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,
энергетик вельц-цеха ПАО «Челябинский цинковый завод»
_____ К.П. Галкин
«13» 06 2017 г.

ПАО «ЧЦЗ»
ВЕЛЬЦ-ЦЕХ

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики,
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
«12» 06 2017 г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЭР В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЛА КУ 13/1,7-40-850

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.276.14 ПЗ ВКР

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

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ Т.Б. Жиргалова
«09» 06 2017 г.

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

Автор работы
студент группы ПЗ–579
_____ Р.Р. Шагалеев
«01» июня 2017 г.

Челябинск 2017.

АННОТАЦИЯ

Шагалеев Р.Р. Повышение энергоэффективности использования ВЭР в результате реконструкции котла КУ 13/1,7-40-850. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ; 2017, 85 с., 5 ил., библиографический список – 42 наименования, 1 прил., 5 листов чертежей ф. А1, 1 плакат ф. А1

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена возможность установки экономайзерных блоков воздухоподогревателя в переходном газоходе производственных цехов.

Котел утилизатор КУ 13/1,7-40-850 предназначен для охлаждения уходящих дымовых газов от трубчатой Вельц печи. Одним из недостатков является не полное охлаждение дымовых газов, что неблагоприятно влияет на рукавные фильтры, которые установлены за КУ.

Анализ энергетической системы ПАО «ЧЦЗ» показал, что отходящие от вельц-печи газы используются в котлах-утилизаторах неэффективно.

Высокий абразивный износ предвключенных испарительных поверхностей приводит к снижению надежности работы котлоагрегата, а неэффективная работа поверхностного пароохладителя приводит к уменьшению КПД котлоагрегата.

В данной работе предлагается реконструкция котлов утилизаторов КУ 13/1,7-40-850 за счет установки конвективных блоков воздухоподогревателя в переходном газоходе, что позволит дополнительно охлаждать дымовые газы.

Кроме того, рассмотрены вопросы автоматизации, защиты окружающей среды, численности рабочих.

Проведена оценка ожидаемых технического и экономического эффектов.

Ожидаемый срок окупаемости мероприятия менее 5 лет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЛА УТИЛИЗАТОРА КУ 13/1,7-40-850 УСТАНОВКА ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ГАЗОХОДЕ 7
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ 10
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ В ГАЗОХОДЕ 11
4 РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЛА УТИЛИЗАТОРА КУ 13/1,7-40-850 С УСТАНОВКОЙ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ГАЗОХОДЕ 14
4.1 Общая и техническая характеристика котла утилизатора 14
4.2 Установка воздухоподогревателя, вентилятора и воздуховодов 21
4.3 Тепловой расчет котла утилизатора 24
4.4 Поверочный расчет котла утилизатора при нормальном режиме работы 30
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ 41
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ 44
6.1 Оценка воздействия объекта реконструкции на окружающую среду 44
6.2 Определение объемов продуктов сгорания топлива 46
6.3 Расчет максимальной приземной концентрации выбросов из дымовой трубы 50
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА 54
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 59
8.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов 59
8.2 Безопасность производственных процессов и оборудования 63
9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ 66
9.1 Смета капитальных затрат 66
9.2 Расчет текущих затрат 67
9.3 Расчет срока окупаемости проекта 73
9.4 SWOT-анализ реализации проекта реконструкции котла утилизатора 74
9.5 Дерево целей проекта 76
9.6 Поле сил реализации проекта 77
9.7 График Ганта 79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 82
ПРИЛОЖЕНИЕ 85

ВВЕДЕНИЕ

Основными потребителями природного топлива являются промышленные и энергетические предприятия, которые используют их в большом количестве для выпуска продукции. В основном это металлургические, энергетические и химические заводы и фабрики.

Одним из таких предприятий является Челябинский цинковый завод.

ЧЦЗ – крупнейший производитель цинковой продукции в России (60% производимого цинка в России и 2% в мире).

С 2010 года ПАО «ЧЦЗ» входит в холдинг УГМК.

ПАО «ЧЦЗ» ориентирован на производство металлического цинка качества Special High Grade. Оно ведется в полном объеме – от добычи руды, ее обогащения до выпуска готовой продукции. Основную долю выпускаемого товара составляют сплавы на основе цинка – литейные, цинк-алюминиевые, для горячего цинкования, в состав которых входит сурьма, никель, а также рафинированный цинк. Кроме того, предприятие реализует серную кислоту, цинковые белила, кадмий, сульфат цинка, индий. Данная продукция находит широкое применение в химической промышленности, в сферах машиностроения и автомобилестроения, при зготовлении металлоконструкций. Мощности завода позволяют производить до двухсот тысяч тонн цинка ежегодно.

Завод начал свою работу в июле 1935 года. На современном этапе развития на его долю приходится почти два процента от мирового объема выпускаемого цинка и свыше шестидесяти процентов общероссийского. Остальные 40% обеспечивает ОАО «Электроцинк», располагающееся в городе Владикавказ.

В 2003 году был запущен комплекс электролиза цинка. Благодаря этому следующий год принес 152 тысячи тонн цинка. Кроме того, в 2004 году цинк, производимый на «ЧЦЗ», был зарегистрирован как торговая марка «chelyabinsk zinc plant special high grade» на Лондонской Бирже Металлов. Чистота такого металла равна 99,995% (по количеству цинка в составе).

В 2005 деятельность завода была ориентирована на выпуск сплавов на базе цинка SHG, отвечающих повышенным требованиям качества. В том же году предприятие прошло процесс сертификационного аудита. Его результатами стало признание «Челябинского цинкового завода» предприятием, соответствующим стандартам международного образца ИСО 9001:2000.

В 2006 году «ЧЦЗ» получил стопроцентный контроль над «Nova Цинк» - компанией-оператором Акжальского месторождения. До 2004 года добываемый на нем концентрат цинка мог удовлетворить лишь двадцать процентов производственных мощностей, в 2005 – около 91%, то с 2007 года – почти 100%.

В 2007 году ассортимент выпускаемого товара пополнился продукцией, имеющей высокую добавленную стоимость. Произошло это в связи с приобретением компании «Brock Metal», занимающейся выпуском алюминиевых и цинковых сплавов, предназначенных для литья под давлением.

В том же году руководство ОАО «ЧЦЗ» подписало соглашение с Роснедра, по которому получало разрешение сроком на 25 лет на разработку Амурского цинкового месторождения, располагающегося Челябинской области (Брединский район).

В 2008 году было произведено более 166 тысяч тонн цинка и сплавов, что на 0,6 процента больше, чем в 2007 году. При этом объем переработанной руды, добытой на Акжальском месторождении, был равен 1330,5 тысячам тонн.

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЛА УТИЛИЗАТОРА КУ 13/1,7-40-850 УСТАНОВКА ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ГАЗОХОДЕ

Котел утилизатор – это котел, в конструкции которого нет своей топки, принцип его действия основан на использовании тепла, образующегося в каких-либо производственных процессах, например, образование горячих газов в металлургической промышленности.

Котел-утилизатор газов – это теплообменное устройство, которое предназначено для превращения энергии тепла от выхлопных газов в теплую воду или пар, используемых для технологических процессов и отопления производственных помещений.

Применение таких котлов значительно повышает эффективность работы оборудования и установок, результатом работы которых являются выделение выхлопных газов или пара.

Особенности промышленных котлов-утилизаторов отходящих газов. Котлы-утилизаторы не оснащаются топкой, она не предусмотрена в конструкции. Топливом для таких устройств является выхлопной газ, который образуется в процессе промышленной работы предприятия.

Диапазон температур использования газов колеблется от 350 до 500 градусов Цельсия на промышленных предприятиях средней мощности, от 900 до 1200 градусов – в процессе работы более мощного оборудования.

Котлы – утилизаторы отходящих газов обладают всеми характеристиками котлов, работающих на жидком и твердом топливе, но в них отсутствует горелка, вместо нее установлен специальный электрод накаливания и в обязательном порядке предусмотрена принудительная циркуляция газа внутри котла по технологическим линиям.

Такое оборудование активно применяется на предприятиях по переработке нефти, где в ходе производственных процессов образуется угарный газ. Этот газ, сжигаемый в топке котла участвует в производственном процессе – приводит в действие турбины. При этом, выбросы в атмосферу становятся минимальными.

При сжигании газа образуется большое количество теплоты, используемое для создания пара из воды. Пар приводит в действие лопасти электрогенераторной турбины. Количество вырабатываемого пара зависит от объема газа, который сжигается.

Водогрейные котлы-утилизаторы предназначены для приготовления горячей воды промышленного и хозяйственного назначения с максимальной расчетной температурой до 115°С. Установки получили активное распространение в

химической промышленности, нефтеперерабатывающей, в сталелитейной индустрии, в тяжелом машиностроении и в цехах изготовления красок и масел.

Котлы такого типа могут использовать газ от сгорания топлива – это создает прекрасные предпосылки для организации цикличного и безотходного производства с рециркуляцией энергии.

Благодаря использованию 100% объема выхлопного или попутного газа агрегаты имеют очень большой КПД в сравнение со своими жидкотопливными или твердотопливными аналогами.

Котлы-утилизаторы конструктивно делятся на котлы с естественной и принудительной циркуляцией, с барабаном или без него. Кроме того, квалифицированные проектировщики и технологи занимаются разработкой котлов любого типа с учетом конкретных требований заказчика, а также необходимого котельного оборудования.

В промышленности в зависимости от производственного цикла применяются котлы с различными схемами подачи и циркуляцией, с разными мощностными характеристиками, объемом нагревательного бака, с различным количеством регистров для парообразования

Преимуществом дизельных котлов является то, что при последующей газификации объекта затраты на переоборудование котельной будут минимальны.

Котлы-утилизаторы, применяемые в настоящее время:

– котлы-утилизаторы выхлопных газов общего назначения;

– котлы, вырабатывающие пар, который приводит в действие механизмы для выработки электрической энергии или простого механического движения;

– котлы для утилизации побочных веществ при сгорании дизельного топлива;

– котлы, которые комбинируются с нагревательными печами и мартенами, тепловая энергия и попутные газы преобразуются в котлах в дополнительную энергию или полезную работу;

– устройства, которые охлаждают попутные газы, используя их в работе методом конденсирования и сжигания. Используются в металлургической промышленности;

– котлы ля конденсации и сжигания газов при использовании в цветной металлургии;

– котлы для переработки теплового газа, полученного при работе электрических печей;

– комбинированные котлы, которые используются для утилизации или преобразования тепловой энергии, которая получается в процессе перфорации

стали и чугуна в литейной промышленности;

– утилизаторы, используемые для дожига газа, который образуется на первоначальных этапах переработки нефти;

– утилизирующие котлы для газа, который образуется в процессе сварочных и огневых работ;

– котлы для печей после производства губчатого металла;

– котлы, которые сжигают осадки и примеси, полученные в ходе фильтрации жидких веществ;

– утилизация отжигом сажи и нагара в котлах;

– утилизация в котлах отходов обогащения кокса и черного угля;

– утилизация от производства стекла и работы стекольной промышленности;

– универсальные котлы комбинирование различных видов топлива, чтобы котел дольше держал температуру, используются котлы длительного горения;

– котлы для дымоулавливание газа.

Для того, чтобы газ поступал в котел существуют различные установки по дымоулавливанию и «сбору» газа. Такие установки представляют собой компрессоры и сборники, куда под давлением подается газ. Далее, из баллонов-ресиверов газ подается к камере сгорания через редуктор давления.

Установки представляют собой трубопроводы с сетчатым фильтром и воздушным компрессором. Компрессор может использовать автоматические режимы и автономные источники питания. Использование уловителей связано с набором газа в ресиверы разного объема.

Котлы-утилизаторы получили широкое распространение в России сравнительно недавно, когда был принят ряд законов, которые обеспечивают защиту окружающей среды.

Работа котлов регламентируется законами об организации экстенсивного и энергосберегающего производства.

Применение котлов данного типа отвечает всем требованиям и условиям, которые предъявляются к современной промышленности и производству. Их использование безопасно и позволяет экономить финансовые средства на организацию технологических процессов.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Проект разрабатывается и реализуется согласно «Энергетической стратегии Росси до 2030 года» от 13 ноября 2009 года [4], а также «Стратегии социально-экономического развития Челябинской области до 2020 года» в обновленной редакции от 26 марта 2014 года [5].

При выполнении проекта по утилизации дымовых газов за вельц-печью ПАО «ЧЦЗ» была использована следующая основная учебно-методическая литература:

– СП 89.13330.2012. Котельные установки / Актуализированная редакция СНиП II-35-76 [6];

– СП 43.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий [7].

Тепловой расчет котельного агрегата выполнен согласно нормативному методу [8].

Основным документом при написании раздела «Энергосбережение» является «Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [9].

Раздел «Вопросы экологии» выполнен в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ [10].

Решения по автоматизации котла-утилизатора приняты согласно ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [11].

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

– ГОСТ 12 0 003-80. Опасные и вредные производственные факторы [12];

– ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит [13];

– ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [14];

– ПБ 10-574–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов»;

– ПБ 10-575–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации электрических котлов и электрокотельных»;

– ПБ 10-573–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды»;

– ПБ 03-576–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» и другие.

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ В ГАЗОХОДЕ

В любой стране теплоэнергетика является базовой отраслью экономики, стратегически важной для государства. От её состояния и развития зависят соответствующие темпы роста других отраслей хозяйства, стабильность их работы и энерговооруженность. Теплоэнергетика создает предпосылки для применения новых технологий, обеспечивает наряду с другими факторами современный уровень жизни населения. На независимость страны от внешних, импортируемых энергоресурсов, также как и на развитом оборонном вооруженном комплексе основывается высокая позиция государства на международной политической арене.

В условиях возрастающих объемов производства отечественных изготовителей, возникает закономерный вопрос о том, чья же продукция – наша или зарубежная, предпочтительнее? И тут, по мнению большинства представителей отрасли, отечественные комплектующие, на поверку, оказываются качественнее и предпочтительнее в использовании, в сравнении с зарубежными. Причиной тому являются не только отсутствие транспортных и таможенных затрат на «наши» комплектующие, но и тот факт, что одни и те же агрегаты отечественные и зарубежные специалисты проектируют по-разному.

Если иностранные производители во главу угла ставят экономический эффект и сокращение себестоимости (вплоть до максимально возможной экономии на материалах), то наши инженеры, при производстве, закладывают сравнительно больший запас прочности, что и оказывает влияние, в конечном итоге, на качество производимой продукции и срок ее службы.

В целом же, все приходят к мнению, что качество отечественных и зарубежных установок и комплектующих деталей не сильно разнится между собой, а в некоторых случаях, как сказано было ранее, отечественный производитель оказывается предпочтительнее. Все дело в том, что, по мнению специалистов, проектирование котлов-утилизаторов – достаточно открытый процесс и производители (как отечественные, так и зарубежные) оперативно реагируют на появление различных технических решений.

Одним из ключевых направлений развития отечественной и зарубежной теплоэнергетики является внедрение парогазовых установок. Согласно «Энергетической стратегии России до 2020г.», предстоит замена старого оборудования ТЭС на новое, более эффективное, на основе ПГУ.

Актуальным является проектирование котлов-утилизаторов (КУ) для вновь вводимых блоков ТЭС.

Существуют котлы-утилизаторы вертикальной и горизонтальной компоновки поверхностей нагрева. Задачами исследования являлось:

– сравнение технических характеристик котлов-утилизаторов горизонтального и вертикального типа;

– выбор котла-утилизатора с наилучшими экономическими показателями для ПГУ.

Для решения поставленных задач были разработаны модели котлов-утилизаторов вертикального и горизонтального типа (на основе программного комплекса Boiler Designer фирмы Optsim-K) для моноблоков:

– ПГУ-40 с ГТУ SGT-700 фирмы Siemens мощностью 28,33 МВт и КПД по выработке электроэнергии 34,83%;

– ПГУ-250 с ГТУ V94.2a фирмы Siemens мощностью 190 МВт и КПД по выработке электроэнергии 36,41%;

– ПГУ-410 с ГТУ M701F4 фирмы Mitsubishi Heavy Industries (MHI) мощностью 303,4 МВт и КПД по выработке электроэнергии 38,2%. 3

Основные исходные характеристики спроектированных котлов-утилизаторов следующие:

– для ПГУ-410 – трехконтурный КУ с промперегревом номинальной паропроизводительностью 414 т/ч; параметры пара высокого давления – 12,5 МПа, 568 ^{0}С, среднего давления (после промперегрева) – 3,12 МПа, 568 ^{0}С, низкого давления – 0,52 МПа, 235,3 ^{0}С;

– для ПГУ-40 – двухконтурный КУ номинальной паропроизводительностью 45 т/ч; параметры пара высокого давления – 5,5 МПа, 487 ^{0}С, низкого давления – 0,62 МПа, 212 ^{0}С;

– для ПГУ-250 – одноконтурный КУ номинальной паропроизводительностью 250 т/ч; параметры пара высокого давления – 13,5 МПа, 550 ^{0}С.

Утилизация части теплоты уходящих газов ГТУ в котлах-утилизаторах связана с повышением сопротивления выходного тракта и ростом давления газов за газовой турбиной, что приводит к снижению электрической мощности автономно работающей ГТУ.

Коэффициент уменьшения электрической мощности рассчитывается по формуле (3.1):

$$K_N = \frac{N_Э^г}{N_Э^{г.авт.}} = 1 - 0,55\delta p_{вых}^{ГТ}, \qquad (3.1)$$

где $N_{Э}^{г.авт.}$ – мощность ГТУ при работе в автономном режиме;

$\delta p_{вых}^{ГТ} = \frac{\Delta p_{вых}^{ГТ}}{P_{атм}}$ – относительная потеря давления на выходе газов турбины;

$\delta p_{вых}^{ГТ}$ – дополнительное аэродинамическое сопротивление на выходе ГТУ (в результате установки КУ).

Коэффициент уменьшения КПД производства электроэнергии рассчитывается по формуле (3.2):

$$K_{\eta} = \frac{\eta_{Э}^{г}}{\eta_{Э}^{г.авт.}} = 1 - 0{,}55\delta p_{вых}^{ГТ}, \qquad (3.2)$$

где $\eta_{Э}^{г.авт.}$ – КПД производства электроэнергии ГТУ в автономном режиме.

Таким образом, с учетом уравнений (3.1) и (3.2) можно оценить снижение потерь мощности ГТУ при использовании вертикального котла-утилизатора вместо горизонтального.

