

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н.Бутакова

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль Тепловые и атомные электрические станции

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СУХИХ ГРАДИРЕН НА ТЭС

УДК 621.311.22:621.175.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ81	Тен Евгений Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Галашов Н.Н.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Л.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Романова С.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения/ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Тепловые и атомные электрические станции	Ромашова О.Ю.	к.т.н., доцент		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
магистра по направлению в соответствии целями основной образовательной
программы, видами и задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС
ВО 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
<i>расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:</i>	
Р1	применять передовые знания и достижения для формулирования заданий на разработку проектных решений, проектировать инновационные теплоэнергетические и теплотехнические системы и оборудование, разрабатывать проектные решения, связанные с модернизацией технологического оборудования
<i>производственно-технологическая деятельность:</i>	
Р2	интегрировать знания различных областей для разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования
Р3	применять современные методы и средства практической инженерной деятельности в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, автоматизированных систем управления технологическими процессами
<i>научно-исследовательская деятельность:</i>	
Р4	применять глубокие знания для планирования и постановки задачи инновационного инженерного исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки, применять инновационные методы исследования, проводить исследования, критически интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты научных исследований
<i>организационно-управленческая деятельность:</i>	
Р5	руководить коллективом специалистов различных направлений и квалификаций, действовать в нестандартных ситуациях, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность при организации работ, в том числе по осуществлению надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию установок, систем и оборудования
Р6	применять знания нетехнических ограничений инженерной деятельности, разрабатывать мероприятия по безопасности жизнедеятельности персонала и населения, предотвращать экологические нарушения
<i>педагогическая деятельность:</i>	
Р7	осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки
Универсальные компетенции	
Р8	мыслить абстрактно, обобщать, анализировать, систематизировать и прогнозировать, принимать решения в сложных инженерных задачах с технической неопределенностью и недостатком информации
Р9	использовать творческий потенциал, саморазвиваться, самореализовываться
Р10	использовать иностранный язык для эффективного взаимодействия в профессиональной сфере

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова
 Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Профиль Тепловые и атомные электрические станции

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 О.Ю. Ромашова

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ81	Тен Евгению Александровичу

Тема работы:

Анализ эффективности применения сухих градирен на ТЭС

Утверждена приказом директора (дата, номер)	06.05.2020, 127-27/с
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	26 июня 2020 года
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p>	<p>Объектом исследования является сухая градирня. Предметом исследования выступает эффективность применения сухих градирен на ТЭС.</p>
---	--

<p>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></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение 2. Характеристика объекта исследования 3. Виды и конструкции сухих градирен 4. Разработка методика расчета теплообмена в сухой градирне 5. Технико-экономическое сравнение применения на ТЭС сухих и мокрых градирен 6. Вопросы социальной ответственности и экологической безопасности <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Л.Ю. Спицына, доцент Отделения социально-гуманитарных наук</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>С.В. Романова, старший преподаватель Отделения общетехнических дисциплин</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p style="text-align: center;">17.12.19</p>
--	---

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</p>	<p style="text-align: center;">Галашов Н.Н.</p>	<p style="text-align: center;">к.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">5БМ81</p>	<p style="text-align: center;">Тен Е.А.</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ81	Тену Евгению Александровичу

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 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	Месячный оклад научного руководителя 26300 р. Месячный оклад инженера 10000 р. Максимальный бюджет проекта 130000 р.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 20 % Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 8 баллов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные фонды принимаются 30 % от ФЗП

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка потенциальных потребителей продукта, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат научного исследования, организационная структура проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, исполнителей, формирование трудоемкости и графика разработки НТИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности и сравнительная эффективность разработок.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ81	Тен Евгений Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ81	Тен Евгению Александровичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Анализ эффективности применения сухих градирен на ТЭС

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – сухая градирня. Область применения – предприятия, занимающиеся производством тепловой и электрической энергий. Рабочая зона – кабинет с рабочими местами: стол, стул, компьютер, сетевое оборудование для подключения к интернету.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> ○ специальные правовые нормы трудового законодательства; ○ организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). ○ ГОСТ 12.2.032-78. ○ СанПиН 2.2.4.3359-16. ○ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12.
2. Производственная безопасность: <ul style="list-style-type: none"> ○ анализ выявленных вредных и опасных факторов; ○ обоснование мероприятий по снижению воздействия. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ отклонение показателей микроклимата; ○ недостаточная освещенность рабочей зоны; ○ повышенный уровень электромагнитных полей. ○ повышенное значение напряжения в электрической цепи.
3. Экологическая безопасность	Негативно влияющие на экологию факторы могут быть связаны с эксплуатацией компьютера, на котором разрабатывается программное обеспечение. ЖК-экраны - один из источников парниковых газов, которые намного вреднее диоксида углерода. Бромированные антипирены – это крайне токсичные соединения, которые способны воздействовать на нервную, репродуктивную системы. Они могут даже вызывать онко заболевания.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Вероятные ЧС – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ81	Тен Евгений Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 103 страниц, 16 рисунков, 29 таблиц, 32 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: сухая градирня, система охлаждения, теплообменная поверхность, теплообмен, показатели экономичности.

Объектом исследования является сухая градирня. Цель работы – разработка методики расчета теплообмена между теплоносителем и охлаждаемым воздухом.

В процессе выполнения работы разработана методика расчета теплообмена сухой градирни.

Объект исследования относится к области теплоэнергетики и предназначен для увеличения базовой отопительной нагрузки и выработки электроэнергии.

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

ТЭС –теплоэлектростанция;

ПТ – паровая турбина;

ПГУ –парогазовая установка;

ПО – подогревательные охладители;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ВОК – воздушное охлаждение конденсатора;

ПТУ – паротурбинная установка;

АЭС – атомная электростанция.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
1. Характеристика объекта исследования.....	12
1.1. Системы охлаждения.....	12
1.2. Сухие и вентиляторные градирни (эксплуатация и конструкция)	15
2. Виды и конструкции сухих градирен.....	18
2.1. Принцип работы градирни.....	18
2.2. Система ГЕЛЛЕРА	21
2.3. Улучшенная Геллеровская система	26
2.4. Водно - сберегающая система – Система HEAD.....	29
2.5. Непрямая система сухого охлаждения для современных ТЭС	30
3. Разработка методики расчета теплообмена в сухой градирне	34
3.1. Описание методики теплового расчета системы охлаждения энергоблока на основе сухой градирни	34
3.2. Расчет теплопередачи сухой градирни.....	35
4. Техничко-экономическое сравнение применения на ТЭС сухих и мокрых градирен	39
4.1. Сравнение основных показателей испарительной и сухой градирни... ..	42
4.2. Влияние сухих градирен на КПД ТЭС	45
4.3. Применимость сухих градирен	47
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	49
5.1 Описание поставленных задач	50
5.2 Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта.....	50
5.2.1 Потенциальные потребители продукта	51
5.2.2 Анализ конкурентных технических решений.....	52
5.2.3 FAST – анализ	54
5.2.4 SWOT – анализ.....	58
5.2.5 Инициация проекта.....	60
5.2.5.1 Цели и результат проекта.....	60
5.3 Планирование научно-исследовательских работ	61
5.4 Бюджет научно-технического исследования.....	63
5.4.1 Расчёт материальных затрат	64
5.4.2 Расчёт основной заработной платы исполнителей	64
5.4.3 Расчёт дополнительной заработной платы исполнителей	65
5.4.4 Расчёт итоговой заработной платы исполнителей	65
5.4.5 Расчёт отчислений во внебюджетные фонды	65

5.4.6	Расчёт накладных расходов	66
5.4.7	Формирование бюджета проекта	66
5.5	Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	67
5.6	Результаты по конкурентоспособности и ресурсоэффективности.....	68
6.	Социальная ответственность	70
	Введение	70
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
6.1.1	Правовые нормы трудового законодательства.....	70
6.1.2	Требования к организации и оборудованию рабочих мест.....	71
6.2	Производственная безопасность	73
6.2.1	Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	74
6.2.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	75
6.2.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	76
6.2.4	Повышенный уровень электромагнитных полей.....	77
6.2.5	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (электробезопасность)	78
6.3	Экологическая безопасность	79
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
6.5	Результаты оценки безопасности труда и окружающей среды	81
	Заключение	83
	Список литературы	84
	Приложение А	88

Введение

В теплоэнергетике часто возникает вопрос в экономичном отводе тепла от пара. В связи с повышением стоимости электрической энергии и воды – использование и перспективы развития сухих градирен в наше время становится актуальным. Сухая градирня (теплообменник) это оборудование, которое используется для охлаждения воды или другой жидкости, как в теплоэнергетике, так и в промышленности. «Сухие» градирни системы Геллера с поверхностным воздушным охлаждением очищенной воды в сочетании со смешивающим струйным конденсатором сводят к минимуму неблагоприятное воздействие на окружающую среду технических систем отвода сбросного тепла от ТЭС. В этих системах очищенная вода проходит и охлаждается в градирне внутри поверхностных алюминиевых охладителей, которые снаружи омываются воздухом. Охлаждающие колонки располагаются по периметру в нижней части башни в окнах для входа охлаждающего воздуха. Если движение воздуха в градирне должно происходить за счет естественной тяги, то для этого градирня создается в виде башни гиперболической формы высотой 100 м и более, выполненной из монолитного железобетона или изготовленной на основе обшитого алюминием каркаса из конструкционной стали. Охлажденная вода подается в смешивающий струйный конденсатор, в котором конденсируется отработавший в турбине пар, а затем часть общего потока на выходе из конденсатора подается в контур питательной воды парогенератора, а другая часть возвращается на охлаждение в градирню.

1. Характеристика объекта исследования

В наше время на тепловых электрических станциях используются 2 типа системы охлаждения: прямоточного типа и оборотного типа.

1.1. Системы охлаждения

При системе охлаждения прямоточного типа вода берется из природного водоема и после охлаждения в конденсаторе сбрасывается в тот же водоем, что приводит к нагреву воды [1]. Схема системы с прямоточным охлаждением конденсатора изображена на рисунке 1.

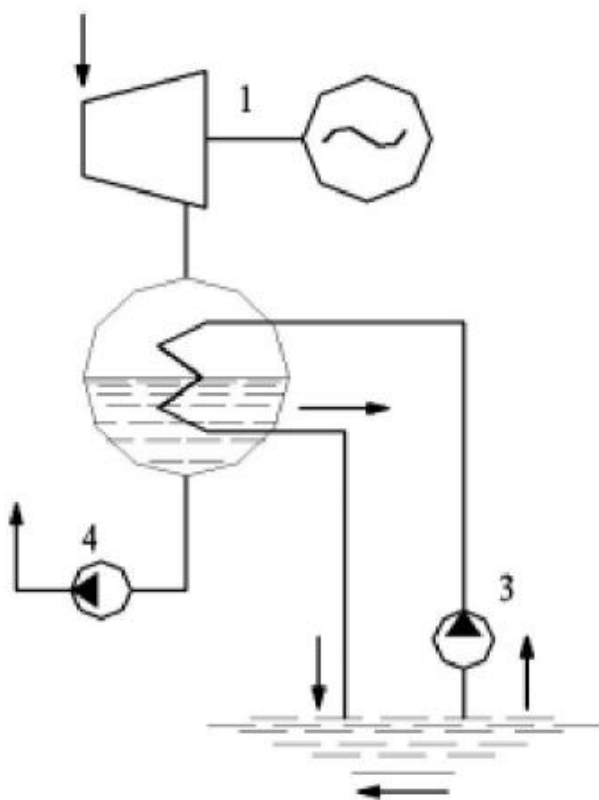


Рисунок 1 – Принципиальная схема прямоточного охлаждения конденсаторов.

1 – турбина; 2 – конденсатор турбины; 3 – циркуляционный насос; 4 – конденсатный насос.

Системы охлаждения оборотного типа делятся на виды:

- с брызгальными бассейнами;

- с прудами-охладителями;
- с градирнями.

В системах оборотного охлаждения с прудами-охладителями вода охлаждается с зеркально поверхности воды, которая участвует в теплообмене.

Такая обратная система водоснабжения применяется при расположении ТЭС на минимальном расстоянии от водоема. Прудам-охладителям требуется значительные площади и большие капитальные затраты на сооружения. В системах с брызгальными бассейнами вода охлаждается с поверхности капель воды, которые разбрызгиваются при помощи сопел. Таким сооружениям нужно меньше места, чем прудам-охладителям, но при этом у них сравнительно низкая и неустойчивая охлаждающая способность, зависящая от ветреных характеристик. Помимо этого, водяных потерь в системах с брызгальными бассейнами больше, чем в прудах-охладителях и градирнях из-за уноса воды ветром, что соответственно ведет к образованию тумана и обмерзанием окружающих зданий.[2,3]

Самые распространённые системы охлаждения в России применяют системы оборотного типа с градирнями, изображенные на рисунке 2. По принципу охлаждения Градирни бывают испарительного и поверхностного типа. В градирнях испарительного типа вода охлаждается из-за конвекции с воздухом и испарения. Градирни такого типа делятся на три типа:

градирни открытого типа- это устройства брызгальные с соплами, которые направлены вниз, и имеют жалюзи. В теплоэнергетике такой тип, не получил распространение.

-градирни башенного типа имеют вытяжные башни, конструкция которых прямоугольной и гиперболоидной формы.

-градирни вентиляторного типа. Такие градирни имеют меньшую площадь, чем градирни башенного типа, но при этом у них больше затраты на

электроэнергию (из-за того, что используют вентиляторы). Они обеспечивают более глубокое охлаждение, чем другие охладители.[4,5]

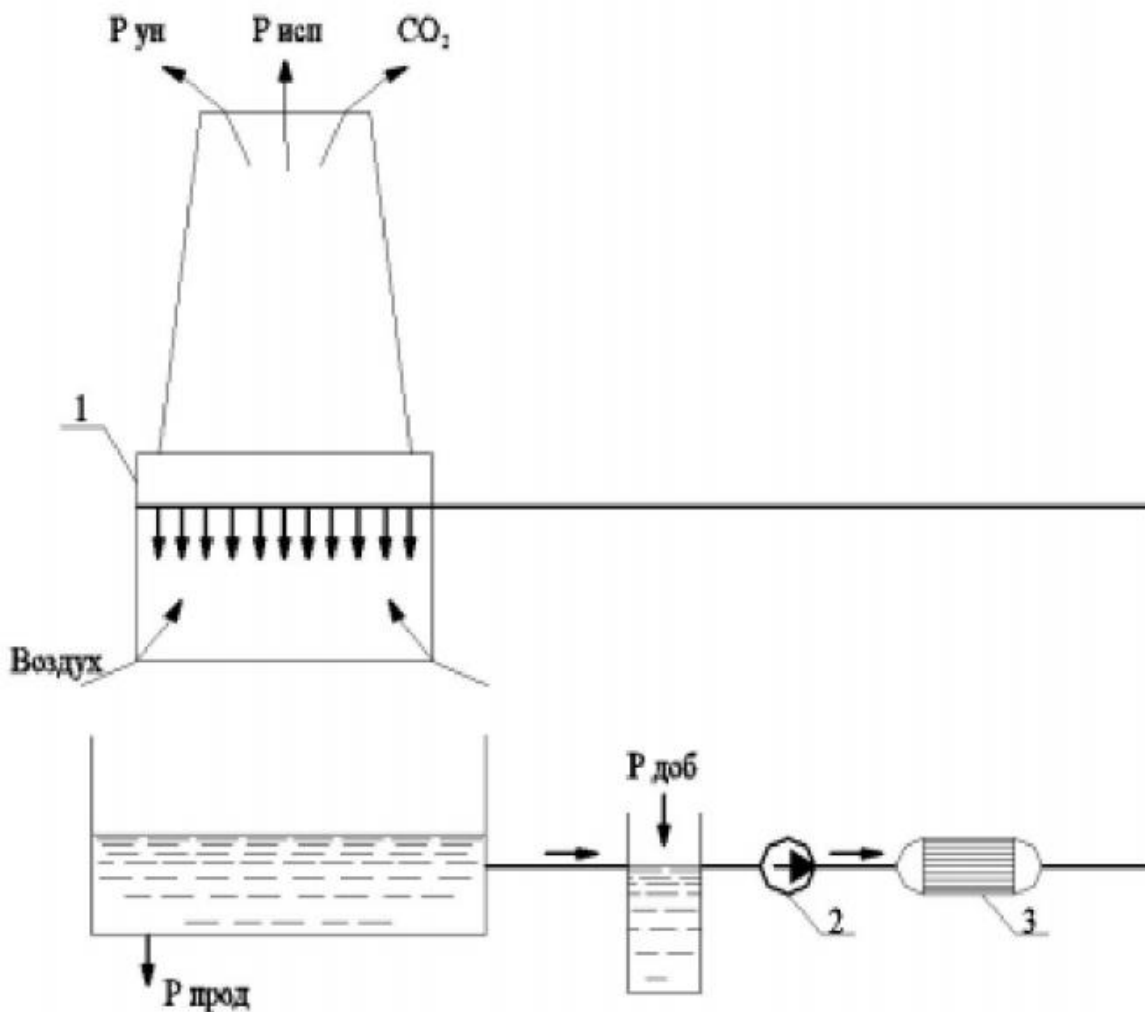


Рисунок 2 – Схема системы оборотного охлаждения с градирнями.

1 – градирня; 2 – циркуляционный насос; 3 – конденсатор.

К градирням поверхностного типа относятся радиаторные градирни, которые называются сухие. Такой тип градирен состоит из теплообменной поверхности по которым циркулирует вода. Такой вид градирен применяется как с вентиляторами, так и с тягой, которая создается башней. Такая схема впервые начала использоваться для конденсаторов паровых турбин. Данная градирня была разработана Геллером в сочетании с конденсатором смешивающего типа (изображена на рисунке 3)[5]. Сейчас в данной схеме, используют конденсатор поверхностного типа.

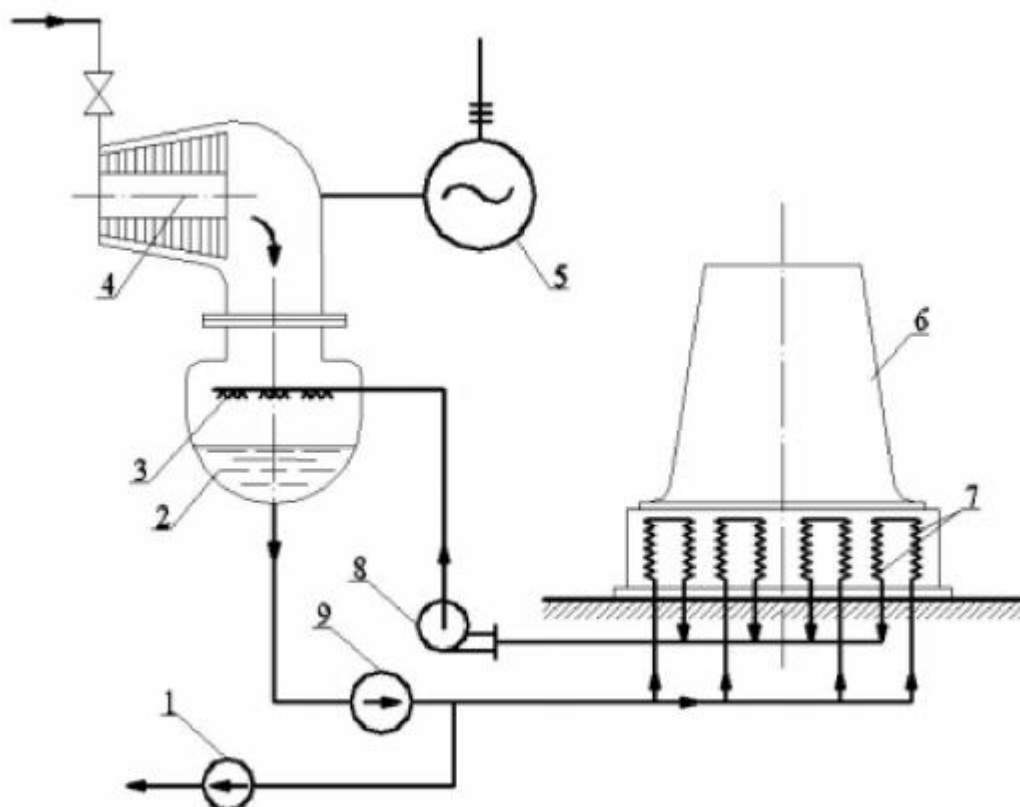


Рисунок 3 – Конденсационная установка Геллера.

