

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДУШНО-КОНДЕНСАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

УДК 621.311.22.002.5:621.175

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б6Б1	Короченко Роман Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Б.В. Борисов	д.ф.м.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Т.Б. Якимова	К.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	М.С Черемискина	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	А.М. Антонова	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата, указанными в ФГОС ВПО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Универсальные компетенции</i>
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать

	опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
	<i>Специальные профессиональные</i>
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.М. Антонова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б6Б1	Короченко Роману Андреевичу

Тема работы: Анализ эффективности воздушно-конденсационных установок на тепловых электрических станциях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2021 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>Целью работы является анализ условий эффективного применения воздушных конденсаторов 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. Характеристика объекта исследования. 2. Анализ научно-технической литературы по теме. 3. Теоретические основы работы воздушных конденсаторов. 4. Расчет воздушных конденсаторов. 5. Анализ эффективности применения воздушных конденсаторов на примере Адлерской ПГУ и сравнение с поверхностным конденсатором.

	6. Влияние воздушных конденсаторов на экологию. 7. Социальная ответственность при проведении работ на ТЭС. 8. Заключение.
--	---

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Т.Б.Якимова, Доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	М.С Черемискина, Ассистент отделения общетехнических дисциплин

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Борисов Б.В	Д.ф.м.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б6Б1	Короченко Роман Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 61 с., 12 рис., 10 табл.,
_____27_____ источников, прил.

Ключевые слова: КОНДЕНСАТОР, ТУРБИНА, КОТЕЛ, ПАР, ВОДА.

Цель работы – Исследовать эффективность воздушных конденсаторов и их возможное применение в России

В процессе исследования проводились: анализ конструкций воздушных конденсаторов зарубежных и российских производителей. Расчет воздушного конденсатора и его поверхности. Расчет проводился по тепловой схеме Адлерской ПГУ.

В результате исследования получили, что применение воздушных конденсаторов очень перспективное направление в плане экологии. Из-за низкого коэффициента теплопередачи воздуха, площадь поверхности воздушного конденсатора во много раз больше пароводяного.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	10
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ	15
2 АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ.....	17
3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ВОЗДУШНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ.....	20
3.1 Материалы для изготовления воздушных конденсаторов	22
3.2 Конструкции Российских воздушных конденсаторов	24
3.2.1 Оценка эффективности контакта ребро – стенка.....	27
4 РАСЧЕТ ПГУ АДЛЕРСКОЙ ТЭС	29
4.1 Определение теплофизических характеристик выхлопных газов	30
4.2 Расчет двухконтурной ПГУ	33
4.3 Расчет паровой турбины	40
5 ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ НА ЭКОЛОГИЮ.....	49
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	52
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность производства электроэнергии в значительной степени зависит от условий работы низкопотенциальной части электростанции, возможности создания глубокого вакуума в конденсаторе, возможности обеспечения надежной и экологически безопасной работы конденсационной установки.

В период, обозначившегося даже для России дефицита водных ресурсов, требуются нетрадиционные для энергетики решения в части организации процессов конденсации пара и использовании охлаждающей циркуляционной воды, потери которой при применении открытых систем охлаждения достигают 3,5...4 %.

В связи с возросшими требованиями по охране окружающей среды и рациональному использованию водных ресурсов дальнейшее применение традиционных систем охлаждения отработавшего в турбине пара становится проблематичным. В отличие от этого, использование воздушных систем охлаждения позволяет существенно снизить уровень экологической напряженности, практически полностью исключить безвозвратное водопотребление, устранить образование отложений в виде накипи и биообразований в теплообменном оборудовании и повысить его надежность.

При использовании воздушного конденсатора (ВК) отпадает необходимость в сооружении и эксплуатации водозаборных и очистных сооружений, строительстве градирен и других систем водоснабжения. В экологическом отношении ВК позволяют избежать насыщения атмосферного воздуха водяными парами, а также существенно сокращают изъятие водных ресурсов из природной среды. При использовании ВК местоположение электростанции не зависит от источника водоснабжения, что является существенным положительным фактором, особенно для условий города при строительстве станций децентрализованного комбинированного производства тепловой и электрической энергии, а также для автономных электростанций,

использующих тепловую энергию мусоросжигающих заводов, дизельных и парогазовых электростанций.

К сожалению, в энергетике нашей страны совершен- но не применяются ВК, в то время как в Германии, США, Франции, Голландии , ЮАР и других странах они с каждым годом находят все более широкое применение. Наши научно-исследовательские и проектные институты даже в перспективе не рассматривают возможность применения ВК в отечественной энергетике.

Проблема использования воздушно-конденсационных установок электростанций ставится в связи с увеличивающимся дефицитом водных и земельных ресурсов, природоохранными требованиями, потребностями внутреннего и внешнего рынка. Для мало- и безводных районов остается единственная возможность — применение сухих систем охлаждения: прямой с ВК и косвенной с радиаторной градирней. Сухие системы имеют неоспоримые преимущества перед испарительными как с природоохранной точки зрения, так и по доступности воздуха как охлаждающей среды.

При прямой системе пар отдает тепло в поверхностном конденсаторе непосредственно воздуху, при косвенной системе в поверхностном или смешивающем конденсаторе пар отдает тепло промежуточному теплоносителю — воде, которая затем охлаждается воздухом в поверхностном теплообменнике радиаторной башни.

Прямая система проще косвенной, а ВК требует меньшей поверхности оребренных труб, чем теплообменники радиаторной башни при тех же параметрах пара и воздуха. Для ВК характерна взаимосвязь тепловых, гидродинамических и климатических условий.

Применяемые в настоящее время поверхностные конденсаторы, охлаждаемые атмосферным воздухом, имеют обычно оребренную наружную поверхность труб, внутри которых конденсируется пар.

В последние годы усилия исследователей были направлены на усовершенствование конструкции ВК. Появилась целая серия конденсаторов с различным профилем ребер и труб.

Следует отметить, что оборотная система с сухой охладительной башней вследствие наличия в ней дополнительного теплообменника (контактного конденсатора) более сложна и требует при тех же расчетных температурах отработавшего пара и наружного воздуха на 25...30 % большей поверхности теплообмена радиаторных элементов башни, чем поверхность ВК, или увеличения расхода охлаждающего воздуха.

Все выше изложенное повысило конкурентоспособность ВК по сравнению с предназначенными для ТЭС в маловодных районах оборотными системами водоснабжения с сухими (радиаторными) охладительными башнями, применяемыми взамен градирен (мокрых) с испарительным охлаждением циркуляционной воды.

Опыт эксплуатации ВК на электростанциях в США, Франции, Голландии, ЮАР и Германии показал нецелесообразность применения в оборотных системах контактных конденсаторов, приводящих к соединению между собой контуров питательной и охлаждающей воды и вызывающих наряду с эксплуатационными трудностями дополнительные затраты, связанные с установкой под контактными конденсаторами циркуляционных насосов, забирающих смесь охлаждающей воды с образовавшимся конденсатом из-под вакуума. Также не оправдало себя и применение в охладительных элементах башен алюминиевых труб, имеющих малый диаметр (14...15 мм) и небольшую толщину стенки (0,5...0,75 мм). Они оказались подверженными разрушению под действием достаточно резких переменных температурных режимов. В то же время применение цельносварной конструкции ВК с использованием при их изготовлении современной сварочной техники и современных методов контроля качества сварки позволяют обеспечить достаточно высокую плотность вакуумных систем. Кроме того, необходимо отметить следующие неоспоримые преимущества ВК по сравнению с испарительными башенными градирнями:

- независимость выбора площадки от источника водоснабжения;
- низкие капитальные вложения;

- экологически чистый процесс охлаждения.

Все выше перечисленное приводит к выводу о предпочтительности применения ВК, поэтому разработка и исследование аспектов использования ВК на электростанциях для улучшения экологических условий в районе 2 расположения станций весьма важная задача.