Использование вертикальной конструкции котла-утилизатора является более эффективным на основании следующих технико-экономических показателей:

– уменьшаются потери мощности и КПД ГТУ, следовательно, повышается мощность и КПД всего цикла ПГУ;

– снижается металлоемкость котла вследствие более высоких значений коэффициентов теплопередачи;

– увеличивается доход от реализации проекта при более низком значении срока окупаемости.

4 РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЛА УТИЛИЗАТОРА КУ 13/1,7-40-850 С УСТАНОВКОЙ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ГАЗОХОДЕ

4.1 Общая и техническая характеристика котла утилизатора

Котел-утилизатор вельц-печи ∅ 4,0 м именуемый котел паровой К-13/1,7-40-850, в дальнейшем КУ. Обозначение типоразмера парового котла принято в соответствии с ГОСТ 22530-77.

КУ устанавливается за вельц-печью ∅ 4,0 м длиной 60 м ПАО «ЧЦЗ» г. Челябинск в открытом помещении. Помещение барабана-сепаратора закрытое, отапливаемое. Режим работы- постоянный, с продолжительностью 8400 ч/год.

КУ предназначен для:

– охлаждения технологических газов, пыли и сокращения физических объемов газов, направляемых на рукавные фильтры;

– повышения надежности работы и улучшения условий эксплуатации газоходного тракта при номинальном тяговом режиме;

– утилизации тепловой энергии газов путем генерирования пара;

– организации сбора пыли из газоходов с целью возврата ее в технологический цикл цеха.

Технические данные котла КУ 13/1,7-40-850 представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика котла-утилизатора 13/1,7-40-850

Наименование величин	Величина
1	2
Паропроизводительность, т/ч	13
Давление пара в барабане-сепараторе, кгс/см^2	17
Количество дымовых газов на входе в КУ,нм^3/ч (режим выжигания настыли в печи)	47000
Температура газов на входе в пылевую камеру,^{0}С (режим выжигания настыли в печи)	1000
Коэффициент полезного действия, %	67,4
Коэффициент сохранения тепла	0,86
Разрежение на обрезе печи, мм.в.ст	0 ± 10
Состав газов, CO_2 % (об)	13-17
Состав газов, O_2 % (об)	0,7
Состав газов, SO_2 % (об)	0,1-0,15

Продолжение таблицы 4.1

1	2
Состав газов, H_2O % (об)	7-10
Состав газов, CO т/год	622,44
Состав газов, NO_2 т/год	44,64
Количество дымовых газов на входе в камеру,нм^3/ч	40000
Температура газов на входе в камеру,^{0}С	750
Запыленность, г/нм^3	80-100
Степень очистки газов от пыли, %	40
Солесодержание питательной воды не более, мг/л	300
Температура питательной воды на входе в КУ,^{0}С	70-104
Давление питательной воды перед узлом питания не менее, кг/см^2	30
Режим работы печи (непрерывный), ч/год	8400

Стабильность работы газоходного тракта обеспечивается необходимым охлаждением технологических газов перед подачей их в рукавные фильтры теплообменными поверхностями нагрева, которые в ходе эксплуатации должны периодически очищаться.

КУ соответствует требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлав», ОСТ 108.030.40-79 «Элементы трубных поверхностей нагрева, трубы соеденительные в пределах котла, коллекторы стационарных паровых котлов. Общие технические условия» и ОСТ 108.030.39-80 «Барабаны сварные стационарных паровых котлов. Общие технические условия».

КУ – изделие единичного производства, разового изготовления, собираемое на месте эксплуатации.

Котел-утилизатор включает в себя:

– экранированную пылевую камеру;

– постамент с бункерами и каркас пылевой камеры;

– вертикальный подъемный конвективный газоход, состоящий из двух отдельных конвективных блоков;

– переходный газоход, установленный в верхней части;

– вертикальный опускной конвективный газоход, состоящий из четырех отдельных конвективных блоков;

– бункер конвективного газохода;

– вертикальный подъемный конвективный газоход, состоящий из двух экономайзерных блоков;

– барабан-сепаратор с трубопроводами обвязки и арматурой;

– переходный газоход, установленный в верхней части;

– трубопроводы в пределах КУ с раздающими и сборными коллекторами;

– систему импульсной очистки;

– систему КИПиА.

Характеристика поверхностей нагрева КУ КУ13/1,7-40-850 представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристика поверхностей нагрева КУ13/1,7-40-850

Наименование сборочных единиц	Кол-во шт.	Поверхность нагрева, $м^2$	Масса, т
Пылевая камера	1	304	61,0
Постамент с бункерами и каркас пылевой камеры	1	-	65,0
Конвективный блок	6	1560	126,0
Блок экономайзера	2	332	26,0
Переходной газоход	1	-	12,0
Бункер конвективного газохода	1	-	1,5
Установка барабана-сепаратора	1	-	11,8
Импульсная очистка	1	-	9,9
Трубопроводы с коллекторами		-	7,0
Итого		2196	255,2

4.1.1 Пылевая камера

Пылевая камера выполнена в виде горизонтального газохода. Пылевая камера монтируется на постаменте и снабжена каркасом. Ширина газохода в свету 6000 мм. В потолочном перекрытии камеры выполнен проем для прохода стакана загрузочной течки.

На торцевой стене выполнено отверстие для входа печи с ∅ 4400 мм. На боковых футерованных стенах выполнены проемы 1500х2600 мм с закрывающимися люками для монтажа секторных порогов и подачи огнеупорных материалов в печь при ремонтах.

Остальная часть пылевой камеры – боковые стены и потолок экранированы газоплотными ширмами. Ширмы выполнены в виде отдельных сборочных единиц

с теплообменными трубами, коллекторами, ребрами жесткости и фланцами для присоединения соседних ширм. Теплообменные трубы ∅ 42х5 установлены с шагом 72 мм. Теплообменные трубы присоединены к нижним раздающим и верхним собирающим коллекторам ∅ 159х11 мм. Между трубами в плоскости ширм устанавливаются и привариваются проставки.

Для осмотра в семи ширмах установлены круглые лазы ∅ 500 мм.

Для предотвращения повышения избыточного давления при хлопках выше нормативных нагрузок пылевая камера снабжена двумя взрывными клапанами.

Для улавливания пыли и удаления пыли в нижней части пылевой камеры устанавливаются футерованные бункеры. Футеровка бункеров выполняется шамотным кирпичом ШЛ-1,3 с γ=1300 т/м^3. Выходное сечение бункеров принято 500х500 мм.

Для обеспечения сепарации пыли перед входом в подъемный газоход установлена газовая перегородка.

4.1.2 Конвективные блоки подъемного и опускного газоходов

В конвективных блоках установлены боковые ширмовые конвективные теплообменные поверхности и торцевые экранные поверхности.

Ширмы в блоках устанавливаются с шагом 308 мм. Количество ширм в блоке 18 штук.

Ширмы выполнены из 16 теплообменных труб ∅42х5 мм, установленных с шагом 54 мм в одной плоскости.

Теплообменные трубы присоединены к вертикально установленным стоякам ∅108х8 мм.В зазорах между стояками устанавливаются и привариваются металлические проставки. Стояки ширм присоединены к нижним раздающим и верхним собирающим коллекторам ∅159х11 мм.

Торцевые экранные поверхности выполнены в виде мембранной поверхности: из теплообменных труб с приваренными между ними металлическими проставками δ=6 мм. Теплообменные трубы прикреплены к нижнему раздающему и верхнему собирающему коллекторам.

Для восприятия нагрузки от избыточного давления при хлопках газа установлены по два пояса жесткости. Компенсация температурных расширений по вертикали между смежными блоками осуществляется за счет деформации компенсаторов, установленных между ними.

В каждой торцевой экранной поверхности предусмотрены установка лазов 450х450 мм для обслуживания блоков и узлов входа импульсных камер.

4.1.3 Экономайзерные блоки

Экономайзерные блоки предназначены для более эффективного охлаждения газов за счет нагревания питательной воды перед подачей ее в барабан-сепаратор.

Внутри блоков устанавливаются змеевиковые ширмы с шагом 160 мм. Количество ширм-18 шт.

Каждая ширма собирается из трех змеевиков. Змеевики изготавливаются из труб ∅28х3 мм. Шаг труб в ширме-56 мм.

Все ширмы присоединены к двум перепускным коллекторам, установленным внизу блоков. Коллекторы разбиты с помощью перегородок на отдельные секции с присоединением шести ширм в каждую. Оба блока экономайзера включены между собой последовательно. Каждая секция коллекторов снабжена штуцером для удаления воды при остановках КУ.

Ограждающие поверхности экономайзерных блоков выполнены из металлического листа, усиленного прокатным профилем, с наружной изоляцией.

В каждой торцевой поверхности предусмотрена установка лазов 450х450 мм для обслуживания блоков и узлы входа импульсных камер ∅219 мм.

4.1.4 Переходной газоход

В верхней части подъемного и опускного конвективных газоходов установлен на восьми опорных лапах переходной газоход. По переходному газоходу технологические газы подаются из подъемного газохода в опускной газоход КУ.

Переходной газоход выполняется неохлаждаемым, из стального листа с укрепляющими ребрами и с наружной изоляцией.

На переходном газоходе устанавливается растопочная свеча с заслонкой, лазом и взрывным поворотным клапаном.

4.1.5 Бункер конвективного газохода

Бункер конвективного газохода предназначен для улавливания пыли, выпавшей в газоходах КУ и отвода газов в подъемный газоход с экономайзерными блоками. Бункер изготавливается из стального листа с наружной изоляцией. Весовая нагрузка бункера через его несущие стенки передается на несущие строительные конструкции здания. В стенах бункера установлено 6 круглых лазов.

4.1.6 Барабан – сепаратор

Рабочее давление – 17 кгс/см^2
Диаметр барабана-сепаратора – 1540 мм
Толщина стенки – 20 мм
Внутренний объем – 12,5м^3

Барабан – сепаратор оборудован сепарационным устройством, водоуказательными приборами, системой подачи питательной воды, линией непрерывных продувок, паропроводом, линией выхлопа пара в атмосферу, предохранительными клапанами и другой арматурой.

4.1.7 Импульсная очистка

Для очистки поверхностей нагрева предусмотрена система газоимпульсной очистки. Она предназначена для снятия отложений путем направленного воздействия энергии взрывного горения газовоздушной смеси.

Устройство работает в режиме непродолжительного включения с автоматическим управлением.

4.1.8 Система циркуляции и циркуляционные трубопроводы

Циркуляция котловой воды в КУ естественная.

Выбор двухступенчатой схемы сепарации обоснован необходимостью поддержания качествам пара и нормального значения солесодержания котловой воды в «чистом» (891 мг/л) и «грязном» (3300 мг/л) отсеках барабана-сепаратора при высоком солесодержании питательной воды 300 мг/л.

Система циркуляционных трубопроводов выполнена из труб в соответствии с таблицей 4.3.

Таблица 4.3 – Система циркуляционных трубопроводов

Наименование	Диаметр, мм	Марка	ТУ, ГОСТ
1	2	3	4
Опускные и перепускные	76х3,5 89х3,5 108х4,5 159х4,5 219х7	Ст 20	14-3-190-82

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
Подъемные	89х3,5 108х4,5 219х7 273х7	Ст 20	14-3-190-82
Паропроводы	159х4,5	Ст 20	14-3-190-82
Питательный	89х3,5	Ст 20	14-3-190-82
Штуцеры барабана-сепаратора	25х2,5 32х3 38х3 57х3,5 76х3,5 89х3,5 108х4,5 159х4,5 219х7	Ст 20	14-3-190-82

В барабане-сепараторе предусмотрена двухступенчатая система сепарации.

При этом величина постоянной продувки барабана-сепаратора для поддержания солесодержания в «грязном» отсеке в пределах до 3000 мг/л устанавливается 10% от номинальной паропроизводительности.

Циркуляционная система КУ выполнена с пятью контурами циркуляции теплоносителя (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Циркуляционная система КУ

Наименование трубопровода	Номер контура циркуляции	«Чистый» отсек, Ду/шт.	«Грязный» отсек, Ду/шт.
1	2	3	4
Повод к опорной трубе	1		70/1
Отвод от опорной трубы	1		80/1
Подвод к своду пылевой камеры	2		100/1
Отвод от свода пылевой камеры	2		100/1
Подвод к пылевой камере	3	150/3	
Отвод от пылевой камеры	3	200/2	

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4
Подвод к двум блокам подъемного газохода	4	200/1	
Отвод от двух блоков подъемного газохода	4	250/1	
Подвод к четырем блокам подъемного газохода	5		200/1
Отвод от четырех блоков подъемного газохода	5		250/1

4.2 Установка воздухоподогревателя, вентилятора и воздуховодов

Установка воздухоподогревателя может быть осуществлена по двум вариантам, выполненным отдельно или совместно.

По варианту 1. С целью повышения эффективности работы печи воздухоподогреватель устанавливается в переходном газоходе, в котором воздух нагревается до 150-190 °С (см таблицу), перед печью будет иметь температуру 140-185 °С. При этом снижение температуры газов на выходе из экономайзера (при существующем уровне загрязнения) составит 18 °С (вместо 250 °С будет 232 °С).

По варианту 2. С целью максимального снижения температуры газов на выходе из котла-утилизатора устанавливается дополнительно блок воздухонагревательных поверхностей после экономайзера на месте отводящего газохода. Максимальный нагрев воздуха в воздухоподогревателе составит 120-150 °С. При этом температура газов на выходе из воздухоподогревателя составит 200-210 °С (при существующем уровне загрязнения существующих конвективных поверхностей и чистке ширм ВЗП с помощью вибровстряхивания или газоимпульсной очистки котла).

Воздухоподогреватель по варианту 1

Воздухоподогреватель представляет две секции, соединенные между собой последовательно по нагреваемому воздуху.

Каждая секция ВЗП состоит из 16 трубчатых ширм, приваренных к трубной доске S=16 мм с шагом 180 мм. Каждая ширма выполнена из труб Ǿ57х3,5 мм, установленных с шагом 77 мм. Сверху на трубную доску установлены полукруглые коллекторы для подвода и отвода воздуха.

Каждая секция своей трубной доской устанавливается на вертикальные стенки существующего переходного газохода.

На полукруглых коллекторах устанавливаются штуцера для присоединения подводящих от вентилятора воздуховодов, перепускных и отводящих воздуховодов. Очистка поверхностей производится с помощью виброочистки. Общий вес собственно воздухоподогревателя составляет 10-11т. Принципиальных изменений в конструкцию переходного газохода не вносится. К выходному коллектору ВЗП присоединяются два воздуховода: к нижней головки печи и к складу шихтарнику-720 мм- и перепускной воздуховод Ǿ520 мм. В холодное время года, когда температура окружающего воздуха опускается ниже 10 °С , для исключения условий образования конденсата на трубах воздухоподогревателя и коррозии металла необходима подача подогретого воздуха.

Это может быть осуществлено с помощью подогрева воздуха в предвключенном калорифере или с помощью смешения нагретого и холодного воздуха перед всасом вентилятора. Подогрев холодного воздуха с помощь смешивания является предпочтительным (поскольку дополнительного оборудования не требуется). Поэтому из выходного коллектора ВЗП воздуховодом Ǿ520 мм горячий воздух в количестве 2500 нм3/час подается на вход вентилятора.

Установку вентилятора целесообразно выполнить на отм. +24 800 около помещения барабана-сепаратора в осях Е-Д. 5-6.

Вентилятор ВДН 10у1 Расход- 15 000 нм3/час Напор -350 мм вод.ст. п=1500 об/мин N=30 квт. Потеря давления в ВЗП и воздуховодах -200 мм.в.ст. Соответственно, статическое давление воздуха перед печью составит -150 мм.в.ст. Регулирование расхода воздуха по воздуховодам Ǿ720 мм может осуществляться в любом сочетании и осуществляться с помочью поворотных клапанов, а измерение расхода по расходомерным приборам (ультразвуковые или с измерением перепада давления).

Монтаж каждой секции ВЗП может производиться через верх с помощью стрелового крана или с помощью средств малой механизации (монорельсов, тельферов и монтажных лебедок через существующие проемы в осях здания 5-6). Способ монтажа секций будет разрабатываться в объеме настоящего проекта и согласовываться с заказчиком. В настоящее время техническая документация по варианту № 1, предусмотренному техническим заданием к договору, имеет степень готовности 90 %.

Тепловой расчет котла-утилизатора при установке воздухоподогревателя приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5. Тепловой расчет котла-утилизатора при установке воздухоподогревателя

Расход газов после печи, нм^3/час	40 000		
Температура газов на входе в КУ, °С	850		
Температура газов в переходи, газоходе, °С	480**	350***	480**
Расход воздуха на выходе из ВЗП, нм^3/час	10 000		
Расход циркулирующего воздуха, нм^3/час	10 000		12 500*
Температура воздуха на выходе из ВЗП, °С	273**	248***	243**
Температура газов на выходе из КУ, °С	231	188	130
Температура воздуха перед печью, °С	190	165	150

* при рециркуляции 2500нм^3/час для подогрева холодного воздуха (-22^0 С)
** при загрязнении КУ на существующем уровне
*** при осуществлении очистки КУ (газоимпульсная, виброочистка, магнитоимпульсная)

Воздухоподогреватель по варианту 2

Воздухоподогреватель представляет блок ширмовых поверхностей с ограждающими стенами, выполненными из листа, прокатных профилей и наружной изоляции.

Блок ширмовых поверхностей состоит из 16 трубчатых ширм, приваренных к трубной доске площадью S = 16 мм с шагом 180 мм. Каждая ширма выполнена из труб диаметром Ǿ57 х 3,5 мм, установленных с шагом 77 мм. Сверху на трубную доску установлены прямоугольные коллекторы для подвода и отвода воздуха.

Очистка ширмовых поверхностей предусматривается вибровстряхиванием при помощи вибраторов.

Общий вес всего блока воздухоподогревателя, установленного в переходной газоход, составляет - 35 т

Монтаж блока ВЗП должен производиться через монтажные проемы здания в осях 5-6 и передачей в пролет 4-5 средствами малой механизации (монорельсы, тельферы и монтажные лебедки). Способ монтажа секций будет разрабатываться согласовываться с заказчиком.

При этом потребуется выполнение реконструкции перекрытий на отм. + 20 600 и отм. + 16400 ОАО «Кавказцветметпроект». Подводящие и отводящие воздуховоды выполняются аналогично Варианту 1.

4.3 Тепловой расчет котла утилизатора

Элементы котельного агрегата рассчитывают последовательно, переходя от поверхностей нагрева с более высокими температурами дымовых газов (пароперегреватель) к поверхностям нагрева с более низкими температурами дымовых газов (испарительные поверхности нагрева, водяной экономайзер). Предварительно выполняют ряд вспомогательных расчетов, а именно: определяют количество дымовых газов по газоходам котельного агрегата и их энтальпию, составляют тепловой баланс котельного агрегата.