1 – циркуляционный насос; 2 – смешивающий конденсатор; 3 – распылители воды; 4 – паровая турбина; 5 – генератор; 6 – башня градирни; 7 – теплообменник; 8 – гидротурбина; 9 – конденсационный насос.

1.2. Сухие и вентиляторные градирни (эксплуатация и конструкция)

Основная особенность данного типа градирни – низкое значения коэффициента теплопередачи от воды к воздуху через стенки теплообменной поверхности, радиаторы должны иметь сильно развитую охлаждающую поверхность, что определяет больше затрат и большего количества металла, следовательно стоимость градирен вентиляторного типа в 1,5-2 раза выше, чем градирен испарительного типа. Помимо этого, меньшая теплоемкость воздушной массы требует осуществления циркуляции через теплообменные

поверхности большого количества воздуха. [6] . До настоящего времени считалось, что использовать такие градирни можно в определенных проектах, однако с усовершенствованием технологий ПГУ установки такого типа градирен широко используются для системы охлаждения пароводяного тракта парогазовых установок. Одно из главных обстоятельств, которые говорят о преимуществе данного решения есть то, что на ПГУ циклах ТЭС в конденсатор паровой турбины поступает до 2 кг пара на 1 кВт·ч произведенной электроэнергии. В парогазовых установках с котлом утилизатором, часть отработавшего пара в конденсаторе паротурбинной установки по отношению к электроэнергии, которая вырабатывается всей парогазовой установкой, значительно ниже из-за особенностей технологического процесса и составляет 1-1,2 кг/кВт·ч. [2] Применение градирен сухого типа может сэкономить время проектирование и ускоряет ввод в эксплуатацию. Главные особенности эксплуатации градирен сухого типа - это режимы их эксплуатации в жаркие и холодные месяцы года. Температура воды в градирнях сухого типа в летний период года выше, а зимой значительно ниже, чем в обычных градирнях испарительного типа. В жаркий период времени температура воды обычно на 15-20 °С больше, чем температура охлаждающего воздуха, а самая низкая температура в зимний период равна 5-6 °С, поэтому при установке градирен сухого типа районах с суровым климатом важной задачей является задача от замерзания воды в радиаторах. Для решения этой задачи предусматривают мероприятия такого типа: отключение отдельных радиаторов, уменьшение расхода воздуха через закрытие радиаторов специальными жалюзи, либо использование вентиляторов с переменной производительностью, возможностью подогрева охлаждающей воды острым паром в конденсаторе.[5,6]

При работе в летнее время года для поддержания постоянной температуры охлаждающей воды требуется увлажнять охлаждающий воздух водой определенного качества. По данным компании «GEA» при орошении

только 5% от общей площади поверхности теплообмена, общий теплосъем на сухой башенной градирне с естественной тягой увеличивается почти на 11,9%. При этом, за счет снижения температуры циркулирующей воды на 5,4 °С и увеличения давления в конденсаторах обеспечивается «не снижение» мощности энергетического блока (100 МВт) на 2 МВт. Потребляемость воды при этом составляет около 52 м³/час. [5]

2. Виды и конструкции сухих градирен.

Принципиальная конструкция сухой градирни изображена на рисунке 4.

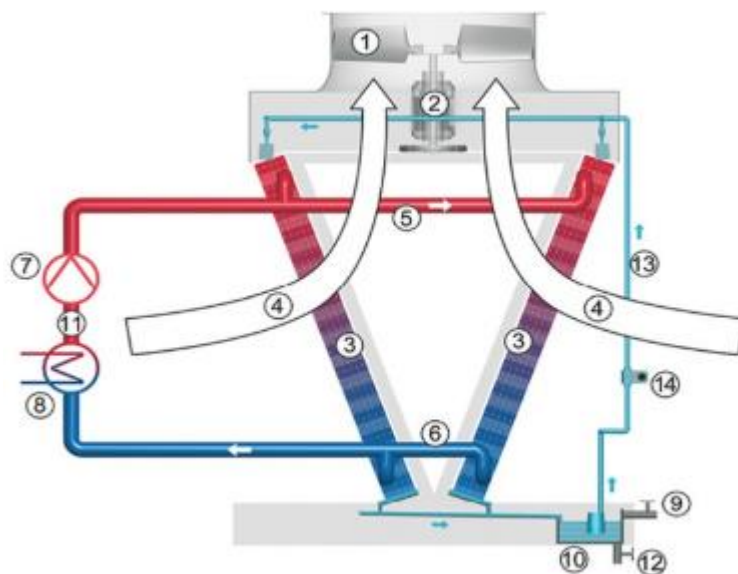


Рисунок 4 – Схема сухой градирни.

1 – Вентилятор; 2 - Мотор вентиляторов; 3 – Теплообменники; 4 - Воздушный поток; 5 - Подача теплого хладоносителя; 6 - Обратный контур остывшего хладоносителя; 7 - Гидромодуль или насос; 8 – Потребитель; 9 - Подпитка воды на систему орошения; 10 - Резервуар для воды орошения; 11 - Первичный контур охлаждения; 12 - Слив и воды и грязи системы подпитки; 13 - Контур воды орошения; 14 - Электромагнитный вентиль; 15 - подачи воды.

2.1. Принцип работы градирни

Гидромодулем или насосом (7) подается нагретый хладагент на охлаждение [7].

Воздух окружающей среды 4, имеющий температуру ниже температуры нагретого хладоносителя и всасываемый через ребра теплообменную поверхность 3 с помощью вентиляторов 1 принимает тепло у медных трубок теплообменника, в результате температура хладоносителя, протекающего в трубках уменьшается.

Остывший хладоноситель из теплообменников 3 поступает в трубопровод 6 подачи его потребителю 8. В данной схеме, помимо самой градирни, изображен элемент, который является дополнительным: система орошения, которая позволяет снизить температуру хладоносителя на выходе на несколько градусов (такая система наиболее эффективна в летний период и в период низкой влажности воздуха). Принцип работы: при наступлении момента максимальной эффективности - электромагнитный вентиль 14 открывает подачу воды на форсунки, которые распыляют на теплообменники воду, которая испаряясь на них, а также частично, собрав с них пыль и грязь, стекает в резервуар 10. Резервуар используют для экономии воды, но он требует периодической очистки от накопившейся в нем грязи.

Сухие Градирни закрытые (закрытого типа) имеют два типа исполнения, принципиально разные. Сухая градирня закрытого типа. Ещё одно название сухой градирни закрытого типа - Драйкулер. Такое название имеет происхождение от английских слов dry - сухой и cooler - охладитель. Ввиду того, что градирни с методом охлаждения распылением воды практически на всех больших заводах использовались с советских времён, термин - градирня в России обычно применяют к оборудованию именно такого типа. По причине того, что все предложения сухих градирен сводятся к предложениям зарубежного оборудования, то самый распространённый термин характеризующий такое оборудование - является термин - драйкулер. Драйкулер - используют в ситуациях, когда по технологии производственного процесса требуется охлаждение рабочей среды (воды или иного типа хладоносителя, например, раствора этилен- либо пропиленгликоля) до температуры, немного превышающей температуру окружающего воздуха. При этом исходная температура хладоносителя может быть достаточно высокой. Именно в этих случаях экономически целесообразна использования системы охлаждения с применением драйкулера. Принцип действия основывается на циркуляции хладоносителя через систему оребренных трубок, которая обдувается

вентиляторами, за счёт чего происходит отдача тепла воздуху окружающей среды. Поскольку система циркуляции хладоносителя замкнутая и герметичная, в системе практически отсутствуют потери хладоносителя на испарение, чем данный тип отличается от открытых систем, требующих постоянной подпитки воды для компенсации испарения. Кроме того, при использовании в качестве хладоносителя отличной от воды жидкости (незамерзающих растворов), безусловно, допустимо использовать только градирни закрытые. Незамерзающие растворы гликолей применяются для эксплуатации в зимний период, с целью предотвращения повреждения оборудования при размораживании.

Мокрые градирни закрытого типа - это один из вариантов водоохладителя, в котором применена гибридная схема. В отличие от сухих закрытых градирен в мокрых имеется герметичный теплообменник, по которому протекает жидкость основного контура (например на охлаждение водяного конденсатора) и этот теплообменник орошается водой и обдувается воздухом окружающей среды. Плюсы данного варианта в том, что главный контур охлаждения воды не соприкасается с окружающей средой, и соответственно не насыщается кислородом, не загрязняется и является закрытым, т.е. нет разрыва струи. Мокрая градирня закрытого типа позволяет применять в качестве хладоносителя растворы незамерзающих жидкостей как и в драйкулерах, но в отличие от них конечная температура хладоносителя, которую можно получить в ней - не выше, а ниже температуры окружающей среды и как и в мокрых градирнях открытого типа соответствует температуре влажного термометра.

Доступная для герметичной системы конечная температура хладоносителя на несколько градусов выше температуру «сухого» термометра при температуре окружающего воздуха в процессе эксплуатации. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем лучше работает данное оборудование, поэтому фактическая мощность данного оборудования изменяется для разных условий окружающей среды. Конструктивные исполнения и геометрические характеристики градирен подбираются с учётом эффективности итоговых

размеров и стоимости оборудования для исходных параметров охлаждения и расчётных значений окружающего воздуха для региона эксплуатации. В регионах с относительно небольшой влажностью в летнее время года также применяются герметичные охладители с системой орошения, повышающей эффективность эксплуатации оборудования, однако требующей дополнительного расхода воды на орошение.

В основном, вентиляторная градирня представляет собой менее энергозатратный способ охлаждения по сравнению с драйкулером, однако не позволяют достичь конечной температуры охлаждения ниже температуры окружающей среды и поэтому используют только для системы, удовлетворяющие этому условию.

2.2. Система ГЕЛЛЕРА

В системе ГЕЛЛЕРА (рисунок 5) теплота совершившего работу пара турбины подается в замкнутую систему циркуляционного контура конденсатора, которая создает отвод тепла от пара и сброс тепла в атмосферу через систему мелкоробристых теплообменных труб.[8]

Основными составляющими данной системы являются: конденсатор смешивающего типа, гидравлические машины, охладительные дельты, подогревающие элементы, а также оборудование для создания тяги воздуха.

Поскольку циркуляционная система в основном закрыта, в ней можно применять питательную воду котла агрегата. Поэтому, наиболее значительным решением является применение смешивающего конденсатора, в котором пар конденсируется на поверхности водяной пленки и конденсат смешивается с водой.

Из-за прямого контакта в конденсаторе обеспечивается низкий теплоперепад, а температура воды в свою очередь достигает температуры насыщения сбросного пара турбины, т.е. давление, которое создается в конденсаторе смешивающего типа, будет глубже, чем конденсаторе

поверхностно типа при равных условиях эксплуатации. Таким образом, конденсатор смешивающего типа имеет простую конструкцию, экономически выгоден и менее требователен в эксплуатации.

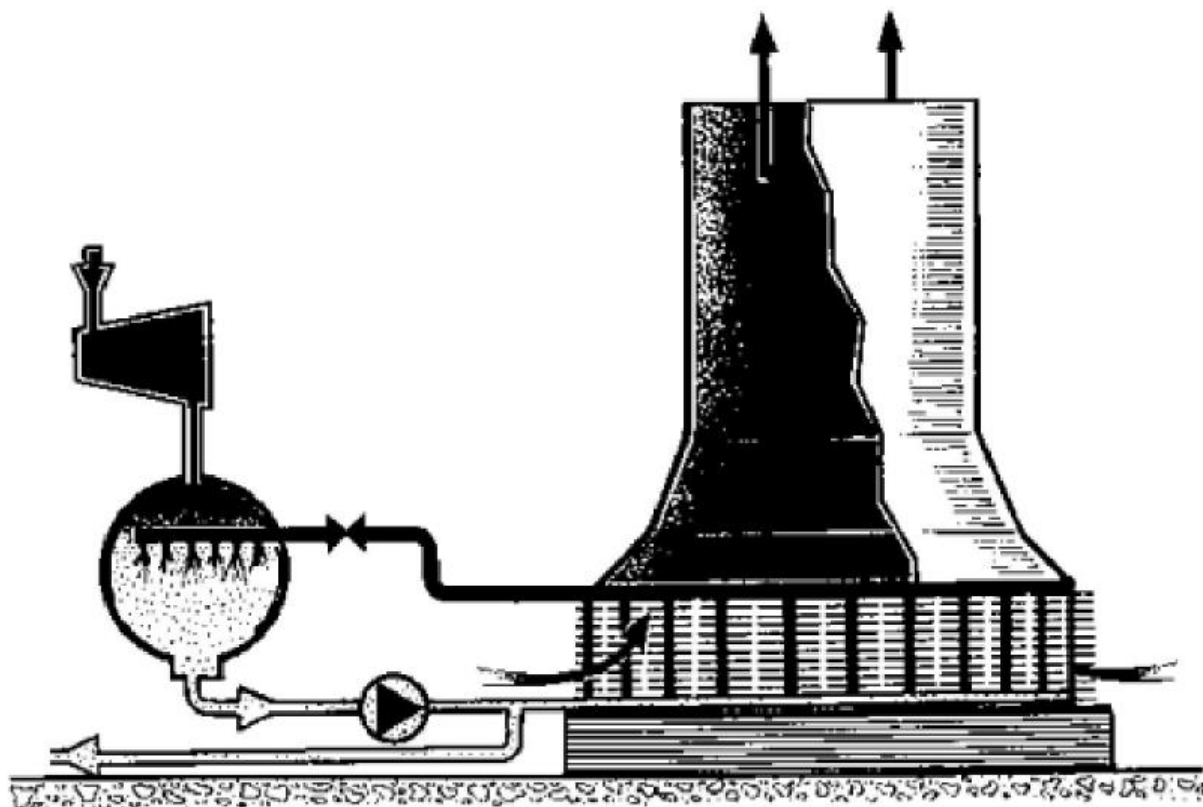


Рисунок 5 –Схема системы охлаждения Геллера.

Насосы. В поверхностном конденсаторе подача воды в замкнутом циркуляционном контуре охлаждения нагнетается с помощью различных насосов. В основном система насосов применяется для отвода конденсата (воды) и подачи его в систему подпитка парового котла. В циркуляционном контуре системы охлаждения с конденсатором смешивающего типа насосами подается смешанный конденсат и вода из конденсатора. Давление при этом повышается до определенного уровня, который обеспечивает в любой части системы давление не ниже атмосферного. На обратном циркуляционном контуре стоит гидравлическая турбина, которая использует избыточный перепад давления, что приводит к уменьшению потребления электроэнергии на приводе насоса.

Теплообменная поверхность (охладительные дельты). Основные поверхности теплоотвода, так называемые дельты охлаждения применяются двух видов: либо горизонтально, либо вертикально. Градирни, конструкция которых имеет, башенную тягу воздуха вертикальное исполнение более благоприятно, так как оно улучшает чистку и делает поверхности доступными, снижая тем самым расходы на эксплуатацию и ремонт.

В охлаждающей дельты системы охлаждения непрямого типа используются разные поверхности оребренного вида. Одним из видов такой поверхности являются плоские алюминиевые листовые ребра на алюминиевых трубках (дельты типа ФОРГО).

Мелкорребристая охлаждающая поверхность типа ФОРГО (рисунок 6) в большинстве имеет определенные плюсы по сравнению с другими поверхностями: обладает высокой теплопередачей и коррозионной устойчивостью; легкодоступная чистка такой поверхности. Каждый элемент ФОРГО подлежит обработке Al203, в ходе которой на поверхности образуется толстая, механически и химически устойчивая оксидная пленка. Листовое оребрение теплообменника с воздушной стороны свободно очищается промывкой. В градирне дельты охлаждения разбиты на секторы. Любой сектор может самостоятельно подключаться к системе циркуляции или отключаться от нее. Данная компоновка облегчает опорожнение и заполнение системы. Даже ремонт градирни можно проводить без прекращения циркуляции воды в системе или полного ее опорожнения.

Подогревающие охладители. В определенных случаях эти охладители можно подключать параллельно к системе дельт охлаждения. Обычно подогревающие элементы составляют меньшую долю всей поверхности теплообмена. Как правило, группа ПО работает в схеме дельт охлаждения. В летнее время подогреватели используют для повышения мощности системы через орошение их водой и включения вентиляторов. При пуске системы охлаждения в условиях низкой температуры наружного воздуха группа ПО используется для подогрева дельт охлаждения перед заполнением. В

процессе пуска использование вентиляторов осуществляется в режиме реверса, и жалюзи дельт охлаждения закрыты.

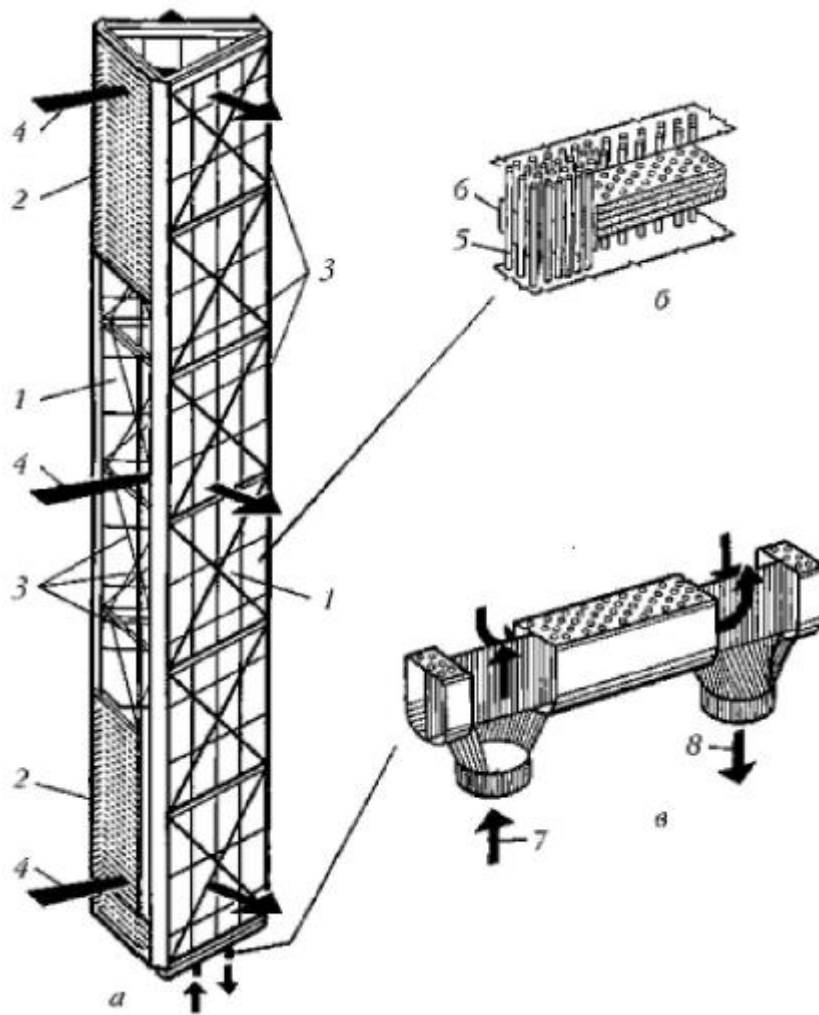


Рисунок 6. Дельта охладительного водо-воздушного теплообменника типа ФОРГО:

а – охладительная дельта; б – деталь теплообменника; в – нижняя водяная камера; 1 – охладительная колонна; 2 – жалюзи; 3 – стальные конструкции; 4 – поток воздуха; 5 – труба; 6 – ребро; 7 – горячая вода; 8 – холодная вода.