Конкурентом ВК могут быть прямоточная система водоснабжения или оборотная. Прямоточная система предполагает наличие естественных водоемов с большим запасом воды. Такая система является наиболее дешевой, так как не требует сооружения дорогостоящих объектов типа градирен или прудов-охладителей. Прямоточная система обеспечивает также более низкую температуру охлаждающей воды. Поэтому в тех случаях, когда ситуационный план электростанции и экологические условия позволяют, предпочтение должно быть отдано прямоточной системе водоснабжения. Однако реальное сочетание благоприятных географических и экологических факторов становится все более редким явлением, а с ростом экологических требований, вероятнее всего, станет исключительным явлением даже для конденсационных электростанций.

Что касается теплоэлектростанций, то в силу специфики производимой энергии они должны строиться вблизи потребителей тепловой энергии. Поэтому реальный конкурент ВК — оборотная система водоснабжения с градирнями или брызгательными бассейнами. В силу отсутствия отечественного опыта изготовления, монтажа и эксплуатации ВК оценки эффективности, надежности и экологической безопасности нами проведены по зарубежным данным.

Современное энергомашиностроение решает проблемы интенсификации теплообмена традиционными методами, для которых гидродинамическое сопротивление при течении теплоносителя пропорционально квадрату его скорости. При этом увеличение теплопередачи отстает от роста сопротивления. Это не обеспечивает дальнейшего повышения

эффективности энерготехники. Поэтому важную роль в дальнейшем прогрессе в энергообмене и энергопреобразовании должны играть новые технические решения по организации как процесса конденсации, так и теплообмена со стороны охлаждающего воздуха. Для решения данной проблемы необходимо использовать принципиально новые формы компоновки поверхности теплообмена со стороны охлаждающего воздуха и новые способы организации процессов тепло- и массообмена со стороны конденсирующегося пара.

Попытки широкого внедрения ВК привели к созданию различных конструкций конденсаторов. В связи с этим необходимо провести анализ существующих конструкций ВК и сопоставить их теплоаэродинамические характеристики в целях выявления путей создания более совершенных аппаратов как по эффективности протекания процессов тепломассообмена при конденсации, так и по другим технико-экономическим и экологическим показателям.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

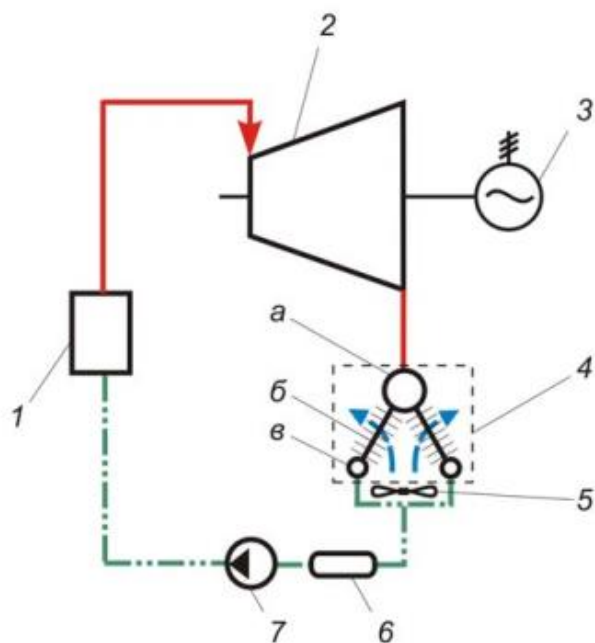
Конденсаторы являются одним из основных элементов ПТУ электрических станций конденсационного типа (КЭС), а также теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), имеющих в своём составе паровые турбины, работающие как в конденсационном, так и в теплофикационном, по электрическому графику, режимах. Стабильность широкого спектра технико-экономических показателей этих установок во многом определяется рабочим процессом, протекающим в конденсаторах.

Конденсатор вместе с обслуживающими его устройствами образует конденсационную установку, назначением которой является практически полное превращение пара, поступающего в неё, в воду, а также создание и поддержание в выходном патрубке турбины расчётного (проектного) вакуумметрического давления.

Воздухоохлаждаемый конденсатор представляет собой теплообменный аппарат, работающий по рекуперативному принципу, в котором отвод теплоты, выделившейся при конденсации водяного пара, осуществляется воздухом, подаваемым из атмосферы. Упрощённая принципиальная схема ПТУ с ВК представлена на рисунке 1.

Отработавший в турбине 2 водяной пар поступает по трубопроводу в верхний (паровой) коллектор а, из которого распределяется по трубам, имеющим наружное оребрение (см. рисунок 1). Атмосферный воздух, нагнетаемый вентилятором 5, омывает оребрённые трубы б с наружной стороны, отводя теплоту, выделившуюся в результате конденсации пара внутри этих труб.

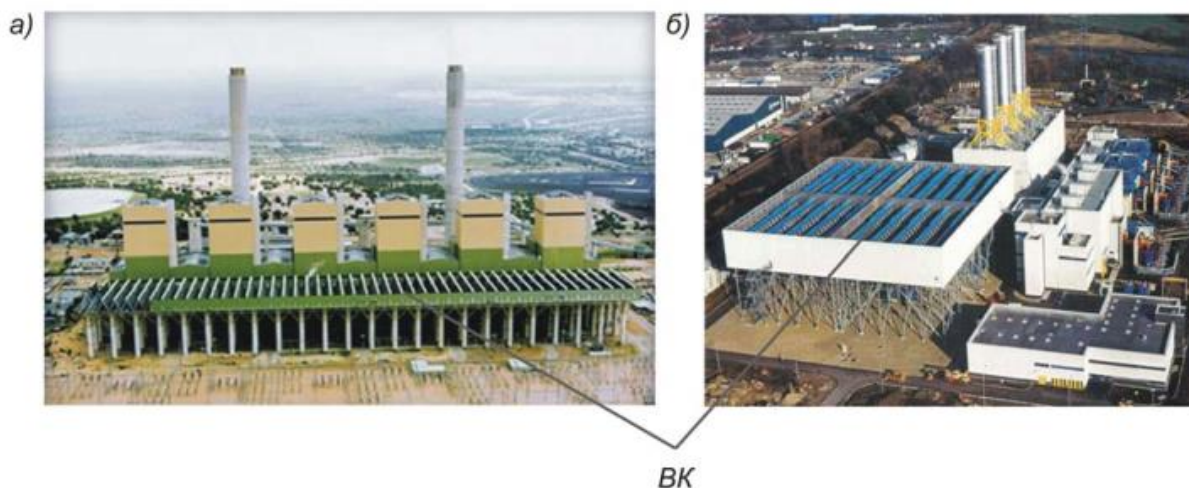
Образовавшийся в трубах конденсат пара поступает в нижние коллекторы в, а затем — в конденсатосборник б, откуда питательным насосом 7 подаётся в паровой котёл 1, где он опять превращается в пар, замыкая, таким образом, цикл паротурбинной установки. Совокупность оребрённых труб, входного и выходных коллекторов образует ВК 4



— водной пар; — воздух; — вода (конденсат)

Рисунок 1- 1 — паровой котёл; 2 — паровая турбина; 3 — электрогенератор; 4 — воздухоохлаждаемый конденсатор; 5 — вентилятор; 6 — конденсатосборник; 7 — питательный насос; а — верхний (паровой) коллектор; б — трубы с наружным оребрением; в — нижний коллектор

Реальные примеры электростанций представлены на рисунке 2



а — паротурбинная электростанция Matimba с ВК фирмы GEA; б — парогазовая электростанция с ВК фирмы SPX

Рисунок 2- Фото действующих электростанций с воздушным конденсатором

2 АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Эффективность работы цикла ПТУ с воздушным конденсатором необходимо оценивать с точки зрения глубины вакуума в конденсаторе и работе различных температурных режимов.