4.3.1 Расчет теплообменного аппарата в пылевой камере при работе в нормальном режиме

Тепловой баланс котельного агрегата

Поверочный расчет теплообмена в камере

Суммарная площадь лучевоспринимающей ($Н_л$):

По конструктивным размерам $Н_л = 198$ м^2

Площадь лучевоспринимающей поверхности открытых экранов ($Н_{л.отк}$):

По конструктивным размерам $Н_{л.отк} = 198$ м^2

Полная площадь стен топочной камеры ($F_{ст}$):

По конструктивным размерам $F_{ст} = 198$ м^2

Коэффициент тепловой эффективности лучевоспринимающей поверхности (4.1):

$$\Psi ср = \frac{\zeta I_{л.отк}}{F_{ст}} \quad (4.1)$$

$$\Psi ср = \frac{128,7}{198} = 0,65$$

Эффективная толщина излучающего слоя уходящих газов (4.2):

$$s = \frac{3,6 V_m}{F_{ст}} \quad (4.2)$$

$$s = \frac{3,6 \times 323,95}{198} = 5,89$$

Полная высота камеры ($H_т$):
По конструктивным размерам $H_т = 6$ м
Высота оси потока газов ($h_г$):
По конструктивным размерам $h_г = 3$ м
Относительный уровень оси потока (4.3):

$$x_r = \frac{h_r}{H_m} \tag{4.3}$$

$$x_r = \frac{3}{6} = 0{,}5$$

Параметр, учитывающий характер распределения температуры в камере (4.4):

$$M = 0{,}59 - 0{,}5x_m \tag{4.4}$$

$$M = 0{,}59 - 0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}34$$

Полезное тепловыделение в камере:
$Q_т = V_г * I_г^{пыль}/3600 = 21752{,}7$ кВт
Адиабатическая температура горения: $\vartheta_а = 1000\ ^0$С
Температура газов на выходе из камеры: $\vartheta_т = 500\ ^0$С
Энтальпия газов на выходе из камеры: $I_т = 734{,}74$ кДж/кг
Средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания (4.5):

$$V_{ср} = \frac{Q_T - I_T}{\vartheta_a - \vartheta_T} \tag{4.5}$$

$$V_{ср} = \frac{21752{,}7 - 734{,}74}{1000 - 500} = 42{,}03 \text{Дж/кгК}$$

Объемная доля: водяных паров ($r_{н\ о}$=0,11) трехатомных газов (r_{RO} =0,17).
Суммарная объемная доля трехатомных газов (4.6):

$$rn = rн\ o + rRO \tag{4.6}$$

$$rn = 0{,}11 + 0{,}17 = 0{,}28$$

Произведение pr_ns = 0,59 мМПа

Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами:

$$\kappa_r = \frac{7{,}8+16r_{но}}{3{,}16\sqrt{p_n s}} - 1\times\left(1-\frac{\vartheta_T+273}{1000}\right) = 3{,}56$$

Коэффициент ослабления лучей золовыми частицами:

$$\kappa_{зч} = \frac{44}{\sqrt[3]{(T_г)^2 d_{зл}{}^2}} = 0{,}112$$

Безразмерные параметры:

X1 = 0,5

X2 = 0,1

Коэффициент ослабления:

$k = k_r r_n + k_{зл}\mu_{зл} + x_1 x_2$ = 12,24 1/мМПа

Суммарная сила поглощения топочного объема: kps = 7,2

Степень черноты факела:

$a_ф = 1 - \ell^{-kps}$ = 0,99

Степень черноты топки:

$a_т = a_ф/a_ф + (1-a_ф)\psi$ ср = 0,99

Тепловая нагрузка стен (4.7):

$$q = \frac{Q_T}{F_{ст}} \qquad (4.7)$$

$$q = \frac{21752{,}7}{198} = 109{,}8 \text{ кВт/м}^2$$

Температура газов на выходе из топки:

$$\vartheta''_т = \text{Т/М}\left(\frac{5{,}67\psi_{ср}F_{ст}T^3}{10^{11}\varphi V c_{ср}}\right)^{0,6} + 1 = 495$$

Энтальпия газов на выходе из топки:

$I''_т$ = 726,9 кДж/кг

Общее тепловосприятие топки:

$Q_т^л = \varphi(Q_T - I_T)$ = 18081 кДж/кг

Средняя удельная тепловая нагрузка лучевоспр. поверхностей топки:

$q_л^{ср} = Q^л_т/H_л = 91,32$ кВт/м^2

Полученная температура удовлетворяет требованиям эксплуатации.

4.3.2 Расчет конвективных блоков

Полная площадь поверхности нагрева = H = 1560 м^2

Диаметр труб – d = 42х5 мм

Относительный шаг труб - s_1\d = 7,3 мм

Поперечный продольный - s_2\d = 1,28 мм

Количество рядов труб по ходу газов труб в ряду:

z_1 = 18 шт.

z_2 = 16 шт.

Площадь сечения для прохода газов:

F = AB-$z_1$dl = 5,6 м^2

Эффективная толщина излучающего слоя:

S = 0,9(4s_1s_2\π-1)d = 0,41 м

Температура газов перед блоком:

$\vartheta' = 495\ ^0$C

Энтальпия газов перед блоком:

$I' = 726,9$ кДж/кг

Температура газов за блоком:

$\vartheta'' = 240\ ^0$C

Энтальпия газов за блоком:

$I'' = 340,07$ кДж/кг

Количество теплоты отданное блоку:

$Q_г = \varphi(I' - I'') = 4341,4$ кДж/кг

Температура кипения при $p_б$=1,7 МПа = 204 ^{0}C

Средняя температура газов:

$\vartheta_{ср} = 0,5(\vartheta' + \vartheta'') = 367,5\ ^0$C

Средний температурный напор:

$\Delta t = \vartheta_{пд}$-$t_{кип}$ = 60,5 ^{0}C

Средняя температура газов:

$\omega = V_г(\vartheta_{пд} + 273)$/F273 = 5,4 м/с

Коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$\alpha_к = \alpha_н C_z C_s C_ф = 22,8$ кВт/(м^{2}К)

Коэффициент использования поверхности нагрева:

ξ = 0,85

Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке:

$\alpha_1 = \xi\alpha_к$ = 19,38 Вт/(м^{2}К)

Коэффициент загрязнения:

$\varepsilon = \varepsilon_0 C_ф C_d + \Delta e$ = 0,005 (м^{2}К)/Вт

Коэффициент теплопередачи:

$$К = \frac{\alpha_1}{1+\varepsilon\alpha_1} = 17{,}5$$

Тепловосприятие блока:

$$Q = \frac{kH\Delta t}{10^3} = 4379{,}4 кДж/кг$$

Расхождение расчетных единиц:

$$\Delta = \frac{Q - Q_г}{Q} \times 100 = 0{,}8\%$$

Расхождение Δ не превышает 5%, поэтому принятую температуру газов на выходе из рассчитываемого участка считаю окончательной.

4.3.3 Поверочный расчет экономайзерных блоков

Площадь поверхности нагрева ступени – H = 332 м^2

Площадь живого сечения для прохода газов:

F = AB-zdl = 6,24 м^2

Температура газов на входе в блок:

ϑ' =240 ^{0}C

Энтальпия газов на входе в блок:

I′ =340,07 кДж/кг

Температура газов на выходе из блока:

ϑ'' = 171 ^{0}C

Энтальпия газов на выходе из блока:

I″ = 240,03 кДж/кг

Тепловосприятие блока:

$Q_г = V_г \varphi(I' - I'')$ = 1122,7 кДж/кг

Температура воды на входе в блок:

t = 104 ^{0}C

Энтальпия воды на входе в блок:

i = 420,4 кДж/кг

Удельная энтальпия воды на выходе из блока:

$$i = i + \frac{Q_г}{D} = 734,2 \text{ кДж/кг}$$

Температура на выходе из блока:

t = 174 ^{0}C

Средняя температура воды:

t = 0,5(t+t) = 139 ^{0}C

Средняя температура газов:

$\vartheta_{ср} = 0,5(\vartheta' + \vartheta'')$ = 205,5 ^{0}C

Средняя скорость газов:

$$\omega = \frac{V_г(273+\vartheta)}{273F} = 3,6 м/с$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$$\alpha_e = \alpha_i \check{N}_z C_s C_ф = 57,3 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Эффективная толщина излучающего слоя:

S = 0,9(4s_1s_2/π-1)d = 0,34 м

Коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{\alpha_1}{1+\alpha_1} = 51,7 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Разность температур между средами:

Наибольшая $\Delta t_б = \vartheta' - t$ = 66 ^{0}C

Наименьшая = $\Delta t_м = \vartheta'' - t'$ = 67 ^{0}C

Отношение:

$\Delta t_á / \Delta t_м$ = 0,98

Температурный напор:

$\Delta t = 0\ 5(\Delta t_á + \Delta t_ì)$ = 66,5 ^{0}C

Тепловосприятие блока по уравнению теплообмена:

$Q_T = kH\Delta t/10^3$ = 1145,1 кДж/кг

Расхождение расчетных тепловосприятий:

$$\Delta Q = \frac{Q_T - Q_г}{Q_T} = 1,6\%$$

Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = \xi\alpha_ê$ (Вт/(м^{2}К)) = 54,1

Полученное расхождение тепловосприятий меньше допустимого, поэтому поверочный расчет экономайзерных блоков считаю законченным.

4.4 Поверочный расчет котла утилизатора при нормальном режиме работы

4.4.1 Расчет пылевой камеры

Суммарная площадь лучевоспринимающей поверхности ($H_л$):
По конструктивным размерам $H_л = 198$ м^2
Площадь лучевоспринимающей поверхности открытых экранов ($H_{л.отк}$):
По конструктивным размерам $H_{л.отк} = 198$ м^2
Полная площадь стен пылевой камеры ($F_{ст}$):
По конструктивным размерам $F_{ст} = 198$ м^2
Коэффициент тепловой эффективности лучевоспринимающей поверхности:

$$\Psi ср = \frac{128,7}{198} = 0,65$$

Эффективная толщина излучающего слоя уходящих газов:

$$s = \frac{3,6 \times 323,95}{198} = 5,89$$

Полная высота камеры ($H_т$):
По конструктивным размерам $H_т = 6$ м
Высота оси потока газов ($h_г$):
По конструктивным размерам $h_г = 3$ м
Относительный уровень оси потока:

$$x_r = \frac{3}{6} = 0,5$$

Параметр, учитывающий характер распределения температуры в камере:

$$M = 0,59 - 0,5 \times 0,5 = 0,34$$

Полезное тепловыделение в камере:

$$Q_т = V_г * I_г^{пыль}/3600 = 5189,7 \text{ кВт}$$

Температура на входе в камеру: $\vartheta_т = 700\ ^0C$

Температура газов на выходе из камеры: $\vartheta_т = 440\ ^0C$

Энтальпия газов на выходе из камеры: $I_т = 1035,56$ кДж/кг

Средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания:

$$V_{ср} = \frac{21752,7 - 1035,56}{1000 - 700} = 69,05 \text{ Дж/кгК}$$

Объемная доля: водяных паров ($r_{н\,о}$=0,11) трехатомных газов (r_{RO} =0,17).

Суммарная объемная доля трехатомных газов:

rn = 0,11 + 0,17 = 0,28

Произведение pr_ns = 0,59 мМПа

Безразмерные параметры:

X1 = 0,5

X2 = 0,1

Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами:

$$\kappa_r = \frac{(7,8 + 16r_{но}}{3,16\sqrt{p_n s}} - 1 \times \left(1 - \frac{\vartheta_T + 273}{1000}\right) = 2,96$$

Коэффициент ослабления лучей золовыми частицами:

$$\kappa_{зч} = \frac{44}{\sqrt[3]{(T_г)^2 d_{зл}{}^2}} = 0,13$$

Коэффициент ослабления:

$k = k_г r_n + k_{зл}\,\mu_{зл} + x_1 x_2$ = 14,4 1/мМПа

Суммарная сила поглощения топочного объема: kps = 8,4

Степень черноты факела:

$a_ф = 1 - \ell^{-kps}$ = 0,97

Степень черноты топки:

$a_т = a_ф/a_ф + (1 - a_ф)\psi_{ср}$ = 0,94

Тепловая нагрузка стен:

$$q = \frac{21752,7}{198} = 36,7 \text{ кВт/м}^2$$

Температура газов на выходе из топки:

$$\vartheta''_т = T/M\left(\frac{5,67\psi_{ср}F_{ст}T^3}{10^{11}\phi V c_{ср}}\right)^{0,6} + 1 = 685$$

Энтальпия газов на выходе из топки:

$I''_т = 987,46$ кДж/кг

Общее тепловосприятие топки:

$Q_т^л = \varphi(Q_Т - I_Т) = 13446,14$ кДж/кг

Средняя удельная тепловая нагрузка лучевоспр. поверхностей топки:

$q_л^{ср} = Q^л_т/H_л = 68,01$ кВт/м^2

Полученная температура удовлетворяет требованиям эксплуатации котла утилизатора.

4.4.2 Поверочный расчет теплообмена двух подъемных конвективных блоков

Полная площадь поверхности нагрева H = 520 м^2

Диаметр труб – d = 42х5 мм

Относительный шаг труб - $s_1\backslash d = 7,3$ мм

Поперечный продольный - $s_2\backslash d = 1,28$ мм

Количество рядов труб по ходу газов труб в ряду:

$z_1 = 18$ шт.

$z_2 = 16$ шт.

Площадь живого сечения для прохода газов:

$F = AB - z_1 dl = 5,6$ м^2

Эффективная толщина излучающего слоя:

$S = 0,9(4s_1s_2\backslash\pi - 1)d = 0,41$ м

Температура газов перед блоком:

$\vartheta' = 685\ ^0C$

Энтальпия газов перед блоком:

$I' = 835,15$ кДж/кг

Температура газов за блоком:

$\vartheta'' = 560\ ^0C$

Энтальпия газов за блоком:

$I'' = 835,15$ кДж/кг

Количество теплоты отданное блоку:

$Q_г = \varphi(I' - I'')V_г = 267,34$ кДж/кг

Средняя температура газов:

$\vartheta_{ср} = 0,5(\vartheta' + \vartheta'') = 622,5\ ^0C$

Средний температурный напор:

$\Delta t = \vartheta_{пд}$-$t_{кип}$ = 60,5 ^{0}С

Средняя температура газов:

$\omega = V_г(\vartheta_{пд} + 273)$/F273 = 3,3 м/с

Коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$\alpha_к = \alpha_н C_z C_s C_ф$ = 20,5 кВт/(м^{2}К)

Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке:

$\alpha_1 = \xi\alpha_к$ = 17,4 Вт/(м^{2}К)

Коэффициент загрязнения:

$\varepsilon = \varepsilon_0 C_ф C_d + \Delta\varepsilon$ = 0,005 (м^{2}К)/Вт

Коэффициент теплопередачи:

$$К = \frac{\alpha_1}{1+\varepsilon\alpha_1} = 16{,}3 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Тепловосприятие блока:

$$Q = \frac{kH\Delta t}{10^3} = 275{,}27 \text{кДж/кг}$$

Расхождение расчетных единиц:

$$\Delta = \frac{Q - Q_г}{Q} \times 100 = 2{,}8\%$$

Полученное расхождение меньше допустимого, поэтому поверочный расчет конвективного блока считаю законченным.

4.4.3 Поверочный расчет воздухоподогревателя

В таблице 4.6 представлен поверочный расчет теплообмена воздухоподогревателя в переходном газоходе КУ 13/1,7-40-850^{0}С

Таблица 4.6 Поверочный расчет воздухоподогревателя

Величина			Единица	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула/ способ определения		
1	2	3	4	5
Диаметр и толщина стенки труб	$d \times s$	По конструктивным размерам	*мм*	57*3,5
Относительный шаг труб				
продольный	s_1/d	По конструктивным размерам		3,15

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5
поперечный	s_2/d	По конструктивным размерам		1,35
Количество рядов труб	z_2	По конструктивным размерам	*шт*	16
Количество ходов по воздуху	n	По конструктивным размерам		3
Площадь живого сечения для прохода газов	$F_Г$	По конструктивным размерам	$м^2$	6,24
Площадь живого сечения для прохода воздуха	$F_В$	По конструктивным размерам	$м^2$	2,26
Площадь поверхности нагрева	H	По конструктивным размерам	$м^2$	360
Температура газов на выходе из ступени	ϑ''	По заданию	$°C$	530
Энтальпия газов на выходе из ступени	I''	По I—ϑ таблице	$\frac{кДж}{кг}$	771,69
Температура воздуха на входе в ступень	t'	По выбору	$°C$	-22
Энтальпия теоретического количества воздуха	$I^0_{ХВ}$	По I—ϑ таблице	$\frac{кДж}{кг}$	257
Температура воздуха на выходе из ступени	t''	По выбору	$°C$	160
Энтальпия теоретического количества воздуха на выходе из ступени	$I^{0''}$	По I—ϑ таблице	$\frac{кДж}{кг}$	574
Отношение	β_1''	$\alpha_Т - \Delta\alpha_Т - \Delta\alpha_{ПЛУ} + \Delta\alpha_{II}$		$1,34-0,07-0,04+0,01=$ $=1,24$
Тепловосприятие ступени	Q	$\left(\beta_1'' + \frac{\Delta\alpha_I}{2}\right)\left(I^{0''} - I^{0'}\right)$	$\frac{кДж}{кг}$	$\left(1,24+\frac{0,01}{2}\right)*$ $*\left(574-257\right)=394,66$
Средняя температура воздуха в ступени	t	$0,5\left(t'+t''\right)$	$°C$	0,5(-22+160)=69

