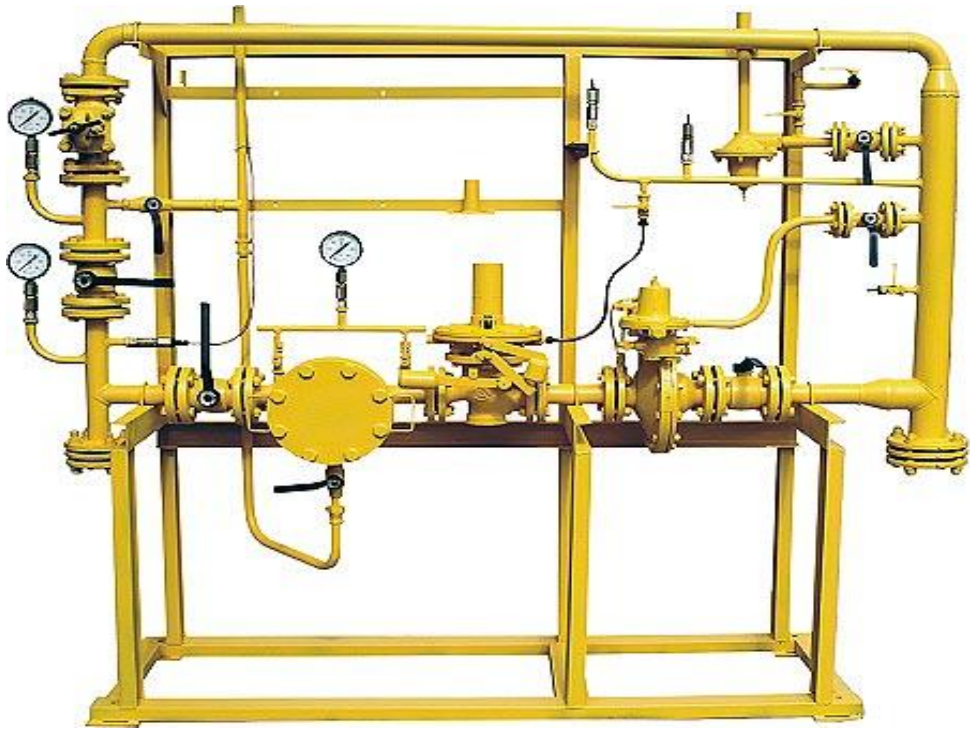

Рисунок 4.2 – Общий вид ГРУ-05-2У1

Перед подачей газа на ГРУ-05-2У1 устанавливается газовый отсечной клапан Seitron EVGNC0LD N080.

Клапан Seitron EVGNC0LDN080 – газовый отсечной электромагнитный нормально-закрытый с ручным взводом предназначен для использования в системах дистанционного управления газогорелочных устройств паровых и водогрейных котлов, теплогенераторов, бытовых отопительных установок и в технологических трубопроводных системах для управления потоком газа в качестве запорнорегулирующего органа и органа безопасности.

После ГРУ-05-2У1 подача газа осуществляется посредством стального газо-

провода. Перед каждым из котлов Ivar Super RAC 1450 устанавливается кран шаровой фланцевый, далее счетчик для технического учета газа на котел и антивибрационная вставка для снижения вибрационного воздействия и компенсации колебаний при подачи газа на горелки.

Для продувки газопроводов перед пуском, а также для сброса газа, просачивающегося через неплотности запорной арматуры, запроектированы продувочные свечи и газопровод безопасности от горелки Baltur TBG 210 P.

Продувочные свечи и газопровод безопасности выведены на 1,0 м выше крыши котельной.

Все газопроводы после монтажа покрыть желтой масляной краской в 2 слоя.

Пуск, останов и эксплуатацию котлов производить в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации котлов, работающих на газообразном топливе.

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Энергосбережение и повышение энергоэффективности экономики сегодня одна из самых животрепещущих проблем. Активное потребление природного топлива (такого как нефть, газ, уголь) крайне отрицательно отражается на экологическом балансе земли. Именно в этом причина изменений климата и повышенной концентрации парниковых газов в атмосфере.

Мероприятия по энергосбережению могут быть разными. Один из самых действенных способов увеличения эффективности использования энергии – применение современных технологий энергосбережения.

Энергосбережение особенно актуально для разного рода механизмов, часто работающих с пониженной нагрузкой: насосов, вентиляторов, конвейеров и т.д. Такие технологии энергосбережения, как использование электроприводов и средств автоматизации, могут быть внедрены в котельной. Энергосбережение предприятий также может быть обеспечено благодаря принятию этих мероприятий [1].

Мероприятия по энергосбережению позволяют решить целый комплекс задач:

– сэкономить большое количество энергоресурсов;

– решить актуальные проблемы котельных;

– увеличить эффективность котельного оборудования и снизить нагрузку на окружающую среду.

Традиционные централизованные системы теплоснабжения на сегодняшний день в городах и регионах нашей страны имеют достаточно высокую степень износа. В большинстве случаев срок эксплуатации оборудования превысил 30 летний порог. Дальнейшее развитие этих систем отстает от роста потребления тепла и требует значительных капитальных долгосрочных вложений (срок окупаемости составляет более 10 лет). Их еще нельзя назвать экономически выгодными. Центральные котельные, обеспечивающие теплом города и поселки, также имеют достаточно солидный возраст. Кроме того, они, как правило, располагаются на значительном расстоянии от центральных тепловых пунктов жилых микрорайонов и кварталов. Нередко протяженность теплотрасс от таких котельных исчисляется километрами. Зачастую мощные котельные строились, на каких либо предприятиях с целью обеспечения теплом, как самого предприятия, так и городских кварталов. В настоящее время на многих предприятиях такого рода процессы производства значительно сокращены, и котельные загружены на 20-30% своей мощности, а природный газ сжигают при этом на все 100%. Да и оборудование на таких котельных устарело уже и морально и физически, обладает очень низким

КПД. Низкий уровень автоматизации старых котельных требует постоянного присутствия сменного персонала. Из-за большой инерционности централизованная система отопления не может чутко реагировать на изменения наружной температуры. Все вышеперечисленное требует больших финансовых расходов, которые ложатся на жителей и на городской бюджет.

Строительство современных автоматических котельных нового поколения на промышленных предприятиях приводит к следующим положительным результатам:

– ликвидации теплотрасс первого контура от старой котельной до ЦТП;

– автоматическая котельная нового поколения обладает КПД до 93%, а также значительно быстрее реагирует на колебания температуры окружающей среды, что приводит к экономии энергоносителей по сравнению с существующим на сегодня расходом в крупных котельных;

– расход электроэнергии котельных нового поколения в пересчете на единицу отпускаемой тепловой энергии по сравнению с существующими котельными значительно сокращается;

– сокращается обслуживающий персонал котельной до минимально необходимого дежурного персонала располагаемого на центральном диспетчерском пункте;

– значительно сокращаются ежегодные расходы на капитальный ремонт.

В данном проекте применяются энергосберегающие технологии. Основным является применение энергосберегающих средств регулирования.

Насосное оборудование потребляет около 60% электроэнергии собственных нужд котельных. Поэтому регулирование их режимных параметров оказывает существенное влияние на мощность и экономичность работы котельных установок.

Необходимо установить преобразователи частоты Allen-Bradley PowerFlex 4M на насосное оборудование.

Характеристики частотных преобразователей Allen-Bradley PowerFlex 4M приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристики Allen-Bradley PowerFlex 4M

Наименование параметра	Значение
1	2
Управление двигателем	вольт-частотное
Номинальные данные	при 200–240В: 0,2 - 7,5 кВт; 1,6 - 33 А

Продолжение таблицы 5.1

1	2
Выходная частота	0 – 400 Гц
Обмен данными	встроенный Modbus RTU (RS 485)
Рабочие температуры	IP20: от –10 до +50°С

Конструкция преобразователей частоты PowerFlex 4M позволяет монтировать их вплотную друг к другу, что обеспечивает оптимальное использование пространства монтажной панели, при этом возможно использование проходного подключения кабелей. Все приводы данной линейки имеют возможность установки на DIN-рейку для быстрого монтажа. Благодаря встроенным логическим функциям и ПИД-регуляторам имеется возможность отказаться от применения дополнительных контроллеров управления.