Рассматривая ВК, как элемент ПТУ, следует отметить, что удовлетворять требованиям к воздухоохлаждаемому конденсатору необходимо в процессе всего его жизненного цикла. Основные требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам, а, следовательно, и к ВК, следующие [1, 2]:

- по теплообмену и гидроаэродинамике;
- эксплуатационные;
- конструктивные;
- к простоте и технологичности конструкции.

В соответствии с этими сформулированными требованиями необходимо обеспечить для ВК:

- максимальный коэффициент теплопередачи и минимальное значение величины гидроаэродинамических сопротивлений;
- малую засоряемость и удобство очистки его поверхности теплообмена, ревизии, ремонта, а также герметичность и надёжность работы;
- высокую степень компактности;
- простоту конструкторских решений, не снижающих его техникоэкономические показатели, для реализации которых могут быть применены достаточно эффективные технологии изготовления.

Для проведения анализа опубликованных результатов научных исследований, посвящённых влиянию различных факторов на величину абсолютного давления ПВС на входе в конденсатор, была собрана информация по техническим данным реальных паротурбинных установок с ВК, размещённых в различных климатических районах и предназначенных для работы в автономном режиме или в составе парогазовых установок (ПГУ)

КЭС и ТЭЦ. Эта информация, расположенная в хронологическом порядке. Для получения информации были использованы данные фирмы GEА, а также литературных источников [3 — 8]. Из анализа источников следует, что наименьшие значения расчётного абсолютного давления ПВС на входе в конденсатор находятся в диапазоне от 5,9 до 6,9 кПа, а наибольшие значения этого давления находятся в диапазоне от 32,0 до 34,0 кПа. Так, например, абсолютное расчётное давление ПВС на входе в ВК на ТЭС ПГУ Southcentral (Соединённые Штаты Америки (США)) составляет 6 кПа, а на пылеугольной электростанции Xinfeng (КНР) — 34 кПа.

В работах [9, 10 — 16] анализ влияния различных факторов на давление ПВС на входе в конденсатор сводится к соответствующему анализу влияния этих факторов на температуру насыщенного пара на входе в ВК с учётом однозначного соответствия давления $P'_{ПВС} \approx P'_П$ и температуры $t'_{н.п.}$. Указанный анализ выполнен только для водоохлаждаемых конденсаторов. Для воздухоохлаждаемых конденсаторов такой анализ отсутствует.

В процессе проектирования ВК, в отличие от водоохлаждаемых конденсаторов, необходимо учитывать суточные колебания температуры вторичного теплоносителя, которые могут быть весьма значительными. На величину температуры охлаждающего воздуха на входе в ВК также может оказывать значительное влияние направление и сила ветра, способные вызывать, при определённых условиях, рециркуляцию нагретого в конденсаторе воздуха [17, 18].

Из анализа работ [17, 18, 19] можно сделать вывод о том, что на неравномерность распределения объёмного расхода охлаждающего воздуха, поступающего в вентиляторы ВК, значительное влияние оказывают такие факторы, как: сила ветра; направление ветра; высота расположения ВК относительно поверхности земли и др. При определённых направлении и силе ветра изменение объёмного расхода охлаждающего воздуха, поступающего в вентиляторы ВК, относительно их номинальной производительности, составляет от 25 до 112% [19]. Вместе с тем, учитывая зависимость величины

от температуры охлаждающего воздуха на входе в ВК, которая, в свою очередь, может оказывать весьма значительное влияние на его плотность, целесообразно в дальнейшем рассматривать совместное влияние этих факторов на величину давления на входе в конденсатор. Кроме того, для теплофикационных турбин характерно значительное сезонное изменение массового расхода пара, поступающего в конденсатор.

На основании анализа литературных источников [20-23] был определён диапазон изменения значений среднего коэффициента теплопередачи в ВК различного конструктивного исполнения на расчётных режимах работы, который составил от 16 до 42 Вт/(м² · К).

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ВОЗДУШНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Конструкция воздушного конденсатора, представленная на рисунке 3, реализована по одноступенчатой схеме конденсации, которая предполагает: подачу паровоздушной смеси в трубы ВК только из верхнего коллектора; удаление конденсата и несконденсировавшихся газов из нижних коллекторов; нисходящее движение паровоздушной смеси и конденсата в трубах

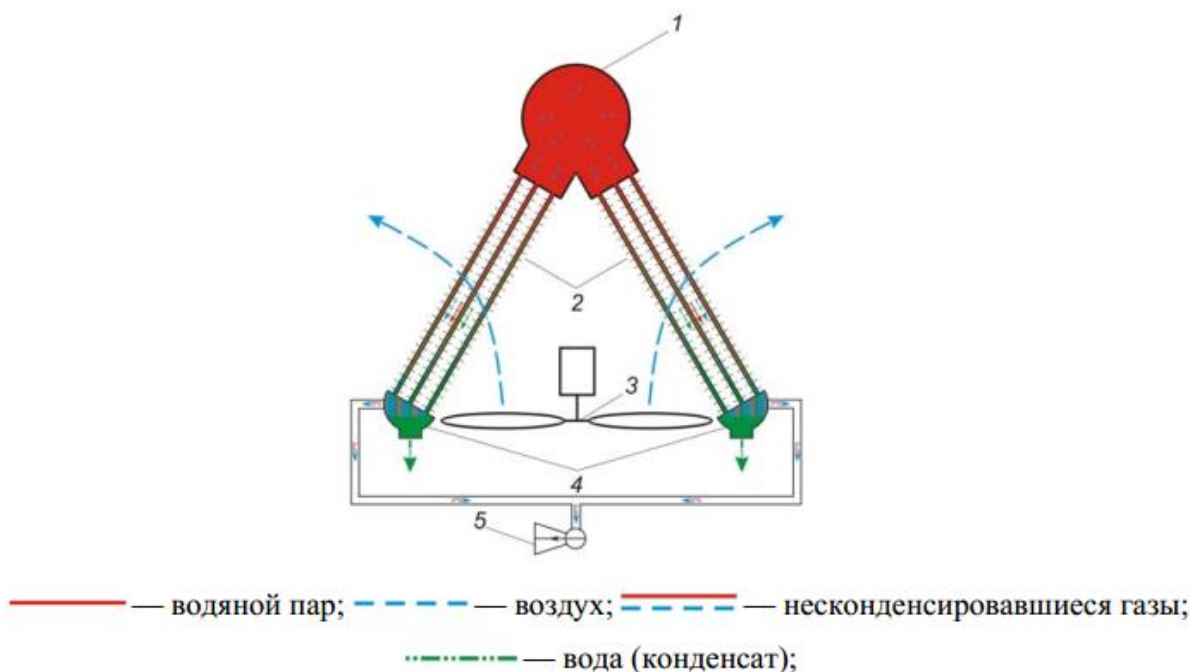


Рисунок 3- Конструкция ВК, реализованная по одноступенчатой схеме конденсации

1 — верхний (паровой) коллектор; 2 — трубные пучки (теплообменные матрицы); 3 — вентилятор; 4 — нижние коллекторы; 5 — воздухоудаляющее устройство

Конструкция ВК, представленная на рисунке 4, реализует двухступенчатую схему конденсации, которая осуществляется в двух, расположенных последовательно по ходу пара, трубных пучках.

