

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Энергетический
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование технологии осушения дымовых газов в котле утилизаторе ПГУ

УДК 621.181.27: 622.96.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Сенчихин Дмитрий Константинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
кандидат технических наук	Н.Н. Галашов	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	С.Н.Попова	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	М.Э.Гусельников	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	А.С. Матвеев	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.

P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки **140100 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН
А.С. Матвеев

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Сенчихину Дмитрию Константиновичу

Тема работы:

Исследование технологии осушения дымовых газов в котле утилизаторе ПГУ

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

	1 июня 2016 года
--	-------------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
---------------------------------	--

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

	Целью работы является исследование работы котла-утилизатора ПГУ с технологией осушения дымовых газов для увеличения КПД котла и снижения выбросов вредных веществ в атмосферу.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Характеристика объекта исследования. 2. Анализ научно-технической литературы. 3. Расчет продуктов горения газа. 4. Теоретические основы осушки дымовых газов. 5. Способы осушки дымовых газов котла. 6. Расчет теплообменников утилизаторов влаги. 7. Влияние модернизации на экологию. 8. Социальная ответственность при проведении работ модернизации. 9. Заключение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схемы установок, характеристики и показатели работы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Попова С.Н. доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Гусельников М.Э. доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	8 февраля 2016 года
--	-----------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АТЭС	Галашов Н.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Сенчихин Д.К.		

Реферат

Дипломный проект – 105 страниц, 8 таблиц, 17 рисунков, 52 источника.

Ключевые слова: ПГУ, котел-утилизатор, конденсационный теплообменник.

Объектом исследования являются конденсационные теплообменники контактного и поверхностного типов устанавливаемые в котле-утилизаторе ПГУ с целью извлечения скрытого тепла уходящих газов.

Целью работы является анализ и исследование процессов осушения дымовых газов в котле-утилизаторе ПГУ.

Определения, обозначения, сокращения

КТ – конденсационный теплообменник.

КУ – котел-утилизатор.

ПГУ – парогазовая установка.

ГТУ – газотурбинная установка.

ВД – высокого давления.

НД – низкого давления.

ПП – пароперегреватель.

БНД – барабан низкого давления.

БВД – барабан высокого давления.

Содержание

1	Характеристика объекта исследования.....	10
2	Анализ научно-технической литературы	23
2.1	Конструкция конденсационных котлов поверхностного типа.....	25
3	Расчет продуктов горения газа.....	34
3.1	Теоретически необходимое количество воздуха.....	34
3.2	Теоретические объёмы продуктов сгорания.....	35
3.4	Определение коэффициента избытка воздуха.....	39
3.5	Энтальпия продуктов сгорания.....	42
4	Теоретические основы осушки дымовых газов	45
5	Способы осушки дымовых газов.....	51
6	Расчет теплообменников утилизаторов влаги.....	56
6.1	Методика теплового расчета КТ поверхностного типа.....	56
6.2	Методика теплового расчета КТ контактного типа.....	60
7	Влияние модернизации на экологию.....	65
8	Социальная ответственность при проведении работ модернизации....	70
8.1	Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ наряд-допуск, распоряжение.....	70
	Работы с оборудованием производят по письменным нарядам-допускам и устным распоряжениям.....	70
9	Социальная ответственность.....	77

9.1	Производственная безопасность.....	78
9.1.1	Вредные физические производственные факторы.....	78
9.1.2	Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды....	84
9.2	Экологическая безопасность.....	86
9.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
9.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	90
10	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	93
10.1	Экономическая эффективность внедрения котла-утилизатора на паровом котле ДЕ-10-14 ГМ Ульяновской ТЭЦ-3.....	93
10.2	Календарный план проведения НИР.....	96
	Заключение.....	99
	Список используемой литературы.....	101

1 Характеристика объекта исследования

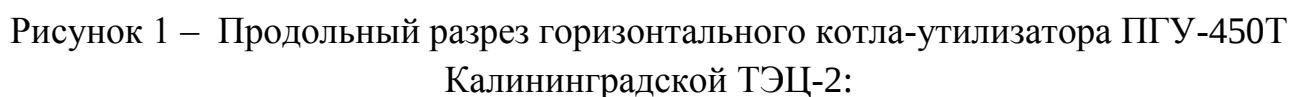
Объектом исследования в данной работе является котел утилизатор ПГУ.

Котел утилизатор (КУ) ПГУ - это котел, у которого отсутствует собственная топочная камера, использующий теплоту отходящих газов дизелей или газотурбинных установок.

Котлы утилизаторы используются в составе ПГУ как передаточное звено между двумя частями бинарного цикла: «верхней» - газотурбинной и «нижней» - паротурбинной.

Для повышения эффективности комбинированного цикла ПГУ температура покидающих КУ газов постоянно снижается и составляет в настоящее время 110 °С. Самый эффективный путь снижения температуры уходящих газов состоит в утилизации тепла за счет подачи в КУ воды с более низкой температурой. В следствии этого при проектировании КУ температура питательной воды на входе задается все более низкой. В некоторых случаях она только на несколько градусов выше расчетной температуры точки росы дымовых газов.

По конструкции КУ подразделяются на однокорпусные и двухкорпусные, горизонтального (рисунок 1) и вертикального профиля (рисунок 2), барабанные (с естественной циркуляцией рабочего тела в контуре) и прямоточные (с принудительной циркуляцией), с одним или несколькими (до трех) контурами давлений.



11

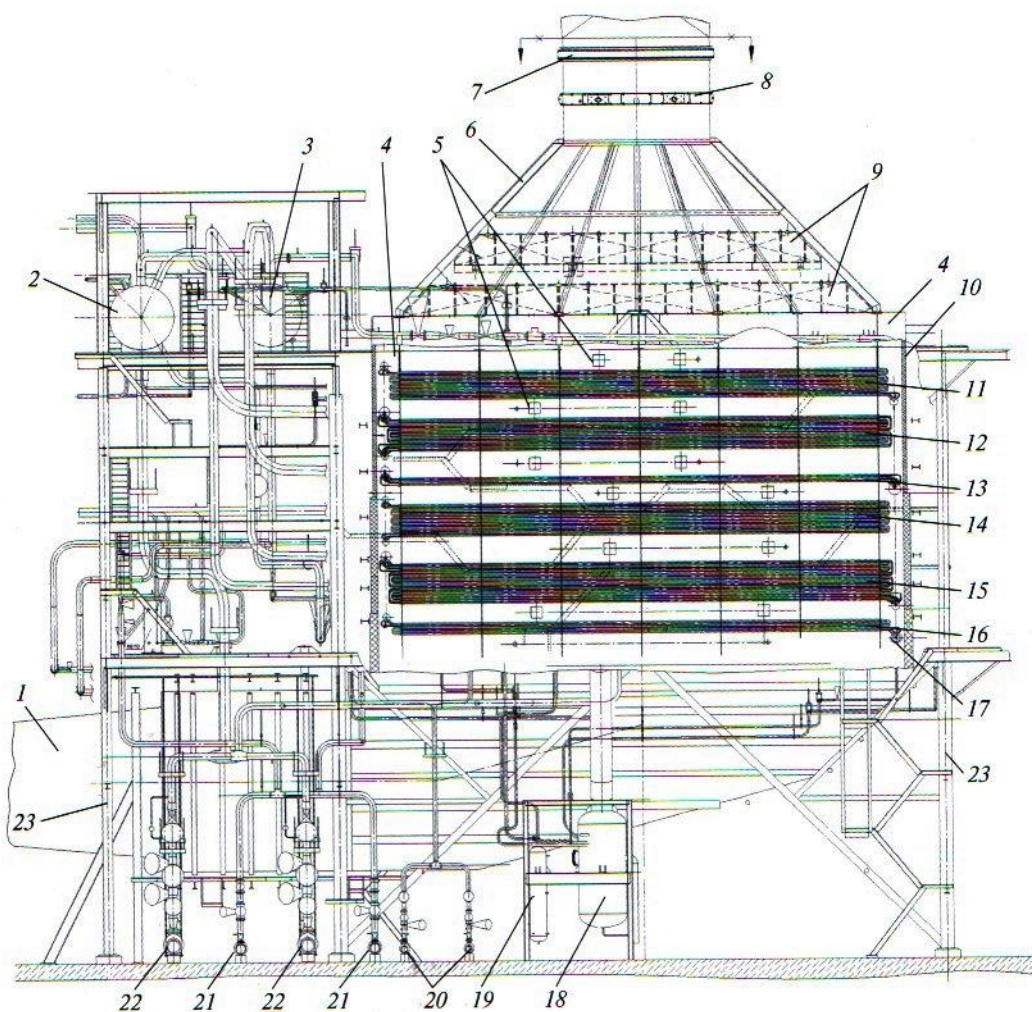


Рисунок 2 – Продольный разрез вертикального двухконтурного котла-утилизатора П-107 машинно-строительного завода «ЗиО-Подольск»:

1 – входной диффузор КУ; 2 – БВД; 3 – БНД; 4 – «теплые ящики»; 5 – лазы; 6 – входной диффузор; 7 – компенсатор тепловых расширений; 8 – отсечной клапан (дождевая заслонка); 9 – двухступенчатый глушитель; 10 – обшивка; 11 – ГПК; 12 – ИНД; 13 – ППНД; 14 – ЭВД; 15 – ИВД; 16 – ППВД; 17 – выходной коллектор ППВД; 18 – расширитель периодической продувки; 19 – расширитель непрерывной продувки ВД; 20 – ЦЭН НД; 21 – ЭНР; 22 – ЦЭН ВД; 23 – колонны каркаса.