Применение преобразователя частоты имеет ряд преимуществ:

– регулирование скорости вращения от «0» до номинальной и выше номинальной;

– плавный разгон и торможение;

– ограничение тока на уровне номинального в пусковых, рабочих и аварийных режимах;

– увеличение срока службы механической и электрической частей оборудования;

– высвобождение части оборудования (например, заслонок).

Также необходимо установить теплоизоляцию трубопроводов горячей воды с помощью технической теплоизоляции Energoflex Super в зависимости от диаметра. Устанавливается на трубопроводы при помощи капроновых стяжек с негорючим покрытием.

Energoflex Super – изоляция на базе вспененного полиэтилена путем добавления различных модификаторов и усилителей определенных свойств для трубопроводов, машин и оборудования, работающих в диапазоне температур от – 40 до +100 °С.

Преимущества теплоизоляции Energoflex Super: невысокая плотность (не более 30 кг/м^3); легкий в монтаже и эксплуатации; не пропускает пар; не впитывает воду; не взаимодействует с промышленными газами; не требует внешней защиты.

6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Основными выбросами от котельной, работающей на природном газе являются твердые частицы золы, оксиды серы (SO_2, SO_3), оксиды азота (NO_x). Если сгорание топлива прошло не полностью (а полное сгорание топлива – это только идеальные условия), то в атмосферу выбрасываются такие вредные вещества, как угарный газ (CO), или монооксид – углеводороды CH, и бензапирен $C_{20}H_{12}$. Данный ряд химических соединений оказывают негативное воздействие и на природу, и на человека. Определим концентрацию NO_2 в приземистом слое котельной.

Расчет концентрации загрязняющих веществ. Количество дымовых газов, проходящих через дымовую трубу за единицу времени (6.1):

$$V = B \cdot V_г \left(\frac{T_{ух}}{T} \right) \left(\frac{p}{p_{атм}} \right) \quad (6.1)$$

где B = 0,048 м^3/с – расход топлива;

$V_г$ = 16,56 м^3/м^3 – реальный объем продуктов сгорания;

p = 760 мм.рт.ст, T = 273,15K – нормальные физические условие;

$T_{ух}$ = 222 °C – температура уходящих газов.

$$V = 0,048 \cdot 16,56 \cdot \left(\frac{222 + 273,15}{273,15} \right) \cdot \left(\frac{760}{720} \right) = 1,52 \ м^3 / с$$

Расчет выбросов окислов азота

В топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокиси азота NO_2 за счет окисления NO происходит при низких температурах и требует значительного времени.

Выброс окислов азота, г/с, рассчитывается по NO_2 (6.2):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_н^p \cdot K_{NO_2} (1 - \beta) \quad (6.2)$$

где K_{NO_2} = 0,12 кг/МДж – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на МДж теплоты.

β = 0 – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов окислов азота в результате применяемых технических решений:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 0,048 \cdot 47,3 \cdot 0,12 \cdot (1-0) = 0,27 \ \ г/с$$

Концентрация азота на выходе из дымовой трубы (6.3):

$$C_{NO_2} = \frac{M_{NO_2}}{V} \tag{6.3}$$

$$C_{NO_2} = \frac{0,27}{16,56} = 0,016 \ \ г/м^3$$

Поверочный расчет дымовой трубы

Минимальная высота трубы определяется из условия, что максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое $C_м$ не превосходит максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

Оптимальная средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса: $\omega_{опт}$ = 20 м/с

Диаметр устья источника выброса (6.4):

$$D_{опт} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_i}{\omega_0 \cdot \pi}} \tag{6.4}$$

$$D_{опт} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,56}{20 \cdot 3,14}} = 1,03 \ \ м$$

Внутренний диаметр существующей дымовой трубы 1000 мм. Высота 24 м.

Средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса (6.5):

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_0^2} \tag{6.5}$$

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot 16,56}{3,14 \cdot 1,0^2} = 21,1 \ \ м/с$$

Разность между температурой выбрасываемых газов и средней температурой

воздуха наиболее холодного месяца (6.6):

$$\Delta T = t_{ух} - t_{янв} \tag{6.6}$$

$$\Delta T = 190 - (-15,5) = 205,5 \ ^{\circ}C$$

Вспомогательные величины (6.7):

$$f = \frac{10^3 w_г^2 D_o}{h_1^2 \Delta T} \tag{6.7}$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 10,5^2 \cdot 1,0}{24^2 \cdot 205,5} = 1,17$$

Тогда коэффициенты m (6.8) и υ (6.9):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \tag{6.8}$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,17} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,17}} = 1,18$$

$$v_м = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T / h_1} \tag{6.9}$$

$$v_м = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,12 \cdot 205,5}{24}} = 1,72 м / с$$

Т.к. $0,5 < v_м < 2$, то:

$$n = 0,532v^2_м - 2,13v_м + 3,13 = 1,283;$$

Максимальная концентрация выбросов NO_2 от одного котла (6.10):

$$C_м = \frac{A \cdot M_{NO2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \tag{6.10}$$

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

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

V_1 – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, $м^3/с$;

A=160 – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется климатической зоной;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для газообразных примесей F = 1;

m и n – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой;

η – поправочный коэффициент на рельеф. Если перепад высот в местности размещения источника выбросов не превышает 50 м на 1км или препятствия (откосы, каньоны, горная гряда и т.п.) удалены более чем на 50H, то η = 1.

$$C_м = \frac{160 \cdot 0,27 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1,283}{24^2 \cdot \sqrt[3]{1,12 \cdot 205,5}} = 0,023 \ мг / м^3$$

Максимальная концентрация выбросов NO_2 от трех котлов:

$$C_м = 3 \cdot 0,023 = 0,078 \ мг / м^3$$

Максимальная концентрация выбросов NO_2 не превышает $ПДК_{NO2}$=0,085 мг/$м^3$.

Проведя расчёты, можно сделать вывод, что существующая дымовые трубы удовлетворяет условию $С_м \leq$ ПДК, поэтому замене не подлежит [29].

7 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА

В проекте разработана функциональная схема котельной ОАО «Хлебпром». Схема представлена в графической части проекта.

Надежная, экономичная и безопасная работа котельного агрегата с минимальным числом обслуживающего персонала может осуществляться только при наличии теплового контроля, автоматического регулирования и управления технологическими процессами, средств сигнализации, блокировок и защиты оборудования.

Для автоматизации и теплового контроля применяются серийно выпускаемые приборы и регуляторы. Общими задачами контроля и управления работой котельной являются обеспечение:

– выработки в каждый момент времени необходимого количества теплоты с определенными параметрами;

– экономичности сжигания топлива и сведения потерь теплоты к минимуму;

– рациональности использования электроэнергии для собственных нужд котельной установки;

– надежности и безопасности, то есть установление и сохранение нормальных режимов работы, как котельного агрегата, так и вспомогательного оборудования.

Тепловой контроль заключается в постоянном или периодическом измерении параметров протекающих процессов при помощи соответствующих средств, передаче данных на пульты операторов и при необходимости, регистрировании полученных результатов.

Автоматическое регулирование и управление включает в себя автоматическое поддержание, без участия человека, в течение определенного промежутка времени с требуемой точностью заданных режимов технологического процесса, а также автоматический пуск и остановку различных приводов и двигателей, отдельных узлов механизмов и агрегатов в целом.

Сигнализация предназначена для передачи сигналов, информирующих обслуживающий персонал о состоянии оборудования и отклонении контролируемых параметров от нормы. Сигнализация различается на предупредительную, исполнительную и аварийную.

Защита применяется для предотвращения повреждений оборудования при возникновении аварийных ситуаций. Устройства автоматической защиты прерывают контролируемый процесс или обеспечивают другие меры устранения или предотвращения аварийных ситуаций [40].