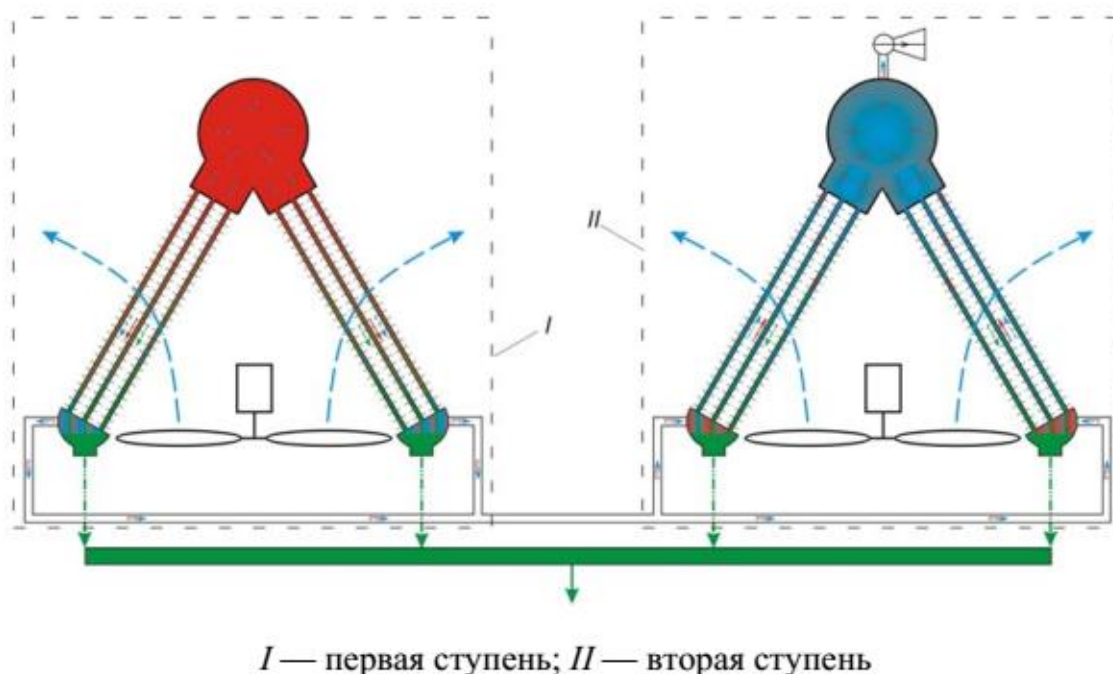


Рисунок 4— Конструкция ВК, реализованная по двухступенчатой схеме конденсации

Паровоздушная смесь подается в трубный пучок первой ступени из расположенного сверху коллектора (смотрите рисунок 4). В трубных пучках первой ступени конденсации, также как и в случае одноступенчатой схемы, осуществляется нисходящее движение паровоздушной смеси и конденсата. Таким образом, ВК с одной ступенью конденсации конструктивно идентичен первой ступени конденсации ВК, выполненного по двухступенчатой схеме. Однако указанная первая ступень конденсации в двухступенчатой схеме, в отличие от одноступенчатой схемы, рассчитывается на конденсацию 80 — 90 %, поступающего в неё пара [12]. Пар, оставшийся несконденсированным, вместе с неконденсирующимися газами перепускается по коллектору, расположенному в нижней части ВК, в противоточный трубный пучок второй ступени (дефлегматор), в котором ПВС, двигаясь по трубам снизу вверх навстречу стекающему в нижний коллектор конденсату, подогревает его, предотвращая оледенение. Конденсат стекает из нижнего коллектора в конденсатосборник, а несконденсированные газы удаляются из верхней части этого модуля воздухоудаляющим устройством [12]

3.1 Материалы для изготовления воздушных конденсаторов

Коэффициент теплопередачи, как известно, является многопараметрической функцией, сложность вычисления которой, в основном, определяется необходимостью вычисления коэффициентов теплоотдачи, которые, в свою очередь, являются также многопараметрическими функциями [24, 25].

Максимальное значение коэффициента теплопередачи в ВК определяется, в основном, средним коэффициентом теплоотдачи со стороны теплоносителя, обладающего худшими теплофизическими свойствами, то есть со стороны охлаждающего воздуха.

Поэтому площадь поверхности труб ВК со стороны охлаждающего воздуха увеличивают путём установки на их наружной поверхности специального оребрения. Эти трубы могут иметь, как это показано на рисунке 5, одну из трёх различных форм поперечного сечения: овальную 1, плоско-овальную 2 или круглую 3.

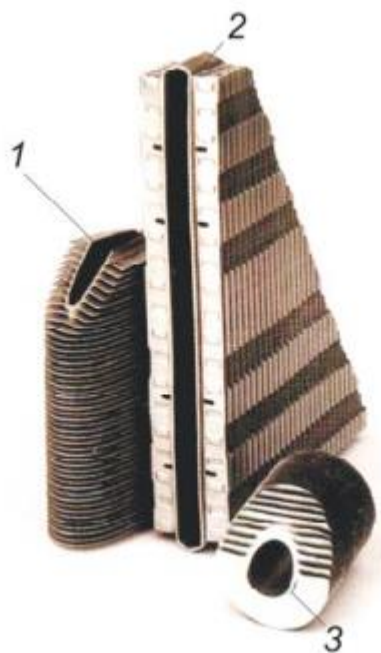


Рисунок 5- Формы поперечного сечения труб, используемые в ВК

1 — овальная; 2 — плоско-овальная; 3 — круглая

Развитие конструкций оребренных труб, применяемых для поверхностей теплообмена воздушного конденсатора, представлены на рисунке 6