Современные КУ делают газоплотными за счет обшивки металлическим листом.

Существующие КУ производят пар докритического давления, но в связи с совершенствованием ГТУ и возрастанием температуры выхлопных газов за рубежом уже существуют пилотные проекты прямоточных КУ с сверхкритическими параметрами пара (24МПа/570°C).

Основной элемент агрегата – парогенерирующий контур, состоящий из трех основных частей расположенных последовательно по ходу газов: пароперегреватель, испарительная поверхность нагрева, экономайзер питательной воды. С целью более глубокого использования теплоты уходящих газов ГТУ предусматривают дополнительную поверхность нагрева – газовый подогреватель конденсата (ГПК) для подогрева основного конденсата перед деаэратором. Все поверхности нагрева включаются по противоточной схеме. В пароперегревателе высокого давления используют трубы из легированной стали, а в остальных поверхностях нагрева – из углеродистой.

Барабанные КУ вертикального типа для повышения надежности работы исполняют с принудительной циркуляцией рабочего тела в контуре. В барабанных КУ горизонтального исполнения движение рабочего тела в контуре происходит за счет естественной циркуляции.

Поверхности нагрева КУ выполняют из труб не большого диаметра (32-42 мм) компануя их трубные пучки. С наружи трубные пучки обтекают газы из ГТУ. Внутри их протекает рабочее тело: в ГПК и экономайзерах – вода; в подъёмных трубах испарителя – сначала вода, а затем пароводяная смесь; на вход пароперегревателей отдельных контуров поступает почти-что сухой насыщенный пар, а в промежуточные пароперегреватели – перегретый пар.

Желательно было бы сделать КУ высокоэкономичным (с низкой температурой уходящих газов), дешевым (компактным), и с малыми гидравлическими сопротивлениями по газовой стороне (существенно не повышающим давление за ГТУ) что приводит к уменьшению мощности. Но эти требования

противоречат друг другу, поэтому проектирование котлов-утилизаторов состоит в их оптимальном удовлетворении. Главным в этой оптимизации является создание улучшенных поверхностей нагрева, в первую очередь это выбор теплообменных труб. Большинство поверхностей нагрева КУ выполняют используя трубы близкого сортамента со спирально-ленточным (рисунок 3, а) или просечным (рисунок 3, б) оребрением. С помощью рёбер увеличивается поверхность теплообмена и повышается коэффициент теплоотдачи от греющих газов к рабочему телу.

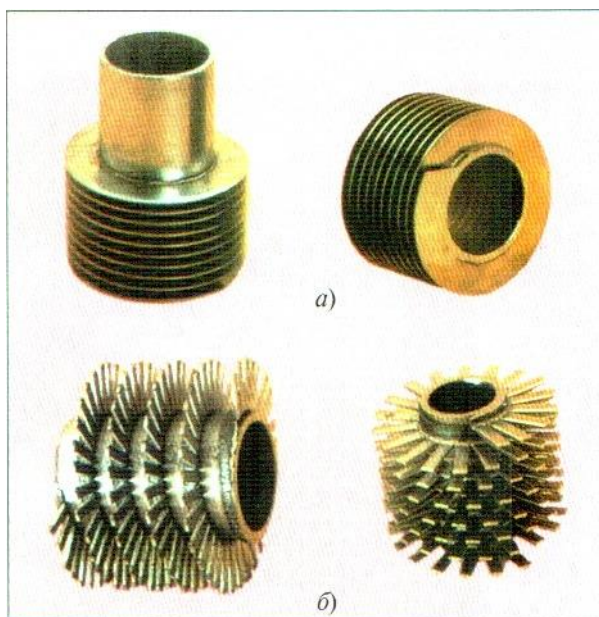


Рисунок 3 – Оребрение труб котлов-утилизаторов: а – спирально-ленточное;
б – просечное.

Стандартные размеры труб с спирально-ленточным оребрением изображены на рисунке 4, а. Ребра выполняются высотой 11-15 мм толщиной 1,0-1,25 мм. При создании пучка используется более эффективная шахматная компоновка. Трубы устанавливаются компактно, а малая толщина ребер в сравнении с расстоянием между ними не приводит к существенному росту сопротивления КУ по газовой стороне. Число труб в коллекторе определяется его длиной, то есть шириной модуля и поперечным шагом S_1 (рисунок 4, б), обычно оно составляет 60-70.

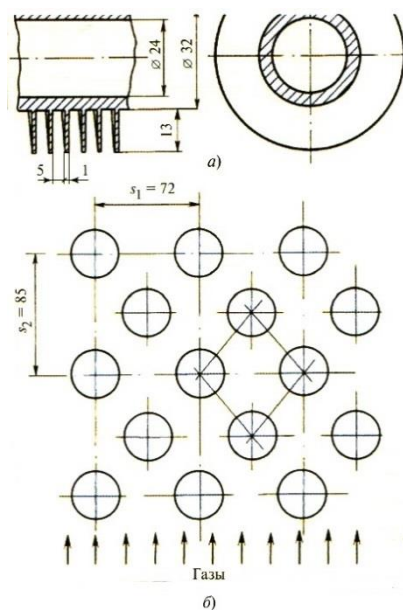


Рисунок 4 – Трубы с оребрением для котлов-утилизаторов:

а – труба со спирально-ленточным оребрением;

б – шахматная компоновка трубного пучка.

Котлы утилизаторы вертикального типа, обычно, имеют само опорную конструкцию с установкой на несущие балки здания котельной (рисунок 5); КУ горизонтального типа выполняются с подвеской поверхностей нагрева к каркасу котла через промежуточные металлические конструкции (рисунок 6)

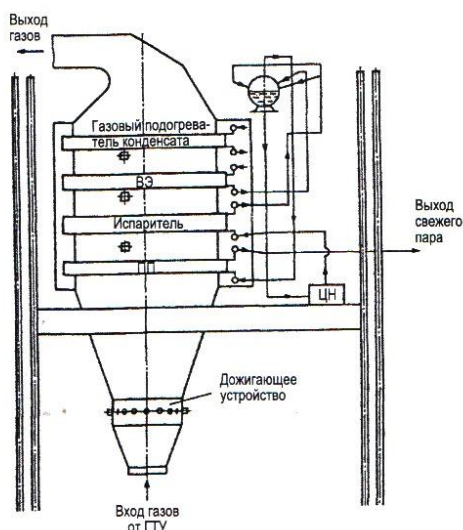


Рисунок 5 – Котел-утилизатор профиля П-86 для установки за ГТУ мощностью 16 МВт:

ВЭ – водяной экономайзер; ПП – пароперегреватель; ЦН – циркуляционный насос.

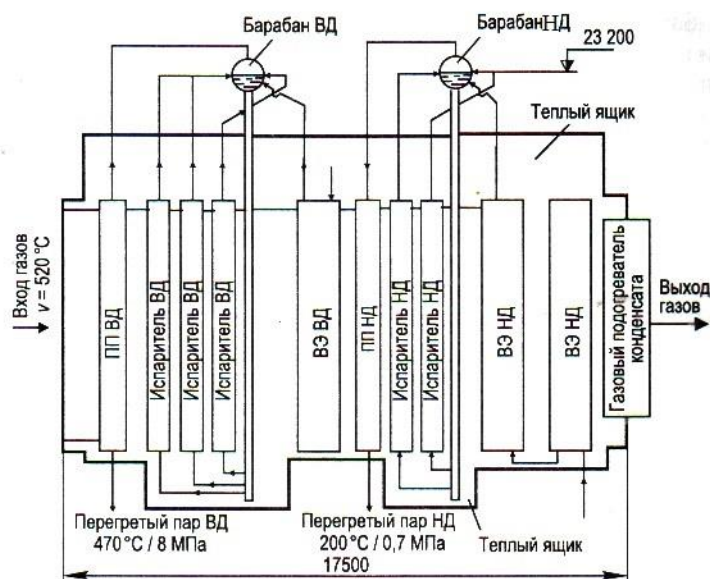


Рисунок 6 – Котел-утилизатор горизонтального профиля П-83 для ПГУ мощностью 345 МВт.