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5
Энтальпия теоретического количества воздуха присосов при средней температуре	$I^0_{ПРС}$	По I—ϑ таблице	$\frac{кДж}{кг}$	361
Энтальпия газов на входе в ступень	I'	$I'' + \frac{Q}{\varphi} - \Delta\alpha I^0_{ПРС}$	$\frac{кДж}{кг}$	$771,69 + \frac{394,66}{0,65}$ - 0,04x361=1364,41
Температура газов на входе в ступень	ϑ'	По I—ϑ таблице	$°C$	560
Средняя температура газов	$\vartheta_{СР}$	$0,5(\vartheta'' + \vartheta')$	$°C$	0,5x(560+530)=545
Средняя скорость газов	$\omega_Г$	$\frac{B_Р \cdot V_Г \cdot (273 + \vartheta_{СР})}{273 \cdot F_{СР}}$	$\frac{м}{с}$	$\frac{3,77 \cdot 4,1587 \cdot (273+545)}{273 \cdot 3,7} = 12,69$
Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке	α_1	$\alpha_1 = C_ф C_l \alpha_н$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$70 \cdot 1,03 \cdot 0,7 = 50,5$
Средняя скорость воздуха	$\omega_В$	$\frac{\left(\beta_1'' + \frac{\Delta\alpha}{2}\right) V^0 B_Р}{273 F_В} \times (273 + t)$	$\frac{м}{с}$	$\frac{\left(1,31 + \frac{0,04}{2}\right) 2,86 \cdot 3,77}{273 \cdot 2,26} \times (273 + 69) = 7,94$
Коэффициент теплоотдачи с воздушной стороны	α_2	$\alpha_2 = \alpha_н C_z C_s C_ф$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$56 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot 0,92 = 51,4$
Коэффициент использования поверхности нагрева	$\zeta_{ВП}$	По I—ϑ таблице		0,85
Коэффициент теплопередачи	k	$\zeta_{ВП} \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$0,85 \frac{18 \cdot 42}{18 + 42} = 10,71$
Разность температур между средами:				
наибольшая	$\Delta t_б$	$\vartheta' - t''$	$°C$	560-160=400
наименьшая	$\Delta t_м$	$\vartheta'' - t'$	$°C$	530-(-22)=552

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5
Отношение	$\Delta t_б / \Delta t_м$	$\Delta t_б / \Delta t_м$		552/400=1,38
Температурный напор при противотоке	$\Delta t_{ПРТ}$	$0{,}5(\Delta t_б + \Delta t_м)$	$°C$	476
Перепад температур				
наибольший	$\tau_б$	$t'' - t'$	$°C$	160-(-22)=182
наименьший	$\tau_м$	$\vartheta' - \vartheta''$	$°C$	560-530=30
Параметр	P	$\frac{\tau_м}{\vartheta' - t'}$		$\frac{30}{560-(-22)} = 0{,}051$
Параметр	R	$\frac{\Delta\tau_б}{\Delta\tau_м}$		1,38
Коэффициент	ψ	По рис 6-16		0,8
Температурный перепад	Δt	$\psi\ \Delta t_{ПРТ}$	$°C$	$0{,}8 \cdot 476 = 380{,}8$
Тепловосприятие ступени по уравнению теплообмена	Q_T	$\frac{k \cdot H \cdot \Delta t}{B_P \cdot 10^3}$	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{10{,}71 \cdot 360 \cdot 380{,}8}{3{,}77 \cdot 10^3} = 397{,}44$
Расхождение расчетных тепловосприятий	ΔQ	$\frac{Q_T - Q_K}{Q_T} \cdot 100$	%	$\frac{397{,}44 - 394{,}66}{397{,}44} \cdot 100 = 0{,}7\%$

Примечание (см. таблицу 4.6): Для расчёта коэффициента теплоотдачи конвекцией α_1 используются графики, представленные на рис. 6-7[2], из которых определяется:

$\alpha_н$=39 Вт/(м^{2}К) – номинальный коэффициент теплоотдачи, определяемый по скорости потока газа $w_г$ и диаметру труб пучка d;

C_l=1 – поправка на относительную длину пучка;

$C_ф$=0,95 – поправка на физические характеристики потока при изменении температуры и состава теплоносителя.

Для расчёта коэффициента теплоотдачи с воздушной стороны α_2 используются графики, представленные на рис. 6-5[2] из них определяются:

$\alpha_н$=75 Вт/(м^{2}К) – номинальный коэффициент теплоотдачи, определяемый по скорости потока воздуха $w_в$ и эквивалентному диаметру труб $d_э$;

C_z=0,98 – поправка на количество рядов труб z_2 по ходу газов;

C_s=1 – поправка на геометрию пучка;

$C_ф$=0,95 – поправка на физические характеристики потока при изменении температуры и состава теплоносителей.

4.4.4 Поверочный расчет четырех конвективных блоков опускного газохода

Полная площадь поверхности нагрева H = 1040 м^2

Диаметр труб – d = 42х5 мм

Относительный шаг труб - s_1\d = 7,3 мм

Поперечный продольный - s_2\d = 1,28 мм

Количество рядов труб по ходу газов труб в ряду:

z_1 = 18 шт.

z_2 = 16 шт.

Площадь живого сечения для прохода газов:

F = AB-$z_1$dl = 5,6 м^2

Эффективная толщина излучающего слоя:

S = 0,9(4s_1s_2\π-1)d = 0,41 м

Температура газов перед блоком:

ϑ' = 530 ^{0}C

Энтальпия газов перед блоком:

I′ = 726,9 кДж/кг

Температура газов за блоком:

ϑ'' = 240 ^{0}C

Энтальпия газов за блоком:

I″ = 827,73 кДж/кг

Температура газов за блоком:

ϑ'' = 240 ^{0}C

Энтальпия газов за блоком:

I″ = 340,07 кДж/кг

Количество теплоты отданное блоку:

$Q_г = \varphi(I' - I'')V_г$ = 4655,3 кДж/кг

Средняя температура газов:

$\vartheta_{ср} = 0,5(\vartheta' + \vartheta'')$ = 383,5 ^{0}C

Средний температурный напор:

$\Delta t = \vartheta_{пд}$-$t_{кип}$ = 179,5 ^{0}С

Средняя температура газов:

$\omega = V_г(\vartheta_{пд} + 273)$/F273 = 3,3 м/с

Коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$\alpha_к = \alpha_н C_z C_s C_ф$ = 20,5 кВт/(м^{2}К)

Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке:

$\alpha_1 = \xi\alpha_к$ = 17,4 Вт/(м^{2}К)

Коэффициент загрязнения:

$\varepsilon = \varepsilon_0 C_ф C_d + \Delta\varepsilon$ = 0,005 (м^{2}К)/Вт

Коэффициент теплопередачи:

К = $\frac{\alpha_1}{1+\varepsilon\alpha_1}$ = 16,3 Вт/(м^{2}К)

Тепловосприятие блока:

Q = $\frac{kH\Delta t}{10^3} = 4684,6 кДж/кг$

Расхождение расчетных единиц:

$\Delta = \frac{Q - Q_г}{Q} \times 100 = 0,6\%$

Полученное расхождение меньше допустимого, поэтому поверочный расчет конвективного блока считаю законченным.

4.4.5 Поверочный расчет экономайзерных блоков

Площадь поверхности нагрева ступени:

Н = 332 м^2

Площадь живого сечения для прохода газов:

F = AB-zdl = 6,24 м^2

Температура газов на входе в блок:

ϑ' =240 ^{0}С

Энтальпия газов на входе в блок:

I′ = 336,4 кДж/кг

Температура газов на выходе из блока:

ϑ'' = 158 ^{0}С

Энтальпия газов на выходе из блока:

I″ = 221,52 кДж/кг

Тепловосприятие блока:

$Q_{г} = V_{г}\varphi(I' - I'') = 1096,8$ кДж/кг

Температура воды на входе в блок:

t = 104 ^{0}C

Энтальпия воды на входе в блок:

i = 420,4 кДж/кг

Удельная энтальпия воды на выходе из блока:

$i = i + \frac{Q_г}{D} = 762,4$ кДж/кг

Температура на выходе из блока:

t = 154 ^{0}C

Средняя температура воды:

t = 0,5(t+t) = 129 ^{0}C

Средняя температура газов:

$\vartheta_{ср} = 0,5(\vartheta' + \vartheta'') = 199$ ^{0}C

Средняя скорость газов:

$\omega = \frac{V_г(273 + \vartheta)}{273F} = 2,9 м/с$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$\alpha_{ê} = \alpha_{í}\tilde{N}_z C_s C_{ô} = 63,2$ Вт/(м^{2}К)

Эффективная толщина излучающего слоя:

$S = 0,9(4s_1s_2/\pi - 1)d = 0,34$ м

Коэффициент теплопередачи:

$K = \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1} = 47,6$ Вт/(м^{2}К)

Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке:

$\alpha_1 = \xi\alpha_к = 56,3$ Вт/(м^{2}К)

Разность температур между средами:

Наибольшая $\Delta t_б = \vartheta' - t = 84$ ^{0}C

Наименьшая = $\Delta t_м = \vartheta'' - t' = 54$ ^{0}C

Отношение:

$\Delta t_á / \Delta t_м = 1$

Температурный напор:

$\Delta t = 0\ 5(\Delta t_á + \Delta t_ì) = 69$ ^{0}C

Тепловосприятие блока по уравнению теплообмена:

$Q_{T} = kH\Delta t/10^3 = 1097{,}2$ кДж/кг

Расхождение расчетных тепловосприятий:

$$\Delta Q = \frac{Q_T - Q_г}{Q_T} = 0{,}3\%$$

Полученное расхождение тепловосприятий меньше допустимого, расчет считаю законченным. Определим общее тепловосприятие котла-утилизатора.

Для этого необходимо суммировать тепловосприятие всех рассчитываемых блоков:

$Q_т$= 3712,6+4684,6+1097,2=9494,4кДж/кг

$Q_б$=$V_г\left(I_{âõ} - I_{óõ}\right)$=11,1(1070,7-221,5)=9426,12кДж/кг

$$\Delta = \frac{Q_Ò - Q_á}{Q_Ò}100 = \frac{9494{,}4 - 9426{,}12}{9494{,}4} * 100 = 0{,}7\%$$

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

За последние десятилетия бесконтрольной добычи и расточительного использования не возобновляемых энергоресурсов человечество приблизилось к глобальному кризису мировых запасов топлива, а также к значительному ухудшению экологической обстановки на планете: потепление климата, болезни, загрязнение атмосферы, рек, вырубка лесов.

Специалисты прогнозируют, что, двигаясь такими темпами, мы полностью израсходуем запасы природных энергоресурсов (газа, нефти, угля) в ближайшие пятьдесят лет. Серьезный энергетический кризис в 1970-х годах XX в. заставил Европу задуматься над экологическими проблемами и начать разрабатывать природоохранные проекты.

В 1997 году был подписан Киотский протокол, согласно которому государства должны ограничить выброс CO2 в атмосферу. В большинстве стран мира одним из важнейших объектов государственного регулирования стали требования к повышению тепловой защиты зданий. Помимо экономии государственных энергоресурсов эти требования призваны защитить окружающую среду от вредных выбросов, рационального использования природных ресурсов, уменьшение «парникового эффекта».

На сегодняшний день актуальна проблема снижения энергопотребления жилых домов, что также дало толчок для развития энергосберегающих технологий.

На обогрев домов государствами тратится до 40% всех энергоресурсов страны, а в атмосферу в результате выбрасывается огромное количество углекислого газа, что приводит к развитию «парникового эффекта».

Энергосберегающие технологии позволяют решить сразу несколько задач:

- экономия энергоресурсов;
- решение многих проблем ЖКХ;
- уменьшение загрязнения окружающей среды.

В настоящее время России в вопросе применения энергосберегающих технологий есть куда развиваться. По мнению специалистов, Россия имеет огромный потенциал, более 40% от всего уровня потребления энергии, повышения энергоэффективности.

После принятия СНиПа 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» удается повысить энергоэффективность строящихся домов, но при недостаточном экономическом стимулировании многие компании продолжают инвестировать средства в строительство зданий с низким уровнем энергосбережения, это дает им

возможность экономить за счет снижения затрат на энергоэффективное строительство. Данные строительные нормы и правила устанавливают требования к уровню теплозащиты зданий с целью экономии энергии. При этом должны соблюдаться санитарно-гигиенические нормы микроклимата помещений и оптимальные параметры долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Также в 2009 году Государственной Думой был принят федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», согласно которому все здания, вводимые в эксплуатацию, а также в процессе эксплуатации, должны соответствовать требованиям по энергоэффективности и иметь приборы учета энергоресурсов.

В законе определен комплекс мер по реализации возможности экономии за счет энергоэффективных товаров и услуг. Вводится запрет на производство и продажу ламп накаливания в 100 Вт и более, с 2013 года – ламп в 75 Вт, с 2014 года – ламп в 25 Вт. Должны проводиться энергообследования специальными организациями с целью составления мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности.

Для предприятий и индивидуальных предпринимателей, внедряющих энергосберегающие технологии, предусмотрен механизм бюджетного субсидирования, предоставления налоговых льгот и возмещение процентов по кредитам на реализацию проектов по внедрению технологий. Также, помимо вышеназванного закона, правительство РФ утвердило программу «Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020 г.».

По программе предусматривается экономия газа в объеме 330 млрд куб. м, электроэнергии – 630млрд КВт·ч, теплоэнергии – 1550 млн Гкал, нефтепродуктов – 17 млн тонн.

Энергосбережение в котельной – это комплекс мероприятий и условий для оптимизации всех процессов участвующих в формировании КПД не только котельной, но и всей системы отопления в целом. Основными направлениями в разделе «энергосбережение в котельных» можно условно поделить на следующие:

– теплогенератор (производство/выделение тепловой энергии) – КПД, автоматизация, работа в общей системе контроля и управления;

– распределение тепла (трубы, магистрали, балансировочные клапана, запорно-регулирующая арматура, фильтры) – теплопотери, балансировка, развоздушивание, химводоподготовка, циркуляция;

– потребление тепла – управление балансом между необходимым и подаваемым теплом к потребителю. Система управления может быть посторена

как на управлении всей системой как единым теплопередающим устройством (1 контур), либо разбив систему на несколько температурных зон, а может быть и управляться каждым потребителем в отдельности.

Вывод: в последние годы все большее внимание привлекают проблемы использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) для нужд энергоснабжения различных сельскохозяйственных, промышленных объектов. Актуальность и перспективность данного направления энергетики обусловлена двумя основными факторами: катастрофически тяжелым положением экологии и необходимостью поиска новых видов энергии. Традиционные топливно-энергетические ресурсы (уголь, нефть, газ и т.д.) при существующих темпах развития научно-технического прогресса, по оценкам ученых, иссякнут в ближайшие 100-150 лет.

В последнее время первоочередное значение приобретают проблемы возникновения стойкой тенденции к росту стоимости энергии, а также огромная доля давления на окружающую среду, приходящаяся на энергоснабжение теперь нарушает природные процессы уже в широком масштабе.

Энергосбережение в котельной – это комплекс мероприятий и условий для оптимизации всех процессов участвующих в формировании КПД не только котельной, но и всей системы отопления в целом.

6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

6.1 Оценка воздействия объекта реконструкции на окружающую среду

При нормальной работе котельных установок происходит непрерывный выброс в атмосферу продуктов сгорания, в которых всегда присутствуют вещества, оказывающие вредное воздействие на жизнедеятельность растений, животных и человека.

В процессе сгорания твердого топлива, как известно, образуется остаток – зола в виде мелких (порошкообразных) частиц и крупных кусков – шлака. При слоевом сжигании топлива различных видов основная масса золы (примерно 75-90%) остается в топке и газоходах котла, а остальная часть (более мелкая) уносится дымовыми газами в атмосферу.

Исследования дымовых уходящих газов топливосжигающих установок показывают, что в их составе основными загрязнителями атмосферного воздуха являются оксиды углерода (до 50%), оксиды серы (до 20 процентов), оксиды азота (до 6-8%), углеводороды (до 5-20%), сажа, оксиды и производные минеральных включений и примесей углеводородного топлива. В свою очередь, выхлопные и отработавшие газы тепловых двигателей выбрасывают в воздушный бассейн более 70% оксидов углерода и углеводородов (бензолы, формальдегиды, бензапирен), около 55% оксидов азота, до 5,5% воды, а также сажу (тяжелые металлы), гарь, копоть и т.д.

Дымовые газы котельных установок и двигателей содержат десятки тысяч химических веществ, соединений и элементов, более двухсот из которых являются высокотоксичными и ядовитыми.

При выходе в атмосферу выбросы содержат продукты реакций в твердой, жидкой и газовой фазах. Изменения состава выбросов после их выхода могут проявляться в виде:

– осаждения тяжелых фракций;

– распада на компоненты по массе и размерам;

– химические реакции с компонентами воздуха;

– взаимодействия с воздушными течениями, облаками, атмосферными осадками, солнечным излучением различной частоты и др.

В результате состав выбросов может существенно измениться, могут образоваться новые компоненты, поведение и свойства которых (в частности, токсичность, активность, способность к новым реакциям) могут значительно

отличаться от исходных. Не все эти процессы в настоящее время изучены с достаточной полнотой, но по наиболее важным имеются общие представления, касающиеся газообразных, жидких и твердых веществ.

Наибольший экологический ущерб атмосфере и окружающей природной среде в целом наносят такие вещества, как оксиды азота и углерода, альдегиды, формальдегиды, бензапирен и другие ароматические соединения, которые относятся к отравляющим веществам.

Кроме того, при работе любой установки и двигателя выбрасывается около 1,0-2,0% потребляемого топлива, которое оседает на поверхностях (земли, воды, деревьев и т.п.) в виде несгоревших углеводородов, сажи, пыли и золы.

Дымовые газы имеют неприятный запах и оказывают вредное, а порой смертельное воздействие на организм человека, флору и фауну. Газовое и тепловое загрязнение воздушного бассейна способствует образованию кислотных дождей, задымлению атмосферы, изменяет характер облачности, что приводит к усилению парникового эффекта.

Систематическое воздействие превышающих предельно допустимые концентрации, но ещё не способных острое отравление концентраций двуокиси азота и других высших окислов азота ведёт к развитию тяжёлых хронических заболеваний дыхательных путей – хронических бронхитов, бронхиолитов, токсических пневмосклерозов, часто осложнённых астмоидными приступами, бронхоэктазиями и явлениями вторичной слабости сердца.

Наибольшую опасность для человека и живых организмов представляют компоненты, вызывающие раковые заболевания, это канцерогенные вещества, представленные в дымовых и выхлопных газах полициклическими ароматическими углеводородами (C_XH_Y).

К числу обладающих большей канцерогенной активностью, в первую очередь, следует отнести 3,4 бензапирен (C_20H_{12}), который образуется при нарушении организации процесса горения. Наибольший выход канцерогенных веществ, в частности 3,4 бензапирена, наблюдается на нестационарных и переходных режимах.

Величина выбросов оксидов азота определяется их концентрацией за газовой турбиной. В КУ не предусматриваются мероприятия по снижению этих выбросов.

Условия работы котельной установки и состояние атмосферы не всегда позволяют точно определить влияние токсогенов на окружающую среду. Это особенно заметно в периоды плохого рассеивания продуктов сгорания, изменения направления ветра, температуры и относительной влажности атмосферного воздуха.