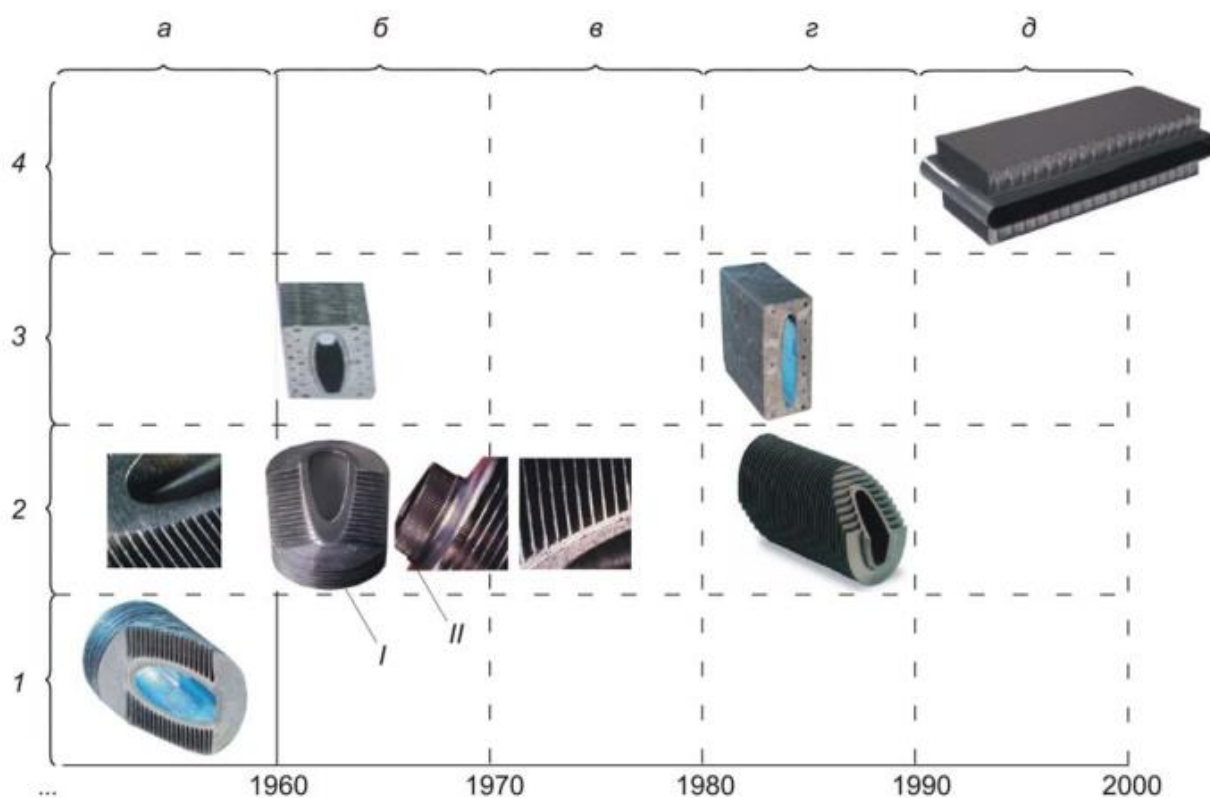


Рисунок 6 — Развитие конструкций оребренных труб

1 — поперечно-винтовая накатка (*а* — наружная труба выполнена из алюминия, а несущая — из стали); 2 — спиральная навивка ленты (*а* — из алюминия с завальцовкой в стальную несущую трубу; *бI* — из алюминия под натяжением с отбортованным основанием; *бII* — из алюминия под натяжением с отбортованным основанием, закатанным в канавку, предварительно нанесённую на наружную поверхность стальной несущей трубы; *в* — из алюминия под натяжением с двойным отбортованным основанием; *г* — из стали с отбортованным основанием на стальную несущую трубу с последующим горячим цинкованием); 3 — насадка (*б* — прямоугольных стальных пластин на стальную несущую трубу с последующим горячим цинкованием; *г* — прямоугольных стальных пластин на стальную несущую трубу увеличенной площади поперечного сечения с последующим горячим цинкованием); 4 — пайка (*г* — гофрированного алюминиевого листа к стальной, плакированной алюминием с наружной стороны, несущей трубе)

Из анализа поверхностей можно сделать следующие выводы:

- широкое применение в последние десятилетия нашли плоско-овальные стальные трубы, соединённые с алюминиевым оребрением посредством пайки (см. 4 *г*);

- наблюдается тенденция к увеличению площади поперечного сечения труб;
- рёбра труб (см. 3 б, г; 4 д) снабжаются конструктивными интенсификаторами теплообмена типа «выступ — впадина»;
- в лобовой и кормовой частях труб (см. 4 д) отсутствует оребрение в виду неэффективной его работы в этих местах;
- поскольку различные варианты конструкции оребренных труб и технологии их изготовления имеют каждый свои достоинства и недостатки, а, следовательно, различную стоимость, то фирмам-изготовителям целесообразно предоставлять заказчикам возможность самим осуществлять выбор наиболее приемлемого варианта их продукции.

Из указанных оребренных труб компонуются трубные пучки (теплообменные матрицы). Поскольку площадь поверхности теплообмена ВК весьма велика, то целесообразно её реализовывать в виде конструктивно оформленных в заводских условиях теплообменных модулей [23].

Для уменьшения площади, занимаемой ВК, целесообразно осуществлять сопряжение теплообменных модулей с верхним коллектором под некоторым углом

3.2 Конструкции Российских воздушных конденсаторов

Конденсатор первого типа (рисунок 7) выполняется в форме шатра (размер в плане 6х6 м), в нижней части которого установлен осевой вентилятор с колесом диаметром 5 м. Секция ВКУ состоит из восьми модулей с трубами длиной 5 м - по четыре модуля с каждой стороны шатра. Верхняя трубная доска каждого модуля вварена в паровой коллектор диаметром 0,8-1,2 м, нижняя трубная доска с камерой соединены с коллектором отвода конденсата. Один из восьми модулей со стороны входа пара имеет специальную выгородку для организации отсоса паровоздушной смеси (ПВС). Выгородка обеспечивает двухходовую схему движения конденсирующегося

пара: сверху вниз и снизу вверх. При этом в качестве охладителя ПВС используются два ряда труб на выходе воздуха (т. е. зона с повышенной температурой воздуха), что уменьшает опасность замерзания конденсата в зоне охладителя.

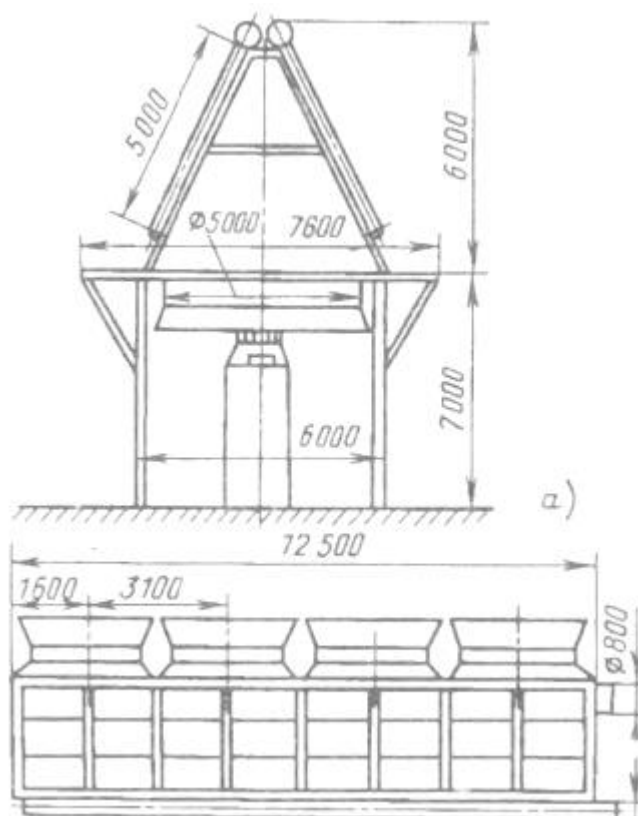


Рисунок 7- Конструкция секций воздушно-конденсационных установок, выполненная КТЗ с шатровым вариантом

Принятая конструкция ВКУ поставляется в виде отдельных двояных модулей, вваренных в паровой коллектор, и элементов каркаса со сборкой их на месте эксплуатации. Возможна поставка двух секций в сборе размером в плане 6х12 м речным или морским транспортом. В этом случае их монтаж существенно упрощается, повышается качество работ.

Для поставок секций ВКУ по железным дорогам разработан вариант компоновки конденсатора на железнодорожной платформе (рисунок 8). В отличие от схемы рисунка 5, а здесь установлены вентиляторы диаметром 2,5 м (в транспортном положении диффузоры демонтированы) и поверхность

нагрева работает не под наддувом, а под разрежением, создаваемым вентиляторами. В этом случае обеспечивается более равномерная раздача воздуха по поверхности теплообмена, что улучшает характеристики конденсатора, но при этом несколько уменьшается массовая производительность вентилятора. Боковые щиты (в транспортном положении опущены) защищают поверхность теплообмена от повреждений (при транспортировке) и от воздействия осадков при работе.

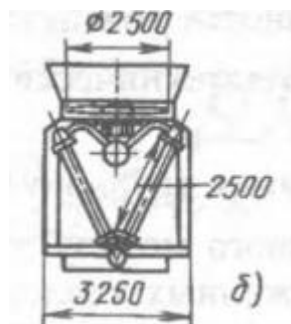


Рисунок 8- Конструкция секций воздушно-конденсационных установок, выполненная КТЗ с транспортным вариантом

Вариант компоновки вагонного типа имеет заметное преимущество перед шатровым по условиям сборки, транспортировки и монтажа, однако при этом требуется более разветвленная система трубопроводов и возрастает площадь, занятая ВКУ. Тем не менее для паровых турбин небольшой мощности, устанавливаемых в районах Крайнего Севера с ограниченными сроками строительства, более перспективно использование вагонного варианта.