Расчетные параметры тепловой схемы в реконструированном варианте для котла Е-1/9 при переводе его с парового режима на водогрейный:

– температура воды на входе в котел поддерживается не ниже 60 °С;

– расход воды в котел устанавливается на уровне 5–8 $м^3$/час;

– значение уставки сигнализации по понижению расхода воды устанавливается на уровне 4,5 $м^3$/час, значение уставки защиты по понижению расхода воды через котел устанавливается на уровне 8,5 $м^3$/час;

– значение уставки сигнализации по повышению температуры воды на выходе из котла устанавливается на уровне 135 °С, значение уставки защиты по повышению температуры на выходе из котла устанавливается на уровне 150°С;

– значение уставки сигнализации по понижению давления воды на выходе из котла устанавливается на уровне 1,0 кгс/$см^2$, значение уставки защиты по понижению давления на выходе из котла устанавливается на уровне 0,6 кгс/$см^2$;

– значения уставок защит и сигнализаций по понижению/повышению давления газа, понижению разрежения в топке котла, понижению давления воздуха перед горелками не меняются;

– давление воды в котле поддерживается в пределах 5–7 кгс/$см^2$;

– значение уставки сигнализации по повышению давления воды на входе в котел устанавливается на уровне 9 кгс/$см^2$, значение уставки защиты по повышению давления на входе в котел устанавливается на уровне 10 кгс/$см^2$.

Котел Ivar Super RAC 1450 оборудован следующими видами защит:

– повышение температуры воды за котлом;
– понижение давления воды за котлом;
– повышение давления воды за котлом;
– понижение расхода воды через котел;
– повышение давление газа;
– понижение давления газа;
– падение давления воздуха перед горелками;
– повышение давления в топке;
– исчезновение напряжения питания КИПиА;
– погасание факела в топке;
– ручной останов котла.

Управление и регулирование технологическим процессом котельной ОАО «Хлебпром» будет производиться при помощи контроллера TAC Xenta 301 французской фирмы «Schneider Electric».

Общий вид контроллера TAC Xenta 301 представлен на рисунке 7.1.

Рисунок 7.1 – Общий вид контроллера TAC Xenta 301

TAC Xenta 301 – это компактные свободно программируемые контроллеры, сертифицированные с 20 встроенными входами и выходами. Количество входов/выходов можно увеличить до 40 с помощью двух модулей расширения. Данные могут быть доступны непосредственно с панели оператора TAC Xenta OP.

Характеристики контроллера TAC Xenta 301 представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Характеристики TAC Xenta 301

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания	24В AC ±20%, 50/60Гц
Потребление энергии	max 5 Вт
Диапазон рабочих температур	-20 … +50 °C
Вес	1,0 кг
Размеры	180×110×75 мм
Продолжительность работы при потери питания	72 ч
Количество цифровых входов	4 шт.
Ток через замкнутые контакты	4 мА
Количество универсальных входов	4 шт.
Входы для датчиков	4 шт.
Цифровые выходы	6 шт.
Аналоговые выходы	2 шт.
Средство коммуникации	TAC Menta, Tac Vista, модем
Класс воспламеняемости	UL 964-V-0

TAC Xenta 301 обладают полным набором функций, необходимых для управления системами вентиляции, кондиционирования и отопления, включая построение графиков, обработку аварийных сообщений и т.п.

TAC Xenta 301 легко программируются и запускаются при помощи графического инструмента программирования TAC Menta.

ТАС Xenta 301 могут также соединяться с центральной системой диспетчеризации ТАС Vista.

Для локального управления к контроллерам подключается панель оператора ТАС Xenta OP с дисплеем и клавиатурой для считывания и изменения параметров.

Панель оператора подключается к контроллеру, монтируется на передней панели щита управления или используется как переносная.

Для управления каждой модулируемой горелкой используется ПИД-регулятор «Овен» ТРМ32 с тремя уставками, переключаемыми на щите.

Промышленный контроллер для регулирования температуры в системах отопления ОВЕН ТРМ32 выпускается в щитовом корпусе типа Щ4 или типа Щ7, степень защиты со стороны лицевой панели IP54.

Общий вид регулятора ОВЕН ТРМ32 представлен на рисунке 7.2.

Рисунок 7.2 – Регулятор ОВЕН ТРМ32

К функциональным возможностям контроллера ОВЕН ТРМ32 можно отнести:

- регулирование температуры в контуре отопления по отопительному графику;
- поддержание постоянной заданной температуры в контуре горячего водоснабжения (ГВС);
- высокая точность поддержания температуры, обеспеченная ПИД-регуляторами;
- защита системы отопления от превышения температуры обратной воды;
- переключение режимов «день/ночь»;
- регистрация данных на ЭВМ по интерфейсу RS-485.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является частью управления промышленной безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

Объектом анализа являются котельная, площадка узла улавливания конденсата и сети газоснабжения.

Необходимость проведения анализа диктуется пожаровзрывоопасностью указанного объекта.

Целью и задачами анализа риска проектируемого объекта является:

– выявление опасностей и количественная оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, имущество и окружающую природную среду;

– обеспечение информацией для разработки инструкций, технологического регламента и планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций.

Таким образом, основная задача анализа риска заключается в том, чтобы предоставить объективную информацию о состоянии промышленного объекта лицам, принимающим решения в отношении безопасности анализируемого объекта.

В котельной ОАО «Хлебпром» планируется установить 2 котла Ivar Super RAC 1450.

В котельной ТЭЦ ОАО «ЧМК», где установлен котельный агрегат, вредными производственными факторами для машиниста котельной установки, являются:

а) физические факторы:

- высокое тепловыделение;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- пониженная влажность (менее 40 %);
- повышенный уровень шума (постоянного);
- вибрация (общая);
- запылённость воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура поверхности оборудования;
- подвижность воздуха;
- недостаточное освещение (естественное и искусственное).

б) биологические факторы отсутствуют;

в) химические факторы отсутствуют;

г) психофизиологические:

- тяжесть труда (динамические и статические нагрузки);

– напряжённость труда (нагрузки на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональные и сенсорные нагрузки).

д) травмоопасные:

– электрический ток;

– вращающиеся механизмы (дымососы и вентиляторы);

– работа на высоте;

– нагретые поверхности.

Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны

Работы производятся в производственном помещении с выделением тепла.

Оптимальными и допустимыми нормами температуры, относительной влажности скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений для оператора котельной установки соответствуют под следующие характеристики (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата оператора.

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

Неблагоприятное освещение

Неблагоприятное освещение возникает вследствие плохой работы осветительных приборов и затененностью оборудования, конструкций.

В выпускной квалификационной работе предусматривается обеспечить достаточным дневным светом помещения котельной, а в ночное время искусственным

освещением. Места, которые по технологическим причинам не обеспечиваются дневным светом, предусмотрено обеспечить электрическим светом.

Помимо рабочего освещения в котельной предусматривается аварийное освещение от источников питания, независимых от общей электроосвещенности котельной. Подлежат обязательному оборудованию 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;
- помещения для баков и деаэраторов;
- насосные помещения.

В таблице 8.2 приведены нормы освещенности в зависимости от места расположения в котельной.

Таблица 8.2 – Требования к освещению

Наименование оборудования и помещения	Освещение,
Измерительные приборы, указатели уровня	50
Фронт котлов; вентиляционное, бункерное и дымососное отделение; приборы автоматики, химводоочистки; приборы управления щитами котлов и топливоподачи	20
Помещения баков, деаэраторов, площадки обслуживания котлов и за котлами	50
Тепловые щиты, пульты управления	200
Коридоры, лестницы	10
Машинный зал	200

Защита от теплового излучения

Котельные агрегаты являются источником избыточных выделений тепла. В целях профилактики тепловых травм, температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его конструкций не должна превышать 45°С.

Для условий поддержания нормальных параметров микроклимата предусмотрена теплоизоляция и обмуровка поверхностей котлов. Это снижает температуру

поверхностей оборудования до предельно допустимой.