Оборудование для создания тяги воздуха. Как искусственная, так и естественная тяга может обеспечить определенный расход воздуха, поэтому система выбирается по экономическим расчетам. С увеличением мощности градирня с естественной тягой становится предпочтительным, так как

можно сэкономить на приводе вентиляторов и расход на ремонт оборудования, создающего тягу воздуха. В то же время при повышении мощности увеличивает стоимость каркаса градирни с естественной тягой, поскольку при горизонтальной компоновке теплообменников, чтобы обеспечить достаточное количество воздуха, эти теплообменники приходится устанавливать выше.

Система охлаждения сухого типа дает возможность применять стальные конструкции, покрытые алюминиевой обшивкой, которая отлично защищает от коррозии, причем воздух внутри градирни постоянно суше и теплее окружающего. Выбор типа оболочки градирни зависит от экономических характеристик.[9]

Применение системы охлаждения сухого типа требует выбора паровой турбины, работающих при давлении в конденсаторе выше, чем при испарительном охлаждении. Для турбин, подключаемых к Геллеровской системе, нужно выбирать значение максимальной мощности при наихудшем давлении. Современная Геллеровская система легко подключается к циклу ТЭС и дает эффективные результаты по многим аспектам, особенно с точки зрения ремонта, маневренности и эксплуатации. В процессе эксплуатации систем водоснабжения ТЭС, как и всяких других элементов тепловой схемы и конструкций электростанций, возникает вопрос о эффективном выборе схемы водоснабжения, разбора всех минусов и плюсов технического решения с точки зрения безопасности экологии и учетом влияния схемы водоснабжения на природу.

В использовании на современных Российских ТЭС схем водоснабжения в основном широкое распространение получили схемы с охлаждением воды испарительного характера. Основным преимуществом такой системы это их технико-экономические характеристики. Сейчас, однако, происходит существенная переоценка облака из пара, которое возникает при некоторых погодных-климатических условиях теплым воздухом, выходящим из градирен испарительного типа. Данное облако отрицательно влияет на условия жизни и экологию. [10]

2.3. Улучшенная Геллеровская система

В Геллеровской системе (рисунок 7) тепло, отводимое от ТЭС, отдается циркуляционному контуру, который проходит в замкнутом циркуляционном контуре охлаждения, в конденсаторе поверхностного или смешивающего типа. Далее тепло, которое принялось водой, передается окружающей среде. В данной схеме используют поверхностный конденсатор или конденсатор смешивающего типа. Так как циркуляционный контур является замкнутым, поэтому в нем может циркулировать питательная вода высокого качества. Из-за этого все больше конденсатор смешивающего типа находит свое практическое использование, в нем конденсация пара происходит поверхности ребер в виде пленок воды, а вода смешивается с питательной водой. Из-за того, что происходит непосредственный контакт, температура воды может уравниваться с насыщенной температурой пара, который выходит тем самым в конденсаторе такого типа, вакуум получается глубже, чем в конденсаторе поверхностного типа при заданных условиях в градирне, т.е. достигается низкий температурный напор.

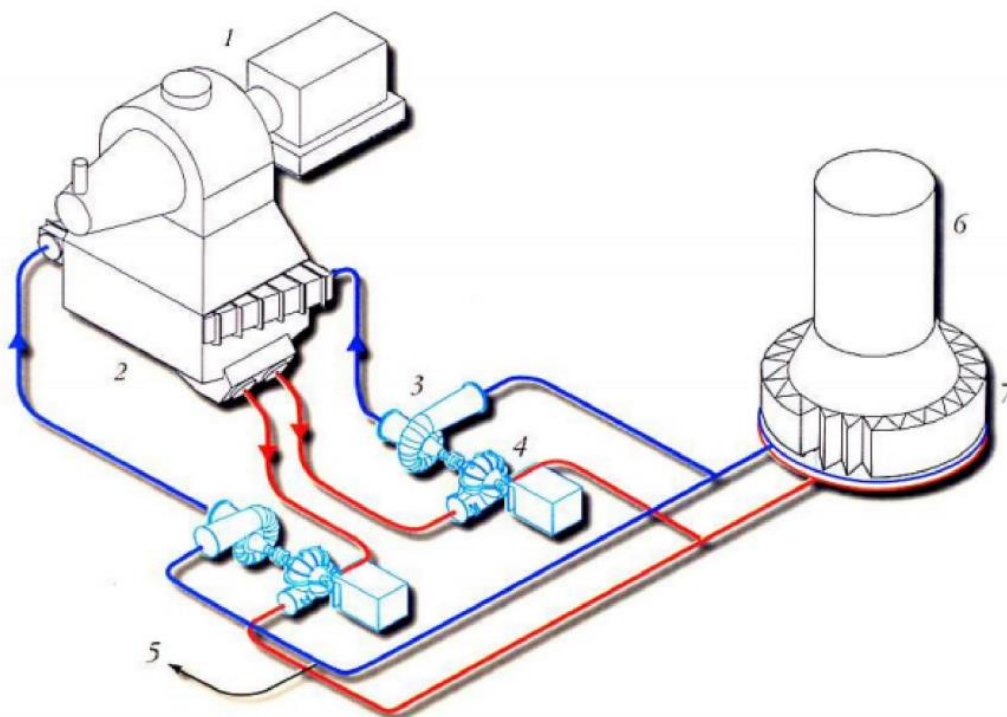


Рисунок 7 - Проточная схема Геллеровской системы.

1 – паровая турбина; 2 – смешивающий подогреватель; 3 – утилизационная турбина; 4 – циркуляционный водяной насос; 5 – трубопровод питательной воды; 6 – градирня сухого охлаждения; 7 – водо-воздушные теплообменники.

Так как в теплообменном контуре конденсатора поверхностного типа для того чтобы вода циркулировала используются обычные насосы. Для того чтобы вода выводилась из водосборника в питательную водяную систему нужны насосы нагнетательного типа. Когда используют конденсатор смешивающего типа насосы циркуляционной воды могут использовать не только для циркулирования воды, но и для того чтобы конденсат выводился из турбинного конденсатора. Поэтому, в данном случае можно не использовать отдельную группу насосов для отвода конденсата. Циркуляционные насосы создают такое давление воды, что в контуре просто не получается точки давления меньше атмосферного, поэтому подсос воздуха практически невозможен. Напор обратной воды его малая часть можно утилизировать в турбине гидравлического типа.

Теплообменники водо-воздушного типа (охладительные дельты) отводят тепло из цикла. Для того чтобы эффективность работы охладителей сохранялась нужно, чтобы они были монометаллическими. Водо-воздушные теплообменники собираются в секции параллельно, которые подключают отдельно независимо друг от друга. Данная конструкция делает теплообменник безопасным и надежным. При непрямом сухом охлаждении система между воздухом и паром имеет теплопередающую промежуточную среду – воду, то она фактически нечувствительна к расстоянию от выхода из турбины до дельт охлаждения. Таким образом, при наличии значительного объема воды в контуре охлаждения в распределительных, соединительных трубопроводах и в дельтах охлаждения в основном стабилизирует работу системы охлаждения. Данный эффект проявляется при сглаживании возможных скачков температуры воды в циркуляционном контуре, которые появляются из-за резких изменений скорости ветра, и в поддержке баланса питательной воды в барабане котла даже тогда, когда возникают отказы в водоподготовительных системах.

Когда используют непрямую систему ГЕЛЛЕРА, для того чтобы обеспечить определенный охлаждающий поток воздуха может использоваться тяга принудительного характера (рисунок 8) и естественная тяга. Поэтому, конденсаторы воздушного охлаждающего типа (ВОК) могут применяться в режиме с тягой искусственного типа. Когда их используют в режимах с тягой естественного характера увеличиваются затраты и появляются вопросы надежности.



Рисунок 8- Геллеровская система с тягой принудительного характера и с водяным орошающим устройством.

Когда увеличивается мощность турбин, то тяга естественного характера становится все более предпочтительной, так как стоимость градирни увеличивается с тягой принудительного характера так как необходим подъем теплообменников на значительную высоту для того чтобы подводилось определенное количество воздуха. Применять их специально, для энергоблоков

мощность, которых больше 50МВт, а для энергоблоков меньшей мощностью только когда присутствуют специальные требования, например, строгие шумовые ограничения.

2.4. Водо - сберегающая система – Система HEAD

Система HEAD- это улучшенная система охлаждения сухого или орошаемого типа сохраняет главные преимущества систем сухого типа, т.е. значительно сокращается использование воды, упрощается место расположения станции, разрешения на строительство упрощаются.

Система работает на цикле замкнутого типа непрямого охлаждения, в котором дельты охлаждения или их часть способны работать как теплообменники с тремя средами, в которых используется охлаждение на ФОРГО модулях. Система такого охлаждения почти весь год работает как система охлаждения сухого типа, исключения составляют только во время максимальной жаркой температурой при пиковом использовании электроэнергии. В это время увлажняется часть охлаждающей теплообменной поверхности, что приводит к уменьшению противодавления турбины и мощность ТЭС увеличивается, а это приводит к снижению капитальных затрат при той же мощности.

Данная система дает возможность изменять ТЭС с заменой действующей системы испарительного характера систему охлаждения с водосбережением без значительной конструктивной модификацией ПТУ и ухудшения основных технико-экономических характеристик работы ТЭС.

Эта система легко используется в заводских системах со вспомогательным или обслуживающим водоснабжением, в которых поддерживать данную температуру холодной воды трудно выполнять для всех режимов сухого охлаждения. Данная системы очень эффективна также и в том случае, когда водные ресурсы неограниченные, но на первое место приходят проблемы охраны окружающей среды и повышению экономичности. Такая система изображена на рисунке 9.

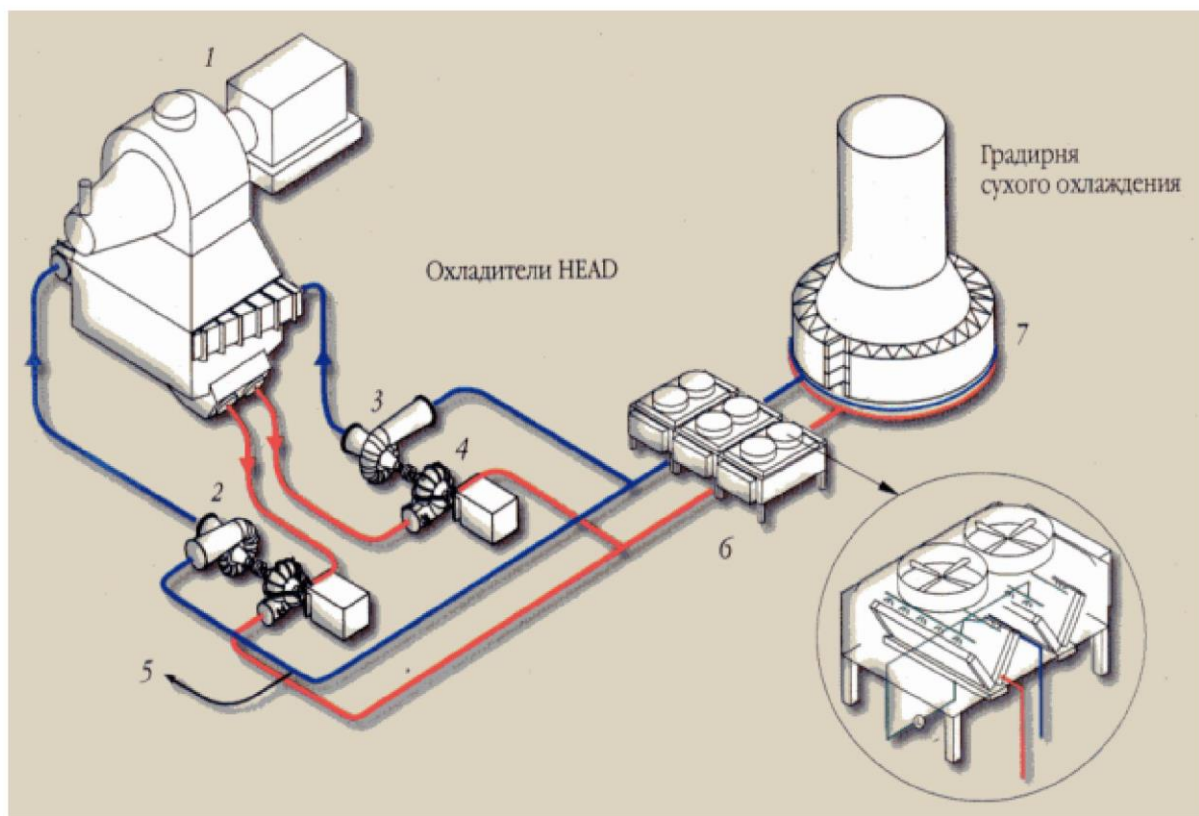


Рисунок 9- Система охлаждения с проточной схемой сухого охлаждения

Данная охлаждающая система позволяет эффективно использовать преимущества сухого охлаждения (водосбережения) и значительно снижать потери пиковой мощности летние часы. Очень жесткое экологическое регулирование может привести к непропорциональному значительному повышению водяной цены, тем самым оправдывая более широкое использование охлаждения сухого типа на ТЭС. [12]

2.5. Непрямая система сухого охлаждения для современных ТЭС

Все паротурбинные установки оборудованы определенными системами охлаждения для утилизации тепла от конденсации пара.

Так как выбросы тепла берет на себя атмосфера или природные бассейны, система охлаждения, которая передает скрытое тепло от конденсации приемнику тепла, через систему испарения до сухого охлаждения, при этом могут применяться различные модификации.

Водяные системы, которые используются традиционно, а тем более системы охлаждения испарительного характера как самые большие потребители воды, связанные с работой ТЭС, безусловно, нуждаются в больших количествах воды рядом с ТЭС.

Сейчас использование воды повышается бытовым, сельскохозяйственным и промышленным отраслями вынуждает проектировщиков идти по пути минимизации потребления воды, так как этот ценный природный ресурс сильно ограничен, и его в будущем попросту может просто не хватить, если его потребление продолжится в таком значительном количестве. Необходимо признать глобальную проблему нехватки воды, если смотреть на нее в свете потребления воды, которое нужно для выработки электроэнергии ТЭС. К примеру для выработки мощности 300 МВт необходимо воды столько же, сколько использует город с населением 150000 человек.

Так как спрос на водосберегающие системы охлаждения повышается и к настоящему времени находят широкое применение две различных систем охлаждения сухого типа:

- непрямая сухая система охлаждения-Геллеровская система;
- прямая система – ВОК.

С момента ее открытия в 50-х годах и до настоящего времени геллеровская система прошла много модификаций, и теперь ей находят применение во всех климатических поясах от тропиков до полюсов, а технические решения обеспечивают построение надежной, экономичной и комплексной сухой системы охлаждения. Геллеровская система работает с градирнями с башенной тягой (рисунок 10) и вентиляторной тягой (рисунок 11), при этом эффективнее и экономичнее вариант градирни с тягой естественного характера.

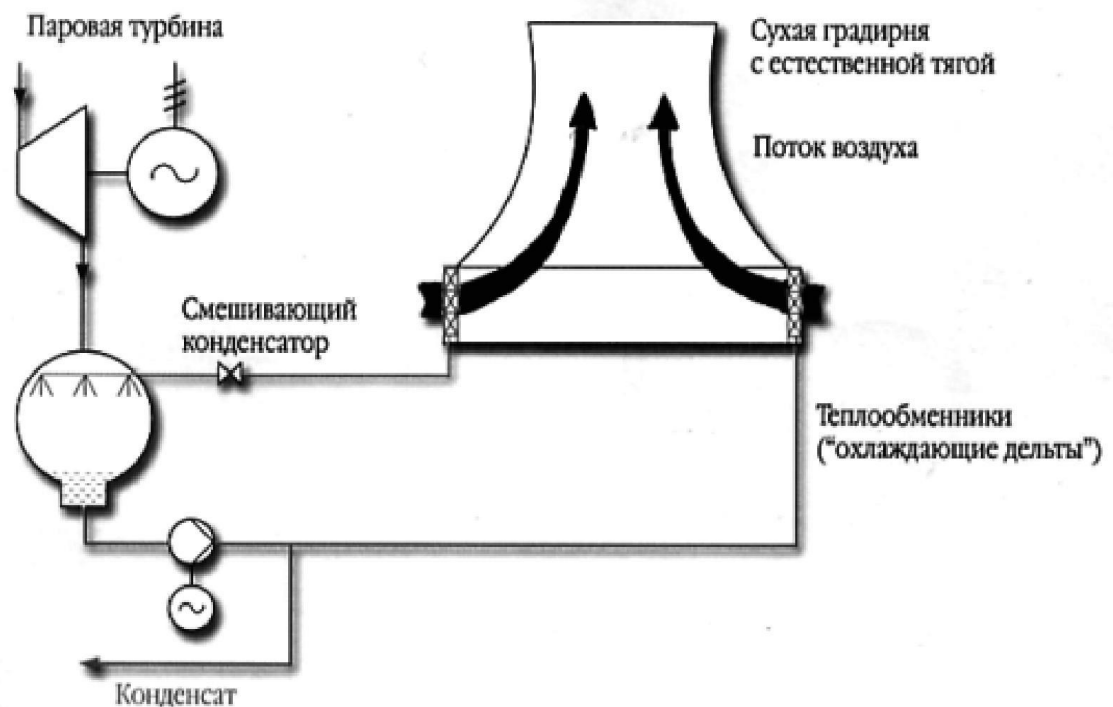


Рисунок 10- Геллеровская система с естественной тягой.