Снизить выбросы вредных веществ котельными установками можно путем:

– уменьшением содержания их в топливе;

– снижением количества вредных веществ, образующихся в процессе горения топлива;

– очисткой продуктов сгорания от вредных примесей перед выбросом в атмосферу.

Очистка продуктов сгорания от оксидов азота технологически сложна и экономически не рентабельна, поэтому необходимо принимать все меры к снижению образования оксидов азота в топках, внедряя наиболее рациональные режимы горения. Основными методами снижения выхода оксидов азота и уменьшения их выброса в атмосферу являются следующие:

– снижение температуры в ядре факела;

– дробление крупного факела на несколько мелких;

– замена смесительных горелок подовыми;

– организация двухстадийного сжигания топлива.

Снизить содержание оксида углерода в продуктах сгорания топлива можно обеспечением правильного топочного процесса. Для уменьшения концентрации продуктов сгорания в зоне выброса производят рассеивание их в атмосфере через высокие дымовые трубы.

6.2 Определение объемов продуктов сгорания топлива

Рассчитаем объемы продуктов сгорания для случая, когда полное сгорание топлива осуществляется при минимально возможном количестве воздуха, то есть теоретически необходимом количестве L^0 или V^0. Образующийся в этом случае объем газов называют теоретическим объемом продуктов сгорания.

Возьмем 1 кг топлива, состав которого задан рабочей массой C^p, H^p, S^p, N^p, O^p, A^p и W^p в процентах. В случае полного сгорания 1 кг топлива при теоретически необходимом количестве воздуха в продуктах сгорания за счет полного сгорания горючих элементов C^p, S^p, H^p и испарения влаги топлива W^p и воздуха образуются трехатомные газы CO_2 , SO_2 , H_2O и азот N_2 .

Последний поступает в продукты сгорания из воздуха и топлива (кислорода O_2 в продуктах сгорания нет, так как он полностью израсходован на окисление горючих элементов). Рассчитаем теоретические объемы CO_2 , SO_2 , H_2O и N_2 .

Расчет теоретического объема углекислого газа V_{CC_2} . Для этого воспользуемся

формулой горения углерода. Из нее следует, что при сгорании 12 кг углерода образуется 44 кг углекислого газа. Следовательно, при сгорании 1 кг углерода образуется 44/12=11/3 кг CO_2. В 1 кг топлива содержится $C^p/100$ кг углерода.

Поэтому при их сжигании углекислого газа образуется, кг/кг (6.1):

$$G_{CO_2} = \frac{11C^p}{3100} \tag{6.1}$$

Объем CO_2 равен его массе, деленной на его плотность $P^0_{CO_2}$ = 1,97 кг/м^3.

Теоретический объем $V^0_{CO_2}$ будет равен, м^3/кг (6.2):

$$V_{CC_2} = \frac{G_{CO_2}}{P^0_{CO_2}} = \frac{11C^p}{3100} \tag{6.2}$$

$P^0_{CO_2}$ - плотность CO_2,

G_{CO_2} - объем углекислого газа, кг/кг,

$V_{CC_2} = \frac{1}{1,97} = 0,0186CO_2$

Расчет теоретического объема сернистого ангидрида V_{CC_2}.

Для этого воспользуемся формулой горения серы. Из нее следует, что при горении 32 кг серы образуется 64 кг сернистого ангидрида SO_2.

Таким образом, при сгорании 1 кг серы образуется 64/32 = 2 кг SO_2. В 1 кг топлива содержится $S^p/100$ кг серы, следовательно, при сгорании образуется SO_2 , кг/кг (6.3):

$$G_{CO_2} = \frac{2S^p}{100} \tag{6.3}$$

Теоретический объем V_{CC_2}, м^3/кг, будет равен (6.4):

$$V_{CC_2} = \frac{G_{SO_2}}{P^0_{SO_2}} = \frac{2S^p}{100}, \tag{6.4}$$

где $P^0_{SO_2}$ – плотность SO_2 при нормальных условиях,

G_{SO_2} - объем сернистого ангидрида

$$V_{CC_2} = \frac{1}{2,86} = 0,007S^0$$

Сумму газов CO_2 и SO_2 называют сухим трехатомным газом и обозначают RO_2 , то есть $RO_2 = CO_2 + SO_2$.

Тогда теоретический объем сухих трехатомных газов, м^3/кг, будет составлять (6.5):

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} \tag{6.5}$$

Теоретический объем V_{RO_2} не зависит от количества подаваемого для горения воздуха, поэтому здесь индекс «0» можно опустить.

Расчет теоретического объема водяных паров $V_{H_2O}^H$. Водяные пары образуются в продуктах сгорания за счет горения водорода топлива $V_{H_2O}^W$ за счет испарения влаги, содержащейся в топливе $V_{H_2O}^\delta$ и влаги, вносимой влажным воздухом $V_{H_2O}^B$, а также за счет использования пара при распиливании топлива паромеханическими форсунками $V_{H_2O}^\phi$. Следовательно, для теоретического объема водяного пара можно записать формулу (6.6):

$$V_{H_2O}^\phi = V_{H_2O}^H + V_{H_2O}^W + V_{H_2O}^\delta + V_{H_2O}^B \tag{6.6}$$

Рассчитаем величины, входящие в правую часть формулы. Из формулы горения водорода следует, что при сгорании 1 кг водорода образуется 18/2 или 9 кг водяных паров. В топливе массой 1 кг содержится H^p/100 кг водорода, поэтому при его сгорании образуется $9H^p$/100 кг водяных паров, а их объем будет равен, м^3/кг (6.7):

$$V_{H_2O}^H = \frac{9H^p}{100} \times \frac{1}{P_{H_2O}^\delta}, \tag{6.7}$$

где $P_{H_2O}^\delta$ – условная плотность водяного пара при нормальных условиях; величина H^p выражена в процентах по массе.

$$V_{H_2O}^H = \frac{9H^p}{100} \times \frac{1}{0,805} = 0,111H^p$$

Объем водяного пара за счет испарения влаги топлива W^p, %, составит, м^3/кг (6.8):

$$V_{H_2O}^{W} = \frac{W^p}{100} \times \frac{1}{P_{H_2O}^0} \tag{6.8}$$

$$V_{H_2O}^{W} = \frac{W^p}{100} \times \frac{1}{0{,}805} = 0{,}0124W^p$$

Расчет объема водяного пара $V_{H_2O}^{B}$. Водяной пар поступает в продукты сгорания с влажным воздухом. Влажность атмосферного воздуха равна d = 10 г/кг или 0,01 кг/кг. Следовательно, количество влаги, вносимой в продукты сгорания влажным воздухом, будет равно $G_{H_2O}^{B} = 0{,}01L^0$, кг/кг, где L^0 – теоретически необходимое количество сухого воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг/кг. Объем водяного пара, образовавшегося из этой влаги, будет равен, м^3/кг (6.9):

$$G_{H_2O}^{B} = 0{,}01L^0 / P_{H_2O}^0 \tag{6.9}$$

Окончательно получаем объем водяных паров, вносимых воздухом, м^3/кг:

$$V_{H_2O}^{B} = \frac{0{,}01V^0 p_{\varepsilon}^0}{P_{H_2O}^0} = \frac{0{,}01V^0 \times 1{,}293}{0{,}805} = 0{,}016V^0$$

Объем водяного пара, вносимого паромеханическими форсунками, распыливающими топливо, равен, м^3/кг (6.10):

$$V_{H_2O}^{\phi} = \frac{W^{\phi}}{P_{H_2O}^0} = 1{,}24W^{\phi} \tag{6.10}$$

где W^{ϕ} – расход пара на распыливание топлива в паромеханических форсунках.

$W^{\phi} = 0{,}01 \div 0{,}05$ кг/кг

Окончательно теоретический объем водяных паров при сгорании 1 кг топлива будет равен сумме значений (6.11):

$$V_{H_2O}^0 = 0{,}11H^p + 0{,}0124W^p + 0{,}016V^0 + 1{,}24W^{\varphi} \tag{6.11}$$

где H^p, W^p – в процентах по массе, V^0 – в м^3/кг, W^ϕ – кг/кг.

Расчет теоретического объема азота $V^0_{N_2}$. Азот поступает в продукты сгорания из воздуха и топлива. В воздухе находится азота 79% по объему, значит, его объем составит 0,79 V^0 m^3. В топливе азота содержится N^p %.

Объем этого азота определяем по формуле (6.12):

$$V^0_{N_2} = \frac{N^p}{100 \times P^0_{N_2}}, \qquad (6.12)$$

где $P^0_{N_2} = 1{,}25$ кг/м^3 – плотность азота при нормальных условиях.

Полный теоретический объем азота равен, м^3/кг:

$$V^0_{H_2} = 0{,}79V^0 + \frac{N^p}{100} \times \frac{1}{1{,}25} = 0{,}79V^0 + 0{,}008N^p.$$

Суммарный теоретический объем продуктов сгорания, полученных при сжигании 1 кг топлива, равен, м^3/кг (6.13):

$$V^0_\varepsilon = V_{RO_2} + V^0_{H_2O} + V^0_{N_2} \qquad (6.13)$$

Расчет действительного объема продуктов сгорания. В реальных условиях топливо сжигают не при теоретически необходимом количестве воздуха, а при действительно подаваемом количестве, которое больше теоретического.

Отношение действительного количества воздуха $L^Д = (V^Д)$, подводимого в топку для сгорания 1 кг топлива, к теоретически необходимому количеству $L^0(V^0)$ называется коэффициентом избытка воздуха а, то есть $a = L^Д / L^0$ или $a = V^Д / V^0$.

Коэффициент избытка воздуха выбирают в зависимости от вида и свойств топлива, способа его сжигания, режима работы топки и других показателей. Для судовых паровых котлов на мазутном топливе при работе на полной нагрузке коэффициент избытка воздуха составляет 1,05–1,25.

При сжигании топлива при а > 1 действительный объем продуктов сгорания будет больше теоретического на величину объема избыточного количества сухого воздуха $(a - 1)^V$ и объема водяных паров 0,0161 $(a - 1)^{V^0}$, содержащихся в избыточном воздухе. С учетом этого действительный объем продуктов сгорания при нормальных условиях будет равен, м^3/кг: $V^o_a = V_{RO_2} + V^0_{H_2O} + V^\sigma_{H_2} - 1{,}0161a$.

6.3 Расчет максимальной приземной концентрации выбросов из дымовой

трубы

Исходные данные:

Vг = 16,05 $м^3$/с – из технической характеристики КУ;

M_{co} = 19,72 г/с;

M_{NO} = 1,41 г/с – из технической характеристики КУ (экспериментальные данные);

$t_{ух}$ = 171 ^{0}С – из расчета КУ;

$t_в$ = 25 ^{0}С

ПДК: C_{co} = 3 мг/$м^3$, NO_2 = 0,085 мг/$м^3$.

Расчет высоты дымовой трубы.

Определим расчетный объем дымовых газов по формуле (6.14):

$$V_p = \frac{P_H V_H T_P}{T_H P_P}, \qquad (6.14)$$

где $P_р$ = 745 мм.рт.ст;

$T_р$ = 171 + 273 = 444К;

$P_н$ = 760 мм.рт.ст;

$V_н$ = 16,05$м^3$/с;

$T_н$ = 273 + 25 = 298К.

$$V_p \frac{760 \times 16{,}05 \times 444}{298 * 745} = 24{,}4\ м^3/с$$

На ПАО «ЧЦЗ» для котла-утилизатора установлена дымовая труба высотой H=30 м с диаметром D=1,2м.

Определим максимальную приземную концентрацию вредных веществ для данной дымовой трубы по формуле (6.15):

$$C_м = \frac{AFMmn}{h^2 \sqrt[3]{V \Delta T}}, \qquad (6.15)$$

где A=160 – коэффициент, определяющий эффективность рассеивания дымовых газов, при неблагоприятных метеорологических условиях;

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

m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;

ΔT=171-25=146°C – перепад температур между дымовыми газами и атмосферой в летний период;

M – масса выбрасываемого загрязняющего вещества.

Определим скорость истечения газов из дымовой трубы по формуле (6.16):

$$\omega = \frac{4V_p}{\pi d^2}, \qquad (6.16)$$

$$\omega = \frac{4 \times 24{,}4}{3{,}14 \times 1{,}2^2} = 21{,}6 \text{ м/с}$$

Опасная скорость ветра определяется (6.17):

$$v_i = 0{,}65\sqrt[3]{\frac{V_p \Delta T}{H}} \qquad (6.17)$$

$$v_t = 0{,}65\sqrt{\frac{24{,}4 \times 146}{30}} = 2{,}9 \text{ м/с}$$

Коэффициент m определяется в зависимости от параметра f (6.18):

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}}, \qquad (6.18)$$

где $f = \frac{10^3 \times \omega_0^2 \times d^2}{H^2 \Delta T} = \frac{10^3 \times 17{,}08^2 \times 1{,}2}{30^2 \times 146} = 2{,}6$

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{2{,}6} + 0{,}34\sqrt[3]{2{,}6}} = 0{,}77$$

Максимальная приземная концентрация:

$C_{CO} = \frac{160 \times 1 \times 19{,}72 \times 0{,}77 \times 1}{30^2 \sqrt[3]{19{,}03 \times 146}} = 0{,}19$ мг/м^3

$C_{co} <$ ПДК$_{co}$=3 мг/м^3

$C_{NO} = \frac{160 \times 1 \times 1{,}41 \times 0{,}77 \times 1}{30^2 \sqrt[3]{19{,}03 \times 146}} = 0{,}013$ мг/м^3

$C_{NO2} <$ ПДК$_{NO2}$=0,085мг/м^3

Безразмерная суммарная концентрация нескольких вредных веществ должна удовлетворять следующему условию (6.19):

$$\frac{C_{NO2}}{ПДК_{NO2}} + \frac{C_{co}}{ПДК_{co}} \leq 1 \qquad (6.19)$$

$\frac{0,013}{1,41} + \frac{0,19}{19,72} = 0,018 \leq 1$ – условие выполняется.

Вывод: Труба удовлетворяет санитарным требованиям.

Согласно данным расчета, при установке трубы котельной, при работе на уходящих газах максимальная суммарная концентрация диоксида азота и оксида углерода в приземном слое не превосходит среднесуточную ПДК этого вещества, т.е. запланированная дымовая труба отвечает всем необходимым требованиям.

7 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

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

Технологический процесс котла-утилизатора для дымовых газов является неагрессивным, поэтому использование устройств и систем автоматизаций полностью обосновано и характеризуется рядом причин, к числу которых относятся: безопасность обслуживающего персонала, экономичная эксплуатация оборудования, долговечность промышленного оборудования, менее высокие требования к квалификации обслуживающего персонала.

В целях предупреждения взрывов в цехах ПАО «ЧЦЗ» автоматически контролируется температура топочных газов, пара и воды, причём системы контроля блокируются с питательными системами (по топливу и воде), которые отключаются при превышении критических величин температур.

Для обеспечения безопасности процесса розжига КУ предусматриваются автоматические системы контроля и регулирования подачи горючего на запальник и в топку.

Количество предохранительных клапанов, их размеры и пропускная способность выбраны по следующему расчету:

– котел паропроизводительностью более 100 кг/ч снабжен не менее, чем двумя предохранительными клапанами;

– котел производительностью менее 100 кг/ч снабжен одним предохранительным клапаном.

Суммарная пропускная способность предохранительных клапанов, установленных на котле, не менее часовой производительности котла. Предохранительные клапаны размещены в местах, доступных для осмотра. Рабочая среда, выходящая из предохранительного клапана, отводиться в безопасное место. Различают рычажные предохранительные клапаны (рисунок 7.1).

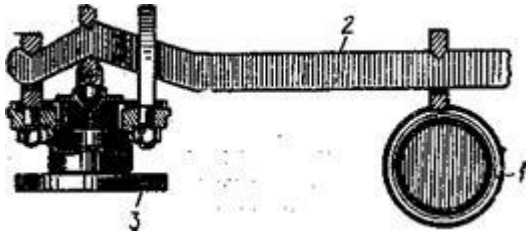


Рисунок 7.1 – Рычажный предохранительный клапан:
1 – противовес; 2 – рычаг; 3 – корпус клапана

В качестве меры предосторожности, при работе котлов с камерным сжиганием всех видов топлива и с механическими топками твердого топлива установлена автоматика безопасности, которая прерывает подачу топлива при прекращении или снижении ниже предельного рабочего давления газа, при прекращении подачи электроэнергии и отключении дутьевых вентиляторов, при отключении дымососов или прекращении тяги, неисправности автоматики (рисунок 7.2)

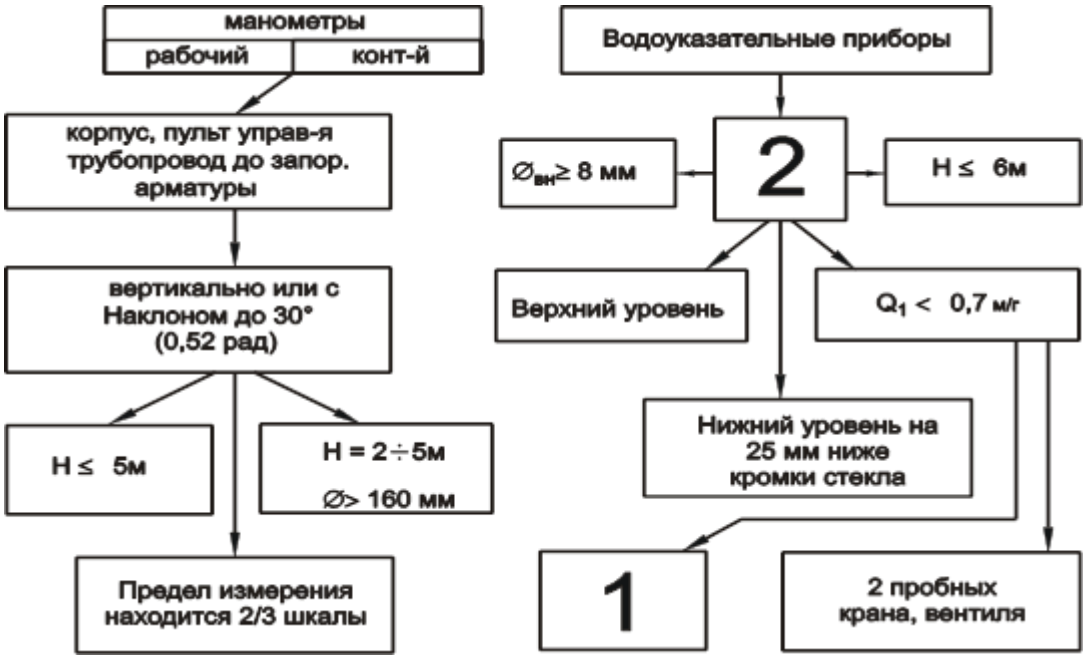


Рисунок 7.2 – Контрольно-измерительные и предохранительные устройства

Автоматика срабатывает при достижении предельных значений параметров:

– уровень воды в паровом котле;
– давление пара в паровом котле;
– температура воды на выходе из водонагревательного котла;
– давление воды на выходе из водонагревательного котла;
– разряжение в топке для котлов с уравновешенной тягой.