В качестве изоляции применена щитовая обмуровка, состоящая из двух слоев:

– минеральной ваты (толщина слоя 40 – 80 мм);

– обшивка из стального листа (толщина слоя 40 мм, коэффициент теплопроводности 100 Вт/(м °С)).

В местах, где невозможно заизолировать поверхности оборудования с температурой выше 45°С, установлено:

– перегородки, исключающие случайный контакт с персоналом;

– таблички и указатели, предупреждают об опасности получения ожога.

Для зашиты обслуживающего персонала от воздействия тепловых излучений (плотностью более 140 Вт/м^2) предусмотрены блочные щиты управления.

Защита от шума

Для теплоэнергетического оборудования характерны следующие шумы: механические, аэродинамические, гидродинамические.

В котельной значительный шум вызывают аэродинамические причины, к ним относиться:

– работа предохранительных клапанов;

– пробивание прокладок фланцевых соединений;

– движение газов в трубах с большой скоростью.

В котельном цехе, с целью снижения уровня шума, проводят следующие мероприятия:

– улучшение режима эксплуатации оборудования;

– центровка и балансировка механизмов;

– наложение шумовой изоляции (шумозащитные кожухи).

При кратковременном пребывании в очень шумном помещении применяют наушники – противоушины или беруши.

Электрический ток

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели насосов и оборудование КИПиА. В таблице 8.3 представлены величины напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц.

Таблица 8.3 – Напряжение прикосновения и токи при аварийных режимах

Продолжительность воздействия, сек	Нормируемая величина	
	Напряжение, В.	Сила тока, мА
0,01-0,08	220	220
0,2	100	100
0,3	70	70
0,4	55	55
0,5	50	50
0,6	40	40
0,7	35	35
0,8	30	30
0,9	27	27

По категории электроопасности помещение котельной относится к помещению с повышенной опасностью, т.к. присутствует токопроводящая пыль, возможно прикосновение к токопроводящим частям и заземленным конструкциям.

Все средства защиты от электрического тока делятся на: активные и пассивные, основные и дополнительные.

Активные полностью исключают поражения электрическим током: защитное зануление, защитное шунтирование, защитное отключение.

Пассивные не устраняют опасность, но снижают риск поражения электрическим током: защитное заземление, применение малых напряжений, двойная изоляция, контроль изоляции, обеспечение недоступности токоведущих частей.

Индивидуальные средства защиты: индивидуальные экранирующие комплекты (костюмы, диэлектрические перчатки, боты, каски), коврики, подставки, электроизмерительные клещи.

Коллективные: оградительные устройства, переносные заземления, плакат и знаки безопасности.

Безопасность технологических процессов

Котлы работают под повышенным давлением; вода и пар имеют высокую температуру. Согласно «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»» паровые котлы с давлением более 0,06 МПа должны быть зарегист-

рированы в местных органах Ростехнадзора по заявлению владельца с предъявлением паспорта, акта об исправности котла, удостоверения о качестве монтажа с указанием изменения проекта, чертежей помещения котельной (план, продольный и поперечный разрезы, справки о соответствии водоподготовки проекту, справки о наличии и характеристики питательных устройств. К котлу прикрепляется регистрационный номер. Котел снабжается арматурой и приборами безопасности (термометры, манометры, предохранительные клапана, водоуказательные приборы). При работе машиниста котла напряженность труда вызвана монотонностью нагрузок.

С целью обеспечения механической прочности оборудования, следует применять трубки с условным диаметром 50 мм, толщиной стенок 3,5 мм (ГОСТ 3262-75 «Трубы оцинкованные»). Если в ходе расчета на прочность данная толщина стенок не соответствует требованиям, применяются усиленные трубки с толщиной стенки 4,5 мм.

Механическая прочность оборудования обеспечивается предварительными испытаниями на прочность, путем проверки качества сварных швов, гидравлических испытаний.

При работе котла возможно коррозионное разрушение элементов котла. Коррозионная стойкость оборудования обеспечивается увеличением коррозионной стойкости конструктивного материала, путем нанесения соответствующего покрытия и удаления кислорода из воды. Для этого ее подвергают деаэрации.

Все трубопроводы имеют в верхних точках воздушники, а в нижних точках и застойных зонах — дренажные устройства, соединенные непосредственно с атмосферой.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала котельной предусмотрены следующие защитные устройства:

- манометр, показывающий давление горячей воды;
- предохранительные клапана для автоматического выпуска избыточной воды из котлов;
- воздушно-указательные приборы для наблюдения за уровнем воды;
- водозапорный вентиль для регулирования расхода воды на котел;
- спускные и продувочные вентили;
- воздушные клапана для удаления воздуха из котла;
- манометр, показывающий давление перегретого пара.

Помещение котельной, согласно должно быть освещено таким образом, чтобы гарантировать возможность правильного и безопасного обслуживания котлов.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять следующие задачи:

– исключать возникновение пожара;

– обеспечивать пожарную безопасность людей;

– обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;

– обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

Пожаровзрывобезопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию пожарно – технических комиссий и т.д.

К техническим мероприятиям относятся, соблюдение противопожарных правил, норм проектирования, при устройстве электропроводов и оборудования, отоп-

ления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Мероприятия режимного характера – это запрещение курения в не установленных местах,производства сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т.д.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» котельная отно-

сится по степени пожарной опасности к категории «Г», по степени огнестойкости является объектом второй степени, класс пожароопасности П-1А [9].

Возможными источниками пожара в котельной является система топливоподачи котла. Агентом в системе топливоподачи котла является природный газ.

Утечки газа могут приводить к общему отравлению организма, вызывать удушье. Кроме того, в определенных концентрациях газовоздушная смесь является взрывоопасной.

Темпреатуры, скорости газов и жидкостей выбраны исходя из требований технологического процесса, в местах соприкосновения металлических частей электрических машин с фундаментом установлены диэлектрические прокладки.

Изоляцию токоведущих частей выбирают с повышеннной стойкостью против сырости и химических взаимодействий. Вращающиеся части, которые могут вызвать искрение при случайном задевании за другие части, изготавливают из цветного металла, либо защищают взрывопроницаемой оболочкой.

Включатели, нормально искрящие по условиям работы, удаляют от мест скопления горючих материалов или выносят за пределы помещений. Силовое электрооборудование, приборы, аппараты и прводки защищают от химических воздействий, а также сырости. Приборы выбирают в пыленепроницаемом исполнении, электропроводки выполняются защищенными проводами типа ВРГ или СРГ в трубах.

Газопроводы оборудуют водяными затворами или пламяпреградителями для защиты от попадания взрывной волны или пламени со стороны сети потребления, а также от проникновения кислорода.

Помещения котельной построено таким образом, чтобы ограничить распространение огня во время взрыва или пожара и уменьшить их разрушительные последствия. Для этого устанавливают прочные массивные стены из несгораемых материалов в тех направлениях, в которых взрыв или пожар приведет к наиболее разрушительным последствиям.

Важную роль в пожарной безопасности помещения котельной имеют эвакуационные и аварийные выходы. Выходы являются эвакуационными, если они ведут:

а) из помещений первого этажа наружу: непосредственно; через коридор; через лестничную клетку; через коридор и лестничную клетку;

б) из помещений любого этажа, кроме первого: непосредственно в лестничную клетку; в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку или на лестницу; в холл (фойе), имеющий выход непосредственно в лестничную клетку;

в) в соседнее помещение на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными в а и б.

Выходы не являются эвакуационными, если в их проемах установлены раздвижные и подъемно-опускные двери и ворота, ворота для железнодорожного подвижного состава, вращающиеся двери и турникеты.

В котельной имеется два эвакуационных выхода, которые располагаются рассредоточено. Каждый из выходов обеспечивает безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании. Двери эвакуационных выходов и другие двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания и не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открыванию изнутри без ключа.