У этой системы есть уникальнейшие плюсы в сравнении с системой сухого охлаждения с тягой принудительного характера, которые состоят в следующем:

- применение градирни с тягой естественного характера для сухого охлаждения сильно уменьшают потери электроэнергии (нет нужды применять вентиляторы), тем самым повышая эффективность генерации энергии на 1,5-2 % по сравнению с градирнями вентиляторной тягой;

- единственные вращающиеся элементы системы являются насосы для циркуляции охлаждающей воды, нужда в техническом обслуживании которых мала в сравнении с градирнями с тягой принудительного характера;

- шум ничтожно мал по сравнению с градирней с тягой принудительного характера;

- рециркуляция теплового воздуха от устья градирни к ее входу, которая наблюдается в ветреную погоду у градирни с принудительной тягой, исключена в геллеровской системы с тягой естественного характера. [13]

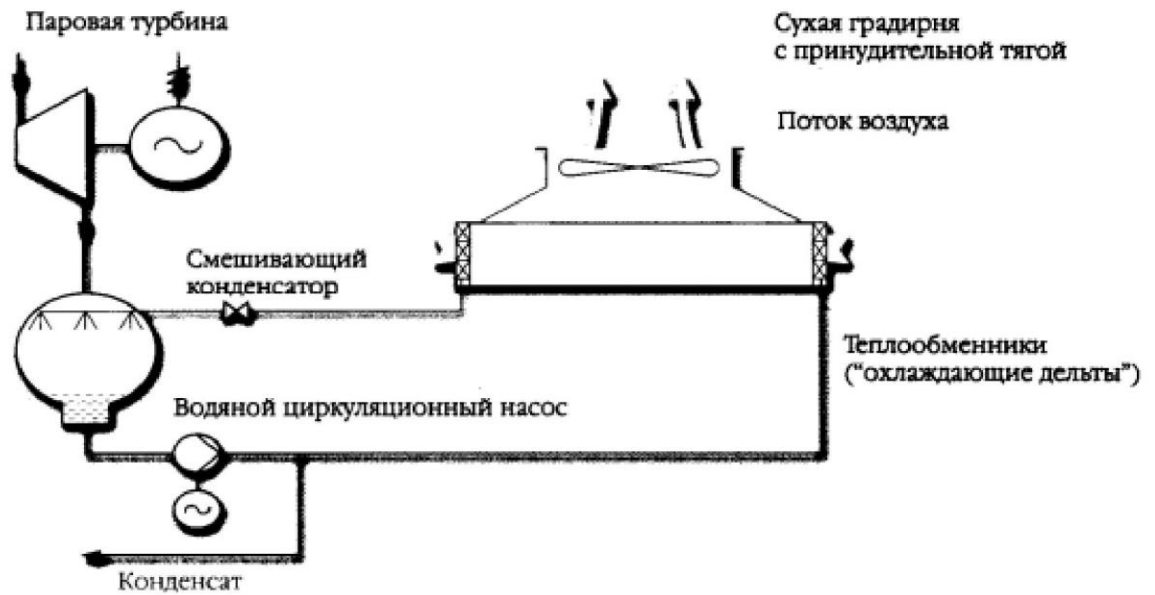


Рисунок 11- Геллеровская система с тягой принудительного характера

Охлаждение происходит в дельтах охлаждения, которые выполнены в виде треугольников, разделенных на параллельные сектора, через которые за счет тяги вентилятора градирни поднимается поток охлаждающего воздуха.

3. Разработка методики расчета теплообмена в сухой градирне

В качестве исходных данных для расчетов принимаются: тепловая нагрузка, теплоперепад воды в градирне, температура и влажность окружающего воздуха, свойства воды, воздуха и материала теплообменников. По исходным значениям тепловой нагрузки и понижению температуры воды в градирне Δt определялось исходное значение расхода воды.

3.1. Описание методики теплового расчета системы охлаждения энергоблока на основе сухой градирни

Расчет теплового баланса и тепловой мощности, переданной в теплообменной поверхности

Тепловой баланс устанавливает отношение тепловой мощности, подведенной к теплообменнику, и тепловой мощности, отведенной от него с учетом потерь в атмосферу [14]:

$$Q_{ГЩ} + Q_{ГЩ}^{ПР} + Q_{НГ}^{ПР} = Q_{НГ} + Q_{ОХЛ}, Вт \quad (3.1)$$

где $Q_{ГЩ}$ - тепловая мощность, подведенная в теплообменной поверхности греющим теплоносителем, Вт;

$Q_{ГЩ}^{ПР}, Q_{НГ}^{ПР}$ - тепловая мощность, созданная в теплообменнике в результате преодоления гидравлического сопротивления соответствующих трактов греющим и нагреваемым теплоносителем, Вт;

$Q_{НГ}$ - тепловая мощность, отведенная из теплообменной поверхности, Вт;

$Q_{ОХЛ}$ - тепловая мощность, теряемая теплообменником в атмосферу, Вт.

Величина суммарной мощности $Q_{ГЩ}^{ПР} + Q_{НГ}^{ПР}$ составляет доли процента от суммарной мощности теплообменной поверхности, работающей на жидких теплоносителях, и 1-2% для теплообменников с газообразными средами.

Потери в атмосферу $Q_{охл}$ для современных крупных теплообменников составляют доли процента.

Так как указанные величины малы и частично заменяют друг друга, то можно считать коэффициент полезного действия крупных теплообменников на номинальном режиме близким к единице, откуда:

$$Q_{гщ} = Q_{нг} = Q, Вт \quad (3.2)$$

где Q - тепловая мощность теплообменника на номинальном режиме работы, Вт.

Эта величина в зависимости от выбранной методики расчета определяется по формуле:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, Вт \quad (3.3)$$

где k - коэффициент теплопередачи, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$; F – поверхность теплообмена $м^2$; Δt - температурный теплоперепад греющей среды $^{\circ}С$.

3.2. Расчет теплопередачи сухой градирни

В крупных воздухо-охлаждаемых установках фирмы GEA получили широкое распространение трубы из углеродистой стали с надетыми на них стальными ребрами. Такие трубы после цинкового покрытия обладают достаточной теплопроводностью и коррозионной стойкостью. Они служат по 25–30 лет без нарушения герметичности.[15]

В качестве теплообменной поверхности градирни принимается оцинкованная оребренная стальная труба диаметром $22 \times 1,5$ мм, толщиной ребра 0,4 мм, длина трубы равна 20 м. Теплообменное устройство градирни набирается по общепринятой схеме из колонн. Каждая колонна представляет собой четырехрядный пучок из оребренных труб. Ширина колонны – 2,4 м, высота (длина труб) – 20 м. Две колонны собираются в виде дельты (по две

колонны в каждой). Каждая дельта представляет собой конструкцию в виде призмы с сечением равнобедренного треугольника с углом при вершине 40° . Охлаждающая вода движется внутри труб по двухходовой схеме, а воздух – в межтрубном пространстве.

Обоснование параметров оребрения и компоновки труб в пучке выполнялось для четырехрядного трубного пучка при количестве колонн 600 шт. Тепловая нагрузка составляла 1000 МВт, высота башни – 180 м, перепад температуры в градирне принят 10°C . При этих исходных данных шаг оребрения принимал значения 3,5; мм, высота ребра – 7 мм. Трубы располагались в пучке по равностороннему треугольнику с зазором между ребрами соседних труб в 2 мм, что фактически накладывало ограничение на поперечный S_1 и продольный S_2 шаги труб в пучке. Параметры теплообменной колонны для сухой градирни приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры теплообменной колонны для сухой градирни.

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Наружный диаметр трубы, мм	d_H	22
Внутренний диаметр трубы, мм	d_{BH}	19
Высота ребра, мм	h_p	7
Шаг оребрения, мм	t_p	3,5
Коэффициент оребрения	φ_p	6,35
Поперечный шаг труб, мм	S_1	38
Продольный шаг труб, мм	S_2	32,9
Длина трубы колонны, м	l	20
Количество ходов по воде, шт	Z	2
Количество труб в колонне, шт	N	256

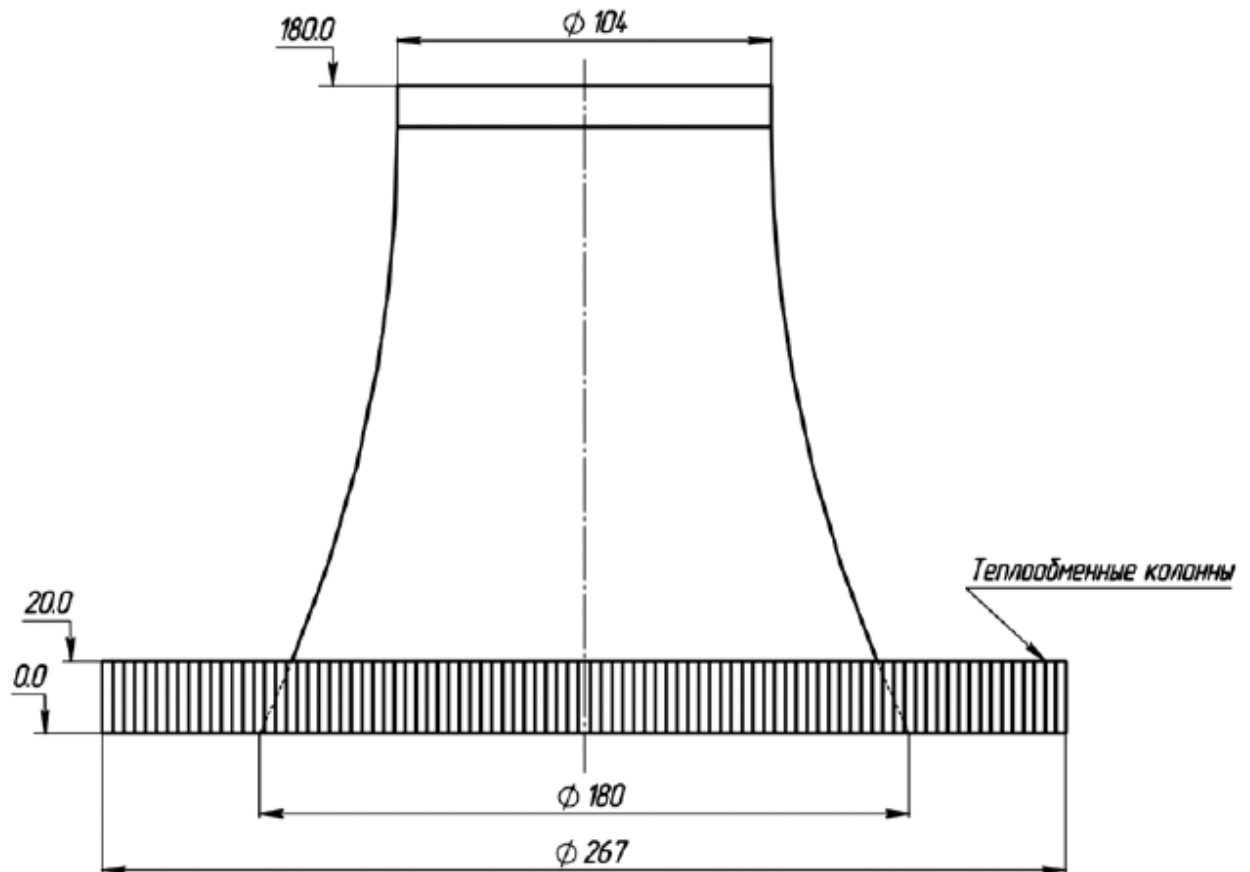


Рисунок 12. Сухая градирня. Расчетная тепловая нагрузка 1000 МВт, расход воды 86 000 м³/ч, количество теплообменных колонн 600 шт.

Расчет теплопередачи через оребренную поверхность

23910 кг/с расход воды на 600 теплообменных колон (одна градирня);

Тепловой поток Q_{op} , отдаваемый горячим теплоносителем, рассчитывается по формуле:

$$Q_{op} = G_1 \cdot c_p \cdot \Delta t = 23910 \cdot 4.19 \cdot 10^3 \cdot 10 = 100,18 (МВт) \quad (3.4)$$

где G_1 - массовый расход горячего теплоносителя (23910 кг/с); c_p - удельная теплоемкость горячего теплоносителя Дж/(кг·К); Δt - перепад температур в градирни (10 °С).

Коэффициент теплопередачи через оребренную стенку (при допущении $\delta/\lambda \rightarrow 0$)

$$k_{op} = \frac{1}{\frac{1}{a_1^{op}} + \frac{1}{a_2^{op} \cdot \varphi_P}} \quad (3.5)$$

Площадь внутренней гладкой поверхности оребренной трубы (для одной трубы):

$$F = \pi \cdot d_H \cdot l = 3.14 \cdot 22 \cdot 0.001 \cdot 20 = 1.1932 \text{ м}^2. \quad (3.6)$$

Площадь оребренной поверхности (для одной трубы):

$$F_{op} = \varphi_P \cdot F = 6.35 \cdot 1.1932 = 7.5768 \text{ м}^2. \quad (3.7)$$

Площадь гладкой поверхности оребренной трубы для всей градирни:

$$F^{\wedge} = F \cdot N_{mp} = 1.1932 \cdot 153600 = 183275,52 \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

где N_{mp} - количество труб для всей градирни, (600 коллон).

Площадь оребренной поверхности для всех градирни:

$$F_{op}^{\wedge} = F_{op} \cdot N_{mp} = 7,5768 \cdot 153600 = 1163796,48 \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

Коэффициенты теплоотдачи a_1^{op}, a_2^{op} можно определить по закону Ньютона:

$$a_1^{op} = \frac{Q_{op}}{(T_1^{op} - T_{1c}^{op}) \cdot F^{\wedge}} = \frac{100.18 \cdot 10^6}{(33.3 - 29.3) \cdot 183275,57} = 54,66 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.9)$$

где - T_1^{op}, T_{1c}^{op} - температура трубы горячего теплоносителя на входе и температура внутренней гладкой поверхности оребренной трубы, °С.

$$a_2^{op} = \frac{Q_{op}}{(T_{2c}^{op} - T_2^{op}) \cdot F_{op}^{\wedge}} = \frac{100.18 \cdot 10^6}{(22.3 - 18.3) \cdot 1163796,48} = 21,52 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.10)$$

Таким образом, коэффициент теплопередачи равен:

$$k_{op} = \frac{1}{\frac{1}{a_1^{op}} + \frac{1}{a_2^{op} \cdot \varphi_P}} = \frac{1}{\frac{1}{54,66} + \frac{1}{21,52 \cdot 6,35}} = 39,53 (\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{К}) \quad (3.11)$$

4. Техничко-экономическое сравнение применения на ТЭС сухих и мокрых градирен

Сравнение сухих градирен с испарительными

По сравнению с другими видами градирен сухие градирни самые дорогие и неэффективные.

В таблице-2 приведены технические, экономические и экологические показатели различных типов градирен.

Из таблицы видно, что по большинству технических и всем экономическим параметрам сухие градирни уступают всем другим типам градирен, но превосходят их по экологическим параметрам.[16]

Экология и недостаток воды – основные причины, толкающие проектировщиков и инженеров к установке на некоторых объектах сухих градирен.

Таблица-2. Технические, экономические и экологические показатели различных типов градирен при охлаждении оборотной воды с температурой на входе в градирню до 45 °С.[16]

Показатели		Тип градирен			
		Вентиляторные	Башенные	Открытые (атмосферные)	Радиаторные (сухие)
	<i>Технические</i>				
T1	Удельная тепловая нагрузка кВт/м ²	93-175	70-120	35-60	0,25-2
T2	Температура среднегодовая охлажденной воды $t_2 - \tau$, °С	16-18	21-23	26-28	30-32
T3	Глубина охлаждения воды $t_2 - \tau$, °С ^{*)}	4-5	8-10	10-12	20-35
	<i>Экономические</i>				
Э1	Относительные базовые удельные затраты на 1 м ² площади градирен, капитальные ^{**)}	0,27-0,73	0,64-1,00	0,27-0,64	1,82-3,00 ^{***)}
Э2	Относительные базовые удельные затраты на 1 м ² площади градирен, эксплуатационные ^{****)}	0,95-4,29	0,33-1,00	0,48-0,95	1,24-4,76
	<i>Экологические</i>				
Эк1	Выбросы в окружающую среду, отнесённые к 1 м ³ охлаждаемой воды:				
	- тепла с паровым факелом, МДж/ч	12-80	20-60	20-40	20-40

Показатели		Тип градирен			
		Вентиляторные	Башенные	Открытые (атмосферные)	Радиаторные (сухие)
	- воды с капельным уносом и продувкой, м ³ /ч, максимум	0,035	0,03	0,02	-
Эк2	Выбросы загрязнений с капельным уносом и продувкой, кг/ч, максимум: - органических (комплекс)	0,01	0,007	0,007	-
	- минеральных солей	0,3	0,2	0,17	-
	- механических примесей	0,01	0,007	0,007	-
Эк3	Потребление свежей воды, отнесённое к 1 м ³ охлаждаемой воды, м ³ /ч (не более)	0,05	0,04,	0,03	0,02

*) t_2 – температура воды на выходе из градирни, °С, τ – температура окружающего воздуха по смоченному термометру, °С.

**) За единицу относительных базовых капитальных затрат на m^2 приняты максимальные капитальные затраты на башенные градирни.

**) Некоторые источники оценивают увеличение стоимости сухой градирни по отношению к испарительной при одинаковой тепловой нагрузке в 5 раз.

****) За единицу относительных базовых затрат на эксплуатацию на 1 m^2 площади градирен приняты максимальные затраты на башенные градирни. Эксплуатационные расходы определяются по составу показателей работы градирен. Такими показателями являются:

- расчетное число дней работы в году;
- расчетное число часов работы в сутки;
- расчетное число часов работы в году;
- расчетное число часов работы в году вентиляторов;
- расход и стоимость электроэнергии;
- амортизационные отчисления;
- стоимость обслуживания градирен;
- стоимость текущего ремонта;
- прочие.

4.1. Сравнение основных показателей испарительной и сухой градирни

В таблице-3 приведены показатели вентиляторной испарительной и вентиляторной сухой градирен одинаковой производительности.

На рисунке-13 показаны схемы размещения секций испарительных и сухих градирен на генплане предприятия.[17]

Таблица-3. Сравнение основных показателей испарительной и радиаторной градирни.

Показатель	Градирня	
	испарительная	радиаторная
Количество охлажденной воды, м ³ /ч	2000,0	2000,0
Температура нагретой воды, °С	40,0	40,0
Температура охлажденной воды, °С	28,0	28,0
Температура воздуха по влажному термометру, °С	19,3	19,3
Количество воды, охлаждаемое секцией градирни, м ³ /ч	640,0	200,0
Число секций градирни, установленных в системе	3	10
Мощность вентилятора, кВт	32,0	75,0
Количество свежей воды на восполнение потерь, м ³ /ч	100,0	-
Количество свежей воды на увлажнение воздуха или её нормализацию, м ³ /ч	-	52,5
Площадь, занимаемая сооружениями на генплане, м ²	3876,0	6480,0
Относительная стоимость секции градирни	1,0	2,5
Относительные капитальные затраты на все секции градирни	1,0	8,4
Расход электроэнергии при работе градирни 4000 часов в год, тыс. кВт·ч	384,0	3000,0

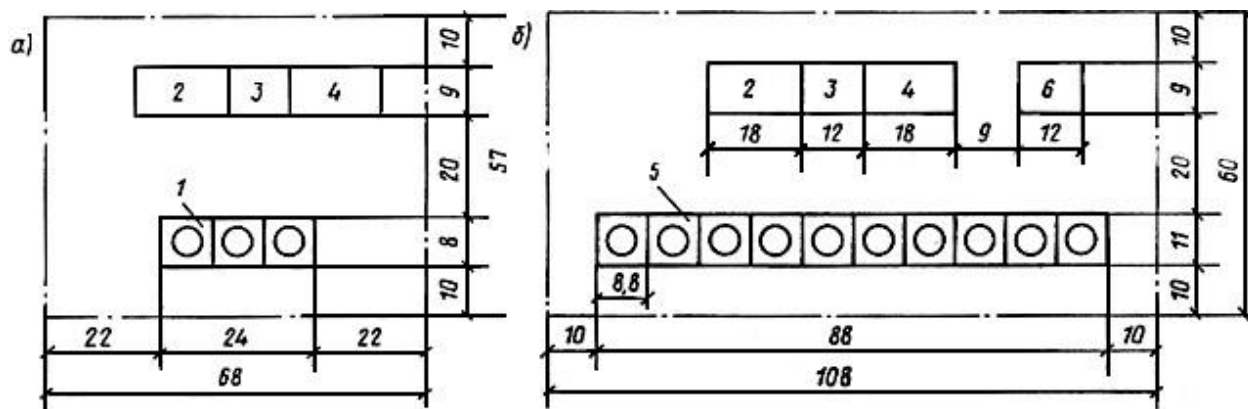


Рисунок-13.Схемы размещения водоблоков на генплане. Отношение площади, занимаемой водоблоком с драйкулерами и водоблоком с испарительными градирнями $S_{дж}/S_{иг} = 1,67$, а) - водоблок с испарительной градирней, б) - водоблок с радиаторной градирней, 1 - испарительная градирня, 2 - насосная станция, 3 – помещение электрооборудования, 4 - реагентная, 5 – драйкулеры, 6 - резервная емкость.[17]

Сухие градирни, оборудованные, например, вентилятором 2ВГ 70, при использовании для охлаждения воды с уровнем температур, принятым для испарительных градирен, имеют производительность 170-200 м³/ч, тогда как секция испарительной градирни с тем же вентилятором имеет производительность 1000-2000 м³/ч при одинаковой стоимости.