Котел-утилизатор КУ 13/1,7-40-850 оснащен средствами контроля и управления, обеспечивающими выполнение требований «Методических указаний по объему технологических измерений, сигнализации и автоматического регулирования на тепловых электростанциях с ПТУ, оснащенных АСУ ТП» РД 153-34.1-35.104-2001.

Система технологических защит и блокировок КУ реализована в составе управляющей системы установки, выполнена независимой от других систем управления и имеет перед ними приоритет.

Защита и ее аварийная сигнализация автоматически вводятся в работу при появлении признака ввода и, независимо от наличия этого признака, остаются в этом состоянии до появлении признака вывода, после чего они автоматически выводятся. При появлении признаков ввода и вывода приоритет отдается признаку вывода. Каждый параметр, участвующий в формировании признаков ввода-вывода технологических защит, может быть получен как с входа контроллера, так и по сети из других контроллеров.

Кроме того, защита может быть введена с помощью «накладки».

Признак «останов котла» формируется с выдержкой до 3 минут от начала выполнения программы автоматического останова котла.

Для квитирования сигнализации используются ключи сброса памяти. Предусмотрены два ключа – для защит, действующих на остановку КУ и для локальных защит.

Технологическая защита выполняется по схеме «два из трех», срабатывает при повышении уровня в БВД (БСД, БНД) до величины равной или большей величины 2 предела и действует на останов КУ.

Защита автоматически вводится по признаку «ГТУ работает» (формируется в системе управления ГТУ).

Защита автоматически выводится по признаку «ГТУ остановлена» (формируется в системе управления ГТУ).

При действии защиты включается аварийная сигнализация, регулятор питания БВД (БСД, БНД) снимается с автомата, закрывается следующая арматура:

– задвижка на линии подвода питательной воды в ЭВД;
– задвижка на линии подвода питательной воды в ЭСД;
– клапан запорный на байпасе задвижки на линии подвода питательной воды в ЭВД;
– клапан запорный на байпасе задвижки на линии подвода питательной воды в ЭСД;
– регулирующий клапан питания БВД;
– регулирующий клапан питания БСД;
– задвижка на линии подвода питательной воды из ЭВД в БВД;
– задвижка на линии подвода питательной воды из ЭСД в БСД;
– задвижка на линии подвода питательной воды в БНД. Для проверки действия защиты на «сигнал» предусмотрена накладка;
– регулирующий клапан питания БСД.

Монтаж приборов и средств автоматизации выполняется согласно СНиП 3.05.07-85.

Автоматизация воздухоподогревателя в переходном газоходе котла утилизатора КУ 13/1,7-40-850

В части работы предусматривается создание системы КИП на базе 16-канального видеографического регистратора Ш 9329-29.013.

Структура и аппаратные средства

Система построена по двухуровневой иерархической схеме: Нижний уровень системы включает в себя полевое оборудование: приборы КИП для измерения температуры давления и т.д.;

Второй уровень системы строится на основе программируемого 16-канального видеографического регистратора Ш 9329-29.013 фирмы «Сенсорика», к модулям ввода/вывода которого подключается полевое оборудование. Регистратор имеет клавиатуру и дисплей для вывода необходимой информации и находится в шкафу КИП.

К шкафу КИП имеются разветвители сигналов 4...20 мА (позиция обозначения XTY…), что позволяет, при необходимости, передать значение всех параметров в виде текстовых сигналов 4..20 мА а верхний уровень. Для передачи сигналов необходимо использовать клеммы 5+ и 6- разветвлений.

Функции, исполняемые системой.

Технологический контроль аналоговых параметров.

Аналоговые параметры технологического контроля контролируются термопарами, термосопротивлениями, датчиками давления и расхода.

Все датчики имеют выходной унифицированный токовый сигнал 4.. .20 мА, а датчики давления и расхода оснащены помимо этого еще и индикаторными устройствами для отображения измеряемого параметра по месту. Параметры, контролируемые системой:

температура воздуха перед ВЗП 1

температура воздуха после ВЗП 1 на склад шихтарник

температура воздуха после ВЗП 1 на печь

температура воздуха на склад шихтарник

температура воздуха на печь

температура отходящих газов после ВЗП 2

температура воздуха перед ВЗП 2

температура воздуха после ВЗП 2 на печь

давление воздуха на склад шихтарник

давление воздуха на печь

расход воздуха на ВЗП 1

расход воздуха на склад шихтарник

расход воздуха на печь

Щиты и шкафы

В работе предусмотрена установка одного навесного шкафа КИП со степенью защиты IP66, который располагается в операторском помещении. На лицевой панели шкафа устанавливается следующее оборудование: лампа «питание шкафа», видеорегистратор

Питание шкафа предусмотрено напряжением 220 В, 50 Гц переменного тока, и выполняется в электротехнической части проекта (часть ЭМ).

Схема автоматизации системы воздухоснабжения представлена на рисунке 7.3.

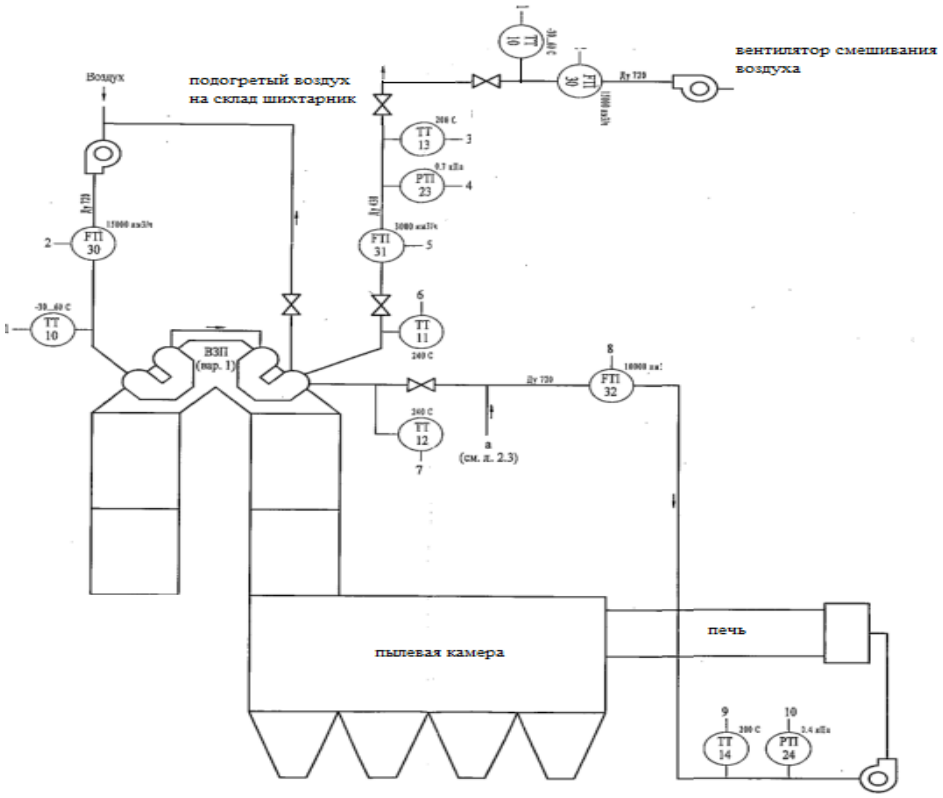


Рисунок 7.3. - Схема автоматизации системы воздухоснабжения вельц-печи

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

Котельные установки относятся к опасным производственным объектам т.к. при их эксплуатации возможна реализация следующих потенциальных опасностей (основных):

– неконтролируемые взрывы газовоздушных и аэрозольных горючих систем;

– физические взрывы систем, работающих под давлением;

– разрушение трубопроводов с паром и горячей водой за счёт температурных градиентов, обусловленных отложением солей жёсткости (накипи) из нагреваемой воды на нагретых поверхностях;

– генерирование вибрации и шума за счёт работы дробильных, размольных и транспортных агрегатов, а также тягодутьевых устройств;

– опасность термических ожогов при контакте работающих с нагретыми поверхностями и паром;

– загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы газообразными, аэрозольными, жидкими и твердыми отходами;

– загрязнение окружающей природной среды неиспользованной теплотой отходящих газов, охлаждающей воды и твердофазных отходов.

В процессе работы на оператора (машиниста-кочегара) котлов-утилизаторов могут воздействовать опасные производственные факторы, основными из которых являются:

1) воздействие движущихся и вращающихся частей механизмов – при проникновении в опасную зону во время работы механизма (насосы – НКУ-250, ПЭ-100-53 (56), дымососы – ДН-12, мельничные вентиляторы – ВМ-160/850);

2) термические ожоги при прикосновении к неизолированным частям технологических агрегатов, трубопроводов, а также при не использовании средств индивидуальной защиты (СИЗ) или при повреждении тепловой изоляции на поверхности оборудования, трубопроводов (температура неизолированных паропроводов – до 380 °С, трубопроводов питательной воды – до 105 °С);

3) поражение электрическим током при прикосновении с токоведущими частями механизмов, находящихся под напряжением, при отсутствии или неисправности заземления (напряжение: циркуляционные насосы – 0,4 кВ, питательные насосы – 3 кВ, при силе тока до 83 А);

4) разрушение конструкций, трубопроводов и элементов котла (избыточное давление: паропроводы до 1,6 МПа, трубопроводы питат. воды – до 5,6 МПа);

5) высота при неисправности перильных ограждений обслуживающих и переходных площадок (максимальная отметка обслуживаемого оборудования 15,5 м);

6) повышенный шум в рабочей зоне при неиспользовании СИЗ (в районе работающих мельничных вентиляторов – 136,5 дБ, насосов – 123 дБ);

7) химические ожоги при проведении щелочения, кислотной либо реагентной промывке оборудования при неиспользовании СИЗ или неосторожном обращении с химическими растворами (NaOH).

8.1.1 Опасность поражения электрическим током

Проектирование электроустановок должно осуществляться в соответствии с правилами устройства электрических установок.

Степень поражения человека электрическим током зависит от характера помещения, в котором произошло включение человека в цепь тока.

Рекомендуемые номинальные напряжения для электроустановок и область их применения приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Номинальные напряжения для электроустановок и область их применения

Напряжение, В	Область применения
12	Для ручных светильников в помещениях особо опасных
36	Для ручного инструмента
65	Для ручной сварки
200	Для стационарных осветительных установок
220, 380, 660	Для электропривода
Выше 1000	Для технических целей, кроме освещения, ручных электроприборов

8.1.2 Освещенность рабочих мест и производственных помещений

Для обеспечения нормальных условий работы все производственные, вспомогательные и бытовые помещения, а также проходы, проезды и определенные участки предприятия должны освещаться. Особенно благоприятен естественный свет, вследствие большого рассеяния, оптимального спектра излучения, наличия ультрафиолетового излучения, необходимого для жизни человека (длина волны 297 нм) и обеззараживания воздуха (максимальный эффект обеззараживания при длине волны 254 нм).

В производственных помещениях ПАО «ЧЦЗ» применяется естественное освещение, а в вечернее и ночное время – искусственное. Естественное освещение осуществляется тремя способами: боковое через окна; верхнее через световые фонари и комбинированное. Естественная освещенность на рабочем месте в помещении характеризуется коэффициентом естественной освещенности – КЕО.

По результатам мониторинга микроклимата рабочих мест, предоставленным управлением промышленной безопасности Общества, нормы освещенности и КЕО на участках соответствуют нормам.

8.1.3 Микроклимат рабочего места

Установленные нормы оптимального микроклимата в рабочей зоне в зависимости от сезона года и тяжести работы приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Нормы оптимального микроклимата в рабочей зоне, относительная влажность 60-40%

Сезон года, температура наружного воздуха	Категория работ	Температура в рабочей зоне, ºС	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходной; менее +10 ºС	Легкая I Средней тяжести II а Средней тяжести II б Тяжелая III	20 - 23 18 - 20 17 - 19 16 - 18	0,2 0,2 0,3 0,3
Теплый; +10 ºС и более	Легкая I Средней тяжести II а Средней тяжести II б Тяжелая III	22 - 25 21 - 23 20 - 22 18 - 20	0,2 0,3 0,4 0,5

Допустимая область влажности воздуха 40-75%. При влажности более 75% затрудняется испарение пота, менее 40% – наступает пересыхание слизистой оболочки.

Допустимая область подвижности воздуха 0,2-1 м/с. Застойный воздух затрудняет конвекцию; слишком подвижный вызывает сквозняк.

Человеку необходим чистый естественный воздух без примесей пыли, вредных аэрозолей, газов, паров. При наличии в воздухе частиц ядовитых веществ возможно отравление, вредной пыли – заболевание легких (пневмокониоз), угольной пыли (что характерно для участка котельной УСТК) – антрокоз легких.

8.1.4 Взрыво- и пожароопасность

Помещение котельной относится к категории пожароопасности В. Для локализации возникших пожаров, опасными факторами при которых являются: открытый огонь, повышенная температура воздуха и предметов, дым, недостаток кислорода в воздухе, предусмотрены укомплектованные по правилам пожарной безопасности пожарные щиты, в комплект которых входит: багор, топор, лом, ведра, огнетушители (ОУ-2 – 2 шт, ОУ-5 – 2 шт, ОУ-10 – 2 шт, ОУ-20 – 2 шт.).

8.1.5 Производственный шум и вибрация

Работа некоторого оборудования промышленных установок сопровождается значительным шумом, вибрацией и сотрясением. Основными характеристиками шума являются частотный спектр интенсивности звука и звуковое давление.

Органы слуха человека воспринимают частоты от 20 Гц до 20000 Гц и звуковое давление от $2*10^{-5}$ до 20 Па. Уровень звукового давления, достигающий болевого порога, составляет 130 дБ при частоте 1000 Гц.

Санитарными нормами установлены допустимые уровни звукового давления. Они приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Предельно допустимые уровни звукового давления шума, действующие более 4 часов

Рабочие места, помещения	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Котельный участок - щит котлов	95	87	82	78	75	73	71	69
Турбинный участок - щит управления	83	74	68	63	60	57	55	54

8.1.6 Избыточная теплота

Нагретые поверхности котлов, паропроводов, турбин излучают тепловую энергию инфракрасного спектра мощностью в несколько тысяч Вт/м^2, в то время как допустимое облучение тела человека в этом диапазоне спектра – не более 350 Вт/м^2. Применяют следующие способы защиты от избыточной теплоты: теплоизоляцию горячих поверхностей; экранирование источников излучения поглощающими и отражающими теплоту экранами; воздушные души и

вентиляцию; защитную одежду; ограничение длительности работы при больших тепловых нагрузках.

Согласно санитарным нормам температура наружных поверхностей оболочек теплоизоляции не должна превышать 45 ºС. Поэтому излучающие поверхности покрывают тепловой изоляцией: шамотом, изделиями из диатомового кирпича, шлаковой ватой, асбестом со слюдой, минеральной ватой, асбестом, стеклополотном, торкретмассой.

8.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

К работе по обслуживанию котлов-утилизаторов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по профессии аттестованные на знание инструкции по охране труда и имеющие удостоверение на право обслуживания выше указанных объектов, заверенное государственным инспектором Ростехнадзора. Допуск осуществляется после прохождения стажировки по эксплуатации на объектах цеха теплогазоснабжения распоряжением по цеху.

Персонал КУ во время дежурства не должен отвлекаться от выполнения возложенных на него инструкцией обязанностей по обслуживанию КУ.

Во время работы КУ, пока из печи поступают отходящие газы и в КУ имеется давление, машинист не имеет права оставлять КУ без присмотра, даже на самое короткое время. Категорически запрещается покидать рабочее место, не сдав дежурство сменщику.

В помещении КУ посторонние лица могут допускаться только с разрешения администрации цеха и в сопровождении ее представителями.

Помещение и все оборудование КУ должно содержаться в исправном состоянии и в надлежащей чистоте. Запрещается загромождать площадки какими-либо материалами. Проходы и выходы должны быть свободными. Двери для выхода из помещения должны легко открываться наружу.

Сдача дежурства и заступление на дежурство должны производиться в соответствии с графиком.

При приемке смены дежурный обязан:

– ознакомиться с состоянием и режимом работы КУ;

– получить сведения от сдавшего смену об оборудовании, за которым необходимо вести особо тщательное наблюдение, и об оборудовании, находящемся в ремонте и в резерве;

– выяснить, какие работы выполняются по нарядам и распоряжениям;

– проверить и принять ключи от помещения, оперативную документацию и инструкции;

– оформить приемку-сдачу записью в журнале;

Приемка и сдача смены во время ликвидации аварии запрещается.

Общие требования безопасности производственных процессов:

– устранение непосредственного контакта работающих с вредными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное воздействие на человека;

– применение комплексной механизации, автоматизации и дистанционного управления тогда, когда действие вредных и опасных факторов нельзя устранить;

– обеспечение надлежащей герметизации производственного оборудования;

– применение средств коллективной и индивидуальной защиты работающих;

– оснащение технологических процессов устройствами, обеспечивающими получение своевременной информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов на отдельных технологических операциях;

– своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками вредных и опасных производственных факторов;

– применение рациональных режимов труда и отдыха с целью предупреждения возникновения психофизиологических опасных и вредных производственных факторов (монотонности, гиподинамии и т. п.).

Все эти требования к производственным процессам закладываются при их проектировании и реализуются при организации и проведении технологических процессов.

Требования безопасности к технологическое процессу включают в нормативно-техническую и технологическую документацию.

Правила устройства и безопасной эксплуатации котлов утилизаторов устанавливают требования к устройству, приспособлению, монтажу, ремонту и эксплуатации котлов, автономных пароперегревателей и экономайзеров с рабочим давлением более 0,07МПа (0,7кгс/см^2), водонагревательных котлов и автономных экономайзеров с температурой воды выше 115°С.