Выходы, не отвечающие требованиям, предъявляемым к эвакуационным выходам, рассматриваются как аварийные и предусматриваются для повышения безопасности людей при пожаре. Аварийные выходы не учитываются при эвакуации в случае пожара. К аварийным выходам относятся:

а) выход на открытый балкон или лоджию с глухим простенком не менее 1,2 м от торца балкона (лоджии) до оконного проема (остекленной двери) или не менее 1,6 м между остекленными проемами, выходящими на балкон (лоджию);

б) выход на открытый переход шириной не менее 0,6 м, ведущий в смежную секцию здания класса Ф1.3 или в смежный пожарный отсек через воздушную зону;

в) выход на балкон или лоджию, оборудованные наружной лестницей, поэтажно соединяющей балконы или лоджии;

г) выход непосредственно наружу из помещений с отметкой чистого пола не ниже -4,5 м и не выше + 5,0 м через окно или дверь с размерами не менее 0,75х1,5 м, а также через люк размерами не менее 0,6х0,8 м; при этом выход через приямок должен быть оборудован лестницей в приямке, а выход через люк лестницей в помещении; уклон этих лестниц не нормируется;

д) выход на кровлю здания I, II и III степеней огнестойкости классов С0 и С1 через окно, дверь или люк с размерами и лестницей по «г».

В качестве аварийных выходов в данной котельной будем считать выходы через окна.

Применение сигнальных цветов и знаков пожарной безопасности обязательно для организаций независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности на всей территории Российской Федерации. В качестве сигнальных цветов используются красный, желтый, синий и зеленый, для усиления зрительного восприятия которых должны применяться контрастные цвета - черный и белый.

Красный сигнальный цвет применяют для: обозначения различных видов пожарной техники и ее элементов; обозначения знаков пожарной безопасности, содержащих информацию о месте нахождения средств пожаротушения, спасания людей при пожаре, включения установок (систем) пожарной автоматики и т.п., а также мест нахождения водоисточников; окантовки пожарных щитов белого цвета, нанесенного непосредственно на вертикальную конструкцию (стену) с устройствами для крепления пожарного инвентаря, обозначения участков (зон), которые запрещается чем-либо загромождать. Обозначение выполняется окантовкой границ таких участков (зон) или заполнением соответствующих площадей этих участков (зон) наклонными под углом 45-60° полосами красного сигнального цвета шириной от 50 до 200 мм.

Для тушения пожара предусмотрены следующие системы:

– система водяного пожаротушения закольцованная по цеху (пожарные гидранты);

– местные пожарные щиты, укомплектованные пожарным инвентарем (лопаты, ведра);

– углекислотные огнетушители для тушения возгорания электрооборудования.

Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся:

– конструктивные и объемно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению, между помещениями, между группами помещений различной функциональной пожарной опасности, между этажами и секциями, между пожарными отсеками, а также между зданиями;

– ограничение пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкций здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;

– снижение технологической взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий;

– наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;

– сигнализация и оповещение о пожаре.

Специальные огнезащитные покрытия и пропитки, нанесенные на открытую поверхность конструкций, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к отделке конструкций. В технической документации на эти покрытия и пропитки

должна быть указана периодичность их замены или восстановления в зависимости от условий эксплуатации. Для увеличения пределов огнестойкости или снижения классов пожарной опасности конструкций не допускается применение специальных огнезащитных покрытий и пропиток в местах, исключающих возможность их периодической замены или восстановления.

9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Основной целью экономической части является определение экономической эффективности капиталовложений в проект.

Основные задачи включают технико-экономическое обоснование разработки студента, проведение анализа уже существующих аналогичных разработок, определение экономического эффекта от ее использования.

9.1 Технико-экономический расчет

Исходными данными для работы служат результаты, полученные при расчете тепловых нагрузок. Суммарная тепловая мощность при максимально-зимнем режиме: ΣQ=2,077 МВт.

9.1.1 Расчет капитальных затрат на реконструкцию котельной ОАО «Хлебпром»

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту завода-изготовителя и сведена в таблицу 9.1 [48 – 52].

Таблица 9.1 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
1	2	3	4	5	6
Котел Ivar Super RAC 1450	1	833,00	250,00	833,00	250,00
Горелка Baltur TBG 210 P	1	310,00	95,00	310,00	95,00
Насос CNP TD 50-60/2	2	81,00	25,00	162,00	50,00
Насос К 80-50-200	3	55,00	17,00	165,00	51,00
Насос Wilo IL 50/170-7.5/2	2	374,00	112,00	748,00	224,00
Насос CNP TD 80-	1	40,00	12,00	40,00	12,00

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3	4	5	6
13/2					
Насосная станция Grundfos JP Basic 3PT	2	15,00	5,00	30,00	10,00
Теплообменный аппарат Energy E6-60	1	77,00	23,00	77,00	23,00
Комплект ХВО Etatron	1	145,00	44,00	145,00	44,00
ГРУ-05-2У	1	38,00	11,00	38,00	11,00
Комплект газового оборудования	1	150,00	50,00	150,00	50,00
Комплект автоматики	1	300,00	100,00	300,00	100,00
Контроллер Xenta X301	1	89,00	27,00	89,00	27,00
Контроллер Овен ТРМ32	1	11,00	3,00	11,00	3,00
Комплект трубопроводной арматуры	1	200,00	60,00	200,00	60,00
ИТОГО:		–	–	4441,00	1355,00

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования (9.1):

$$K_д = 0,05 \cdot K_1 \qquad (9.1)$$

где K_1 – итоговая стоимость оборудования, тыс. руб.;

0,05 – расходы на грузовые перевозки 5 % (по данным ООО «Автотрейдтнг»).

$$K_д = 0,05 \cdot 4441,00 = 222,1 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 950,00 тыс. руб. (по данным ООО «Ко-

тельные установки и электростанции»).

Общие капитальные вложения в реконструкцию котельной (9.2):

$$К = К_1 + К_м + К_д + К_{пр} + К_{дем} \quad (9.2)$$

где $К_1$ – итоговая стоимость оборудования, тыс. руб.;

$К_м$ – итоговая стоимость монтажных работ, тыс. руб.;

$К_д$ – транспортные расходы на доставку и складирование оборудования, тыс. руб.;

$К_{пр}$ – стоимость проектных работ, тыс. руб.;

$К_{дем}$ – итоговая стоимость демонтажных работ, тыс. руб., $К_{дем}$ = 170,00 тыс. руб. (по прейскуранту цен ООО «Котельные установки и электростанции).

$$К = 4441,00 + 1355,00 + 222,1 + 950,00 + 170,00 = 7138,1 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость металлолома демонтированного оборудования (9.3):

$$К_л = S \cdot M \quad (9.3)$$

где S – цена металлолома, тыс. руб., S=9,7 тыс. руб./т (по данным ООО «Лом74»);

M – масса демонтированного оборудования, т, M=12,7 т (по паспортным характеристикам оборудования).

$$К_л = 9,7 \cdot 12,7 = 123,2 \text{ тыс.руб.}$$

Итоговая стоимость затрат на реализацию реконструкции (9.4):

$$К_И = К - К_л \quad (9.4)$$

где К – общие капитальные вложения в реконструкцию котельной, тыс. руб.;

$К_л$ – стоимость металлолома демонтированного оборудования, тыс. руб.

$$К_И = 7138,1 - 123,2 = 7014,9 \text{ тыс.руб.}$$

9.1.2 Расчет текущих затрат обслуживания котельной ОАО «Хлебпром»

Для определения некоторых статей текущих расходов необходимо знать стоимость оборудования все котельной с учетом реконструкции. Стоимость оборудования с учетом вновь установленного и оставленного определяется по формуле 9.5:

$$К_{общ} = К_1 + К_2 \quad (9.5)$$

где $К_1$ – итоговая стоимость оборудования, тыс. руб.;

$К_2$ – балансовая стоимость недемонтированного оборудования котельной, $К_2$ = 2047,00 тыс. руб. (по данным бухгалтерии ОАО «Хлебпром»).

$$К_{общ} = 4441,00 + 2047,00 = 6484,00 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые затраты на природный газ при котлах Е-1,9 (2 шт.) и Ivar Super RAC 1450 (1 шт.) (9.6):

$$И_Т = Ц_Т \cdot В_{год} \quad (9.6)$$

где $Ц_т$ – тариф на природный газ, руб./м^3 ($Ц_т$ = 3,1 руб./м^3 – по данным ОАО «Новатек-Челябинск»);

$В_{год}$ – годовой расход газа, млн.м^3/год.

$$И_Т = \frac{3,1 \cdot 1,37 \cdot 10^6}{1000} = 5869,3 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовой фонд основной и дополнительной зарплаты всех категорий персонала котельной составит 2427 тыс. руб./год (по данным бухгалтерии ОАО «Хлебпром»).