Эксплуатация драйкулеров усложняется в зимний период из-за возможности замерзания циркуляционной воды при недостаточном её нагреве в технологических аппаратах, или во время внезапного прекращения подачи воды циркуляционными насосами.

Для предупреждения замерзания воды в трубках радиаторов, что приводит к их повреждению и разрушению, требуется устройство емкостей для спуска воды из системы при аварийных ситуациях, произошедших в зимнее время, или заполнение системы низкотемпературными жидкостями (антифризами).

Контур циркуляции с радиаторными градирнями, как правило, работает на умягченной воде. Умягчение достигается специальной подготовкой с помощью химических соединений и требует соответствующих затрат. В аварийных ситуациях или при ремонте сооружений циркуляционного контура рекомендуется сливать воду из системы в какую-либо емкость, т.к. как эта вода имела специальные подготовленные характеристики.

4.2. Влияние сухих градирен на КПД ТЭС

Охлаждаемая воздухом поверхность радиаторов (поверхность радиаторов с воздушной стороны) из-за отсутствия испарения воды и низкой теплопроводности атмосферного воздуха должна быть выше, чем поверхность самого контакта воды и воздуха в испарительных градирнях. Оребренная поверхность радиаторов с воздушной стороны может составлять 600 000 и даже 10^6 м^2 в крупных градирнях. Соответственно, велика и протяжённость труб, по которым циркулирует жидкость в градирне.[18]

Сечение и высота вытяжной башни и(или) конструкция и производительность вентиляторов должны быть значительными. Расход воздуха при «сухом» теплообмене, когда вода остывает лишь за счёт передачи тепла воздуху через стенки трубок и рёбер радиатора, в 3 – 5 раз больше расхода воздуха при испарительном охлаждении воды.

Так как на выходе из сухой градирни температура воды не может быть меньше температуры воздуха по сухому термометру (если не учитывать расчёт сухие градирни с внешним оросителем), то среднегодовая температура воды на выходе из неё, и, таким образом, температура конденсации пара в конденсаторе турбины тепловой электростанции будут больше.

Эти факторы приводят к тому, что в оборотной системе с сухой градирней оптимальное остаточное давление пара в конденсаторе турбины будет выше.

Это означает, что КПД ТЭС, оснащенной чиллерами, будет меньше по сравнению с любыми другими видами охлаждения воды, что и показывает таблица-4.

Таблица -4. Влияние температуры воды, охлаждающей конденсаторы турбин, на КПД ТЭС.

Система водоснабжения						
№	Показатели	Прямоточная	Оборотная			
			Водохранилища - накопители	Брызгательные бассейны	Испарительные градирни	Радиаторные (сухие) градирни
	Среднегодовая температура окружающей воды, °С	12	15	20	21	32
	Температура конденсации пара, °С	25	32	37	38	42
	Давление в конденсаторе турбины, кПа	3,3	4,4	6,4	7,2	8,8
	КПД ТЭС, %	38,6	37,3	36,2	35,7	33,6

Снижается не только КПД, возрастают затраты электроэнергии, а значит, и расход топлива на собственные нужды.

Например, для АЭС использующую такую же тепловую мощность парогенератора снижается расчётная электрическая мощность энергоблока, а в жаркое время располагаемая мощность турбоагрегата может быть меньше расчётной.[17]

Для промышленных предприятий при использовании испарительных охладителей температура $t_{\text{пр}}$ на выходе может быть выше начальной температуры охлаждающей воды t_2 на 4 – 8 °С, а при сухом способе охлаждения

$t_{пр}$ должна быть выше не менее, чем на 10 – 15 °С температуры воздуха ϑ по сухому термометру.

Холодопроизводительность системы воздушного охлаждения с сухими градирнями зависит не только от летнего и зимнего периода времени, но и от времени суток, т.к. температура окружающего воздуха по сухому термометру может резко меняться от дня к ночи.

Стабильная работа сухих градирен возможна при стабильной тепловой нагрузке, в особенности в холодное время года. При энергообеспечении промышленных и других объектов, выполняемом ТЭС и ТЭЦ, количество выделяемого ими тепла может резко меняться в течение суток. Это приводит к возникновению повышенной опасности размораживания радиаторов и выходу из строя не только градирни, но и остановке всей станции. [16]

4.3. Применимость сухих градирен

Использование сухих градирен применимо в случаях, если:

- необходимо сконструировать закрытый, не контактирующий с окружающей средой контур оборота воды, например, в случае наличия в охлаждаемой воде различных токсичных примесей.
- жесткими ограничениями на доступные объемы воды для восполнения безвозвратных потерь на испарение и капельный унос, возникающих при использовании испарительных градирен. Оценка обеспеченности водой должна сопровождаться анализом перспектив развития территории, на которой будет размещаться проектируемый объект. Например, потребление воды блоком мощностью 300 МВт при использовании испарительного теплообменника равняется непрерывному потреблению воды средним городом с населением 150 000 человек;
- высоких температур нагрева (оценочно - ≥ 40 °С) воды на выходе из производственных технологических аппаратов, что затрудняет или делает

невозможным её охлаждение в градирнях испарительного типа (не говоря о прямоточных, накопительных, брызгательных системах).

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 5БМ81	ФИО Тену Евгению Александровичу
-----------------	------------------------------------

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

4. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Месячный оклад научного руководителя 26300 р. Месячный оклад инженера 10000 р. Максимальный бюджет проекта 130000 р.
5. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 20 % Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 8 баллов.
6. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные фонды принимаются 30 % от ФЗП

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

5. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка потенциальных потребителей продукта, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
6. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат научного исследования, организационная структура проекта.
7. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, исполнителей, формирование трудоемкости и графика разработки НТИ.
8. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности и сравнительная эффективность разработок.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

8. «Портрет» потребителя результатов НТИ	
9. Сегментирование рынка	
10. Оценка конкурентоспособности технических решений	
11. Диаграмма FAST	
12. Матрица SWOT	
13. График проведения и бюджет НТИ	
14. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ81	Тен Евгений Александрович		

5.1 Описание поставленных задач

В данной работе поставлена задача исследовать эффективность применения сухих градирен на ТЭС. Для решения данной задачи разработана методика расчета теплообмена сухой градирни и анализ технико-экономических характеристик сухих градирен.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является оценка коммерческого потенциала и определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности исследования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

5.2 Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта

В энергетике постоянно возникает необходимость в экономичном отводе тепла от пара. В связи с ростом стоимости электрической энергии и водосбережения – применение и перспективы развития сухих градирен становится очень актуальным. Градирня (теплообменник) это оборудование, которое используется для охлаждения воды или другой жидкости, как в промышленности, так и в различных системах кондиционирования. «Сухие» градирни системы Геллера с поверхностным воздушным охлаждением очищенной воды в сочетании со смешивающим струйным конденсатором сводят к минимуму неблагоприятное воздействие на окружающую среду технических систем отвода сбросного тепла от ТЭС.

5.2.1 Потенциальные потребители продукта


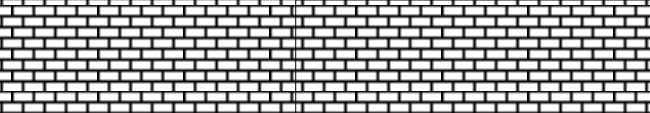
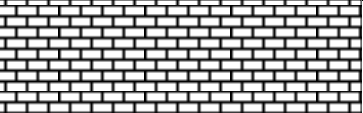
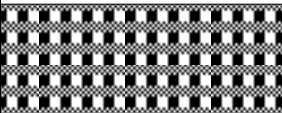
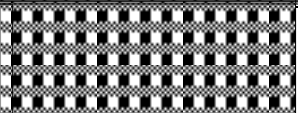
Научно-исследовательская работа направлена на исследование эффективности применения сухих градирен.


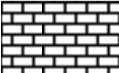

Целевым рынком данного исследования являются предприятия энергетической промышленности, в основном это тепловые станции.

Для того, чтобы определить для каких организаций необходимо данное исследование, необходимо провести сегментирование целевого рынка. Сегментацию можно произвести по следующим двум критериям: мощность тепловой станции и поверхность теплообмена градирни.

Карта сегментирования представлена в таблице 5.

Таблица 5. – Карта сегментирования рынка услуг по типу поверхности теплообмена градирни.

		Поверхность теплообмена градирни		
		До 50 000 м ²	От 50 000 м ² до 100 000 м ²	Более 100 000 м ²
Мощность станции	От 1800 МВт			
	От 500 МВт до 1800 МВт			
	До 500 МВт			

	ТЭС-1		ТЭС-2		ТЭС-3
---	-------	---	-------	---	-------

Наиболее эффективную работу тепловых станций большой мощности обеспечивают сухие градирни с наибольшей поверхностью охлаждения, так как требует значительного расхода охлаждающей воды. На установках средней мощности применяются разные сухие градирни с различной поверхностью теплообмена. На тепловых станциях низкой мощности используют сухие градирни с меньшей поверхностью теплообмена. Таким образом, поверхность теплообмена сухой градирни напрямую зависит от

мощности тепловой станции и расхода охлаждающей воды, чем больше мощность, тем больше и расход охлаждающей воды, тем самым больше поверхность теплообмена градирни.

Из таблицы 5.2.1 видно, что для тепловых станций большой мощности (ТЭС-1) используются сухие градирни с наибольшей поверхностью теплообмена (более 100 000 м²). Для станций средней мощности (ТЭС-2) могут применяться различные сухие градирни с определенной поверхностью теплообмена.

Таким образом, разработка в рамках магистерской диссертации, заключающаяся в исследовании эффективности работы сухих градирен на ТЭС, подходит для всех трех типов организаций «ТЭС-1», «ТЭС-2» и «ТЭС-3».

5.2.2 Анализ конкурентных технических решений

Задачи проекта выполнены при помощи методики расчета теплообмена согласно РД 24.035.05-89 Методические указания. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС. С помощью использования программы «Microsoft office excel», рассчитывается коэффициент теплопередачи. Тем не менее, существуют другая методика расчета, по которым расчет теплообменной поверхности, рассчитывается конструктивными характеристиками с учетом типа и вида сухих градирен.

Для подтверждения приоритетности реализации собственного решения была составлена карта сравнения конкурентных систем. В качестве основных конкурентных технических решений были выбраны следующие методики расчета:

1) Методика расчета теплообмена согласно РД 24.035.05-89 Методические указания. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС;

2) Конструктивный расчет определенного типа сухих градирен.

Результаты конкурентного анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта конкурентного анализа

Критерии оценки	Вес	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б ₁	Б ₂	К ₁	К ₂
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности	0,12	5	2	0,60	0,24
2. Удобство в эксплуатации	0,11	4	2	0,44	0,22
3. Энергоэкономичность	0,11	3	3	0,33	0,33
4. Надежность	0,06	5	3	0,30	0,18
5. Потребность в ресурсах памяти	0,1	5	2	0,5	0,2
6. Функциональная мощность	0,07	5	3	0,35	0,21
7. Простота эксплуатации	0,1	4	2	0,4	0,2
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	1	0,25	0,05
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	5	1	0,20	0,04
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	3	3	0,12	0,12
3. Цена	0,15	3	4	0,45	0,6
4. Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	0,08	0,08
5. Срок выхода на рынок	0,01	3	3	0,03	0,03
6. Наличие сертификации разработки	0,02	4	4	0,08	0,08
Итого	1	59	37	4,13	2,58
Примечание					
Методы расчеты			Обозначение		
Методика расчета теплообмена согласно РД 24.035.05-89 Методические указания. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС			1		
Конструктивный расчет определенного типа сухих градирен.			2		

Конкурентоспособность научной разработки:

$$K_{12} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{4,13}{2,58} = 1,6.$$

(5.2.2.1)

Из приведенного выше сравнения методик расчета сухих градирен можно заметить, что методика расчета теплообмена согласно РД 24.035.05-89 Методические указания. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС. с точки зрения производительности, удобства эксплуатации, надежности, функциональной

мощности, конкурентоспособности гораздо предпочтительнее методики конструктивного расчета определенного типа сухих градирен.

5.2.3 FAST – анализ

Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта.

В качестве объекта FAST – анализа выступает сухая градирня. Анализ функционального устройства сухой градирни представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Классификация функций

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Сухая градирня	–	Охлаждение теплоносителя для ТЭС	X		
Теплообменная поверхность	1	Служит для теплообмена между теплоносителем и окружающим воздухом		X	
Конденсатор	1	Теплообменник в котором осуществляется конденсация		X	
Насос	2	Обеспечивает подачу теплоносителя		X	
Башня градирни	1	Обеспечивает естественную тягу воздуха		X	

Для определения значимости выполняемых функций построена матрица смежности, представленная в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5
Функция 1	=	<	<	=	<
Функция 2	>	=	=	>	>
Функция 3	>	=	=	>	>
Функция 4	=	<	<	=	<
Функция 5	>	<	<	>	=

Матрица количественных соотношений представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Матрица количественных соотношений функций

	Функц ия 1	Функц ия 2	Функц ия 3	Функц ия 4	Функц ия 5	Итого	Относ ительн ая значи мость
Функц ия 1	1	0,5	0,5	1	0,5	3,5	0,14
Функц ия 2	1,5	1	1	1,5	1,5	6,5	0,26
Функц ия 3	1,5	1	1	1,5	1,5	6,5	0,26

Функция 4	1	0,5	0,5	1	0,5	3,5	0,14
Функция 5	1,5	0,5	0,5	1,5	1	5	0,2
						Σ = 25	

Расчет стоимости функций представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Стоимости функций

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Относительные затраты
Сухая градирня	–	Охлаждение теплоносителя для ТЭС	–	–	–	–
Теплообменная поверхность	1	Служит для теплообмена между теплоносителем и окружающим воздухом	196	100	296	0,24
Конденсатор	1	Теплообменник в котором осуществляется конденсация	201	200	401	0,24
Насос	2	Обеспечивает подачу	240	110	350	0,28

		теплоносителя				
Башня градирни	1	Обеспечивает естественную тягу воздуха	220	60	280	0,19

На рисунке 14 представлена функционально – стоимостная диаграмма (ФСД).

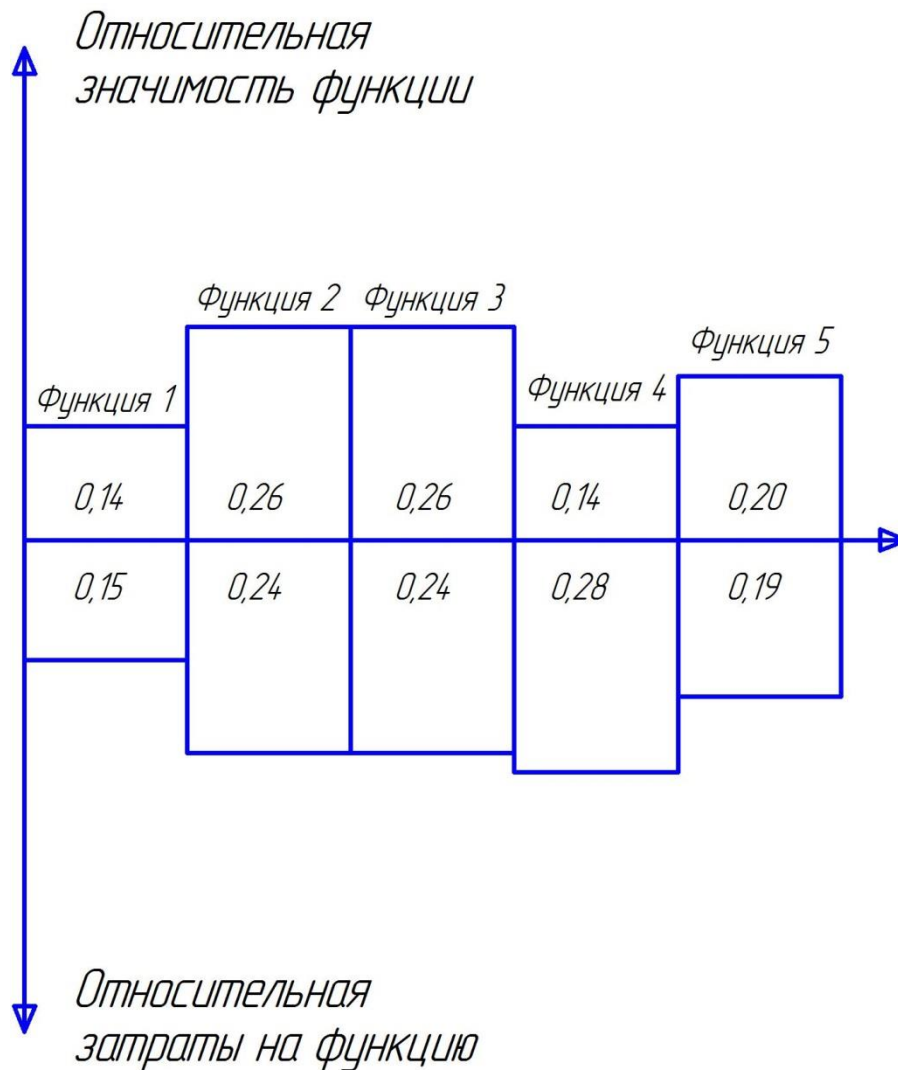


Рисунок 14 – Функционально – стоимостная диаграмма

Анализ приведенной выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функции 4. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Одним из вариантов решения данного вопроса является использование менее дорогие материала, что не повлияет на эффективность работы установки, но значительно снизит срок эксплуатации.

5.2.4 SWOT – анализ

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз, взаимосвязь и взаимозависимость проекта с внешней и внутренней средами, возможность найти пути улучшения предлагаемой разработки – все это решается посредством SWOT-анализа.

Результаты его этапов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Применение современного программного обеспечения.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Наглядность представления результатов исследования.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал.</p> <p>С5.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Ограничения программного обеспечения для моделирования эксперимента.</p> <p>Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытаний.</p> <p>Сл4. Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 11

	Энергоэффективность метода.	
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на сухие градирни.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>В1С1С2С3. Увеличение спроса на сухие градирни вследствие его высокой эффективности работы.</p> <p>В2С4С5. Появление на рынке новых разработок.</p>	<p>В1Сл1Сл2Сл3. Увеличение спроса на продукцию будет происходить в замедленном темпе.</p> <p>В2Сл4. Повышение цены на продукцию.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У2. Инертность российского рынка.</p>	<p>У1С1С2С3. Уменьшение спроса на продукцию.</p> <p>У2С4С5. Снижение цены на продукцию.</p>	<p>У1Сл1Сл2. Низкая конкурентоспособность продукции.</p> <p>У2Сл3Сл4. Отсутствие спроса на продукцию.</p>

Таким образом, можно сделать вывод, что основными рисками проекта являются недостаточное количество ресурсов и наличие конкурентов со сходным и превосходящим функционалом, но при этом сильным сдерживающим фактором для конкурентов является применение современного программного обеспечения.