В качестве теплообменной поверхности в обоих случаях использованы стальные трубы диаметром 38x3 мм, имеющие продольно-радиальную накатку в виде треугольных выступов и впадин. На наружную поверхность труб навита L-образная лента из алюминиевого сплава, образующая ребра высотой 15 мм, толщиной 0,4 мм и шагом 3 мм. Поперечный шаг трубного пучка 70 мм, разбивка - по равнобедренному треугольнику. Концы труб заделаны в трубные доски толщиной 35 мм (гидравлическая вальцовка и обварка венчика), элементы конденсатора выполнены сварными с

минимальным числом разъемов, что обеспечивает герметичность разветвленной вакуумной системы.

Для обеспечения работоспособности ВКУ на КТЗ проведен комплекс экспериментальных исследований ее элементов:

- ✓ оценка эффективности контакта ребро - стенка;
- ✓ определение теплотехнических характеристик трубного пучка;
- ✓ ресурсные испытания трубного пучка;
- ✓ испытание натурального модуля для подтверждения
- ✓ правильности заложенных теплотехнических параметров;
- ✓ исследование работы ВКУ в особых условиях (пуск при низких температурах, замерзание и т. п.);

3.2.1 Оценка эффективности контакта ребро – стенка

Для проверки качества термического контакта ребро - стенка были проведены сравнительные испытания оребренной трубы, изготовленной по стандартной технологии (стальная труба с накатным алюминиевым оребрением), с эталонной трубой, на которой напаяно медное оребрение такой же геометрии, что и алюминиевое. Была также изготовлена трубка с насадными медными ребрами (т. е. без пайки). Форма и геометрические характеристики рассматриваемых труб идентичны. На рисунке 9 приведена принципиальная схема и результаты испытаний этих труб. На рисунке 9, а показано поле температур воздушного потока за опытными трубами. Этот график дает наглядную картину работы ребер с различными способами их фиксации на трубе по отношению к трубе с медными напаянными ребрами. Минимальный нагрев воздуха, а следовательно, и минимальный теплосъем характерны для трубы с медными насадными ребрами. Результаты определения коэффициентов теплоотдачи со стороны воздуха показаны на рисунке 9, б. Анализ опытных данных позволяет сделать вывод о том, что стандартная труба с накатным алюминиевым оребрением по своим теплотехническим характеристикам близка к эталонной. Это объясняется тем,

что выбранная технология изготовления поверхности теплообмена обеспечивает эффективный контакт ребра со стенкой по двум причинам:

- ✓ наличие контакта не по линии, а по поверхности отбортовки L-образного ребра;
- ✓ рифление на поверхности трубы, дополнительно увеличивающее поверхность и механические напряжения в месте контакта из-за пластической деформации материала при навивке оребрения, что уменьшает термическое сопротивление контакта.

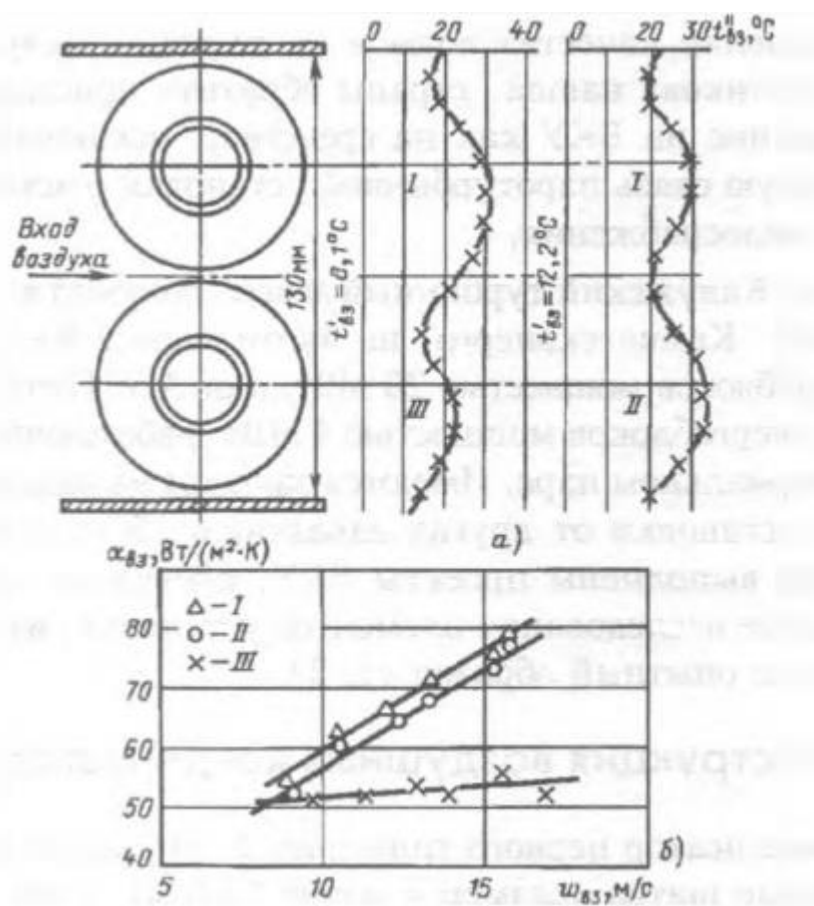


Рисунок 9- Оценка эффективности теплового контакта "ребро - стенка".

а - схема испытаний и температурное поле воздуха за оребренной трубой; б - эффективность теплоотделения различных труб (с учетом термического контакта 'ребро - стенка' и температуропроводности ребра); I - медное, паяное ребро; II - алюминиевое накатное ребро; III - медное насадное ребро.

5 ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ НА ЭКОЛОГИЮ

Тепловое загрязнение рек и естественных водоемов европейской части СНГ столь существенно, что дальнейший рост мощностей на электростанциях следует ориентировать либо на оборотные системы водоснабжения с градирнями и брызгальными бассейнами, либо на воздушно-конденсационные установки. Однако в брызгальных бассейнах и градирнях имеет место унос воды в виде капельной влаги и выпара в весьма значительных размерах [27], следствием чего является необходимость подпитки контура охлаждения и связанное с этим накопление в нем солей и различных видов загрязнения, вносимых с подпиточной водой. В результате водный режим оборотных циркуляционных систем, с одной стороны, оказывается весьма неблагоприятным для оборудования из-за плохого качества воды, а с другой стороны, он является источником загрязнения выбросами водяных паров окружающих территорий.

Другим ограничительным фактором для использования традиционных систем водоснабжения являются суровые климатические условия, присущие большей части территории России, в частности районам Крайнего Севера, где в зимний период существует проблема обледенения оборудования (градирни, трубопроводы, водозаборные сооружения) и, как следствие, снижается надежность работы всей станции [28].

Кардинальным решением проблемы сокращения водопотребления в теплоэнергетике является замена воды как рабочего охлаждающего агента, более доступный агент в любой географической точке планеты – воздух [29]. Поскольку системы с воздушным охлаждением не имеют потерь от испарения и водопотребление на установках такого типа минимальное, воздушное охлаждение способно сократить потребление воды приблизительно на 1–2 порядка величины, используемой оборотным циклом, и на 3–4 порядка величины по сравнению с прямоточным охлаждением. Применение воздушного охлаждения сберегает около $2 \cdot 10^6$ м³/год воды на 1 МВт

мощности станции [29]. Все это является важнейшим фактором, стимулирующим развитие системы воздушного охлаждения.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б6Б1	Короченко Р.А

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Должностной оклад инженера 21760 руб Должностной оклад руководителя 47104 руб</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации основных фондов 33,3% Районный коэффициент 1,3</i>
3. <i>Социальные отчисления</i>	<i>Социальные отчисления 30% от ФЗП</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений;</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование работ; Разработка диаграммы Ганта; Формирование сметы затрат на исследование.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Описание потенциального эффекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценочная карта для сравнения производителей котлоагрегатов с учетом корректировки*
2. *Диаграмма Ганта проведения исследования*
3. *Бюджет затрат на исследование*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		01.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б6Б1	Короченко Р.А		01.03.21

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Дефицит водных ресурсов и земельных ресурсов, потребности внешнего и внутреннего рынка выдвигают использование ВКУ электростанций как решение традиционных проблем. Для засушливых районов применение системы воздушного конденсатора остается единственной возможностью для введения новых генерирующих мощностей. Сухие системы имеют преимущества перед системами испарительного типа как с точки зрения природоохраны, так и по доступности воздуха в качестве среды охлаждения.