Рабочий диапазон нагрузки составляет от 50 – 60 до 100% от номинальной. Температура пара, как правило, регулируется с помощью байпасов пароперегревателей. В КУ, работающих на скользящих параметрах пара, регулирование температуры пара и давления не предусматривается.

Выбросы оксидов азота из КУ меньше, чем из обычных паровых и водогрейных котлов аналогичной тепловой мощности, и удовлетворяют действующие нормативные требования даже если в них сжигается дополнительное топливо.

Современные котлы-утилизаторы оснащены системами контроля технологических параметров, блокировок и защит, а так же различными системами автоматического регулирования, обеспечивающими оперативное управление, безопасную эксплуатацию и экономичность работы.

Разберем более подробно конструкцию горизонтальных котлов-утилизаторов.

На рисунке 7 представлен барабанный двухконтурный горизонтальный котел-утилизатор марки П-88 произведенный Подольским машиностроительным заводом, а его тепловая схема представлена на рисунке 7.1.

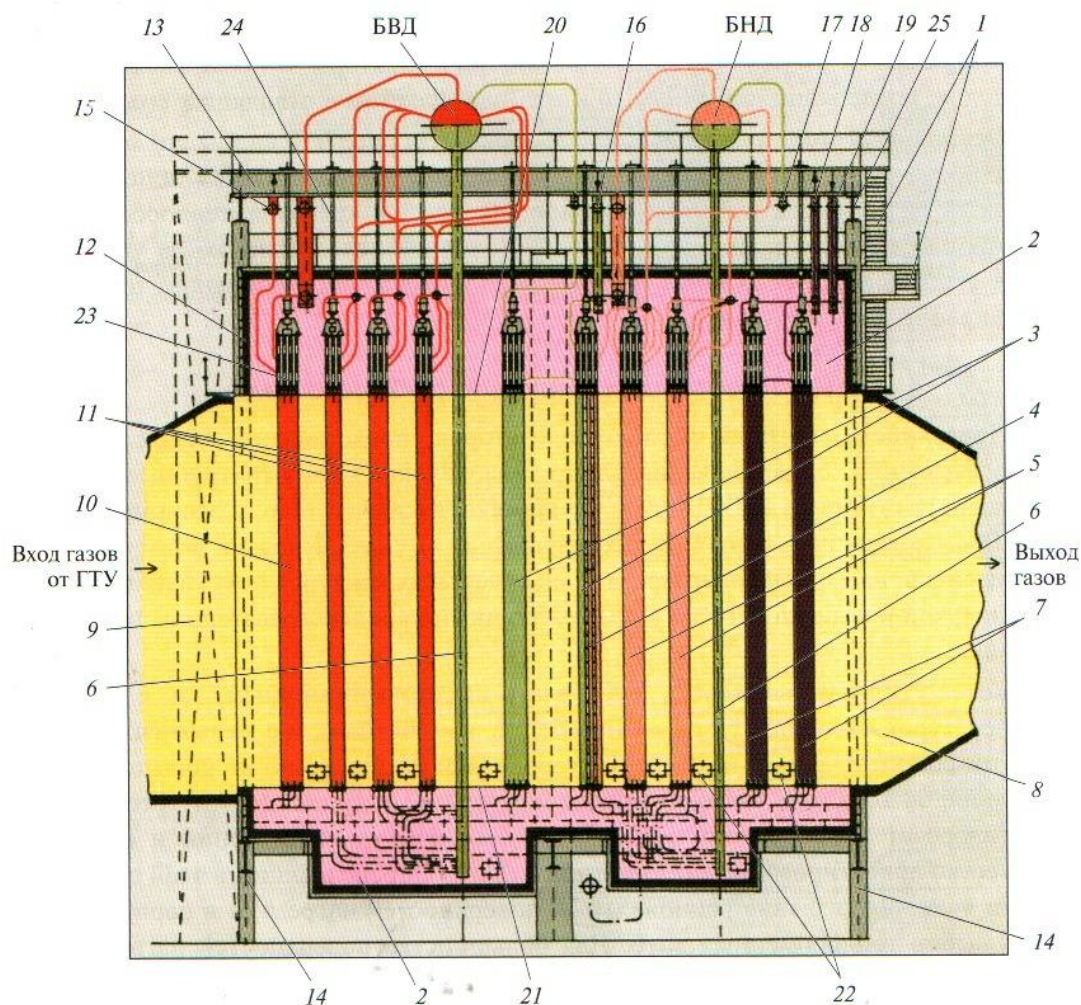


Рисунок 7 – Продольный разрез горизонтального двухконтурного котла-утилизатора П-88.

1 – лестничные марши; 2 – «теплые ящики»; 3 – секции ЭВД; 4 – ППНД; 5 – секции ИНД; 6 – опускные трубы; 7 – секции ГПК; 8 – выходной конфузор; 9 – входной конфузор; 10 – ППВД; 11 – секции ИВД; 12 – обшивка; 13 – продольная балка каркаса; 14 – колонны каркаса; 15 – коллектор пара ВД; 16 – коллектор подвода питательной воды от ПЭН ВД; 17 – коллектор подвода питательной воды от ПЭН НД; 18 – коллектор отвода конденсата из ГПК; 19 – коллектор подвода конденсата от КПУ; 20 – потолочный лист; 21 – донный лист; 22 – лазы; 23 – промежуточный элемент подвески пакета ППВД; 24 – тяга; 25 – поперечная балка.

Котел состоит из основного газохода прямоугольного сечения, в нем размещаются поверхности испарения и нагрева рабочего тела: ГПК, ЭВД, пароперегреватели ВД и НД. Основной газоход образуется боковыми стенками, потолочными 21 и донными 20 листами. Слева к нему приваривается входной диффузор 9, а справа – выходной диффузор 8, направляющий газы к дымовой трубе. Донные 20 и потолочные 21 листы выгораживают «теплые ящики», в которых располагаются промежуточные элементы подвески 23 поверхностей нагрева трубных пакетов, их коллекторы, а также вводы паропроводов, подводящих рабочее тело к трубным пакетам и отводящих его.

Основной газоход подвешен на каркас, на рисунке 7 видно его колонны 14 и продольную балку 13. Перпендикулярно балке устанавливаются поперечные балки 25, с помощью тяг 24, к которым крепятся теплообменные поверхности. Места где тяги проходят через потолочное перекрытие котла уплотняются с помощью сильфонных соединений, допускающих тепловое расширение модулей от точек подвески.

Тепловые схемы котельных установок утилизационных ПГУ различаются главным образом двумя факторами: способами организации испарения котловой воды в КУ и способами включения деаэратора в схему.

На рисунке 8 представлена распространенная тепловая схема котельной установки с горизонтальным двухконтурным КУ, в схеме деаэратор включен между ГПК и контурами генерации пара. Конденсат в котле-утилизаторе, границей которого является задвижка 1, приходит от конденсатора пара уплотнений (КПУ). Температура данного пара зависит от множества факторов: мощности паровой турбины и ГТУ, температуры наружного воздуха (от нее зависят температуры охлаждающей воды и конденсации пара), способа утилизации теплоты конденсации греющего пара бойлеров и тепловой нагрузки, отсутствия или наличия конденсатоочистки и др. Зачастую температура конденсата на входе в котельную установку имеет значение

35 – 45 °С, а перед подачей в ГПК его нужно нагреть до 60 – 65 °С. Подогрев осуществляется электронасосами рециркуляции (ЭНР), основным и резервным.

Основная доля конденсата отправляется на деаэрацию. В случаях когда мощность ГТУ маленькая и, соответственно, в КУ идет малый расход газов пониженной температуры, теплоты, которая содержится в рабочих газах у входа в ГПК, мало для нагрева до 60 – 65 °С конденсата, идущего в КУ. В таком случае используя задвижку 2 можно направить конденсат в обход ГПК напрямую в деаэратор. Это, конечно, приведет к увеличению расхода греющего пара деаэратора, но при этом исключится опасность внешней коррозии трубного пучка ГПК. На входе в деаэратор устанавливается регулирующий клапан 3, не допускающий кипения конденсата в ГПК.

С целью деаэрации поступающего в деаэратор конденсата может использоваться пар из разных источников: из контура НД КУ, из отборов паровой турбины, из коллектора собственных нужд энергоблока. Пар из КСН как правило используют при пуске. При выборе источника питания деаэратора при нормальной работе учитывают не только экономичность, но и компоновку и другие факторы. Например, деаэратор удобно располагать рядом с КУ и брать греющий пар из него.

Чтобы защитить трубную систему ГПК от недопустимого повышения давления устанавливается предохранительный пружинный клапан 4.