5.2.5 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта.

5.2.5.1 Цели и результат проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Организация-заказчик	Оценка эффективности применения сухих градирен на ТЭС
Студент	Готовая магистерская диссертация
Научный руководитель	Выполнение одного из показателей эффективного контракта, зарплата

Цели и результат проекта в части выполнения одной из двух основных задач магистерской диссертации, а именно применение сухих градирен на ТЭС представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Цели и ожидаемые результаты проекта

Цели проекта	<ul style="list-style-type: none">• Постановка задачи и описание текущих процессов предприятия• Поиск методик расчета теплообмена сухих градирен• Определение технико-экономических характеристик сухих градирен по сравнению с мокрыми градирнями
Ожидаемый результат проекта	<ul style="list-style-type: none">• Обоснование эффективности сухих градирен на ТЭС, с применением методики расчета теплообмена
Критерии приемки результата проекта	<ul style="list-style-type: none">• Корректное соотношение методики расчета с реальными процессами охлаждения теплоносителя
Требования к результату проекта	<ul style="list-style-type: none">• Плагин работает согласно плану• Термодинамические процессы, применяемые в методике расчета, полностью соответствуют реальным процессам в сухой градирне

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования представлен в таблице 14.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Постановка задачи	1	Формирование проектного задания	Тен Е.А. Галашов Н.Н.
	2	Выявление проблемы, возникающей при решении задачи	Тен Е.А.
Системный анализ предприятия	3	Консультирование по работе структурных подразделений предприятия	Тен Е.А. Галашов Н.Н.
	4	Описание процессов предприятия при решении поставленной задачи	Тен Е.А.
	5	Оптимизация процессов предприятия при решении поставленной задачи	Тен Е.А.
Разработка технического задания	6	Сбор информации и пожеланий от заказчика	Тен Е.А. Галашов Н.Н.
	7	Анализ требований	Тен Е.А.
	8	Документирование требований	Тен Е.А.
	9	Проверка требований	Тен Е.А.
Аналитический обзор	1	Подбор и изучение материалов по сухим градириям	Тен Е.А.
	11	Изучение уже существующих работающих установок	Тен Е.А.
	12	Выбор инструментов и средств для реализации теплотехнических процессов	Тен Е.А.
Проектирование установки и модели расчета	13	Изучение технической документации используемой программы	Тен Е.А.
	14	Проектирование расчетной методики	Тен Е.А.
	15	Проектирование модели расчета	Тен Е.А.
Обобщение и оценка результатов	16	Тестирование расчетной модели	Тен Е.А.
	17	Исследование объекта на расчетной модели	Тен Е.А.
	18	Обобщение результатов работы и составление руководства пользователя	Тен Е.А. Галашов Н.Н.

Далее представлен календарный план-график научного исследовательского проекта в таблице 16. График строится с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного исследования.

Таблица 16 – Календарный план-график проведения научного исследования

Код работы	Вид работы	Исполнители	Тк	Продолжительность выполнения работ														
				февр.		март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Формирование проектного задания	И Р	4	■														
2	Выявление проблемы, возникающей при решении задачи	И	4	■														
3	Консультирование по работе структурных подразделений предприятия	И Р	10		■													
4	Описание процессов предприятия при решении поставленной задачи	И	6		■													
5	Оптимизация процессов предприятия при решении поставленной задачи	И	8			■												
6	Сбор информации и пожеланий от заказчика	И Р	10				■											
7	Анализ требований	И	2					■										
8	Документирование требований	И	6						■									
9	Проверка требований	И	4							■								
10	Подбор и изучение материалов сухим градириям	И	8								■							

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.4.1 Расчёт материальных затрат

Данная статья расходов включает стоимость всех материалов, используемых при разработке диссертации. При выполнении работы был использован один персональный компьютер в компании. Соответствующие материальные затраты представлены в таблице 17. Мелкие расходы (канцелярия, затраты на печать и пр.) могут быть отнесены к статье прочих расходов.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Кол-во	Цена за ед. руб.	Сумма, руб.
Персональный компьютер	шт.	1	35000	35000
Итого по статье С _м				35000

5.4.2 Расчёт основной заработной платы исполнителей

В данную статью расходов включается основная заработная плата научного руководителя, руководителя от предприятия и студента. Расчёт выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Трудоемкость всех исполнителей в разные промежутки времени на протяжении выполнения магистерской диссертации просуммирована и представлена в виде затраченных дней. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Основная заработная плата исполнителей проекта

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб.	Затраты времени, раб.дни	Районный коэф.	Основная заработная плата, руб.
Научный руководитель	26300	1374,5	2	1,3	3573,7
Студент	10000	502,2	98		49215,6
Заказчик	50000	2511,2	4		13058,2
Итого по статье С _{осн}					65847,5

5.4.3 Расчёт дополнительной заработной платы исполнителей

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде. Например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т. п. (в среднем — 12% от суммы основной заработной платы). Расчёты дополнительной заработной платы приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Дополнительная заработная плата исполнителей проекта

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Районный коэф.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	3573,7	0,12	428,8
Студент	49215,6		5905,8
Заказчик	13058,2		1566,9
Итого по статье С _{доп}			7901,5

5.4.4 Расчёт итоговой заработной платы исполнителей

Согласно расчётам, приведённым в таблицах 18 и 19, была посчитана итоговая заработная плата исполнителей, которая представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Заработная плата исполнителей

Исполнитель	Основная зарплата, руб.	Дополнительная зарплата, руб.	Итоговая зарплата, руб.
Научный руководитель	3573,7	428,8	4002,5
Студент	49215,6	5905,8	55121,4
Заказчик	13058,2	1566,9	14625,1
Итого по статье С _{зп}			73752,0

5.4.5 Расчёт отчислений во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2020 г. в соответствии со ст. 425, 426 НК РФ действуют следующие тарифы страховых взносов: ПФР — 0.22 (22%), ФСС РФ — 0.029 (2,9%), ФФОМС — 0,051 (5,1%). Рассчитанные отчисления представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	Отчисления, руб.			Сумма отчислений, руб.
		ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФФОМС (5,1%)	
Научный руководитель	4002,5	880,6	116,1	204,1	1200,8
Студент	55121,4	12126,7	1598,5	2811,2	16536,4
Заказчик	14625,1	3217,5	424,1	745,9	4387,5
Итого по статье С _{внеб}					22124,7

5.4.6 Расчёт накладных расходов

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата электроэнергии, оплата пользования услугами интернета.

Перечисленные расходы требуют низких затрат денежных средств относительно заработной платы исполнителей, поэтому величина коэффициента накладных расходов $k_{\text{накл}}$ была принята в размере 5%.

Расчёт накладных расходов ведётся по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * C_{\text{зп}} = 0,05 * 73752 \text{ руб.} = 3687,6 \text{ руб.}$$

(5.4.6)

5.4.7 Формирование бюджета проекта

Сумма затрат по всем статьям расходов была рассчитана и представлена в качестве общего бюджета проекта в таблице 22.

Таблица 23 – Бюджет проекта

Статья затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	25000
Заработная плата исполнителей	73752
Отчисления во внебюджетные фонды	22124,7
Накладные расходы	3687,6
Итого С	124564,3

Рассчитанный бюджет не превышает бюджета в 130000 рублей.

5.5 Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Определение эффективности производится путем определения интегрального показателя эффективности научного исследования через нахождение величин финансовой и ресурсной эффективности. Интегральный финансовый показатель определяется:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{p,i}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.5.1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ — интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{p,i}$ — стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} — максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p,i} = \sum a_i b_i \quad (5.5.2)$$

где $I_{p,i}$ — интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта разработки;

a_i — весовой коэффициент i -го варианта разработки;

b_i — бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливаемая экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n — число параметров сравнения.

В связи с представленными исполнениями проекта был произведен перерасчет весовых коэффициентов технических критериев для оценки ресурсоэффективности проекта.

Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии	Весовой коэф.	Баллы		Интегральные показатели ($I_{p,i}$)	
		I_1	I_2	I_1	I_2
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	2	0,75	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	0,6	0,3
3. Универсальность	0,13	3	3	0,39	0,39
4. Надежность	0,12	5	3	0,6	0,36
5. Потребность в ресурсах памяти	0,11	5	2	0,55	0,22
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,14	5	3	0,7	0,42
7. Простота эксплуатации	0,1	4	2	0,4	0,2
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	5	1	0,5	0,1
Ресурсоэффективность	1			4,49	2,29

5.6 Результаты по конкурентоспособности и ресурсоэффективности

Согласно расчётам, приведённым в таблице 5.5, можно сделать вывод, что эффективным исполнением с точки зрения ресурсоэффективности является первое (фактическое) исполнение I_1 (с показателем конкурентоспособности $I_{p,i} = 4,49$), по сравнению со вторым (фактическое) исполнение I_2 (с показателем конкурентоспособности $I_{p,i} = 2,29$).

Коэффициент конкурентоспособности разработки больше, чем у аналогов за счет удобства работы пользователя и меньшего потребления человеческих/технические ресурсы. Разные методологии по поиску рисков и возможных угроз проекта позволили определить решения проблем, которые были учтены при его разработке.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ81	Тен Евгению Александровичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Анализ эффективности применения сухих градирен на ТЭС

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – сухая градирня. Область применения – предприятия, занимающиеся производством тепловой и электрической энергий. Рабочая зона – кабинет с рабочими местами: стол, стул, компьютер, сетевое оборудование для подключения к интернету.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ специальные правовые нормы трудового законодательства; ○ организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). ○ ГОСТ 12.2.032-78. ○ СанПиН 2.2.4.3359-16. ○ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12.
<p>4. Производственная безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ анализ выявленных вредных и опасных факторов; ○ обоснование мероприятий по снижению воздействия. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ отклонение показателей микроклимата; ○ недостаточная освещенность рабочей зоны; ○ повышенный уровень электромагнитных полей. ○ повышенное значение напряжения в электрической цепи.
<p>5. Экологическая безопасность</p>	<p>Негативно влияющие на экологию факторы могут быть связаны с эксплуатацией компьютера, на котором разрабатывается программное обеспечение. ЖК-экраны - один из источников парниковых газов, которые намного вреднее диоксида углерода. Бромированные антипирены – это крайне токсичные соединения, которые способны воздействовать на нервную, репродуктивную системы. Они могут даже вызывать онко заболевания.</p>
<p>6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Вероятные ЧС – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ81	Тен Евгений Александрович		

6 Социальная ответственность

Введение

Научно-исследовательская работа представляет собой анализ эффективности применения сухих градирен на ТЭС. Для решения данной задачи на компьютере со специальным программным обеспечением разработана методика расчета теплообмена для сухой градирни. Так же составлен технико-экономический расчет сухой градирни по сравнению с мокрой на ТЭС.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Возможно сокращение рабочего времени. Для работников, возраст которых меньше 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Также рабочее время зависит от условий труда: для работников, работающих на рабочих местах с вредными условиями для жизни - не больше 36 часов в неделю.[18,19]

Вид трудовой деятельности за компьютерным устройством (компьютер, мобильное устройство), в рамках выполнения выпускной квалификационной работы, соответствует группе В – творческая работа в режиме диалога с компьютерным устройством. Категория данной трудовой деятельности соответствует III (до 6 часов непосредственной работы за компьютером).

Продолжительность непрерывной работ за компьютерным устройством, без регламентированного перерыва, не должна превышать 2 часа. Длительность регламентированных перерывов составляет 20 минут (после 1,5 – 2,0 часа от начала рабочей смены и обеденного перерыва).

Также, необходимо уделять время нерегламентированным перерывам (микropaузы), длительность которых составляет 1 – 3 минуты.

6.1.2 Требования к организации и оборудованию рабочих мест

Рабочее место – это часть рабочей зоны. Оно представляет собой место постоянного или временного пребывания работника в процессе трудовой деятельности. Рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать возможность удобного выполнения работ;
- учитывать физическую тяжесть работ;
- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего;
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Невыполнение этих требований может привести к получению работником производственной травмы или развития у него профессионального заболевания. Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. [20]

Работа программиста связана с постоянной работой за компьютером, следовательно, могут возникать проблемы, связанные со зрением. Также неправильная рабочая поза может оказывать негативное влияние на здоровье. Таким образом, неправильная организация рабочего места может послужить причиной нарушения здоровья и появлением психологических расстройств.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»:

- яркость дисплея не должна быть слишком низкой или слишком высокой;
- размеры монитора и символов на дисплее должны быть оптимальными;
- цветовые параметры должны быть отрегулированы таким образом, чтобы не возникало утомления глаз и головной боли.

- опоры для рук не должны мешать работе на клавиатуре;
- верхний край монитора должен находиться на одном уровне с глазом, нижний – примерно на 20° ниже уровня глаза;
- дисплей должен находиться на расстоянии 45-60 см от глаз;
- локтевой сустав при работе с клавиатурой нужно держать под углом 90° ;
- каждые 10 минут нужно отводить взгляд от дисплея примерно на 5-10 секунд;
- монитор должен иметь антибликовое покрытие;
- работа за компьютером не должна длиться более 6 часов, при этом необходимо каждые 2 часа делать перерывы по 15-20 минут;
- высота стола и рабочего кресла должны быть комфортными [64].

Требования к организации рабочего места представлены на рисунке 15.



Рисунок 15 – Организация рабочего места

При планировании рабочего помещения необходимо соблюдать нормы полезной площади и объема помещения. [21,22]

Рабочий кабинет имеет следующие размеры: длина помещения – 9 м; ширина – 5 м; высота – 4 м.

Рабочее помещение представляет собой комнату площадью 45 м^2 и объемом 180 м^3 . Одновременно в рабочем помещении находится 8 человек,

следовательно, на одного человека приходится около 22,5 м³ объема помещения и около 8 м² площади, что удовлетворяет требованиям санитарных норм, согласно которым для одного работника должны быть предусмотрены площадь величиной не менее 5 м² и объем не менее 20 м³ с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

6.2 Производственная безопасность

Для рассмотрения производственной безопасности проекта необходимо выявить вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте, и описать мероприятия по защите исследователя и пользователей. Возможные опасные и вредные факторы приведены в таблице 25.[23,24]

Таблица 25 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплу тация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[8]. 2. СНиП 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [7]. 3. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [6]. 4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (с изменениями на 21 июня 2016 года) [9]. 5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
2. Превышение уровня шума	+	+	+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
4. Повышенный уровень электромагнитных полей	+	+	+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (электробезопасность)	+	+	+	

6.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Обеспечение в помещениях нормальных метеорологических условий является одним из необходимых условий труда, которые оказывают значительное влияние на тепловое самочувствие человека.[25]

Нормативный документ, который отвечает за гигиенические требования к микроклимату производственных помещений — СанПиН 2.2.4.548-96. Данный нормативный документ нормирует показатели микроклимата на рабочих местах всех видов производственных помещений. Разработка модели расчета газотурбинной установки при помощи программного обеспечения относится к категории Ia. Фактические, оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте отображены в таблице 26.

Таблица 26 – Параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Кат. раб.	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %			Скорость движения воздуха, м/с		
		Факт.	Опт.	Доп.	Факт.	Опт.	Доп.	Факт.	Опт.	Доп.
Холодный	Ia	23	22-24	20-25	55	40-60	15-75	0,1	0,1	0,1
Теплый	Ia	24	23-25	21-28	55	40-60	15-75	0,1	0,1	0,1-0,2

Если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ. Температура в рассматриваемом помещении в холодное время года может опускаться до 19-21 °С, а в теплое время года подниматься до 25-28 °С. Данные показатели соответствуют допустимым значениям температуры.[26]

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. В рассматриваемой аудитории вентиляция осуществляется естественным и механическим путём. В зимнее время в помещении предусматривается

система отопления. Это обеспечивает нормальное состояние здоровья работников в аудитории.

6.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Повышенный уровень шума является наиболее распространенным вредным фактором на рабочем месте, который воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Под действием шума ухудшается речевая коммуникация человека, снижается его реакция, а также проявляется усталость. [27]

Источниками шума на рабочем месте оператора являются принтеры, вентиляторы систем охлаждения, множительная техника, осветительные приборы дневного света, а также шумы, проникающие извне.

Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места разработчика-программиста согласно вышеуказанному ГОСТ 12.1.003-2014 представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Предельно допустимые уровни звука

Вид трудовой деятельности/ Частоты	Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Научная деятельность, проектирование, программирование, рабочие места проектно- конструкторских бюро, программистов вычислительных машин и т.д.	86	71	61	54	49	45	42	40	38

Уровень шума на рабочих местах не должен превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составлять не более 50 дБА.

Для снижения уровня шума, производимого персональными компьютерами, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы. [28,29]

6.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещённость рабочей зоны оказывает негативное влияние на зрительную систему человека. Другими словами, вызывает усталость центральной нервной системы, снижает концентрацию внимания, что ведет к снижению производительности труда.[30]

Основным показателем качества освещения является освещенность E - поверхностная плотность светового потока. По характеристике зрительной работы труд программиста относится к разряду III подразряду Г (высокой точности), т.е. наименьший размер объекта различения от 0,3 до 0,5 мм (точка). Это значит, что нормативное значение освещенности рабочего места должно быть 300 лк (СП 52.13330.2016).

Рассчитаем фактическую освещенность рассматриваемой учебной аудитории. [31]

Данные для расчета:

- размеры помещения: $A = 9$ м; $B = 5$ м; $H = 4$ м; $S = 45$ м²;
- количество рядов светильников $N = 4$;
- высота рабочей поверхности $h_p = 0,7$ м;
- коэффициент отражения стен $\rho_{ст} = 50$ %;
- коэффициент отражения потолка $\rho_{п} = 70$ %;
- коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли

$K_3 = 1,5$;

- коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$;
- параметр для светильника типа ОДР с защитной решеткой $\lambda = 1,1-1,3$;
- световой поток одной лампы $\Phi_1 = 2500$ лм.

Рассчитаем индекс помещения i :

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)}. \quad (6.2.3.1)$$

Индекс помещения в 402 аудитории 10 корпуса $i = 0,8$.

Исходя из значения индекса помещения определили коэффициент использования светового потока $\eta = 40 \%$. Требуемый световой поток:

$$\Phi = \frac{E_{\text{п}} * S * K_3 * Z * 100\%}{N * \eta}. \quad (6.2.3.2)$$

В результате получили значение $\Phi = 13921,88$ лм. В каждом светильнике 6 ламп со световым потоком 2500 лм. Таким образом, необходимое число светильников в ряду должно быть равно одному.

Рассчитаем фактическое освещение в рабочей аудитории. Получаем значение светового потока $\Phi = 30000$ лм для 1 ряда светильников, т.е. для 2 светильников по 6 ламп в каждом. На основании полученного значения рассчитали фактическое значение освещения в помещении:

$$E_{\text{факт}} = \frac{N * \Phi * \eta}{S * K_3 * Z * 100\%}. \quad (6.2.3.3)$$

В результате получили значение $E_{\text{факт}} = 646,5$ лк.

Рассчитаем численную оценку разности между фактическим значением освещенности и нормативным:

$$\Delta E = \frac{(E_{\text{факт}} - E_{\text{н}})}{E_{\text{н}}} * 100\% = 53,6 \%. \quad (6.2.3.4)$$

где ΔE – показатель разности между фактической освещенностью и нормативной;

$E_{\text{факт}}$ – фактическое значение освещенности;

$E_{\text{н}}$ – нормативное значение освещенности.

Согласно расчетам, можно сделать вывод, что в аудитории подходящая система освещения и удовлетворяет нормам освещения, при этом даже избыточно число светильников, поэтому их одновременная работа не нужна.