Нужно отметить, что сухая оборотная система с башней охлаждения вследствие того, что в ней дополнительно установлен теплообменник (контактный конденсатор) более сложная система и в ней требуется при тех же расчетных температурах пара, который отработал в турбине на 25...30 % больше теплообменных поверхностей радиаторных элементов башни, чем поверхность ВК, или увеличения расхода воздуха для охлаждения.

Потенциальным покупателем исследования анализа эффективности сухого охлаждения являются ТЭС, которые располагаются вдали от водоисточников.

Целью раздела является оценка исследования «Анализ эффективности воздушных конденсаторов» с точки зрения финансового менеджмента и ресурсоэффективности. Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи: провести анализ конкурентоспособности оборудования воздушных конденсаторов, планирование работ в рамках разрабатываемого проекта, а также расчет бюджета проекта.

6.1 Анализ конкурентных технических решений

В этом разделе сравним конкурентоспособность воздушных конденсаторов разных производителей. Приоритетом выбора воздушного конденсатора является эффективность теплообмена.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 6.1, 6.2

Таблица 6.1- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Производитель	Эффективность теплообмена	Ремнт. приг.	Сервисное обслуживание	Материалы	Надежность	Цена	Сумма
GEA	9	6	9	8	9	7	48
ВТИ	9	7	9	9	9	9	52
SPX	8	7	8	7	6	6	42
Уралэнергомаш	7	6	8	9	5	8	43
Важность (b _i)	5	5	5	3	3	5	26
Вес (W _i)	0,192	0,192	0,192	0,115	0,115	0,192	1

Таблица 6.2- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений с учетом корректировки

Производитель	Эффективность теплообмена	Ремнт. приг.	Сервисное обслуживание	Материалы	Надежность	Цена	Сумма
GEA	1,73	1,15	1,73	0,92	1,04	1,35	7,92
ВТИ	1,73	1,35	1,73	1,04	1,04	1,73	8,62
SPX	1,54	1,35	1,54	0,81	0,69	1,15	7,08
Уралэнергомаш	1,35	1,15	1,54	1,04	0,58	1,54	7,19

Анализ по оценочной карте показал, что наиболее подходящий воздушный конденсатор для ТЭС является Российской фирмы ВТИ. Такое оборудование выбрано по интересующим нами параметрами, а

именно: очень высокая поверхность теплообмена, возможность сервисного обслуживания, а также материалы трубной системы.

6.2 Планирование исследовательских работ

Все этапы разработки должны быть упорядочены во времени. Необходимо определить последовательность работ, являющуюся наиболее рациональной с точки зрения минимальных затрат времени на осуществление всего комплекса работ.

Планирование работы заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях; построение линейного или сетевого графика и его оптимизации [19].

Для реализации работы над НИР вся работа должна быть поделена на временные отрезки. Должна быть осуществлена примерная оценка максимального времени работы над задачей и минимальное время.

Для небольших работ целесообразно применять линейный график. Для определения ожидаемого значения продолжительности работы применяют формулу, основанную на использовании двух оценок:

$$t_{ож} = \frac{(3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max})}{5},$$

где t_{\min} - время, необходимое для выполнения работы при неблагоприятных условиях;

t_{\max} - время, необходимое для выполнения работы при благоприятных условиях.

Пример для постановки задачи:

$$t_{ож} = \frac{(3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max})}{5} = \frac{(3 \cdot 1 + 2 \cdot 1)}{5} = 1 \quad (6.1)$$

Перечень работ, исполнители, а также оценка трудоемкости отдельных видов работ приводится в таблице 4.3.

Таблица 6.3- Трудоемкость работ

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ,			Длительность работ, дни		Должность исполнителя
		tmin	tmax	тож	Тр	Тк	
1	Составление и выдача задания	1	1	1	1	1	Научный руководитель
		1	1	1	1	1	Инженер
2	Выбор и изучение научно-технической литературы	5	10	8	7	8	Инженер
3	Анализ схем ТЭС с сухим охлаждением	5	10	8	7	8	Инженер
4	Составление алгоритма расчетов	7	12	10	8	10	Инженер
5	Сбор данных по схемам ВКУ	10	15	13	11	13	Инженер
6	Расчеты	4	7	6	5	6	Научный руководитель
		13	16	15	12	15	Инженер
7	Техническое описание проектов	7	10	9	7	9	Инженер
8	Доработка проекта	12	16	14	12	14	Инженер
9	Расчет воздушного конденсатора	5	7	6	5	6	Инженер
10	Анализ результатов	5	7	6	5	6	Инженер
		3	5	4	3	4	Научный руководитель
11	Оформление результатов расчета	3	5	4	3	4	Инженер
12	Итого:	81	122	106	87	106	Инженер

Для иллюстрации плана графика работ по исследованию построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта исследования представлена на рисунке 6.1



Рисунок 6.1 - Диаграмма Ганта исследования

Общее количество рабочих и календарных дней исполнителей представлено в таблице 6.4

Таблица 6.4- Количество рабочих и календарных дней руководителя и инженера

	Инженер	Научный руководитель	Итого
Календарные дни	95	11	106
Рабочие дни	78	9	87

Из диаграммы Ганта и таблицы 6.4 видно, что общее время работы над исследованием занимает 106 календарных дней, а само исследование поделено на 12 задач. При получении задания 17.02.2021 инженер выполнит полностью исследование к 2.06.2021.

6.3 Бюджет научно-технического исследования

6.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Для написания ВКР были приобретены бумага и канцелярские товары. Стоимость всей канцелярии составляет 3300 рублей.

6.3.2 Амортизация основных средств

При выполнении исследования использовался компьютер поэтому в затратах на исследование необходимо учесть его амортизацию за время использования. Расчет амортизации ведем линейным способом.

Первоначальная стоимость ПК 50000 рублей;

Срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года. Тогда норма амортизации составит:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = 33,3\% \quad (4.2)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$I_{AM}^{ОСН} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ.ГОД}} A_H \cdot C_{КОМП} = \frac{106}{365} \cdot 0,333 \cdot 50000 = 4607,2 \text{ руб.} \quad (6.3)$$

Где,

$T_{КАЛ} = 106$ дней -число календарных дней.

$T_{КАЛ.ГОД} = 365$ - действительный годовой фонд календарного времени.

6.3.3 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Расчет заработной платы производится на основании перечня работ и трудоемкости работ. Баланс рабочего времени для 6 дневной рабочей недели представлен в таблице 6.5. Расчет зарплаты представлен в таблице 6.6.