Отчисления на социальные нужды (9.7):

$$И_{соц} = Н_С \cdot годовой\ фонд \quad (9.7)$$

где $Н_С$ – процент отчислений на социальные нужды, % (34%).

$$И_{соц} = 0,34 \cdot 2427 = 825,2 \text{ тыс.руб./год}$$

Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт (9.8):

$$И_{э} = 0,01 \cdot С + 0,1 \cdot К_{общ} \quad (9.8)$$

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

0,1 – 10% на амортизацию энергооборудования;

$К_{общ}$ – общая стоимость оборудования всей котельной, тыс.руб.

$$И_{э} = 0,01 \cdot 6484,00 + 0,1 \cdot 6484,00 = 713,2 \text{ тыс.руб./год}$$

Цеховые расходы, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений (9.9):

$$И_{р} = 0,0025 \cdot К_{общ} \quad (9.9)$$

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

$К_{общ}$ – общая стоимость оборудования всей котельной, тыс.руб.

$$И_{р} = 0,0025 \cdot 6484,0 = 162 \text{ тыс.руб./год}$$

Прочие производственные расходы (9.10):

$$И_{пр} = 0,1 \cdot \Sigma И_{з} \quad (9.10)$$

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

$\Sigma И_{з}$ – сумма зарплат всех категорий персонала, тыс.руб./год.

$$И_{пр} = 0,1 \cdot 2427 = 242,7 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма всех затрат (9.10):

$$И_{\Sigma} = \Sigma И_{i} = И_{т} + И_{з} + И_{соц} + И_{э} + И_{р} + И_{пр} \quad (9.10)$$

где $\Sigma И_i$ – сумма всех затрат, тыс.руб./год;

$$И_{\Sigma} = 5869,3 + 2427 + 825,5 + 713,2 + 162 + 242,7 = 10239,7 \text{ тыс.руб./год}$$

Себестоимость 1 МВт тепловой энергии (9.11):

$$C_{тэ} = \frac{\Sigma И_i}{Q} \quad (9.11)$$

где Q – годовое производство тепла, МВт/год (Q=17133,1 МВт/год – по расчетам главы 4);

$$C_{тэ} = \frac{10239,7}{211,4} = 471,6 \text{ руб./МВт}$$

Сводная таблица результатов расчетов калькуляции текущих затрат на энергетическое обслуживание котельной ОАО «Хлебпром» с учётом реконструкции представлена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Сводная таблица результатов расчетов калькуляции текущих затрат на энергетическое обслуживание котельной с учетом реконструкции

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1. Годовые затраты на природный газ	тыс.руб./год	5869,3
2. Основная и дополнительная зарплата всех категорий персонала	тыс.руб./год	2427,0
3. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб./год	825,5
4. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт, амортизацию оборудования	тыс.руб./год	713,2
5. Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений	тыс.руб./год	162,0
6. Прочие производственные расходы	тыс.руб./год	242,7

Продолжение таблицы 9.2

1	2	3
7. Итого затрат	тыс.руб./год	10239,7
8. Годовое производство тепла	МВт/год	211,4
9. Себестоимость 1 МВт тепловой энергии	руб./МВт	471,6

Проведем расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание котельной до реконструкции.

Годовые затраты на природный газ при котлах Е-1/9 (2 шт.):

$$И_Т = \frac{3{,}1 \cdot 5{,}2 \cdot 10^6}{1000} = 7750 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма всех затрат:

$$И_\Sigma = 7750 + 1635{,}4 + 452{,}2 + 1741{,}4 + 696{,}7 + 163{,}5 = 12439{,}5 \text{ тыс.руб./год}$$

Себестоимость 1 МВт тепловой энергии:

$$C_{тэ} = \frac{12439{,}5}{187{,}2} = 664{,}5 \text{ руб./МВт}$$

Сводная таблица результатов расчетов калькуляции текущих затрат на энергетическое обслуживание котельной ОАО «Хлебпром» до реконструкции представлена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание котельной до реконструкции

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1. Годовые затраты на природный газ	тыс.руб./год	7750,0
2. Основная и дополнительная зарплата всех категорий персонала	тыс.руб./год	1635,4

Продолжение таблицы 9.3

1	2	3
3. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб./год	425,2
4. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт, амортизацию оборудования	тыс.руб./год	1741,4
5. Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений	тыс.руб./год	696,7
6. Прочие производственные расходы	тыс.руб./год	163,5
7. Итого затрат	тыс.руб./год	12439,5
8. Годовое производство тепла	МВт/год	187,2
9. Себестоимость 1 МВт тепловой энергии	руб./МВт	664,5

9.1.3 Расчет экономической эффективности проекта

Экономия текущих затрат составит (9.12):

$$\Delta C = C_2 - C_1, \qquad (9.12)$$

где C_1 – общая сумма затрат на обслуживание котельной после проведения реконструкции;

C_2 – общая сумма затрат на обслуживание котельной до реконструкции.

$$\Delta C = 12439,5 - 10239,7 = 2199,8 \text{ тыс. руб./год}$$

Экономическая эффективность принятых технических решений может быть определена таким показателем, как срок окупаемости. Для определения срока окупаемости проекта реконструкции используют формулу 9.13:

$$T = \frac{K_И}{\Delta C} \qquad (9.13)$$

где $К_и$ – капитальные затраты ($К_и$ = 7014,9 тыс. руб. – по формуле 9.4);

ΔC – экономия текущих затрат, тыс. руб./год.

$$T = \frac{7014,9}{2199,8} = 3,2 \text{ года}$$

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).

9.2 SWOT-анализ для реализации проекта реконструкции

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

1. Сильные стороны (Strengths) – преимущества предприятия (проекта);
2. Слабые стороны (Weaknesses) – недостатки предприятия (проекта);
3. Возможности (Opportunities) – факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества предприятия на рынке;
4. Угрозы (Threats) – факторы, которые могут потенциально ухудшить положение предприятия на рынке.

Так как дипломный проект посвящен реконструкции котельной ОАО «Хлебпром», то производится SWOT-анализ для двух вариантов. «Котельноя без реконструкции» представлена в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Котельная без проведения реконструкции

Strengths:	Weaknesses:
1) Подведены все коммуникации; 2) Опытный обслуживающий персонал;	1) Значительно большая опасность утечки природного газа и как следствие, возможность взрыва; 2) Отсутствие необходимой тепловой мощности; 3) Возможность отказа старого оборудования;
Opportunities:	Threats:
1) Появление новых потребителей тепловой энергии;	1) Рост цен на топливо;

Для варианта «Котельная с реконструкцией» – в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Котельная с проведением реконструкции

Strengths:	Weaknesses:
1) Меньший удельный расход топлива. 2) Повышение уровня автоматизации технологического процесса; 3) Увеличение межремонтного периода;	1) Поиск новых поставщиков оборудования; 2) Затраты на реконструкцию котельной; 3) Затраты на разработку проекта;
Opportunities:	Threats:
1) Появление новых потребителей тепловой энергии; 2) Существование новых технологий в сфере АСУ ТП.	1) Задержки с поставкой нового оборудования и материалов; 2) Рост цен на топливо;

Проведя SWOT – анализ котельной ОАО «Хлебпром» до реконструкции и после ее проведения, можно сделать вывод: котельная с проведением реконструкции является более целесообразным вариантом по наличию благоприятных возможностей, сильных и слабых сторон предприятия, определяющих пути его развития.

9.3 Планирование целей предприятия и проекта

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую подчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. При построении дерева целей используются такие их свойства, как соподчиненность, развертываемость и соотносительная важность.