6.2.4 Повышенный уровень электромагнитных полей

Компьютерная техника, как любой электрический прибор, производит электромагнитное излучение. В таблице 28 представлены временные

допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых компьютерами на рабочих местах, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12.[32]

Таблица 28 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование параметров		Временные допустимые уровни электромагнитных полей
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 5 кГц-400 кГц	25 нТл
Поверхностный видеомонитора	электростатический потенциал экрана	500В

Для того, чтобы снизить воздействие таких видов излучения, рекомендуют применять такие мониторы, у которых уровень излучения понижен (MPR-II, TCO-92, TCO-99), а также установить защитные экраны и соблюдать режимы труда и отдыха.

6.2.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (электробезопасность)

Поражение электрическим током является одним из опасных факторов на рабочем месте. Опасность поражения электрическим током определяется величиной тока проходящего через тело человека I или напряжением прикосновения U . Напряжение считается безопасным при напряжении прикосновения меньше 42 В.

Результатом воздействия на организм человека электрического тока могут быть электротравмы, электрические удары и даже смерть (согласно ГОСТ 12.1.019-2017).

Для того, чтобы защититься от поражения электрическим током, необходимо:

- обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений;
- электрическое разделение цепи;
- устранить опасности поражения при проявлении напряжения на разных частях.

Таблица 29 отображает предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока на рабочем месте (согласно ГОСТ 12.1.038-82).

Таблица 29 – Допустимые значения напряжения прикосновения и тока

Род тока	Напряжения прикосновения, В	Ток, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

По электробезопасности рабочее место относится к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током. Данный фактор характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность. [32]

6.3 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность и охрана окружающей среды являются одними из важнейших факторов при выполнении работ любого характера. При работе в офисном помещении за персональным компьютером отсутствуют выбросы в окружающую среду и нет влияния на жилищную зону.

Поскольку при разработке данной магистерской диссертации использовался компьютер, необходимо помнить о правильной утилизации компьютерного лома после выхода из строя данного ПК. В соответствии с постановлением правительства №340 юридическим лицам запрещено самостоятельно утилизировать компьютерную технику. Необходимо найти организацию, которая занимается утилизацией в частном порядке.

В нормативном документе СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12, даются следующие общие рекомендации по снижению опасности для окружающей среды, исходящей от компьютерной техники:

- применять оборудование, соответствующее санитарным нормам и стандартам экологической безопасности;
- применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации;
- отходы в виде компьютерного лома утилизировать;
- использовать экономные режимы работы оборудования.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация при работе в офисе — это пожар. Рабочее место относится к категории «В» (пожароопасные), потому что в данном помещении присутствует пыль, вещества и материалы, способные при взаимодействии с воздухом только гореть.

Возникновение пожара может быть обусловлено следующими факторами:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;
- возгоранием устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгоранием мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;
- возгоранием устройств искусственного освещения.[25]

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной

службы по телефону 101, сообщить точный адрес места возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Для предотвращения пожара в аудитории с ПЭВМ имеется:

- углекислотный огнетушитель типа ОУ-2 (данный тип огнетушителя подходит для помещений с электрооборудованием (ГОСТ Р 51057-2001));
- пожарная сигнализация ДИП-ЗСУ (извещатель пожарный, дымовой оптико-электронный точечный).

Также представлен план эвакуации четвертого этажа (рисунок 16).

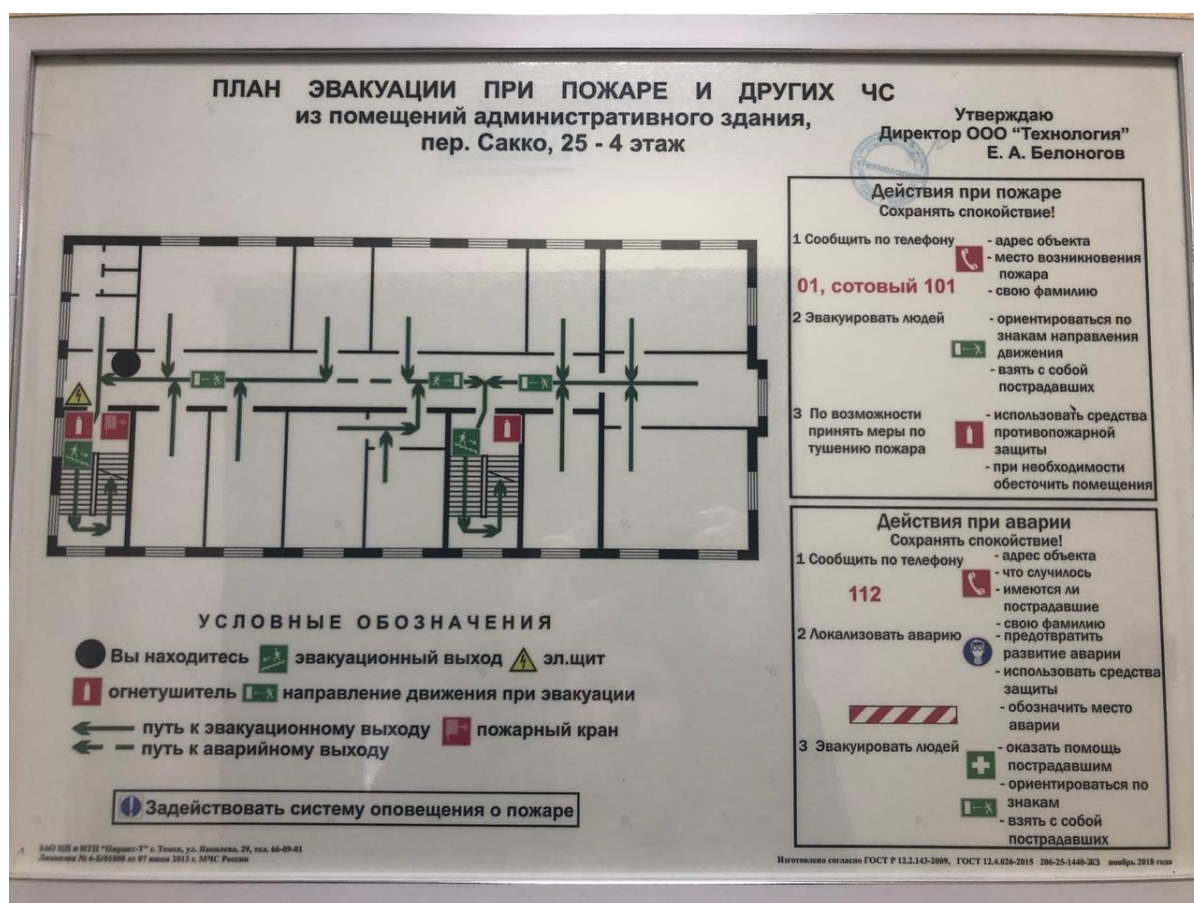


Рисунок 16 – План эвакуации при чрезвычайных ситуациях

6.5 Результаты оценки безопасности труда и окружающей среды

Помещение удовлетворяет всем необходимым нормам для выполнения работы: норма рабочего места составляет 5 м² на одного человека, система освещения сохраняет допустимое отклонение освещенности, приняты меры

для уменьшения воздействия шума, микроклимат помещения в пределах нормы, приняты меры по понижению уровня излучения мониторов.[27]

Требования к электрической и пожарной безопасности соблюдены: проводится ознакомление с правилами электробезопасности, имеется углекислотный огнетушитель и пожарная сигнализация.

Для организации рабочего места были соблюдены требования согласно СанПиН 2.2.4.3359-16. Были приведены рекомендации для защиты от возможных угроз для безопасности жизнедеятельности.

Заключение

В разделе социальная ответственность произведен анализ вредных факторов физического характера, которые могут оказывать воздействие на человека в рабочей зоне; были выявлены возможные чрезвычайные ситуации, возникновение которых наиболее вероятно в зоне написания ВКР, в частности пожар, для борьбы с которым имеется огнетушитель и пожарная сигнализация. Для снижения к минимуму негативного воздействия на рабочий персонал вредных факторов производства рекомендовано обеспечить комфорт рабочей зоны, контроль показателей микроклимата, наименьший уровень шума при помощи звукопоглощающих материалов, соблюдение норм освещенности и качественных показателей освещения. Для снижения уровня электромагнитных полей рекомендовано применять мониторы с пониженным уровнем излучения. Также необходимо соблюдать режим электробезопасности: обеспечение недоступности токоведущих частей от случайных прикосновений, электрическое разделение цепей...

Работа за компьютером не должна длиться дольше допустимого времени, установленного санитарными нормами. Согласно санитарным нормам, необходимо занимать правильное положение, сидя на стуле, каждые 2 часа делать перерывы по 20 минут и каждые 10 минут отводить взгляд от дисплея на 10 секунд.

Список литературы

1. Горохов, М. Повышение эффективности сбережения воды в системах охлаждения АЭС. Сухие градирни / М. Горохов // Атом. проект. – 2013. – № 14. – С. 34–37.
2. Тепловые и атомные электрические станции / под общ. ред. В. А. Григорьева. – М.: Энергоиздат, 1989. – 736 с.
3. Синкевич, А. Е. Определение потребности в воде для различных охладителей системы водоснабжения крупных энергетических блоков АЭС / А. Е. Синкевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2005. – № 1. – С. 116–120.
4. Гуцев, Д. Ф. Исследование режимов работы воздушно-радиаторных охладителей Билибинской АЭС / Д. Ф. Гуцев, А. В. Дембровский, Р. К. Кузнецов // Электр. станции. – 1985. – № 5. – С. 13–18.
5. Определение теплогидравлических и массогабаритных параметров системы охлаждения энергоблока на основе сухой градирни / В. Л. Малевич [и др.] // Вес. Акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1995. – № 3. – С. 63–71.
6. Будняцкий, Д. М. Тенденции в выборе систем водоснабжения и параметров низкопотенциальной части для мощности зарубежных тепловых электростанций / Д. М. Будняцкий, В. И. Длугосельский // Энергохозяйство за рубежом. – 1974. – № 4. – С. 16–22.
7. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84 „Водоснабжение, Наружные сети и сооружения”)/ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989 - 190 с.

8. ГОСТ Р ЕН 14705-2011/ Теплообменники. Методы измерения и оценки тепловых характеристик испарительных градирен/ 2013 – 323 с./ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.
9. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий. Справочное пособие / Под общ. ред. В.С.Пономаренко.- М.: Энергоатомиздат, 1998.
10. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремизов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / Под ред. С.В.Цанева.- М.: Издательство МЭИ, 2002.
11. Федоров В.А., Мильман О.О. Конденсаторы паротурбинных установок. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 560 с.
12. Горбачев А.И., Кондратьева Т.Р., Казинци И. Экологические предпосылки применения воздушноконденсационных установок // Энергетик. 2000.
13. Муравьев В.И. Системы очистки охлаждающей воды и трубконденсаторов турбин / В.И. Муравьев // Материалы отраслевого научно-технического семинара. – Южно-Украинск, 1990.
14. А.Г. Лаптев, И.А. Ведьгаева, Устройство и расчет промышленных градирен. КГЭУ, Казань, 2004. 180 с.
15. Стасюлявичус, Ю. К. Теплофизика 6, Теплоотдача поперечно обтекаемых пучков ребристых труб / Ю. К. Стасюлявичус, А. Ю. Скрынска. – Вильнюс: Минтис, 1974. – 243 с.
16. Методические указания Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС РД 24.035.05-89. 27.09.1989 Министерство тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения (ВА-002-1/8374).

17. Калюжный, А.П. Сравнительный анализ эффективности оборотного водоснабжения промышленных предприятий // Дисс. ... канд. техн. наук. - Киев: Киевск. нац. ун-т строительства.
18. Статья 11 ТК РФ. Действие трудового законодательства и иных актов, содержащих нормы трудового права // Трудовой кодекс РФ 2019 Актуальная редакция с Комментариями по состоянию на 09.02.2019 [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. – URL: <http://tkodeksrf.ru/ch-1/rzd-1/gl-1/st-11-tk-rf> (дата обращения 01.06.2020).
19. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
21. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
22. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
23. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
24. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
25. СНиП 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
26. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
27. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-12. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
28. ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

29. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с изменением №1).
30. Постановление правительства РФ №340. О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности» // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_100515/ (дата обращения 13.05.2020).
31. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
32. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.

Приложение А
(справочное)

Analysis of the efficiency of the application of a dry cooling tower at a power plant

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ81	Тен Евгений Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И,Н.Бутакова ИШЭ	Галашов Николай Никитович	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Егорова Юлия Ивановна	к.т.н.		

List of abbreviations

TPP-thermal power plant;

PT-steam turbine;

CCGT-combined-cycle plant;

AT the reheating coolers;

CHPP-heat and power plant;

VOC-air cooling of the condenser;

PTU-steam turbine installation;

NPP- nuclear power plant.

Introduction

In the heat power industry, there is often a question of economical heat removal from steam. Due to the increase in the cost of electricity and water – the use and prospects for the development of dry cooling towers in our time is becoming relevant. A dry cooling tower (heat exchanger) is an equipment that is used to cool water or other liquid, both in the heat power industry and in industry. "Dry" cooling towers of the Geller system with surface air cooling of treated water in combination with a mixing jet condenser minimize the adverse environmental impact of technical waste heat removal systems from thermal power plants. In these systems, the treated water passes through and is cooled in a cooling tower inside surface aluminum coolers, which are washed with air from the outside. Cooling columns are located along the perimeter in the lower part of the tower in the Windows for the entrance of cooling air. If the air movement in the cooling tower should be due to natural draft, then the cooling tower is created in the form of a hyperbolic tower with a height of 100 m or more, made of monolithic reinforced concrete or made on the basis of an aluminum-clad frame made of structural steel. The cooled water is fed to a mixing jet condenser, in which the steam used in the turbine is condensed, and then part of the total flow at the outlet of the condenser is fed to the feed water circuit of the steam generator, and the other part is returned to the cooling tower for cooling.

1 Description of the research object

Today, thermal power plants use 2 types of cooling systems: direct-flow type and reverse type.

1.1 Cooling system

With a direct-flow cooling system, water is taken from a natural reservoir and after cooling in the condenser is discharged into the same reservoir, which leads to heating of the water [1]. The scheme of the system with direct-flow cooling of the condenser is shown in Figure A.1.

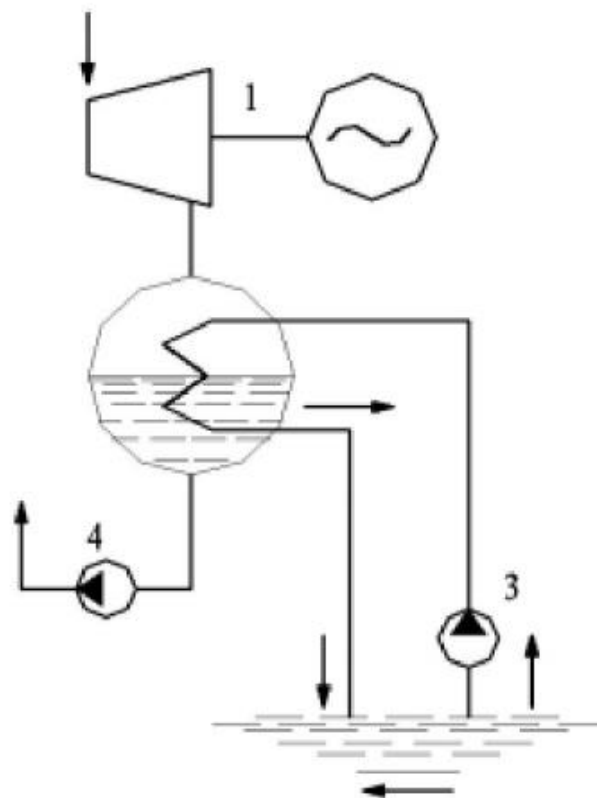


Figure A.1-Schematic diagram of direct-flow cooling of capacitors.

1-turbine; 2 – turbine condenser; 3-circulation pump; 4-condensate pump.

Cooling systems of the reverse type are divided into types:

- with splash pools;
- with cooling ponds;
- with cooling towers.

In reverse cooling systems with cooling ponds, water is cooled from the mirror surface of the water, which is involved in heat exchange.

This reverse water supply system is used when the TPP is located at a minimum distance from the reservoir. Cooling ponds require large areas and large capital expenditures for structures. In systems with splash pools, water is cooled from the surface of water droplets, which are sprayed using nozzles. Such structures need less space than cooling ponds, but they have a relatively low and unstable cooling capacity, depending on the wind characteristics. In addition, water losses in systems with splash pools are greater than in cooling ponds and cooling towers due to wind-driven water loss, which leads to the formation of fog and freezing of surrounding buildings.[2,3]

The most common cooling systems in Russia use reverse-type systems with cooling towers, shown in Figure A.2. According to the principle of cooling, cooling Towers are of evaporative and surface type. In evaporative cooling towers, water cools due to convection with air and evaporation. Cooling towers of this type are divided into three types:

- open-type cooling towers are spray devices with nozzles that are directed downward, and have shutters. In the heat power industry, this type is not widespread;

- tower-type cooling towers have exhaust towers, the construction of which is rectangular and hyperboloid;

- fan-type cooling towers. Such cooling towers have a smaller area than tower-type cooling towers, but they also have higher energy costs (due to the fact that they use fans). They provide a more profound cooling than other refrigerants.[4,5]

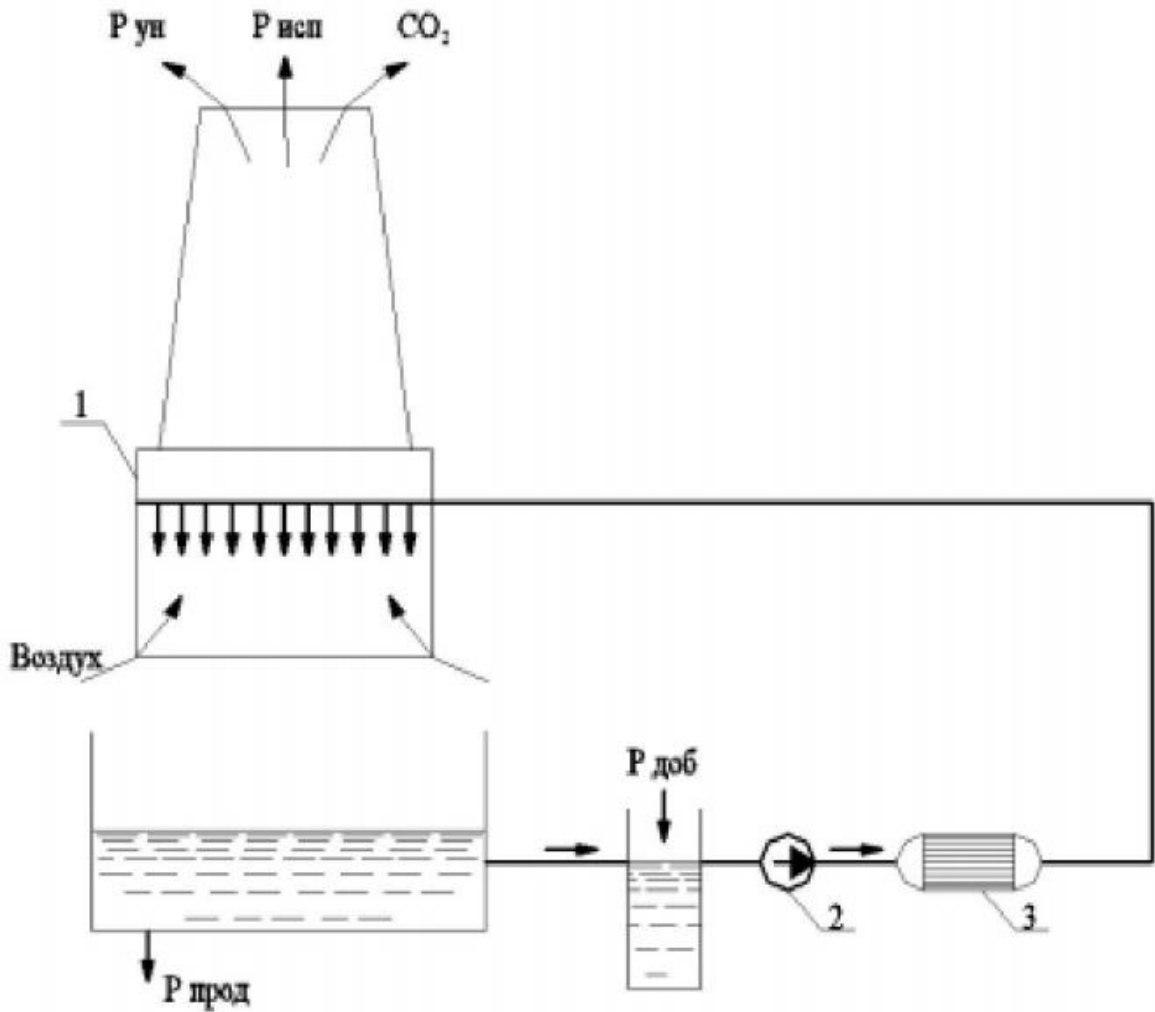


Figure A.2-Diagram of a reverse cooling system with cooling towers.