Деаэрированная вода скапливается в деаэраторном баке, являющимся источником питательной воды для контуров КУ. На выходе из бака установлены две группы насосов: ПЭН ВД и ПЭН НД. Количество насосов и их номенклатура подбираются учитывая необходимость аварийного резерва и потенциальные режимы работы: в случае уменьшения расхода конденсата в контурах КУ целесообразно отключать отдельные насосы, исключая излишнее дросселирование. В некоторых случаях экономически выгодно оснащать насосы частотно управляемым электроприводами или гидромуфтами.

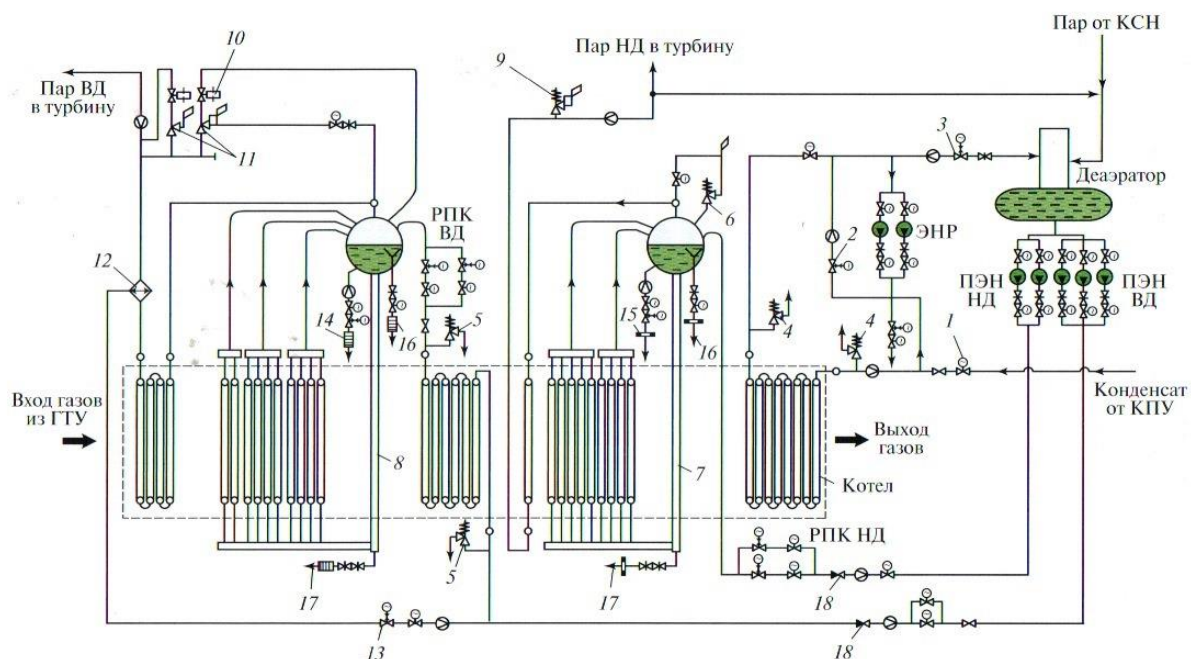


Рисунок 8 – Принципиальная схема тепловой установки моноблока с горизонтальным КУ и выделенным деаэратором.

1 – задвижка на линии подвода конденсата к КУ; 2 – задвижка на линии обвода ГПК; 3 – регулирующий клапан питания деаэратора; 4,5,6 – соответственно предохранительные пружинные клапаны ГПК, ЭВД и БНД; 7,8 – опускные трубы БВД и БНД; 9 – предохранительный пружинный клапан пара НД; 10 – импульсные клапаны на линиях пара ВД и БВД; 11 – предохранительные рычажные клапаны; 12 – впрыскивающий пароохладитель; 13 – клапан пароохладителя; 14,15 – линии непрерывной продувки; 16 – аварийный слив из барабанов; 17 – линии периодической продувки; 18 – обратные клапаны.

В общем случае ПЭН ВД и ПЭН НД подают питательную воду в соответствующие экономайзеры НД и ВД. В показанной на рисунке 8 схеме, деаэратор обеспечивается паром из контура НД, в следствии чего давления в БНД и деаэраторе близки, а температура питательной воды идущей из деаэратора в БНД, близка к температуре насыщения в нем, поэтому нет необходимости в ЭНД.

На линиях питательной воды перед БВД и БНД устанавливаются регулирующие питательные клапаны (РПК), их задача состоит в автоматическом питании барабана котла в соответствии с расходом пара (поддержание уровня воды барабанов в нужных пределах). Чрезмерное превышение уровня может стать причиной уноса капель воды с уходящим паром с последующим отложением растворенных в них солей на стенках пароперегревателей при испарении воды. Также, растворенные в паре вещества потом могут выпадать в проточной части турбины в виде отложений, вызывающих ее занос и провоцируя возникновение питтинга, коррозионную усталость и коррозионное растрескивание рабочих лопаток и дисков.

Чрезмерное уменьшение уровня воды может вызвать появление воронок над опускными трубами барабана котла и нарушение циркуляции.

Чтобы защитить ЭВД от чрезмерного повышения давления устанавливаются предохранительные пружинные клапаны 5.

Пар в барабанах котла образовывается в результате многократной естественной циркуляции насыщенной воды по контурам « барабан – опускные трубы – подъёмные трубы (испаритель) – барабан ».

Производящийся в барабанах сухой насыщенный пар НД и ВД направляется в пароперегреватели, а дальше в паровую турбину.

Для защиты от недопустимого повышения давления БНД и ППНД устанавливаются предохранительные пружинные клапаны 6 и 9. Для БВД и ППВД, работающих при более высоких параметрах, используют импульсные клапаны 11. Из пароперегревателей и барабанов пар при аварийных режимах сбрасывается в атмосферу.

Когда значения температуры наружного воздуха высокие и мощности ГТУ из ППВД может поступать пар недопустимо высоких температур (максимальная температура пара на входе в паровую турбину не должна превышать номинальную больше чем на 5 °С). Чтобы ее снизить установлен

впрыскивающий пароохладитель 12, на вход которого регулирующий клапан 13 подает питательную воду высокого давления.

Для удержания на низком уровне солесодержания котловой воды, циркулирующая в испарителях, барабаны снабжаются линиями непрерывной продувки 14 и 15.

Содержание в котловой воде солей жесткости (магния и кальция) при кипении приводит к образованию накипи на внутренней поверхности испарительных труб – тонкого твердого слоя, слабо проводящего тепло и в следствии снижающего производительность испарителя. Из-за этого в барабаны котла вводятся фосфаты – вещества, содержащие фосфор. Когда фосфаты взаимодействуют с солями жесткости образуют шлам – твердые частицы, не оседающие на поверхности труб и скапливающиеся в нижних частях испарителя. Чтобы удалить их применяют периодические кратковременные продувки (линия 17).

Барабаны КУ оснащены аварийном сливом 16, автоматически открывающимся при перепитке барабанов котла водой.

Вода периодической и непрерывной продувки и аварийного слива поступает в расширитель продувок, откуда она направляется на химводоочистку.

2 Анализ научно-технической литературы

Наиболее перспективным для сжигания в котельных агрегатах является газообразное топливо, по ряду показателей. Если рассматривать уходящие дымовые газы, то преимущество состоит в отсутствии окислов серы, механических примесей и высоком влагосодержании. Также котельные использующие газообразное топливо показывают сравнительно высокие технико-экономические показатели, это связано с отсутствием потерь в результате неполного механического сгорания при сжигании газа, близкой к нулю химической неполноты сгорания и не большой потерей в окружающую среду. Без хвостовых поверхностей потери теплоты с уходящими дымовыми газами весьма значительны и могут составлять 25%.

В связи с этим набирает обороты распространение конденсатных теплоутилизаторов поверхностного и контактного типов, позволяющих охладить уходящие дымовые газы до температуры ниже точки росы и использовать скрытое тепло конденсации водяных паров имеющихся в продуктах сгорания газа. Точка росы в этом случае лежит на отметки 55-60 °С. В продуктах сгорания природного газа высокое содержание водяных паров и при их конденсации выделяется конденсат высокого качества, этим объясняется эффективность применения конденсационных теплообменников. Такой конденсат после дегазации (удаления содержащихся в нем CO_2 и O_2) используют в качестве питательной воды котлов.

Конденсационные поверхностные отопительные котлы и экономайзеры в наше время получили широкое распространение в Швейцарии, Голландии, Франции, Великобритании, Германии, Канаде, США и Италии. Их выпускает большое число фирм Швейцарии, Голландии, Германии и США.