Соподчиненность целей обусловливается иерархическим построением производственных систем, а также наличием иерархии по времени и важности (значимости). Цели производственных подразделений определяются целями предприятия.

Развертываемость состоит в том, что каждая цель данного уровня делится на подцели более низкого уровня. Например, цели промышленного предприятия развертываются в цели цехов и других подразделений, цели цеха — в цели участков.

Соотносительная важность целей заключается в том, что цели одного и того же уровня имеют различное значение для достижения цели более высокого уровня.

Построение дерева целей начинается с формирования главной цели. Каждую цель более высокого уровня можно представить как самостоятельную систему, включающую в себя цели более низкого уровня (подцели) как ее элементы. Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не расчленяются и дают конечные результаты, определенные главной целью.

На рисунке 9.1 изображено дерево целей проекта реконструкции котельной ОАО «Хлебпром».

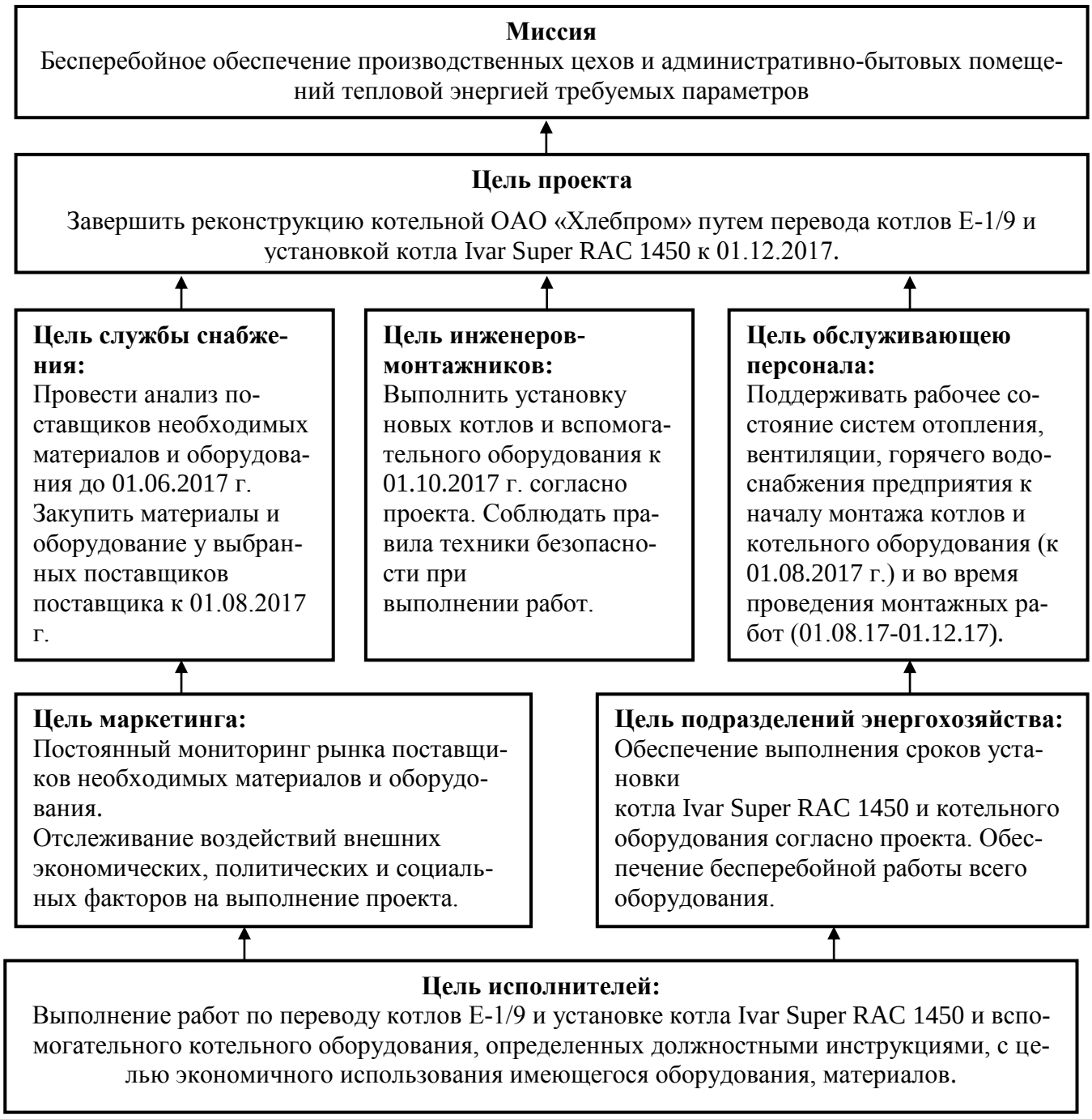

Рисунок 9.1 – Дерево целей проекта реконструкции котельной

9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

Небольшой комплекс работ может быть показан в виде ленточного графика по этапам проектных работ. График отражает примерное распределение процессов во времени и их логическую последовательность, должен быть скорректирован и дополнен при детальной проработке проекта изменений.

График Ганта позволяет:

– визуально оценить последовательность задач, их относительную длительность и протяженность проекта в целом;

– сравнить планируемый и реальный ход выполнения задач;

– детально проанализировать реальный ход выполнения задач; на графике отображаются интервалы времени, в течение которых задача: выполнялась, была приостановлена, возвращалась на доработку и т.д.

График отображен в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – График Ганта

Этапы работы	Исполнитель	Продолжительность этапов с 01.05.2017 по 01.12.2017																											
		май				июнь				июль				август				сентябрь				октябрь				ноябрь				декабрь			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Оценка и обследование основного оборудования	Инженер-теплотехник																																
Оценка вспомогательного оборудования	Мастер																																
Составление сметы строительно-монтажных работ	Инженер-проектировщик																																
Согласование проекта	Главный энергетик																																
Подбор оборудования и заключение договоров на поставку	Менеджер по снабжению																																
Доставка нового оборудования в котельную	Логист																																
Демонтаж старого основного и вспомогательного оборудования	Монтажники																																
Монтаж оборудования	Монтажники																																
Установка вспомогательного оборудования котельной	Монтажники																																
Испытания нового оборудования	Инженер-теплотехник																																
Запуск оборудования и набор необходимой мощности	Оперативный персонал																																

9.5 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов

Данное поле характеризует организационную надежность состояния предприятия, устойчивость и направленность его развития. Для реализации проекта необходимо оценить влияние различных факторов на достижение цели проекта.

На схеме поля сил изменений системы представляется соотношений влияний движущих сил реализации целей и сдерживающих сил. Поле сил показано на рисунке 9.2.

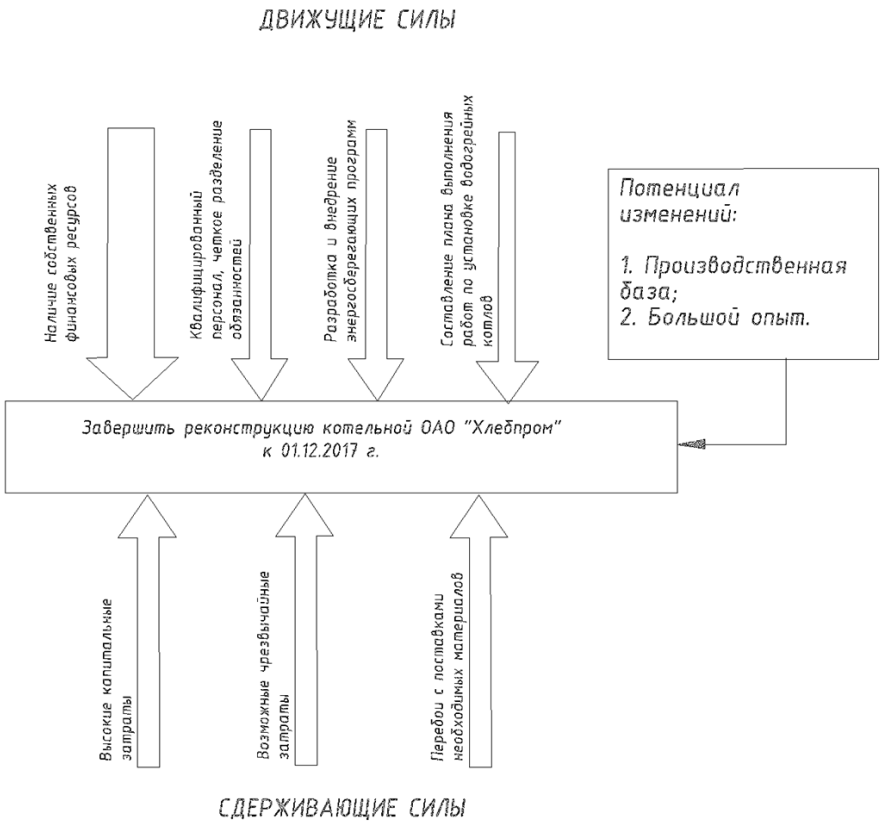

Рисунок 9.2 – Поле сил изменений системы

На реализацию проекта реконструкции котельной ОАО «Хлебпром» действуют следующие силы:

- Движущие:

1. Наличие собственных финансовых ресурсов.
2. Квалифицированный персонал, четкое разделение обязанностей.
3. Разработка и внедрение энергосберегающих программ при производстве работ.
4. Составление плана выполнения работ по установке водогрейных котлов Ivar Super RAC 1450 и вспомогательного котельного оборудования.

- Сдерживающие:

1. Высокие капитальные затраты.

2. Возможные чрезвычайные ситуации.

3. Перебои с поставками необходимых материалов.

К сильным движущим силам можно отнести наличие собственных финансовых ресурсов. Данные ресурсы поступают от производства продукции. Руководство предприятия заинтересовано в получении еще большей прибыли от продаж, а реконструкцию котельной дает возможность это реализовать.

Квлифицированный персонал и внедрение энергосберегающих программ относятся к средним по влиянию движущим силам, так как данная котельная работает долгое время и сформирована четкая структура работы персонала.

Составление плана выполнения работ – это слабая сила, но она дает сткое понимание процесса реконструкции.

Высокие капитальные затраты относится к сильной сдерживающей силе, но по расчетам главы 9.1 мы получили срок окупаемости этих затрат 3,1 года.

Возможные чрезвычайные ситуации и перебои с поставками необходимых материалов – равнозначные слабые сдерживающие силы, они могут повлиять только в 50% случаях.

Согласно предложенной схеме поля сил движущие силы в совокупности с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими. Это значит, что проект может быть реализован, а после проведения реконструкции снизится себестоимость готовой продукции (тепловой энергии) за счет уменьшения текущих затрат на топливо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был предложен проект реконструкции котельной ОАО «Хлебпром» Было принято решение перевода котлов Е-1/9 с парового на водогрейный режим в связи с отсутствием необходимости использования пара, а также установки одного котлов Ivar Super RAC 1450 и вспомогательного оборудования в связи с увеличением мощности.

Был произведен расчет тепловых нагрузок, тепловой схемы котельной и тепловой расчет котла.

При выборе основного газового оборудования для перевода котельной на водогрейный режим, мною рассматривалось оборудование российских и зарубежных фирм.

В разделе экологии были рассмотрены вопросы защиты окружающей среды и выполнен поверочный расчет дымовой трубы.

Также в выпускной квалификационной работе были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала и приведено краткое описание схемы автоматики.

В разделе экономики был произведен технико-экономический расчет работы котельной, определена себестоимость 1 МВт тепла, выполнены структурные схемы по реализации проекта реконструкции котельной.

Работа показала, что реконструкция котельной ОАО «Хлебпром» необходим для производственного процесса предприятия в целом, экономически эффективен и экологически.

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 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: Государственный стандарт СССР, 1996. – 13 с.;

7 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. М.: Государственный стандарт СССР, 1991. – 8 с.;

8 ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Государственный стандарт СССР, 1981. – 21 с.;

9 ГОСТ 12.1.038-82* ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». М.: Издательство стандартов, 2001. – 32 с.

10 ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М: Издательство стандартов, 2015. – 44 с.;

11 ГОСТ 31532-2012. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. М.: Госстандарт России, 2012. – 64 с.;

12 ГОСТ 31607-2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.;

13 СН 423-71. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. М.: Минрегион России, 2013. – 37 с.;

14 СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проекти-

рования. М.: Минрегион России, 2012. – 75 с.;

15 СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012. – 31 с.;

16 СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.;

17 СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М.: Минрегион России, 2012. – 43 с.;

18 СП 89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012. – 38 с.;

19 Стандарт НП АВОК 1.05.2012. Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха и теплоснабжения. М.: Москва, АВОК-пресс, 2012. – 24 с.;

20 СТО 024947335.4-02-2006. Стандарт организации. Расчет тепловых схем котельных. М.: СантехНИИпроект, 2006. – 84 с.;

21 СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 57 с.;

22 МДК 4-03.2001. Методика определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. М.: Госстрой России, 2004. – 51 с.;

23 МДК 4-05.2004. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения. М.: Госстрой России, 2004. – 48 с.;

24 Алабугин, А.А. Производственный менеджмент в энергетике предприятия: учебное пособие / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 1998. – 69 с.;

25 Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник / А.А. Александров, Б.А. Григорьев. М.: Издательство МЭИ, 2004. – 98 с.;

26 Артунян, А.А. Основы энергосбережения / А.А. Артунян. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 600 с.;

27 Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.И. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 248 с.

28 Бухмиров, В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В.В. Бухмиров, Н.Н. Нурахов, П.Г. Косарев. – М.: Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», 2014. – 96 с.;

29 Грибанов, А.И. Расчёт дымовой трубы / А.И. Грибанов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 22 с.;

30 Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов / Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А. Хаванов. – М.: Бастет, 2010. – 624 с.;

31 Зайцев, Н.Л. Экономика, организация и управление предприятием: учебное пособие / Н.Л. Зайцев. – М.: Инфра-М, 2008. – 455 с.;

32 Камфер, Г.М. Теплотехника: учебник для вузов / Г.М. Камфер, М.Г. Шатров, К.А.Морозов. – М.: Высшая школа, 2009. – 671 с.;

33 Кириллов, В.В. Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / В.В. Кириллов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. – 67 с.;

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

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

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

37 Лумми, А.П. Расчет водогрейного котла / А.П. Лумми, В.А. Мунц. – Екатеринбург: Издательство ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. – 41 с.;

38 Манюк, В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / В.И. Манюк, Каплинский Я.И., Хиж Э.Б. – М.: Либроком, 2009 г. – 432с.;

39 Палей, Е.Л. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании котельных / Е.Л. Палей. – СПб.: Питер, 2014. – 144 с.;

40 Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.;

41 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды / П.В. Росляков. – М.: Издательство МЭИ, 2007. – 336 с.;

42 Сидельковский, Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, Ю.Б. Юренв. – Издательство Бастет, 2009. – 528 с.;

43 Соколов, Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой мощности / Б.А. Соколов. – М.: Academia, 2008, – 64 с.;

44 Соколов, Б.А. Устройство и эксплуатация оборудования котельных, работающих на твердом топливе: учебное пособие / Б.А. Соколов. – М.: Academia, 2010. – 288 с.;

45 Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 472 с.;

46 Трухний, А.Д. Основы современной энергетики / А.Д. Трухний. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 472 с.;

47 Фокин, В.М. Энергосбережение в производственных и отопительных котельных / В.М. Фокин. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.;

48 Официальный сайт Baltur – http://www.baltur.su/

49 Официальный сайт Bosh – http://www.bosch.ru/ru/ru/startpage_1/country-landingpage.php;

50 Официальный сайт Grundfos – http://ru.grundfos.com;

51 Официальный сайт Ivar – http://ivar-industry.ru;

52 Официальный сайт Wilo – http://www.wilo.ru/glavnaja-stranica/#.WTYKyF9SDGg;

53 Официальный сайт ОАО «Хлебпром» – http://www.hlebprom.ru;