Таблица 6.5- Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарные дни	365	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	14/44	14/48
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (для инженера)

$$Z_{ДН} = \frac{Z_{М(ИНЖЕНЕР)} \cdot M}{F_{Д}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{275} = 822,9 \text{ руб.} \quad (6.3)$$

Где,

$Z_{М(ИНЖЕНЕР)} = 21760$ руб. оклад инженера;

$M = 10,4$ мес – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{Д} = 275$ дня-годовой фонд рабочего времени инженера;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{М(РУКОВОДИТЕЛЬ)}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{47104 \cdot 10,4}{251} = 1951,7 \text{ руб.} \quad (6.4)$$

Где,

$Z_{\text{М(РУКОВОДИТЕЛЬ)}} = 47104$ руб. – оклад руководителя (профессора);

$F_{\text{д}} = 275$ дня-годовой фонд рабочего времени руководителя;

Затраты на заработную плату:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}$$

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3- 0);

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент (для Томска 1,3);

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дни

Количество рабочего времени взяты из таблицы 4.4

Таблица 4.5 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{д}}$	$K_{\text{р}}$	$T_{\text{р}}$	$Z_{\text{осн}}$
Инженер	822,9	0,1	0,2	1,3	78	107839,4
Научный руководитель	1951,7	0,3	0,3	1,3	9	36602,7
Итого:						144442,2

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot Z_{\text{осн}} = 0,1 \cdot 144442,2 = 14444,2 \text{ руб.} \quad (6.5)$$

Затраты на заработную плату

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 144442,2 + 14444,2 = 158886,4 \text{ руб.} \quad (6.6)$$

6.3.4 Страховые отчисления

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля (30%) от затрат на оплату труда:

$$I_{\text{СОЦ}} = 0,3 \cdot Z_{\text{П}} = 0,3 \cdot 158886,4 = 47665 \text{ руб.} \quad (6.7)$$

6.3.5 Накладные расходы

При выполнении данного исследования учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} I_{\text{НАК}} &= 0,16 \cdot (I_{\text{МАТ}} + Z_{\text{П}} + I_{\text{СОЦ}} + I_{\text{АМ}}) = \\ &= 0,16 \cdot (3300 + 158886,4 + 47665,9 + 4817) = 34371,1 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (6.8)$$

Смета затрат на исследование представлена в таблице 6.7

Таблица 6.7- Смета затрат на исследование

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	3300,0	1,33%
Затраты на основную заработную плату	144442,2	58,01%
Затраты на дополнительную заработную плату	14444,2	5,80%
Амортизация основных средств	4817,1	1,93%
Страховые взносы	47665,9	19,14%
Накладные расходы	34347,1	13,79%
Общий бюджет	249016,5	100%

6.4 Определение потенциального эффекта

Экономическую эффективность применения систем сухого охлаждения для ТЭС посчитать затруднительно, так как данная система уже идет к проекту ТЭС и считается она в комплексе при строительстве станции.

Поэтому экономическую эффективность буду считать комплексно для Адлерской ТЭС (ПГУ-80).

6.4.1 Смета затрат на реализацию проекта

В таблице 6.1 представлены затраты на оборудование, строительство и монтаж.

Таблица 6.1- Затраты на оборудование, строительство и монтаж [22]

Элемент затрат	Ед	Стоимость, млн.руб
Газовая турбина ГТЭ-45	1	394
Паровая турбина Т-35- 7,7	1	342
Котел утилизатор	1	354
Турбогенератор ТГВ- 100	1	290
Арматура и трубопроводы		120
Затраты на строительство		120
ИТОГО		1330

6.4.2 Расчет годовой выработки электроэнергии и отпуска тепла

Годовая выработка электроэнергии ПГУ-80

$$\mathcal{E}_{год} = N_H \cdot h_y,$$

где h_y - число часов использования установленной мощности, $h_y = 6800$ ч

$$\mathcal{E}_{год} = 80000 \cdot 6800 = 544 \text{ млн.квт} \cdot \text{час}$$

Расход электроэнергии на собственные нужды 12 %

где $\mathcal{E}_{отп}$ - отпуск электроэнергии, МВт*ч

$$\mathcal{E}_{отп} = 0,88 \cdot \mathcal{E}_{год} = 0,88 \cdot 544 = 478,7 \text{ млн.кВт} \cdot \text{ч}$$

6.4.3 Годовые эксплуатационные издержки

Чтобы рассчитать срок окупаемости проекта необходимо найти ее чистую прибыль для этого нужны данные по производимой товарной продукции и эксплуатационным издержкам на блок.

$$I = I_T + I_{AM} + I_{ЗПЛ} + I_{РЕМ} + I_{ПРОЧ} + I_{СОЦ}$$

6.4.3.1 Издержки на топливо

Годовые затраты тепловой электростанции на топливо

$$I_m = B_{ym} \cdot C_m,$$

где C_m – цена топлива, $C_m = 3426$ руб/тунт ,

$$I_m = B_{ym} \cdot C_m = 15934 \cdot 3426 = 545,9 \text{ млн.руб.}$$

6.4.3.2 Годовые затраты электростанции на амортизационные отчисления

Норма амортизационных отчислений на строительство энергоблока по данным Адлерская ТЭС составляет 3,3 %. Так как средний срок службы 30 лет.

Норма отчислений на ремонт по данным Адлерской ТЭС составляет 3,3 %.

$$I_{ам} = 1330 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} = 44 \text{ млн / рублей.}$$

6.4.3.3 Затраты на ремонт

$$I_{рем} = 0,2 \cdot I_{AM} = 44 \cdot 0,2 = 8,8 \text{ млн / рублей}$$

6.4.3.4 Годовые затраты на заработную плату

Годовые затраты на заработную плату

$$I_{ЗПЛ} = \Phi \cdot 12 = 1,132 \cdot 12 = 13,6 \text{ млн.руб}$$

Численность персонала

$$N_{перс} = N_H \cdot \overline{n_{ум}},$$

где $\overline{n_{ум}}$ - штатный коэффициент для ТЭС мощностью для ПГУ-80 МВт принимаем 0,5 чел./МВт [10]

$$N_{перс} = N_H \cdot \overline{n_{ум}} = 80 \cdot 0,5 = 40 \text{ чел,}$$

Фонд заработной платы

$$\Phi = 3 \cdot N_{перс},$$

где 3- средняя заработная плата, 3 = 28320 руб. [из документации станции]

$$\Phi = 3 \cdot N_{перс} = 28320 \cdot 40 = 1,132 \text{ млн.р}$$

6.4.3.5 Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды

$$И_{соц}=0,3И_{зпл}=0,3 \cdot 13,6=4,1 \text{ млн. руб}$$

6.4.3.6 Прочие расходы

$$И_{проч} = 0,1(И_T + И_{AM} + И_{ЗПЛ} + И_{РЕМ} + И_{СОЦ}) = 0,1(545,9 + 44 + 8,8 + 13,6 + 4,1) = 61,6 \text{ млн.руб}$$

6.4.2.7 Годовые эксплуатационные издержки

$$И = 545,9 + 44 + 8,8 + 13,6 + 4,1 + 61,6 = 677,6 \text{ млн.руб}$$

6.5 Определение прибыли

Прибыль валовая

$$\begin{aligned} P_{\sigma} &= \tau_{\sigma/\sigma} \cdot \mathcal{E}_{\sigma\sigma}^{omn} - И = \\ &= 2 \cdot 478,7 \cdot 10^6 - 677,6 \cdot 10^6 = 279,8 \text{ млн.р} \end{aligned}$$

где $\tau_{\sigma/\sigma}$ - тариф на отпуск энергии

$\tau_{\sigma/\sigma} = 2 \text{ руб} / \text{квт} \cdot \text{ч}$ - тариф на электроэнергию по данным оптового рынка электроэнергии и мощности.

6.6 Расчет срока окупаемости инвестиций

Срок окупаемости проекта без учета фактора времени

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K_{\text{ст}}}{Д}$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K_{\text{ст}}}{Д} = \frac{1330}{279,8} = 4,7 \text{года}$$

Вывод:

Применение сухого охлаждения на ТЭС вместо водяного дает ряд существенных преимуществ: сокращение площади, занимаемой ТЭС, из-за отсутствия системы технического водоснабжения; уменьшение затрат и сроков строительства ТЭС; независимость расположения ТЭС от источника водоснабжения; улучшение экологической обстановки в районе расположения ТЭС.

Так как экономический эффект от применения сухого охлаждения посчитать затруднительно. Были посчитаны затраты на строительство Адлерской ТЭС где применяется сухое охлаждение.