В США осваивают и начинают выпуск конденсационных поверхностных экономайзеров для паровых котлов. Прошел испытание поверхностный экономайзер в котельной фирмы «Тимкен», установленный за котлом производительность пара которого 20 т/ч. На входе в экономайзер

температура равна 200 °С. Экономайзер (22 т/ч) нагревает воду с 17 до 46 °С. Срок окупаемости экономайзера производительностью свыше 1,1 Гкал/ч 1,5 года.

Поверхность конденсационных блоков в таких котлах изготавливается из алюминиевых труб. Горячая вода использовавшаяся в системах отопления имела перепад температур 80-60 °С и 90-70 °С. В холодные времена года конденсация из продуктов сгорания водяных паров не происходила, выделение конденсата происходило в конце и начале (в марте и октябре) работы системы отопления, когда обратная вода в системе отопления имела температуру ниже точки росы.

По результатам испытаний нескольких конденсационных отопительных котлов, производительность которых от 0,02 до 0,3 Гкал/ч, обслуживающих системы отопления с низкими температурами (65-50 °С и 38-30 °С) можно отметить, что если правильно подобрать режим эксплуатации котла, то конденсат будет выпадать практически полностью на его холодных поверхностях, а не в дымовой трубе, хотя в ней может иметь место конденсация остаточных паров. По отношению к низшей теплоте сгорания, средний КПД газа составляет 99,3-96,4%, удалось достичь экономию топлива 15%. Когда температура обратной воды снижается до 20 °С, экономия топлива увеличивается до 25-30%. Оптимальная температура горячей воды в системах низкотемпературного отопления 50 °С. Также в исследованиях определено, что рН конденсата 3,5-4,3.

Пример: на Ульяновской ТЭЦ при установки одной секции калорифера производительность котла ДЕ-10-14ГМ повысилась на 7-8%. Газы при в ходи в экономайзер имели температуру 120-34 °С, нагреваемая вода 5-22 °С. Создаваемое утилизатором дополнительное аэродинамическое сопротивление преодолевается сокращением объёмов продуктов сгорания не заменяя дымосос [1, с.6].

2.1 Конструкция конденсационных котлов поверхностного типа

До последнего времени с целью глубокого охлаждения дымовых газов до температур ниже точки росы использовались в большинстве случаев контактные теплообменники. Применение контактных теплообменников дает высокую интенсивность теплообмена, на порядок превышающую интенсивность при конвективном теплопереносе. Но вода нагреваемая способом контакта с продуктами сгорания газа поглощает из продуктов сгорания кислород и углекислоту и приобретает коррозионно-агрессивные свойства. Чтобы не было коррозии нужно проводить термическую деаэрацию в вакуумных или атмосферных термических деаэраторах. Системы с вакуумной деаэрацией очень сложные и широкого распространения не получили, а при использовании атмосферных термических деаэраторов воду нужно нагреть до 100 °С паром что требует наличия паровых котлов. Таким образом, необходимость деаэрации воды контактным способом в некоторых случаях затрудняет ее использование.

Применяя конденсационные теплообменники поверхностного типа с целью глубокого охлаждения уходящих газов является радикальным способом устранения этих затруднений. Поверхность теплообмена конденсационных теплообменников достигает сотен квадратных метров на 1 м³ аппарата. Когда происходит глубокое охлаждение коэффициенты теплоотдачи от дымовых газов к поверхности нагрева соизмеримы с коэффициентами теплообмена в контактных аппаратах. Поверхностные контактные теплообменники могут свободно конкурировать с контактными и тем более с контактно-поверхностными аппаратами.

Конденсационные экономайзеры изготавливаются из разных материалов. Общее условие для теплообменников такого типа: высокая коррозионная устойчивость, так как получаемый из продуктов сгорания газа конденсат имеет кислую реакцию. В изготовлении конденсационных теплообменников поверхностного типа используют чугун, нержавеющую сталь,

медь, биметаллические трубы (сталь-алюминий), полимерные материалы и керамику. Применение материалов с высокой коррозионной устойчивостью позволяет создавать теплообменники утилизирующие теплоты уходящих газов жидкого топлива.

Биметаллические теплообменники (калориферы) изготавливаются в России Костромским калориферным заводом, также выпуск биметаллических труб (сталь-алюминий) освоено ПО «Туласантехника» и некоторыми другими предприятиями. Поверхности теплообмена конденсационных теплообменников имеют высокий коэффициент оребрения, а также они очень компактны. Технические характеристики тепло-утилизаторов КСк приведены в таблице 1[1,с.12].

Таблица 1 – Технические характеристики тепло-утилизаторов КСк

Показатели	Значения параметров					
	КСк3 №10	КСк4 №10	КСк3 №11	КСк4 №11	КСк3 №12	КСк4 №12
Номинальная производительность По воздуху, м ³ /ч	5000	5000	16000	16000	25000	25000
Площадь сечения,м ² Фронтального Живого	0,585 0,24	0,585 0,24	1,668 0,685	1,668 0,685	2,499 1,027	2,499 1,037
Площадь теплоотдающей поверхности, м ²	23,45	30,82	68,01	90,04	102,8	136,02
Площадь сечения, м ² ×10 ⁻⁶ Хода Коллектора	847 1956	1113 1956	2600 1956	3412 1956	3884 1956	5155 1956
Число ходов: По теплоносителю По воздуху	6 3	6 4	4 3	4 4	4 3	4 4
Масса, кг	76,3	998,8	195,3	251,0	286,0	370,0

На рисунке 9 [1,с.13]. представлена схема утилизации продуктов сгорания, в которой теплоутилизатор 1 находится в газоходе котла между экономайзером и дымососом.

Продукты сгорания газа после экономайзера имеющие температуру 120-150 °С подаются к распределительному клапану 3, делящему их на два потока, основной поток газа (70-80 %) направляющийся сквозь сетчатый фильтр 2 к теплоутилизатору, второй (около 20-30%) - на обводную линию газохода. Заменяемый сетчатый фильтр устанавливают с целью защиты от отложений теплоутилизатора, образующихся при переходе котельной с резервного топлива (мазута) на газ. При работе на резервном топливе (мазуте) вместо этого фильтра устанавливают шибер.

Охлаждение дымовых газов в теплоутилизаторах при температурах ниже точки росы сопровождается уменьшением содержания влаги с 115 до 50 г/кг и выделением конденсата в количестве 0,6-7 кг/ч на 1 м³ сжигаемого газа. Температура дымовых газов после смешения устанавливается на уровне 65-70 °С, эта температура выше точки росы, содержание влаги 65-70 г/кг, относительная влажность 50-55 %. Это способствует при любом режиме работы котла исключать выделение конденсата в газовом тракте. Создаваемое теплоутилизатором, дополнительное аэродинамическое сопротивление (около 21 Па), преодолевается сокращением объемов продуктов сгорания газа, следствием чего является снижение их температур, увеличение объемной массы и частичной конденсации водяных паров.

Когда котельная работает на резервном топливе (мазуте) газы целиком направляют по обводному газоходу, в обход теплоутилизатора. Получаемый конденсат собирают в поддоне и, в обход водоподготовительной установки, направляют в бак декарбонизованной воды, оттуда насосами он перекачивается в деаэрактор с целью подпитки теплосети при использовании закрытой системы теплоснабжения. Используя этот конденсат обеспечивают также экономию реагентов, электроэнергии и воды, а также сокращают сброс продуктов

регенерации натрий-катионитных фильтров в окружающую среду изза уменьшения количества регенераций.