1-cooling tower; 2-circulation pump; 3-condenser.

Surface-type cooling towers include radiator cooling towers, which are called dry ones. This type of cooling tower consists of a heat exchange surface through which water circulates. This type of cooling tower is used both with fans and with the thrust that is created by the tower. This scheme was first used for steam turbine condensers. This cooling tower was developed by Geller in combination with a mixing type condenser (shown in Figure A.3)[5]. Now in this scheme, a surface-type capacitor is used.

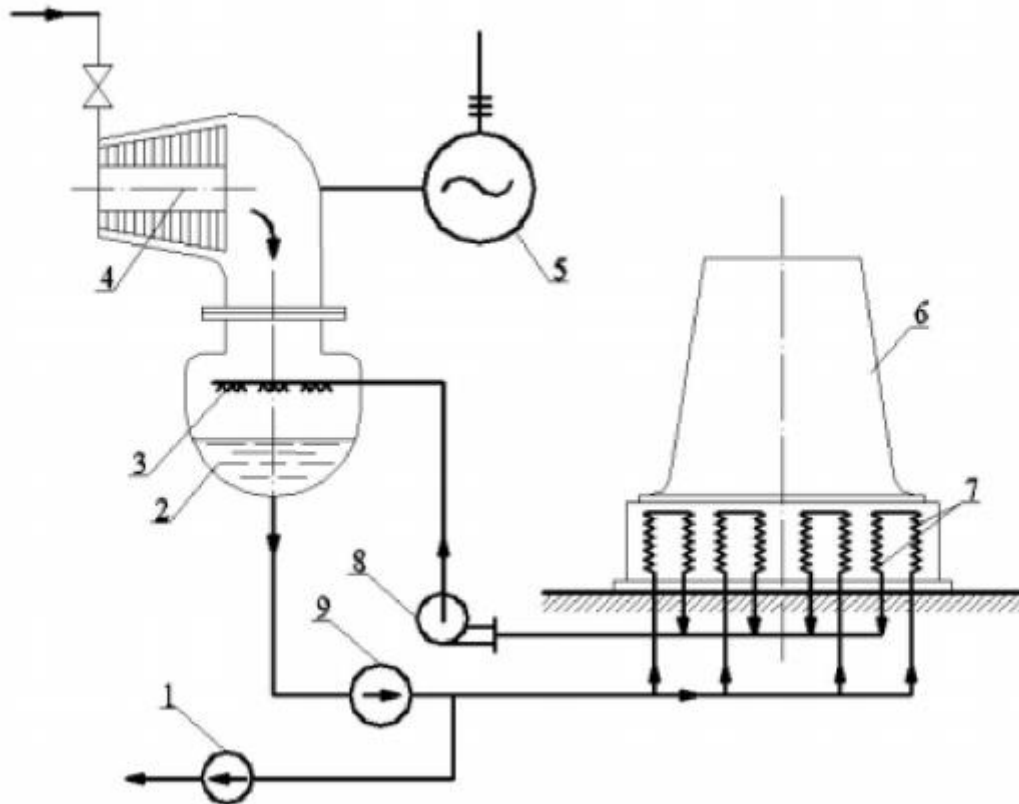


Figure A.3-Geller Condensing unit.

1-circulation pump; 2-mixing condenser; 3-water sprayers; 4-steam turbine; 5-generator; 6 – tower cooling tower; 7 – heat exchanger; 8 – hydro turbine; 9 – condensation pump.

1.2 Dry and fan cooling towers (operation and construction)

The main feature of this type of cooling tower is a low value of the coefficient of heat transfer from water to air through the walls of the heat exchange surface, radiators must have a highly developed cooling surface, which determines more costs and more metal, therefore the cost of fan-type cooling towers is 1.5-2 times higher than evaporative type cooling towers. In addition, the lower heat capacity of the air mass requires the circulation of a large amount of air through the heat exchange surfaces. [6] . Until now, it was believed that such cooling towers can be used in certain projects, but with the improvement of CCGT technologies, installations of this type of cooling towers are widely used for the cooling system

of the steam-water path of steam-gas installations. One of the main circumstances that speak about the advantage of this solution is that at the PTU cycles of TPP, the steam turbine condenser receives up to 2 kg of steam per 1 kW•h of electricity produced. In steam-gas installations with a recovery boiler, the part of the spent steam in the condenser of the steam-turbine installation in relation to the electricity generated by the entire steam-gas installation is significantly lower due to the peculiarities of the technological process and is 1-1.2 kg/kWh. [2] the use of dry type cooling towers can save design time and speed up commissioning. The main features of operation of dry-type cooling towers are their operating modes in the hot and cold months of the year. The water temperature in dry-type cooling towers is higher in summer and significantly lower in winter than in conventional evaporative-type cooling towers. In the hot period of time, the water temperature is usually 15-20 °C higher than the cooling air temperature, and the lowest temperature in winter is 5-6 °C, so when installing dry-type cooling towers in areas with a harsh climate, an important task is to protect the water from freezing in the radiators. To solve this problem, measures of this type are provided: disconnecting individual radiators, reducing air consumption through closing the radiators with special blinds, or using fans with variable performance, the possibility of heating the cooling water with acute steam in the condenser.[5,6]

When working in the summer, to maintain a constant temperature of the cooling water, it is necessary to humidify the cooling air with water of a certain quality. According to GEA, when only 5% of the total heat exchange surface area is irrigated, the total heat output on a dry tower cooling tower with natural draft increases by almost 11.9%. At the same time, by reducing the temperature of the circulating air. water at 5.4 °C and increasing the pressure in the condensers provides "no reduction" in the power of the power unit (100 MW) by 2 MW. The water consumption is about 52 m³ / hour. [5]

2. Types and designs of dry cooling towers

The basic design of a dry cooling tower is shown in Figure A.4.

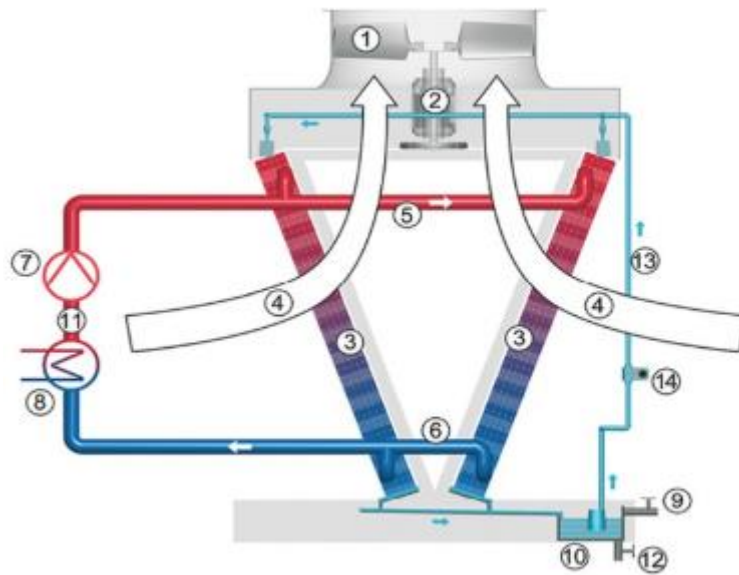


Figure A.4-Diagram of a dry cooling tower.

1-Fan; 2 - fan Motor; 3-heat Exchangers; 4-Air flow; 5-Supply of warm coolant; 6-Return circuit of the cooled coolant; 7-hydraulic Module or pump; 8-Consumer; 9 - water Supply to the irrigation system; 10 - tank for irrigation water; 11 - Primary cooling circuit; 12 - Drain and water and dirt of the recharge system; 13 - irrigation water Circuit; 14 - Electromagnetic valve; 15-water supply.

2.1 The principle of operation of cooling towers

A hydraulic module or pump (7) supplies the heated refrigerant for cooling [7].

The ambient air 4 having a temperature below the temperature of the heated coolant and being sucked through the fins of the heat exchange surface 3 with the help of fans 1 receives heat from the copper tubes of the heat exchanger, as a result, the temperature of the coolant flowing in the tubes decreases.

The cooled coolant from the heat exchangers 3 enters the pipeline 6 to feed it to the consumer 8. In this diagram, in addition to the cooling tower itself, an additional element is shown: an irrigation system that allows you to reduce the

temperature of the coolant at the outlet by several degrees (this system is most effective in the summer and during low humidity). Principle of operation: when the moment of maximum efficiency comes, the electromagnetic valve 14 opens the water supply to the injectors, which spray water on the heat exchangers, which evaporates on them, and also partially, collecting dust and dirt from them, flows into the tank 10. The tank is used to save water, but it requires periodic cleaning of accumulated dirt.

Dry cooling Towers closed (closed type) have two types of execution, fundamentally different. Closed-type dry cooling tower. Another name for a closed - type dry cooling tower is Dry cooler. This name is derived from the English words dry - dry and cooler - cooler. Due to the fact that cooling towers with the method of water spray cooling have been used in almost all large plants since Soviet times, the term "cooling tower" in Russia is usually applied to equipment of this type. Due to the fact that all offers of dry cooling towers are reduced to offers of foreign equipment, the most common term describing such equipment is the term - Dry cooler. Dry cooler -used in situations where the technology of the production process requires cooling the working medium (water or another type of coolant, such as ethylene or propylene glycol solution) to a temperature slightly higher than the ambient temperature. In this case, the initial temperature of the coolant can be quite high. It is in these cases that it is economically feasible to use a cooling system with the use of a dry cooler. The principle of operation is based on the circulation of the coolant through a system of finned tubes, which is blown by fans, due to which there is a return of heat to the air of the environment. Since the coolant circulation system is closed and sealed, there is virtually no loss of coolant to evaporation in the system, which is why this type differs from open systems that require constant water recharge to compensate for evaporation. In addition, when using a liquid other than water as a coolant (non-freezing solutions), of course, it is permissible to use only closed cooling towers. Non-freezing solutions of glycols are used for operation in winter, in order to prevent damage to the equipment during defrosting.

A closed-type cooling tower is one of the variants of a cooling system that uses a hybrid scheme. In the case of dry closed cooling towers, there is a hermetic heat exchanger in the roof, which flows through the liquid from the outside of the building (for example, on the cooling of the water supply system) and this heat is transferred to the outside of the building and is blown into the surrounding environment. The advantages of this option are that the main cooling circuit does not touch the surrounding medium, and it is not directly saturated with acid to m, is not polluted and is closed, i.e. there is no jet break. A closed-type cooling tower can be used as a cooling medium for non-freezing liquids, as in dry coolers, but the temperature of the cooling medium that can be used in it is not higher, but lower than the ambient temperature, and as in closed - type cooling towers, it corresponds to the temperature of the wet thermal meter.

The maximum temperature of the cooler for a hermetically sealed system is several degrees higher than the temperature of the " dry " thermo meter at the temperature of the surrounding building during operation. The lower the temperature of the circling air, the better the data will work, so the actual temperature of the circling air varies for different conditions of the circling medium. The structural dimensions and geo metric characteristics of cooling towers are selected by taking into account the efficiency of the cooling tower and its size and cost for the initial cooling parameters and the calculated values of the surrounding building for the region in operation. In regions where the air is very humid in the summer, hermetic coolers are also used with a cooling system that increases the efficiency of the operation of the equipment, but requires up to a certain amount of cooling water.

In addition, the cooling tower represents a less energy-consuming cooling process compared to the dry cooler, however, it does not allow to reach a certain temperature of cooling below the ambient temperature and thus use the current for the system that meets this condition.

3. Development of a method for calculating heat transfer in a dry cooling tower

The following data are taken as input for the calculation: heat load, heat drop in the cooling tower, temperature and humidity of the surrounding building, the heat of the building, the heat of the building and the heat of the building material. According to the initial values of the heat load and the lower temperature in the cooling tower, the lower value of the heat load was determined.

3.1. Description of the method of thermal calculation of the power unit cooling system based on a dry cooling tower

Calculation of heat balance and heat power transferred in the heat exchange surface

Heat in the balance sets the ratio of heat in the air, which is transferred to the heat exchanger, and heat in the air, which is transferred to the account in the atmosphere [8]:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_3 + Q_4, W \quad (1)$$

where Q_1 the heat output supplied to the heat exchange surface by the heating medium, W;

$Q_2 + Q_3$ - heat generated in the heat exchanger as a result of the hydraulic resistance of the corresponding paths in the heating and heated heat carrier, W;

Q_3 - heat output from the heat exchange surface, W;

Q_4 - heat power lost by the heat exchanger to the atmosphere, W.

The size of total power $Q_2 + Q_3$ it is up to a cent of the total heat of the upper part of the furnace, which works on liquid heat carriers, and 1-2% for the heat of the upper part of the furnace with gas-like media. Losses to the atmosphere Q_4 , for modern large heat exchangers, they are a fraction of a percent.

Since the specified values are small and partially replace each other, it is possible to consider the coefficient of the effective action of large heat sources in the normal mode to be close to one:

$$Q_1 = Q_3 = Q, W \quad (2)$$

where Q heat capacity of the heat exchanger at the nominal operating mode, W .

This value, depending on the selected calculation method, is determined by the formula:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, W \quad (3)$$

where k - heat transfer coefficient, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$; F - heat exchange surface m^2 ; Δt - temperature heat transfer of the heating medium $^{\circ}C$.

3.2. Calculation of dry cooling tower heat transfer

In large GEA air-cooled installations, carbon steel pipes with steel fins are widely used. Such pipes after zinc coating have sufficient thermal conductivity and corrosion resistance. They serve for 25-30 years without breaking the seal. [9]

A zinc-edged steel pipe with a diameter of 22×1.5 mm is accepted as a heat exchange along the top of the cooling tower. the length of the pipe is equal to 20 m. The heat of the cooling tower is collected in accordance with the generally accepted scheme of cooling tower NN. Each column is a four-row bundle of finned pipes. The width of the pipe is 2.4 m, and the height (length of pipes) is 20 m. Two columns are selected in the form of a Delta (two columns in each). Each Delta represents a structure in the form of a prism with a cross section of an equally femoral triangle with an angle of α at the top of 40° . The cooling water moves inside the pipes in a two-way pattern, and in the building-in the inter-tube space.

The combination of the parameter of the edge and the number of pipes in the bundle was performed for a four row tube bundle with the number of tubes NN 600 PCs The heat load was 1000 MW, the tower height was 180 m, and the temperature difference in the cooling tower was $10^{\circ}C$. For these initial data, the

edge pitch was 3.5 mm, and the edge height was 7 mm. The pipes were spaced in a bundle along an equal three-sided triangle with a gap of 2 mm between the edges of the lower pipes, which in fact imposed a boundary on the cross-section S1 and cross-section S2 of the pipe steps in the bundle. The parameters of the heat exchange column for a dry cooling tower are shown in Table A.1.

Table A.1. The parameters of the heat exchange columns for dry cooling towers.

Name of parameter	Designation Value	Designation Value
Pipe outer diameter, mm	d_H	22
Inner diameter of the pipe, mm	d_{BH}	19
Fin height, mm	h_p	7
The step of the fins, mm	t_p	3,5
The coefficient of the fins	φ_P	6,35
Cross step of pipes, mm	S_1	38
Longitudinal pitch of tubes, mm	S_2	32,9
Pipe length of column, m	l	20
The number of moves in the water, PCs	Z	2
The number of tubes in the column PCs	N	256

Conclusion

The use of dry cooling towers is applicable if:

- it is not possible to create a closed, non-reacting filter with the surrounding medium, for example, in the case of the presence of various toxic impurities in the cooling water.

tight limits on the available water volumes to reduce the cost-free evaporation and drip losses that occur during the operation of evaporative cooling towers. The assessment of water availability should be accompanied by an analysis of the development prospects of the territory where the project will be located. For example, the heat trapping of 300 MW in the case of an evaporative heat source is equal to the continuous heat trapping of an average population of 150,000 people;

- high heating temperatures (at a cost of ≥ 40 ° C) are produced from the production of technological equipment, which makes it difficult or impossible to cool it in evaporative cooling towers (not in direct, heating, or splashing systems) .

References

1. Gorokhov, M. Improving the efficiency of water saving in NPP cooling systems. Dry cooling towers / M. Gorokhov // Atom. project. - 2013. - no. 14. - P. 34-37.
2. Thermal and nuclear power stations / under the General ed.V. A. Grigoriev. - Moscow: Energoizdat, 1989. -736 p.
3. Sinkevich, A. E. Determining the water demand for various coolers of the water supply system of large power units of nuclear power plants / A. E. Sinkevich // Bec. NATs. Acad. navuk Belarus. Ser. Fiz. - tehn. Navy. – 2005. - No. 1. - Pp. 116-120.
4. Gutsev, D. F. Research of operation modes of air-radiator coolers of Bilibino NPP / D. F. Gutsev, A.V. Dembrovsky, R. K. Kuznetsov // Elektr. stations. - 1985. - № 5. - C. 13-18.
5. Determination of thermohydraulic and mass-dimensional parameters of the power unit cooling system based on a dry cooling tower / V. L. Malevich [et al.] // Bec. Acad. navuk Belarus. Ser. Fiz. - tehn. Navy. - 1995. - no. 3. - P. 63-71.
6. Budnyatsky, D. M. Trends in the choice of water supply systems and low-potential part parameters for the capacity of foreign thermal power plants / D. M. Budnyatsky, V. I. Dlugoselsky // Energy management abroad. - 1974. - № 4. - P. 16-22.
7. Manual for design of cooling towers (to SNiP 2.04.02-84 „Water supply, Outdoor networks and structures”)/VNII VODGEO of Gosstroy of the USSR. — M: TSITP of USSR Gosstroj, 1989 - 190 C.
8. A. G. Laptev, I. A. Vedgaeva, Device and calculation of industrial cooling towers. Kazan state power engineering University, Kazan, 2004. 180 C.
9. Statulyavichus, J. K. 6 thermal physics, Heat transfer transversely streamlined bundles of finned tubes / Yu. K. Statulyavichus, A. J. Skrinska. - Vilnius: Mintis, 1974. - 243 p.