По правилам Госнадзора, каждый паровой котел оборудуется:

– манометры, для контроля давления среды (воды, пара и др.);

– предохранительные устройства для сброса избыточного давления рабочей среды (разрывные мембраны, предохранительные клапаны, и др.);

– парозапорные вентили для отключения КУ от паровой магистрали;

– водозапорные вентили (задвижки) для впуска воды в КУ и регулирование её количества;

– обратный питательный клапан, предотвращающий пропуск воды из КУ обратно в питательную магистраль при аварии на питательном трубопроводе;

– воздушные клапаны для удаления из КУ воздуха и др. газов.

Вся арматура должна иметь сертификаты (паспорта), где отражаются параметры эксплуатации, схемы включения в технологическую систему и др. сведения.

Соединения трубопроводов котельных установок выполняются фланцевыми или сварными.

Котельные установки оборудуются также необходимой гарнитурой безопасности:

– заслонки и шиберы для регулирования тяги и дутья;

– лазы в обмуровке для осмотра топочной камеры, газоходов и др. поверхностей нагрева и футеровки;

– предохранительные взрывные клапаны для защиты обмуровки и каркаса КУ от разрушений при взрывах горючей смеси в топке и газоходах;

– затворы на шлаковых и золовых бункерах для удаления шлака и золы из топки, газоходов и др. мест.

Безопасность производственных процессов обеспечивается:

– выбором технологического процесса, приемов, режимов работы и порядка обслуживания производственного оборудования;

– выбором производственных помещений и площадок;

– исходных материалов, заготовок и полуфабрикатов, а также способов их хранения и транспортирования (в том числе готовой продукции и отходов производства);

– выбором производственного оборудования и его размещением;

– распределением функций между человеком и оборудованием в целях ограничения тяжести труда.

Большое значение для обеспечения безопасности имеют профессиональный отбор и обучение работающих безопасным приемам труда, правильное применение ими средств защиты.

9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Котел утилизатор КУ 13/1,7-40-850 предназначен для охлаждения уходящих дымовых газов от трубчатой Вельц печи. Одним из недостатков является не полное охлаждение дымовых газов, что неблагоприятно влияет на рукавные фильтры, которые установлены за КУ.

Одним из решений является установка экономайзерных блоков воздухоподогревателя в переходном газоходе, что позволит дополнительно охлаждать дымовые газы и покупка тепловой энергии для помещения склада шихтарника.

9.1 Смета капитальных затрат

Капитальные вложения на установку экономайзерных блоков воздухоподогревателя в переходном газоходе производственных цехов ПАО «ЧЦЗ» и покупка отопления для склада шихтарника представлены в таблице 9.1. (затраты на монтажные и установочные работы выбраны из технического задания монтажной организации ЗАО «ВММ-2», затраты на проектные работы и приобретение оборудования выбраны из локального-сметного расчета № 223.225,03.00.СМ).

Таблица 9.1 – Структура капитальных вложений

Наименование затрат	Затраты	
	тыс. руб.	%
Проектные работы	1092	19,19
Монтажные работы	570	10,02
Установочные работы	983	17,28
Оборудование, всего:	2535	44,55
в том числе:		
- экономайзерный блок	1450	25,48
- дополнительный вентилятор	533	9,37
- КИП и Автоматика	552	9,70
Пуско-наладочные работы	279	4,90
Прочие затраты	231	4,06
Итого:	5690	100

9.2 Расчет текущих затрат

После установки экономайзерных блоков воздухоподогревателя в переходном газоходе и дополнительного вентилятора в трубопроводе начинается эксплуатация, которая требует ежегодных затрат материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов.

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:

1) затраты на электроэнергию (9.1):

$$И_э = Ц_э \times W_э, \quad (9.1)$$

где $Ц_э$ = 1,6 руб/кВтч – цена электроэнергии, по тарифам ОАО «Челябэнерго».

$W_э$ = (27*2+20)*8760=648240(кВтч/год)

$И_э$ = 1,6*648240=103,7(тыс.руб./год)

2) амортизационные отчисления (9.2):

$$И_a = НА \times К, \quad (9.2)$$

где НА – норма амортизации, составляет 16%.

$И_a$ = 0,16*8635,8=1381,7 (тыс. руб.)

3) издержки на проведение текущего ремонта (9.3):

$$И_{тр} = 0{,}3 \times И_a, \quad (9.3)$$

$И_{тр}$ = 0,3*1381,7=414,5 (тыс. руб.)

4) заработная плата:

При составлении баланса рабочего времени учитываем, что:

– 90% рабочих имеют восьмичасовой рабочий день, остальные 10% – шестичасовой рабочий день;

– средняя продолжительность основного отпуска 20 дней;

– средняя продолжительность дополнительного отпуска 20 дней;

– отпуск учащихся 1 день;

– невыходы по болезни 10 дней;

– невыходы связанные с выполнением общественных и государственных обязательств 1 день.

Баланс рабочего времени сведем в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего

Состав фонда времени	По плану 2017 г.	
	В днях	В часах
1	2	3
1. Календарное время	365	2920
2. Нерабочее время: праздничное выходное	 9 104	 72 832
3. Номинальный фонд рабочего времени – $F_н$	252	2016
4.Планируемые невыходы на работу: - основной и дополнительный отпуска - отпуска учащихся - болезни - выполнение гос. обязанностей	 20 1 10 1	 160 8 80 8
5.Эффективный фонд рабочего времени- $F_{эф}$	220	1760
6.Средняя продолжительность рабочего дня 0,9*8+0,1*6		7,8
7.Эффективный фонд рабочего времени с учетом средней продолжительности рабочего дня		1716
8. Коэффициент использования рабочего времени $F_{эф}$, $К_{исп}$= $F_н$		0,87

Численность рабочих определяется на основе расчетов баланса рабочего времени и нормативов систем планово-предупредительного ремонта (таблица 9.3).

Таблица 9.3 – Ремонтная сложность оборудования

Наименование оборудования	Кол.	Ремонтная Сложность R_i	Общая ремонтная сложность ΣR_i
1. Паровой котел КУ-13/1,7-40-850	1	90	90
2. Питательные насосы	2	9	18
3. Дымососы	1	9	9
4. Прочее оборудование	-	10	10
Суммарная ремонтная сложность			127

Планирование численности персонала осуществляется по следующей схеме (9.4):

$$N_{Ti}=\frac{F_{ci}}{F_{Ti}}-1$$

$$N_{ci}=\frac{\grave{O}_{\ddot{o}}}{F_{ci}}$$

$$F_{ri}=\frac{12(1{,}2n_{Ti}+7n_{ci})\sum_{i}^{m}R_i}{\gamma T_{\ddot{o}}} \qquad (9.4)$$

$$F=\sum_{i}^{n} F$$

$$Ч^{р}_{я}=\frac{F_{\sum}}{K_H F_H}$$

$$Ч^{р}_{с}=\frac{\times^{Đ}_{ß}}{\hat{E}_{è}}$$

где n_{ci} – количество средних ремонтов за ремонтный цикл;

n_{Ti} – количество текущих ремонтов за ремонтный цикл;

F_{ci}, F_{Ti} – продолжительность межремонтного периода между средними и текущими ремонтами, соответственно по i-тому элементу в месяц;

γ=0,6 – коэффициент, зависящий от сменности работы оборудования;

$Ч^{р}_{я}$ –явочный состав ремонтного персонала;

F_{ri} – годовое время, потраченное на текущий ремонт i-го однотипного оборудования;

$К_н$=1,15 – планируемый коэффициент перевыполнения норм по длительности ремонта;

F – суммарное время на ремонт всех элементов схемы теплоснабжения в часах за год;

$Т_ц$ – длительность ремонтного цикла;

$F_н$ – номинальный фонд рабочего времени в часах на одного человека за год;

$К_и$ – коэффициент использования эффективного фонда рабочего времени;

$Ч^{р}_{с}$ – списочный состав ремонтного персонала.

Результаты расчета планирования численности ремонтного персонала сведем в таблицу 9.4.

Таблица 9.4 – Планирование численности ремонтного персонала

Наименование оборудования	F_{Ti}	F_{ci}	$T_ц$	$1,2n_{Ti}$	$7n_{ci}$	$\sum R_i$	F_{ri}
1.Паровой котел КУ-13/1,7	6	12	60	1,2	35	90	1086
2. Питательные насосы	3	12	24	3,6	14	18	264
3.Дымососы	3	12	24	3,6	14	29	425
4. Прочее оборудование	3	12	48	3,6	28	15	197,5
Суммарное время F							1972,5

Явочный состав ремонтного персонала:

$Ч^р_я = \frac{1972,5*3}{1,05*2016} = 3$ чел.

Списочный состав ремонтного персонала:

$Ч^р_с = \frac{3}{0,84} = 4$ чел.

Планирование численности эксплуатационного персонала производится по нормам обслуживания энергохозяйства.

Последовательность расчетов в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Расчет численности эксплуатационного персонала

Наименование показателей	Величина	Ед. измерения
1. Норма обслуживания энергохозяйства	150	у.е/чел
2. Суммарная ремонтосложность энергохозяйства	127	у.е.
3. Число смен работы энергооборудования	3	
4.Число эксплуатационного персонала в расчете на смену	1	чел.
5. Явочный состав эксплуатационного персонала	3	чел.
6. Списочный состав эксплуатационного персонала	4	чел.

Планирование численности линейного и функционального персонала управления осуществляется на основе его организационной культуры и уточняется в соответствии со схемой:

Общий списочный состав рабочих энергохозяйства (9.10)

$$Ч_р = Ч^р_с + Ч^э_с \quad (9.10)$$

Численность мастеров (9.11):

$$Ч^{о}_{м} = \frac{\times_{\text{ð}}}{\acute{I}_{\text{ì}}} \qquad (9.11)$$

Численность начальников участков (9.12)

$$Ч^{о}_{у} = \frac{\times^{\hat{I}}_{\text{ì}}}{\acute{I}_{\text{ó}}} \qquad (9.12)$$

Численность начальников цехов (9.13)

$$Ч^{о}_{н} = \frac{\times^{\hat{I}}_{\text{ó}}}{\acute{I}_{\text{ö}}} \qquad (9.13)$$

Численность персонала отдела главного энергетика (9.14)

$$Ч_{огм} = 0{,}037(Ч_{р} + Ч^{о}_{м} + Ч^{о}_{у} + Ч^{о}_{ц})^{0{,}79} * М^{0{,}064} \qquad (9.14)$$

Численность промышленно-производственного персонала (9.15)

$$Ч_{ппп} = Ч_{р} + Ч^{о}_{м} + Ч^{о}_{у} + Ч^{о}_{ц} + Ч_{огм} \qquad (9.15)$$

Число уровней линейного руководства (9.16)

$$h_{л} = \frac{Ig \times_{\text{ÏÏ}} - IgH_{\text{ì}} - IgC + IgH_{B}}{IgH^{\min}_{\text{ö}}} \qquad (9.16)$$

Численность мастеров, начальников участков и цехов (9.17)

$$Ч_{м},\ Ч_{у},\ Ч_{ц} = \oint (h_{\text{ë}}) \qquad (9.17)$$

где $h_{л}$ – число уровней линейного руководства;

$Н_{м}$, $Н_{у}$, $Н_{ц}$ – нормы управления у линейных руководителей энергохозяйства для мастеров, начальников участка и начальников цехов, принимаемые равными 12 рабочими на мастера, 4 мастера на начальника участка и 2 начальника участка на начальника цеха, соответственно;

$Ч_{р}$ – общий списочный состав рабочих энергохозяйства;

$Ч^{о}_{м}$, $Ч^{о}_{у}$, $Ч^{о}_{ц}$ – численность мастеров, начальников участков и цехов;

$Ч_{ппп}$ – численность промышленно-производственного персонала;

С – сменность работы в энергохозяйстве;

М – количество единиц теплооборудования и сетей по схеме теплоснабжения.

Рассчитаем: $Ч_р$=4+4=8 чел, $Ч^о_м$=8/12=1 чел.

Общая численность персонала для котельной составит: $Ч_{ппп}$=9 чел.

Штатное расписание представлено в таблице 9.6 (отдел бухгалтерского учета ПАО «ЧЦЗ»).

Таблица 9.6 – Годовой фонд заработной платы персонала

Наименование должности	Основной оклад	Часовой тариф, руб./час	Время работы одного работающего ч/год	Кол-во работающих человек	Годовая сумма основной з.платы руб./год
1. мастер	17300	-	-	1	207600
2. эксплуатационный персонал		75	1716	4	514800
3. ремонтный персонал	-	65	1716	4	459888

Плановый годовой фонд заработной платы представлен в таблице 9.7 (отдел бухгалтерского учета ПАО «ЧЦЗ»)

Таблица 9.7 – Годовой фонд заработной платы персонала котельной

Элементы фонда заработной платы	Заработная плата, руб.	
	Персонал	
	Эксплуатац.	Ремонтный
1. Фонд оплаты по тарифу за год	514800	459888
2. Доплаты к фонду часовой заработной платы:		
-премиальные	128700	-
-оплата праздников	4633	7722
- оплата за работу в ночное время	34749	-
3.Итого дневной фонд заработной платы	682882	467610
4.Доплата до дневного фонда за работу в праздничные дни	7722	6898
5.Итого дневной фонд заработной платы	690604	474508
6.Доплаты к годовому фонду заработной платы:		
- оплата отпусков	203728	97274
- оплата за выполнение гос. обязанностей	4627	2989
7.Всего годовой фонд заработной платы	898959	574771
8.Средняя заработная плата в год	18728	11974

Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание при работе котла КУ 13/1,7-40-850 представлена в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание при работе котла КУ 13/1,7-40-850

Статьи затрат	Результат расчета тыс. руб./год
1.Сырая вода	423,846
2.Электроэнергия	116,7
3.Амортизационные отчисления	1381,7
4.Издержки на проведение текущего ремонта	414,5
5.Основная и дополнительная заработные платы ремонтного персонала	574,771
6. Заработная плата эксплуатационного персонала	898,959
7. Заработная плата персонала управления	207,6
8. Отчисления на социальные нужды	224,2
9. Прочие цеховые расходы	168,2
10. Итого	4410,476
11. Себестоимость производимой теплоты, руб./Гкал: $S=\frac{C_1}{G_{\text{ãîä}}^{\text{ãîä}}}=\frac{4410{,}476*1000}{19322}$	228,3

9.3 Расчет срока окупаемости проекта

Срок окупаемости проекта рассчитаем по формуле (9.18):

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta И}, \qquad (9.18)$$

где K - капитальные затраты, тыс. руб.;

$\Delta И$ - полученный доход за год, тыс. руб./год.

Вычислим полученный доход за год по формуле (9.19):

$$\Delta И = И_T - И \qquad (9.19)$$

где $И$ - сумма текущих затрат, тыс. руб./год;

$И_T$ - сумма затрат на выработанную теплоту за год, тыс. руб./год.

$И_Т$=228,3*19322=4411,2 тыс.руб./год

$И=И_э+И_а+И_{тр}+И_{зп}$=2013,59 тыс.руб./год

$\Delta И$ = 4411,2 – 2013,59 = 2397,61 тыс.руб./год

$К$ = 5690 тыс. руб.

$$Т_{ок}=\frac{К}{\Delta И}=\frac{5690}{2397,61}=2,4 \text{ года.}$$

$Т_{ок}$ < 5 лет, следовательно, данный проект укладывается в обобщенный срок периода окупаемости.

Рассмотрим вариант покупки природного газа для склада шихтарника.

Общий расход природного газа по заводу для покрытия производственных нужд до эксплуатации котла-утилизатора составляет:

$Q_г$=18460285 м^3/год

Затраты на топливо:

Стоимость природного газа $Ц_{зак}$ = 1,6 руб./м^3 – по тарифам ОАО «Челябинскрегионгаз».

$И_г=Ц_{зак}*Q_г$=1,6*18460285=29536,45 тыс.руб./год

Учитывая, что для производства теплоты котлом-утилизатором не требуется покупка топлива, можно сделать вывод, что дальнейшая эксплуатация котельной, работающей на уходящих дымовых газах экономически выгодны.

9.4 SWOT-анализ реализации проекта реконструкции котла утилизатора

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 котла утилизатора, то производится SWOT-анализ для двух вариантов. «Анализ до реконструкции котла-утилизатора» представлен в таблице 9.9.

Таблица 9.9 – SWOT анализ до реконструкции котла-утилизатора

S: - опыт работы с существующим оборудованием; - отсутствие затрат на разработку проекта и переобучение персонала; - отсутствие затрат на покупку нового оборудования;	W: - затраты на текущий ремонт оборудования; - менее надежная автоматизация оборудования; - возможность отказа старого оборудования;
O: - относительно низкая цена природного газа; - устойчивый спрос на готовую продукцию.	T: - нестабильность экономической обстановки на рынке ресурсов; - задержки с поставкой запасных частей; -снижение общей платежеспособности.

А для варианта «Анализ после реконструкции котла утилизатора» – в таблице 9.10.

Таблица 9.10 – SWOT анализ после реконструкции котла-утилизатора

S: - условно-бесплатный вид топлива - быстрая окупаемость; - простота управления; - небольшие капитальные вложения; - наличие квалифицированного персонала.	W: - непостоянная нагрузка цеха; - невозможность быстрой замены одного человека другим; - опасность загрязнения окружающей среды.
O: - относительно низкая цена на приобретение ВЭР; - устойчивый спрос на готовую продукцию.	T: - нестабильность экономической обстановки на рынке ресурсов; - возможны задержки с поставкой оборудования; - нестабильность экономики; -снижение общей платежеспособности.

Вывод: проделанный SWOT анализ показал, что при реконструкции котельной на уходящих дымовых газах сильных сторон больше, так как мы получим больше преимуществ, сможем использовать больше возможностей, но при этом недостатки проекта решаются проведением данного проекта.

9.5 Дерево целей проекта

Цель проекта: ввести в эксплуатацию реконструированную установку для покрытия производственных нужд к 31.01.2018г.

Дерево целей – структурная модель, показывающая соподчиненность и связь целей подразделения в иерархии управления для его построения задачи высшего уровня делятся на проектные цели, которые выполняют одна или несколько служб предприятия, а также сторонние организации, в зависимости от их сложности, необходимости лицензирования деятельности, навыков работников. При построении дерева целей используются такие их свойства, как соподчиненность, развертываемость и соотносительная важность.

На рисунке 9.1. изображено дерево целей проекта реконструкции котла утилизатора КУ 13/1,7-40-850.