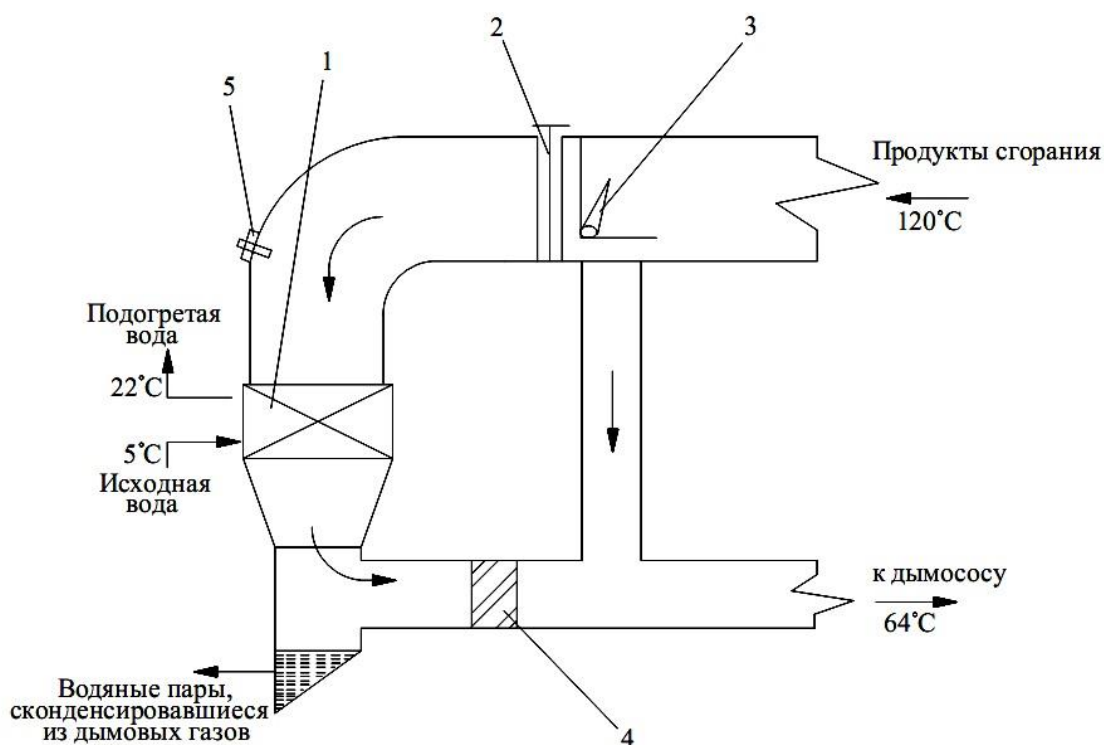


Рисунок 9 – Схема утилизации тепла продуктов сгорания с использованием конденсационного поверхностного теплообменника.

1 – теплоутилизатор; 2 – сетчатый фильтр; 3 – распределительный клапан; 4 – каплеуловитель; 5 – гидропневматическое обдувочное устройство.

Сравнение данных, полученных для конденсационных теплообменников типа КСК (тепло-утилизаторы поверхностного типа) и контактных КТАН (тепло-утилизаторы контактного типа), показало, что при меньших капитальных затратах и потребностях в дополнительной электроэнергии на практике можно получить соизмеримую экономию топлива устанавливая калориферы КСК, что и для КТАНов. При этом себестоимость тепловой энергии, получаемой в котле, на порядок ниже, а срок окупаемости составляет примерно 2 месяца, когда для КТАНов - 2 года [2,с.48].

2.2 Конструкция конденсационных котлов контактного типа.

Устройство тепло-утилизаторов контактного типа может быть разным.

Сейчас нашли применение противоточные насадочные тепло-утилизаторы конструкции НИИСТ двух типов:

- 1) блочные контактные экономайзеры ЭК-БМ1;
- 2) контактно-поверхностные-экономайзерные агрегаты АЭМ-0,6.

Преимущественными областями применения контактных экономайзеров являются: нагрев подпиточной воды для тепловых сетей, нагрев исходной воды, питательной воды для котлов, нагрев воды для систем горячего водоснабжения, а также подогрев воздуха для отопления и кондиционирования. Контактную камеру в насадочных экономайзерах заполняют насадкой из кислотоупорных керамических колец разной формы. Наиболее распространенные керамические кольца Рашига.

Экономайзеры разработаны двух типоразмеров ЭК-БМ1-1 и ЭК-БМ1-2. Холодную воду подают в экономайзер сверху при помощи водораспределителя, который состоит из подводящей трубы, круглого коллектора и восьми расположенных радиально горизонтальных перфорированных труб, вваренных в коллектор. Диаметр отверстий перфорации в коллекторе и трубах 5 мм, шаг 50 мм. Дымовые газы отходящие от котлов подаются вниз экономайзера под слой насадки, которая лежит на специальной решетке. Стекая по насадке вода образует тонкую пленку, на поверхности которой происходит теплообмен. При полном обволакивании насадки водой поверхность теплообмена приблизительно соотносима с поверхностью элементов насадки. Отводятся охлажденные дымовые газы из верхней части экономайзера, а нагретая вода скапливается в нижней части аппарата. Движение продуктов сгорания через экономайзер обеспечивается только при применении принудительной тяги [1,с.15].

Преимуществом использования скрытой теплоты парообразования дымовых газов является возможность использования получаемого конденсата,

за счет этого экономится вода. Количество конденсируемой из дымовых газов воды можно определять по соотношению: $C_k = G_{сг} B (d_{г} - d_{г}')$,

где $G_{г}$ - количество конденсата, кг/ч; B - расход топлива на котел, м³/ч; $G_{сг}$ - расход сухих дымовых газов, кг/м³; $d_{г}$, $d_{г}'$ - влагосодержание дымовых газов соответственно на входе и выходе из утилизатора, кг/кг с.г. (сухих газов).

Анализ воды работающих контактных экономайзерах показывает, что содержание свободного углекислого газа на выходе контактной камеры достигает до 100 мг/л при температурах воды 30-50 °С. С этим связано уменьшение концентрации водородных ионов, в следствии этого рН устанавливается ниже 7, а вода обретает четко выраженные кислотные свойства. Чтобы использовать конденсат в качестве питательной воды требуется установка декарбонизатора. Установка декарбонизаторов влечет к снижению температур нагрева воды на 1,5-2 °С. В связи с этим чтобы снизить потери тепла в декарбонизационную колонку рекомендуют для продувки подавать теплый воздух из верхней зоны котельной. Имеется вероятность коррозионной активности воды при пониженном значении рН, особенно при небольшой бикарбонатной щелочности и малой жесткости исходной воды.

При высоких требованиях к нагреваемой воде в контур циркуляции орошающей воды устанавливают промежуточный теплообменник. При этом соотношение расходов воды экономайзера и воды, идущей к потребителю, принимается 1,2-1,4.

Конструкция экономайзерного аппарата АЭ-06, который разработали на Киевском НИИ Санитарной техники и оборудования зданий, обеспечивает нагрев воды до температур 40-45 °С. Конструкция аппарата включает в себя поверхностный водоподогреватель, для подогрева воды, декарбонизатор снижающий содержание углекислоты в конденсате, пара обогревательных камер для предотвращения замерзания воды в промежуточном циркуляционном контуре в случае отключения агрегата, особенно при установке его на открытом воздухе.

Схемы установки контактных экономайзеров предпочтительно принимаются автономные для каждого котлоагрегата, это помогает предотвращать присосы холодного воздуха в экономайзер при выключении одного из котлоагрегатов. Групповая схема подключения может быть использована только как вынужденное решение в существующих котельных.

Схема утилизации тепла уходящих газов после котла паропроизводительность которого 1 т/ч показана на рисунке 10 [2, с.12]. Чтобы подавать газы через экономайзер устанавливается вентилятор Ц13-50 3. Чтобы было возможно переключение дымовых газов также устанавливаются переключающие заслонки. Применение установки такого типа позволяет повысить КПД с 82 до 93 % (по высшей теплоте сгорания). Температуры уходящих газов снижаются со 180-160 до 45-38 °С, вода в теплообменнике подогревается от 10 до 34-30 °С.

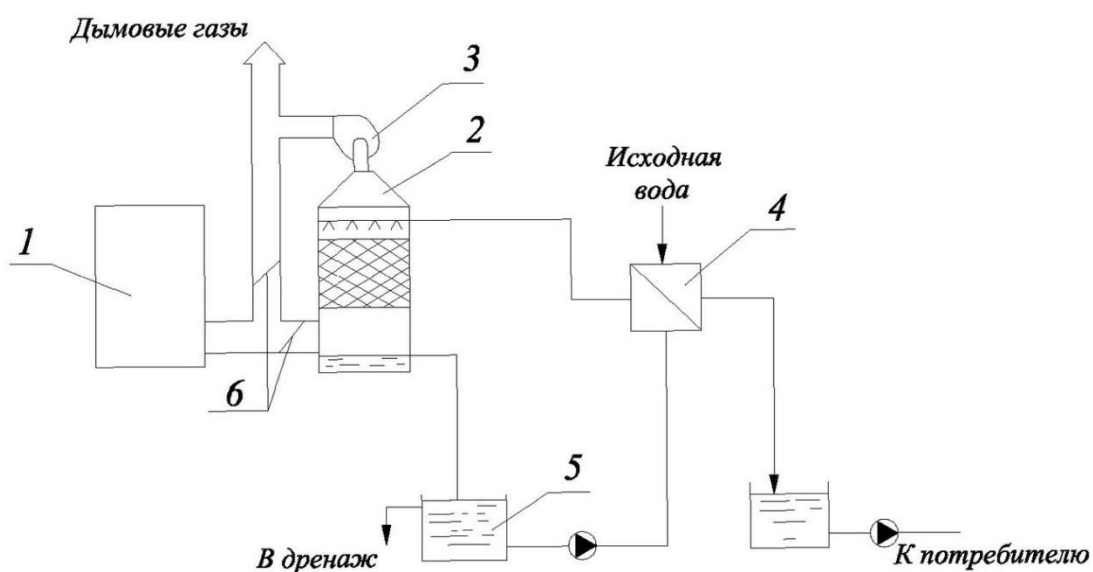


Рисунок 10 – Схема утилизации дымовых газов парового котла

1 – котел; 2 – контактный экономайзер; 3 – вентилятор; 4 – теплообменник;
5 – бак орошающей воды; 6 – бак горячего водоснабжения.

Схема котельной с применением контактного тепло-утилизатора без водоумягчительной установки, Киевского НИИ Санитарной техники и оборудования зданий, показана на рисунке 11 [2, с.13].

Использование данной схемы в котельной Челябинского завода производящего оргстекло показывает, что в результате протекания конденсационных процессов в утилизаторах может быть получено такое количество конденсата, которое способно полностью возмещать потребности котельной, при всем этом она может эксплуатироваться без химводоочистки (при возврате из системы теплоснабжения 66 % конденсата).

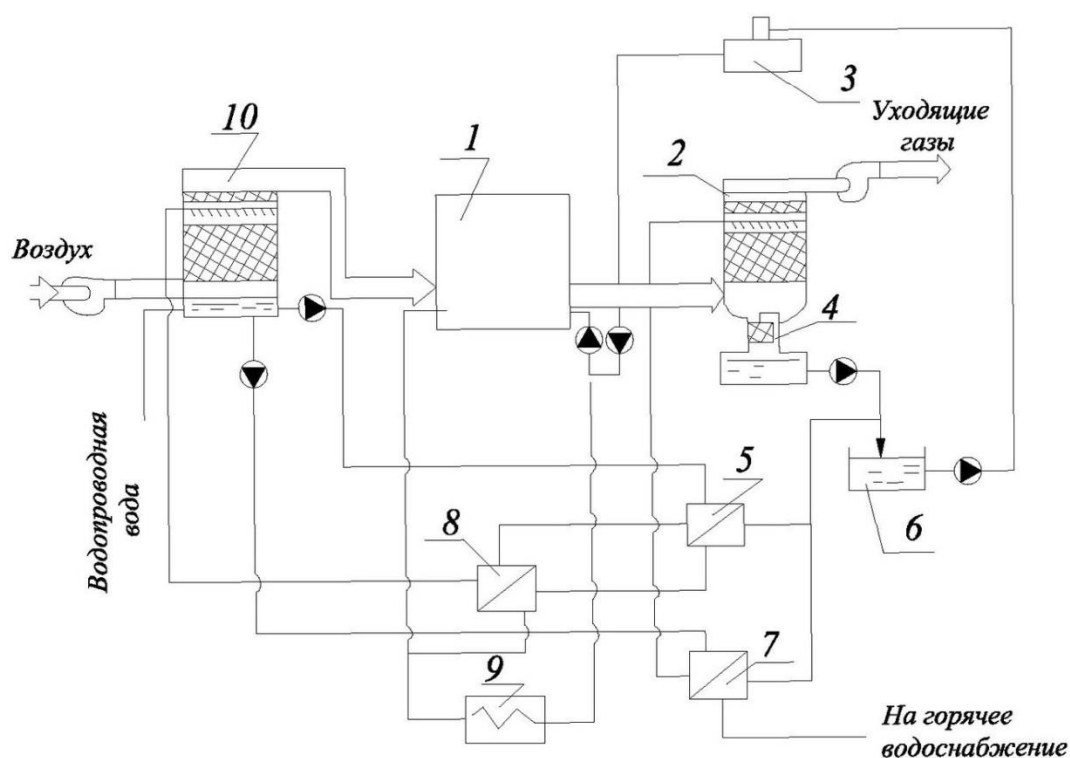


Рисунок 11 – Схема котельной с контактным тепло-утилизатором без водоумягчительной установки

1 – котел; 2 – контактный экономайзер; 3 – деаэратор; 4 – декарбонизатор; 5 – теплообменник горячего водоснабжения; 6 – бак; 7 – промежуточный теплообменник; 8 – теплообменник; 9 – система теплоснабжения; 10 – воздухоподогреватель.

Нагреваемая в экономайзере вода стекает в декарбонизатор и ее при помощи насоса направляют в промежуточный теплообменник системы горячего водоснабжения, затем возвращают обратно в экономайзер 2. Долю воды подают в бак, оттуда насосом – в деаэратор, а дальше направляют на подпитку системы теплоснабжения. Вода, которая циркулирует в воздухоподогревателе 10, смешивается с водопроводной водой, часть которой возмещает ее потери из-за процессов испарения протекающих в воздухоподогревателе, а ее остаток сбрасывают в канализацию. В теплообменнике 8 вода, поступающая из подогревателя 10, нагревается и снова поступает в этот подогреватель.

При эксплуатации данной установки удельные капитальные вложения снизились на 10 % и себестоимость вырабатываемой тепловой энергии на 15 %.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Сенчихину Дмитрию Константиновичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Атомных и тепловых электрических станций
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

В разделе нужно рассмотреть вопросы социальной ответственности работников, обслуживающих предприятие по переработке золы с промышленных золоотвалов.

Рабочее место представляет собой помещение.

В перерабатывающем предприятии должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

В разделе нужно рассмотреть влияние и соответствующие нормы по вредным и опасным факторам с указанием ссылок на соответствующие нормативно-технические документы.

Вредными факторами являются

- шум,
- вибрации,
- освещенность,
- повышенная запыленность помещения.

Опасные факторы

- механической,
- термической,
- электрической,
- пожарной и взрывной природы.

Описать действие факторов на организм человека, предложены меры по уменьшению их влияния, выбраны средства коллективной и индивидуальной защиты.

Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	В разделе нужно рассмотреть вопрос по воздействию золоотвалов на окружающую среду.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	В разделе нужно представить организационно-технические мероприятия по повышению устойчивости функционирования объекта при ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Основные положения по охране труда изложены в Конституции РФ, основных законодательствах РФ и Кодексах законов о труде РФ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н., доц.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Сенчихин Дмитрий Константинович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Сенчихину Дмитрию Константиновичу

Институт	Энергетический	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов принять согласно рыночной цене.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с режимами работы котла.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Не используется.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциала разработок и их эффективность.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Не разрабатывается.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение получаемой годовой экономии.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Попова Светлана Николаевна	К.Э.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Сенчихин Д.К.		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Экономическая эффективность внедрения котла-утилизатора на паровом котле ДЕ-10-14 ГМ Ульяновской ТЭЦ-3.

Общий экономический эффект в результате внедрения КТ и использования выпаров двух деаэраторов ДСА-25 в Ульяновской ТЭЦ-3 рассчитывается таким образом .

Теплопроизводительность теплоутилизатора $Q_{к.т}$, МВт, принимаем равной 0,4836 МВт (0,4158 Гкал/ч) (см.табл.8).

Количество (расход) теплоты Q_B , МВт (МДж/с), получаемой от использования выпара атмосферного деаэратора, равно величине:

$$Q_B = G_B [(t_B - t_{х.в})c + r] 0,278 \cdot 10^{-6}, \quad (107)$$

где G_B — расход выпара, кг/ч; t_B , $t_{х.в}$ — температура соответственно выпара и холодной воды, °С; c — теплоемкость конденсата, кДж/(кг · °С); r — удельная теплота парообразования (конденсации водяных паров), кДж/кг.

Для условий работы ДСА-25 Ульяновской ТЭЦ-3 $G_B = 2 \cdot 50 = 100$ кг/ч; $t_B = 104$ °С; $t_{х.в} = 5$ °С; $c = 4,187$ кДж/(кг · °С); $r = 2261$ кДж/кг. (108)

$$Q_B = 100 [(104 - 5)4,187 + 2261] 0,278 \cdot 10^{-6} = 0,07438 \text{ МВт}. \quad (109)$$

Количество конденсата водяных паров из дымовых газов G_K примем равным 450 кг/ч; температуру конденсата — 45 °С. Тогда количество теплоты при использовании конденсата водяных паров из дымовых газов в системе теплоснабжения ТЭЦ составит:

$$Q_K = 450 (45 - 5) 4,187 \cdot 0,278 \cdot 10^{-6} = 0,02095 \text{ МВт}. \quad (110)$$

Суммарное количество утилизируемой теплоты рассчитывается по формуле:

$$Q_C = Q_{к.т} + Q_B + Q_K; \\ Q_C = 0,4836 + 0,07438 + 0,02095 = 0,57893 \text{ МВт}. \quad (111)$$

Стоимость сэкономленной тепловой энергии составит:

$$\mathcal{E}_T = Q_C e_T = 0,57893 \cdot 624,95 / 1,163 = 311,094 \text{ руб./ч}, \quad (112)$$

где $e_t = 624,95$ руб./Гкал — себестоимость 1 Гкал тепла в ценах на второе полугодие 2015 г.