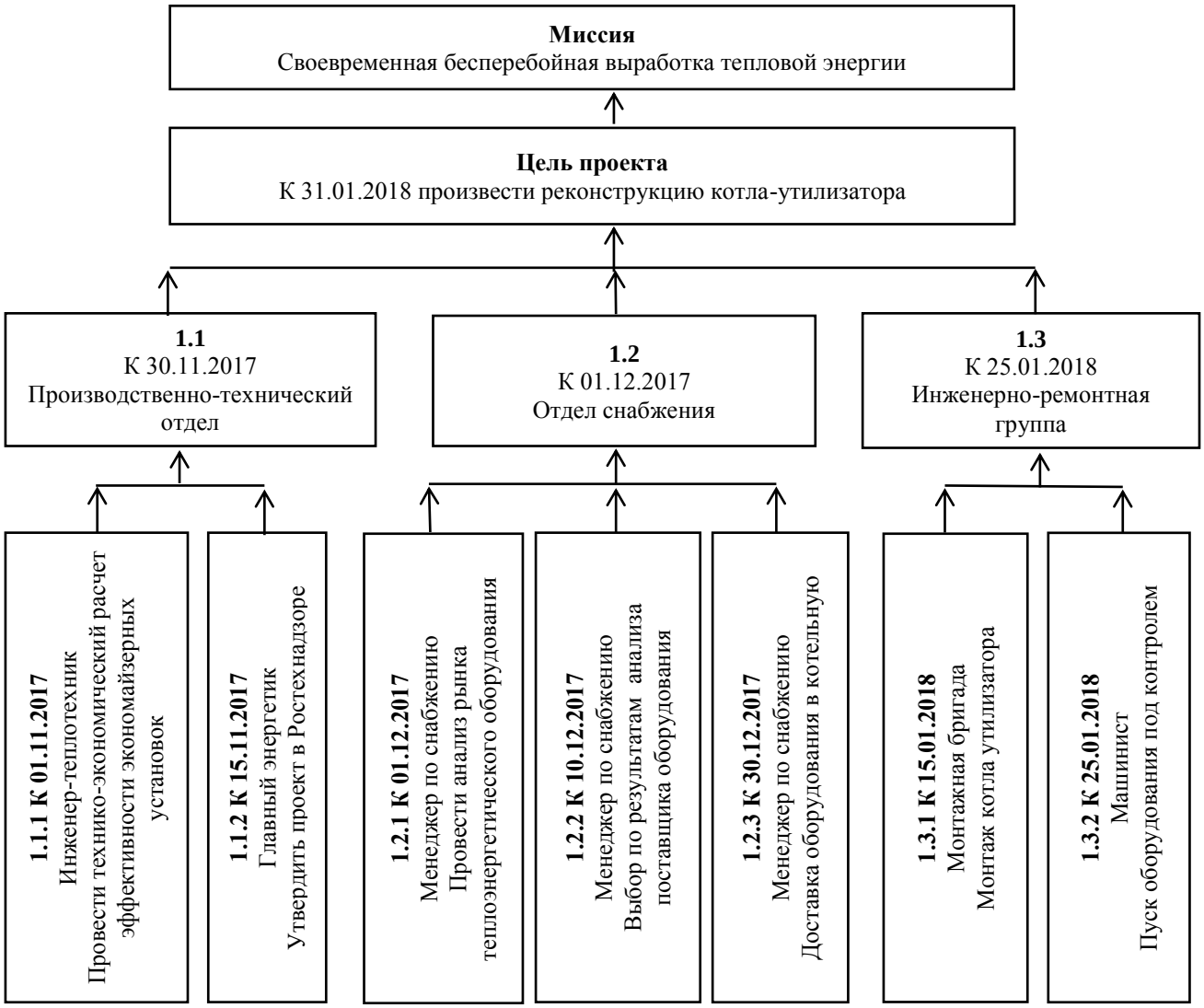


Рисунок 9.1. Дерево целей проекта

9.6 Поле сил реализации проекта

На схеме поля сил изменений системы показаны соотношения влияний движущих сил реализации целей и сдерживающих сил. Данное поле характеризует организационную надежность состояния предприятия, устойчивость и направленность его развития.

Для реализации проекта необходимо оценить влияние различных факторов на достижение цели проекта:

Движущие силы

К сильной движущей силе относится потребность в большой мощности, т.к. уходящие дымовые газы нуждаются в дополнительном охлаждении, что влияет на бесперебойную работу вельц печи.

К средним движущим силам относится новое высокоэкономичное и высокоэкологичное оборудование, которое приносит дополнительную выработку тепловой энергии, не загрязняя при этом экологию.

К слабым движущим силам относятся:

- повышение уровня квалификации обслуживающего персонала;
- высокий уровень автоматизации требует меньшего обслуживания персоналом;
- данный проект так же дополняет план перспективного развития предприятия.

Сдерживающие силы

К сильным сдерживающим силам относятся дополнительные затраты в виде покупки дополнительного оборудования.

К средним сдерживающим силам относятся наем сторонних организаций для монтажа оборудования.

К слабым сдерживающим силам относится необходимость переквалификации или обучения персонала.

Потенциал изменений

К потенциалу изменений относится наращивание опыта проектирования и строительства энергообъектов в г. Челябинске.

Поле сил показано на рисунке 9.2.

Рисунок 9.2 – Поле сил реализации проекта

Таким образом, по данному полю сил можно сделать вывод, что движущие силы в совокупности с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими, к тому же, привлекая дополнительных инвесторов, а также применяя грамотный отбор персонала, его подготовку и переподготовку, можно свести действие сдерживающих сил к минимуму. Это значит, что проект может быть реализован, и после проведения реконструкции котла-утилизатора обеспечение тепловой энергией будет эффективнее, чем в настоящее время.

9.7 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 проработки проекта изменений. По этапам назначаются исполнители и ориентировочная продолжительность работ.

План-график Ганта на примере реконструкции котла показан в таблице 9.10.

Таблица 9.10 – План-график Ганта установки котла-утилизатора КУ 13/1,7-40-850

Этапы работ	Исполнитель	Кол-во исполнителей	Продолжительность этапов с 01.11.2017г. по 31.01.2018г.											
			ноябрь				декабрь				январь			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Проведение технико-экономического расчета эффективности установки экономайзерных установок	Инженер-теплотехник	2	■											
Утверждение проекта в Ростехнадзоре	Главный энергетик	1		■	■	■								
Проведение анализа рынка теплоэнергетического оборудования	Менеджер по снабжению	2					■							
Выбор по результатам анализа поставщика оборудования	Менеджер по снабжению	2						■						
Доставка оборудования в котельную	Отдел снабжения	8							■	■				
Монтаж котла утилизатора	Монтажник	8									■	■		
Пуск оборудования под контролем	Машинист	3											■	■

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными потребителями природного топлива являются промышленные и энергетические предприятия, которые используют их в большом количестве для выпуска продукции. В основном это металлургические, энергетические и химические заводы и фабрики.

Одним из таких предприятий является Челябинский цинковый завод.

ЧЦЗ – крупнейший производитель цинковой продукции в России (60% производимого цинка в России и 2% в мире).

В 2008 году было произведено более 166 тысяч тонн цинка и сплавов, что на 0,6 процента больше, чем в 2007 году. При этом объем переработанной руды, добытой на Акжальском месторождении, был равен 1330,5 тысячам тонн.

На ПАО «ЧЦЗ» для охлаждения дымовых газов используются котлы-утилизаторы. Применение таких котлов значительно повышает эффективность работы оборудования и установок, результатом работы которых являются выделение выхлопных газов или пара.

Котел утилизатор – это котел, в конструкции которого нет своей топки, принцип его действия основан на использовании тепла, образующегося в каких-либо производственных процессах, например, образование горячих газов в металлургической промышленности.

Котел утилизатор КУ 13/1,7-40-850 предназначен для охлаждения уходящих дымовых газов от трубчатой Вельц печи. Одним из недостатков является не полное охлаждение дымовых газов, что неблагоприятно влияет на рукавные фильтры, которые установлены за КУ.

Котел утилизатор КУ 13/1,7-40-850 предназначен для:

– охлаждения технологических газов, пыли и сокращения физических объемов газов, направляемых на рукавные фильтры;

– повышения надежности работы и улучшения условий эксплуатации газоходного тракта при номинальном тяговом режиме;

– утилизации тепловой энергии газов путем генерирования пара;

– организации сбора пыли из газоходов с целью возврата ее в технологический цикл цеха.

На сегодняшний день актуальна проблема снижения энергопотребления жилых домов, что также дало толчок для развития энергосберегающих технологий. На обогрев домов государствами тратится до 40% всех энергоресурсов страны, а в атмосферу в результате выбрасывается огромное количество углекислого газа, что приводит к развитию «парникового эффекта».

Энергосберегающие технологии позволяют решить сразу несколько задач:

Энергосбережение в котельной – это комплекс мероприятий и условий для оптимизации всех процессов участвующих в формировании КПД не только котельной, но и всей системы отопления в целом.

При нормальной работе котельных установок происходит непрерывный выброс в атмосферу продуктов сгорания, в которых всегда присутствуют вещества, оказывающие вредное воздействие на жизнедеятельность растений, животных и человека.

В процессе сгорания твердого топлива, как известно, образуется остаток – зола в виде мелких (порошкообразных) частиц и крупных кусков – шлака. При слоевом сжигании топлива различных видов основная масса золы (примерно 75-90%) остается в топке и газоходах котла, а остальная часть (более мелкая) уносится дымовыми газами в атмосферу.

К работе по обслуживанию котлов-утилизаторов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по профессии аттестованные на знание инструкции по охране труда и имеющие удостоверение на право обслуживания выше указанных объектов, заверенное государственным инспектором Ростехнадзора. Допуск осуществляется после прохождения стажировки по эксплуатации на объектах цеха теплогазоснабжения распоряжением по цеху.

Персонал КУ во время дежурства не должен отвлекаться от выполнения возложенных на него инструкцией обязанностей по обслуживанию КУ.

Большое значение для обеспечения безопасности имеют профессиональный отбор и обучение работающих безопасным приемам труда, правильное применение ими средств защиты.

Котел утилизатор КУ 13/1,7-40-850 предназначен для охлаждения уходящих дымовых газов от трубчатой Вельц печи. Одним из недостатков является не полное охлаждение дымовых газов, что неблагоприятно влияет на рукавные фильтры, которые установлены за КУ.

Одним из решений является установка экономайзерных блоков воздухоподогревателя в переходном газоходе, что позволит дополнительно охлаждать дымовые газы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Введён в действие 27.11.2009 // Российская газета № 5050 27 ноября 2009 г. – 2009.

2 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ И - 01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007.

3 ГОСТ 12.0.003-80.Опасные и вредные производственные факторы. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1980.

4 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2006.

5 ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

6 ГОСТ Р 55682.5-2013 (ЕН 12952-5:2001). Котлы водотрубные и котельно-вспомогательное оборудование. Ч.5. Конструктивное исполнение и технология производства частей котла, работающих под давлением. - Введ. впервые. - М.: Стандартинформ, 2014. - 72 с.

7 ГОСТ Р 54405-2011. Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 МПа. Показатели качества пара. - Введен 01.06.2012. - М., 2012. - 2 с.

8 СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. – М.: Минздрав России, 2001.

9 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Новая редакция, 2008.

10 СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минрегион России, 2011.

11 СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Требования пожарной безопасности. – М.: 2009.

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

13 Аэродинамический расчет газовоздушного тракта котла / методические

указания / А.Н. Хуторной, С.В. Хон. – Томск: Изд-во Томс. гос. архит.- строит. ун-та, 2010. – 40 с.

14 Барыгин, Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыгин. М.: Энергоатомиздат, 2005.- 456 с.

15 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / С.В. Белов— 8-е издание, стереотипное - М.: Высшая школа, 2009. — 616 с.

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

17 Васильев, С.В. Источники теплоснабжения промышленных предприятий / учебное пособие/ С.В. Васильев, В.Г. Арсенов, С.Н. Ярунин / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». - Иваново, 2008. - 168 с.

18 Грибанов, А. И. Очистка дымовых газов. Конспект лекций. Челябинск, 2006.

19 Грибанов, А.И. Расчет дымовой трубы / учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по дисциплине: «Вопросы экологии при эксплуатации теплоэнергетического оборудования» /А.И. Грибанов – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 22 с.

20 Данилов, О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / учебник для вузов/ О.Л. Данилов - М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 424с.

21 Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ, 2009. - 496 с.

22 Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов - М.: Машиностроение, 2011. - 374 с.

23 Кузнецов, Н.В. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / Н.В. Кузнецова - 2-е изд., перераб. / (РЕПРИНТ) — М.: ЭКОЛИТ, 2011. — 296 с.

24 Липов, Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парового котла / Учебное пособие для вузов / Ю.М. Липов – М.: , 2012. – 208 с.

25 Органические виды топлива и их запасы на Земле. - http://works.doklad.ru/

26 Официальный сайт ПАО «ЧЦЗ». - http://www.zinc.ru/

27 Палей, Е.Л. Проектирование котельных: справ.-практ. пособие / Е.Л. Палей - СПб.: Изд-во Петерб. ун-та, 2015. - 216 с.

28 Пачаев, А.А. «Методические указания по разделу «Расчет экономической эффективности» / А.А. Пачаев - М.: МГАВТ, 2011.

29 Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учебное пособие для вузов/ А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов – М.: Издательство МЭИ, 2010 – 432 с.

30 Ривкин, А.С. Тепловой расчет котлоагрегата: учеб. пособие / А.С, Ривкин - Иваново: ИГЭУ, 2011. - 144 с.

31 Сазанов, Б. В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учебное пособие для вузов / Б.В. Сазанов - М.: МЭИ, 2014 – 523 с.

32 Синявский, Ю.В. Сборник задач по курсу Теплотехника: учебное пособие / Ю.В. Синявский. – СПб: Гиорд, 2010.

33 Стратегия развития Челябинской области до 2020 года в последней редакции от 26 марта 2014 года.

34 Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении» (с изменениями на 4 июня 2011 года)

35 Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2011 г. N 256-ФЗ "О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса"

36 Фурсов, И.Д. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов / учебное пособие/ И.Д. Фурсов 3-е изд. перераб. и доп. /Алт.гос.техн. ун-т им. И.И.Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. - 300 с.

37 Энергетическая стратегия России до 2030 года от 13 ноября 2009 года.

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

39 Энергосбережение при производстве и распределении тепловой энергии (в примерах и задачах) : учеб. пособие / А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев, Г.П. Шаповалова, В.С. Агабабов - М.: МЭИ, 2012. - 64 с.

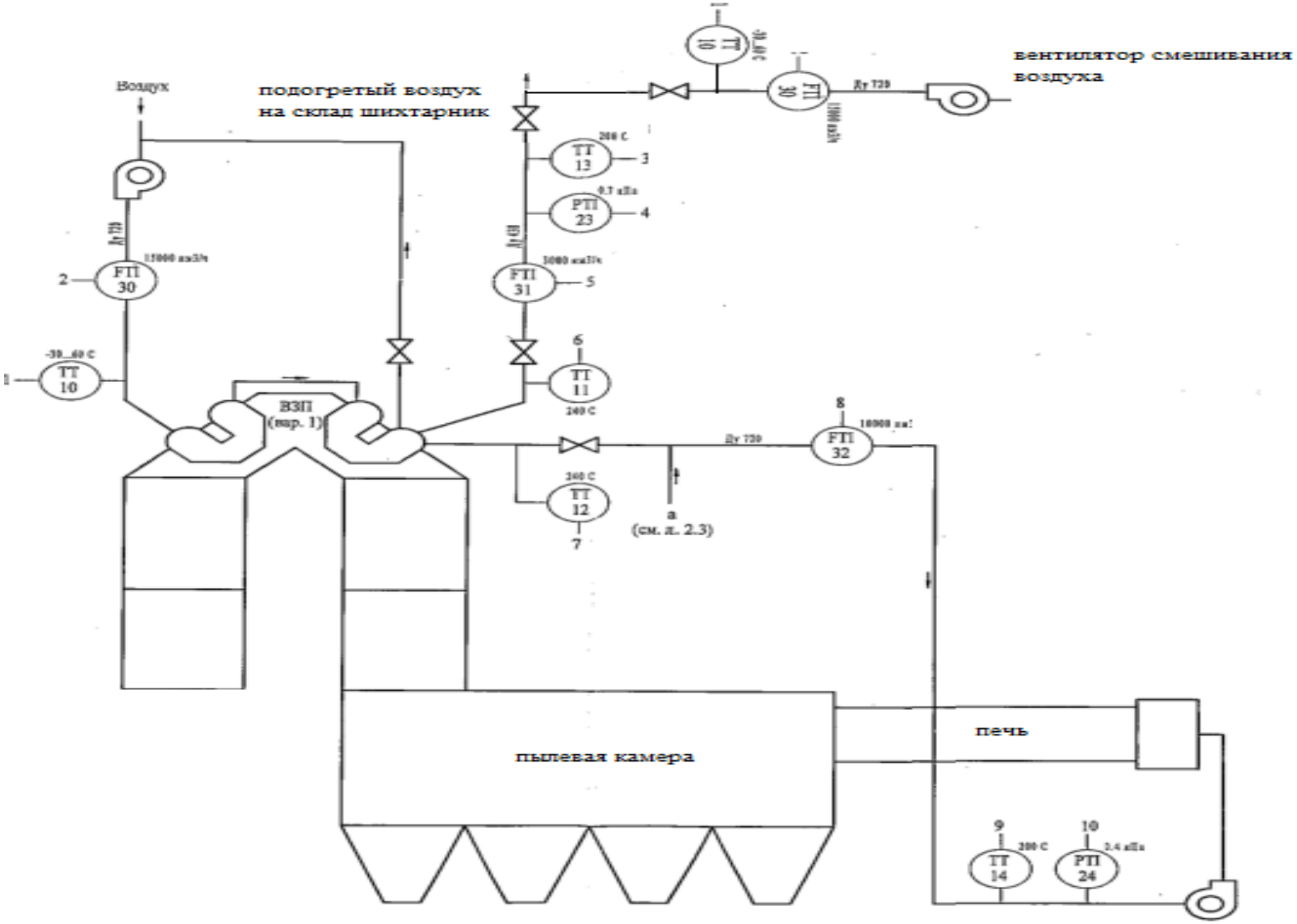
40 Эрастов, В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие/ В.Е. Эрастов. – М.: Форум Инфра-М, 2008. – 208 с.

41 Постановление Правительства РФ от 8 августа 2012 г. N 808 "Об организации теплоснабжения в Российской Федерации и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации"

42 Приказ №328н от 24 июля 2013г. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (с 04.08.2014.)

ПРИЛОЖЕНИЕ

В данном приложении представлена схема автоматизации воздухоподогревателя котла утилизатора КУ 13/1,7-40-850



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2017.276.14 ПЗ	лист 85