Стоимость сэкономленного конденсата (химически очищенной воды) составит:

$$\mathcal{E}_{x.b} = (G_B + G_K) e_{x.b} \cdot 10^{-3} = (100 + 450) 45,5 \cdot 10^{-3} = 25,025 \text{ руб./ч}, \quad (113)$$

где $e_{x.b} = 45,5$ руб./т — себестоимость 1 т химически очищенной воды в ценах 2015 г.

Экономия электроэнергии за счет снижения мощности электродвигателя дымососа рассчитывается по формуле:

$$\Delta N = \sqrt{3} U_{\Delta} \Delta I \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1 \cdot 0,855 = 562,74 \text{ Вт}, \quad (114)$$

где ΔI — снижение тока электродвигателя дымососа, А.

Стоимость сэкономленной электрической энергии составит:

$$\mathcal{E}_9 = \Delta N e_9 = 0,56274 \cdot 2,05 = 1,15 \text{ руб./ч}, \quad (115)$$

где $e_9 = 2,05$ руб./(кВт · ч) — стоимость 1 кВт · ч электрической энергии.

Годовой экономический эффект от использования теплоты уходящих продуктов сгорания парового котла ДЕ-10-14 ГМ ст. № 2 и выпаров двух атмосферных деаэраторов ДСА-25 Ульяновской ТЭЦ-3 определяется из выражения

$$\mathcal{E}_r = (\mathcal{E}_t + \mathcal{E}_{x.b} + \mathcal{E}_9) n, \quad (116)$$

где n — число часов работы парового котла ст. № 2, ч/год; $n = 4120$ ч /год .

$$\mathcal{E}_r = (311,094 + 25,025 + 1,15) 4120 = 1389548,28 \text{ руб./год}. \quad (117)$$

При этом экономическая эффективность за счет работы конденсационного теплоутилизатора составляет:

$$\mathcal{E}_{k.t} = [(0,4836 + 0,02095) 624,95 / 1,163 + 4,635 + 0,262] 4120 = 1137211,16 \text{ руб./год}. \quad (118)$$

а за счет утилизации выпаров двух атмосферных деаэраторов ДСА-25:

$$\mathcal{E}_b = (0,07438 \cdot 624,95 / 1,163 + 100 \cdot 45,5 \cdot 10^{-3}) 4120 = 252337,12 \text{ руб./год} \quad (119)$$

В книге [4] годовой экономический эффект от внедрения КТ составил 304,982 руб./год в ценах на февраль 2004 г. Расхождение результатов

объясняется не соответствием действующих тарифов на газообразное топливо и тепловую энергию, а также повышением цен на тепловую энергию и химически очищенную воду в период с 2004 по 2015 гг.

Можно сделать вывод, что применение конденсационных теплоутилизаторов поверхностного и контактного типов выгодно и окупаемость модернизации котла-утилизатора составит от 2 до 4 лет .

3.2 Календарный план проведения НИР

Календарный план отражает перечень необходимых работ для проведения исследования, а также количество исполнителей работ и длительность каждой работы.

Таблица 6 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

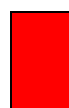
№ п/п	Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
1	Получение задания	Инженер	1
2	Аналитический обзор переменных режимов работы турбоустановок по литературным источникам	Инженер	10
3	Определение характеристик регулирующей ступени турбины при постоянном и скользящем начальном давлении	Инженер	30
4	Анализ результатов	Инженер	5
5	Написание раздела “Социальная ответственность”	Инженер	10
6	Написание раздела “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение”	Инженер	6
7	Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	7
8	Консультации	Научный руководитель	5
	Итого	Инженер	69
		Научный руководитель	5

График Ганта строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различным цветом в зависимости от исполнителя работы.

Таблица 7 – Календарный план-график проведения ОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				янв.		февр.			март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Получение задания	Студент	1																		
2	Аналитический обзор режимов работы турбины	Студент	10																		
3	Определение характеристик регулирующей ступени	Студент	30																		
4	Анализ результатов	Студент	5																		
5	Написание раздела социальная ответственность	Студент	10																		
6	Написание раздела финансовый менеджмент	Студент	6																		
7	Оформление пояснительной записки ВКР	Студент	7																		
8	Консультации	Студент	5																		
		Руководитель	5																		

Обозначения:



- Руководитель



- Студент

Исходя из данной диаграммы, можно сделать вывод, что общая продолжительность работы над проектом составляет 69 календарных дней. Основной объем работы выполняется студентом, а самой продолжительной работой над проектом является изучение материалов, занимающее 30 дней.

Таблица 8 – Теплотехнические параметры КТ при паропроизводительности котла 10 т/ч [4].

Расчетный параметр	Условное обозначение	Степень открытия шиберов на обводном газоходе, %			
		100	40	20	0
Коэффициент теплопередачи теплоутилизатора, Вт/(м ² · К)	$k_{к.т}$	60,08	60	63,51	66,6
Расход газов, уходящих через теплоутилизатор, м ³ /ч	V'_{yx}	4661	5593	7458	9322
Скорость газов, м/с	v	1,89	2,268	3,024	3,78
Коэффициент избытка	α_{yx}	1,25	1,25	1,25	1,25
Теплопроизводительность теплоутилизатора, МВт (Гкал/ч)	$Q_{к.т}$	0,4396 (0,378)	0,449 (0,3861)	0,4836 (0,4168)	0,5181 (0,4455)
Повышение КИТ котла по Q	$\Delta\eta_k$	5,98	6,1	6,58	7,05
КПД теплоутилизатора, %	$\eta_{к.т}$	56,6	48,2	38,9	33,3
Снижение содержания NO _x в газах, мг/м ³	ΔNO_x	50,5	60	62,5	76,5
Расход конденсата водяных паров из дымовых газов, кг/ч	G_k	362	392	458	456
Влагосодержание газов на выходе из КТ, кг/(кг с.г.)	X'_{yx}	0,051	0,058	0,065	0,076
Средний температурный напор,	Δt_{cp}	63,9	65,4	66,5	68
Экономическая эффективность, тыс. руб./год:					
за счет нагрева воды	$\mathcal{E}_т$	186,1	190,1	204,6	219,3
за счет улавливания конденсата	$\mathcal{E}_к$	5,964	6,459	7,546	7,513
за счет уменьшения мощности электродвигателя дымососа	$\mathcal{E}_д$	0,58	0,58	0,58	0,58
суммарная	$\mathcal{E}_{к.т}$	192,6	197,1	212,7	227,4

Заключение

В данной работе было рассмотрено применение конденсационных теплоутилизаторов в котлах-утилизаторах позволяющих охладить уходящие дымовые газы до температуры ниже точки росы и использовать скрытое тепло конденсации водяных паров имеющихся в продуктах сгорания газа. Можно сделать вывод что при охлаждении образующихся от сжигания 1 м³ продуктов сгорания, с 55 до 45 °С; с 45 до 35 °С и с 35 до 25 °С повышение Δg_w соответственно составляет 0,078; 0,044; и 0,024 кг на 1 °С охлаждения газов. Исходя из этого, точки зрения получения конденсата из продуктов сгорания газа наиболее выгодным является охлаждение газов до температур $t_{yx}'' = 35...30^\circ\text{C}$.

До последнего времени с целью глубокого охлаждения дымовых газов до температур ниже точки росы использовались в большинстве случаев контактные теплообменники, но вода нагреваемая способом контакта с продуктами сгорания газа поглощает из продуктов сгорания кислород и углекислоту и приобретает коррозионно-агрессивные свойства. Применяя конденсационные теплообменники поверхностного типа с целью глубокого охлаждения уходящих газов радикальным способом устраняются эти затруднения. Поверхность теплообмена конденсационных теплообменников достигает сотен квадратных метров на 1 м³ аппарата. Когда происходит глубокое охлаждение коэффициенты теплоотдачи от дымовых газов к поверхности нагрева соизмеримы с коэффициентами теплообмена в контактных аппаратах. Поверхностные контактные теплообменники могут свободно конкурировать с контактными и тем более с контактно-поверхностными аппаратами.

Так же нужно отметить что при применении осушения дымовых газов после котла-утилизатора в конденсационных теплоутилизаторах поверхностного или контактного типов уменьшается количество вредных выбросов оксидов азота и тепла с уходящими дымовыми газами.

Из всего выше перечисленного можно сделать выводы что:

- Использовать скрытое тепло продуктов сгорания топлива выгодно;
- Кроме получения дополнительной тепловой энергии при использовании КТ , так же уменьшаются вредные и тепловые выбросы в атмосферу суходящими газами;
- Осушение продуктов сгорания топлива с целью получения дополнительной тепловой энергии в теплоэнергетике очень перспективно, оно развивается и внедряется во многих странах.