

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование технологического процесса автоматической системы регулирования температуры перегретого пара в котле

УДК 621.184.6-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы

	эксплуатации изделий
ПК(У)-3	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением

	<p>процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования</p>
ПК(У)-18	<p>Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,</p>
ПК(У)-19	<p>Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами</p>
ПК(У)-20	<p>Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций</p>
ПК(У)-21	<p>Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством</p>
ПК(У)-22	<p>Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения</p>

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ 10.04.21 г. Воронин А.В.  
 (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
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич

Тема работы:

Совершенствование технологического процесса автоматической системы регулирования температуры перегретого пара в котле	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.02.2021 №56 - 52/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	16.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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 котлоагрегат Е-240-13,8-560КТ с его системами автоматического регулирования температуры перегретого пара, принимающие в качестве среды питательную воду и собственный конденсат. Котлоагрегат встроен блочной связью с турбоагрегатом. Режим работы энергоблока непрерывный.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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"> <li>1. Описание технологического процесса.</li> <li>2. Обзор и анализ существующих систем регулирования температуры перегретого пара.</li> <li>3. Тепловой расчёт котлоагрегата Е-240-13,8-560КТ на разных режимах работы.</li> <li>4. Разработка структурной схемы пусковых впрысков до ШПП-1</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>6. Социальная ответственность.</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема регулирования температуры перегретого пара.</p>
--	--

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Аверкиев Алексей Анатольевич ООД ШБИП

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
--

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.04.2021
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		10.04.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич		10.04.2021

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич

<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	– Оклад ассистента - 22695,68 руб. в месяц; – Оклад руководителя проекта - 35111,5 руб. в месяц. – Человеческие ресурсы -2 человека (руководитель и студент-дипломник).
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент - 1,3
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка – 27,1%.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Расчёт инновационного потенциала НИ</i>	– Описание потенциальных потребителей; – SWOT-анализ; – Оценка научного уровня исследования.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	– Планирование работ; – Расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей НИ; – Расчет отчислений во внебюджетные фонды исполнителей НИ; – Определение трудоёмкости выполнения работ; – Разработка графика Ганта; – Расчёт бюджета затрат НИ.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT 2. График проведения НИ 3. Карта сегментирования рынка производства электроэнергии и выработки тепловой энергии 4. Разработка графика проведения научного исследования 5. Диаграмма Ганта
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М. В.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является рабочее место оператор энергоблока - блочный щит управления. Оператор управляет технологическими процессами котлоагрегата, турбоагрегата и вспомогательным оборудованием дистанционно с помощью систем автоматического управления. Рабочее место находится в главном корпусе в непосредственной близости с технологическим оборудованием и подвержено опасным и вредным факторам. В состав энергоблока входит: угольный котлоагрегат, турбоагрегат, турбогенератор и вспомогательное оборудование. Область применения: Приморская ТЭС.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>–специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>–организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Специальные:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ;</li> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ;</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007;</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007;</li> <li>– ГОСТ Р 51337-99;</li> <li>– ГОСТ 12.1.004-91;</li> <li>– ГОСТ 22269-76;</li> <li>– ГОСТ 22613-77;</li> <li>– ГОСТ 23000-78;</li> <li>– ГОСТ Р 50923-96;</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015;</li> <li>– ГОСТ 12.2.003-91;</li> <li>– ГОСТ 12.4.021-75;</li> <li>– ГОСТ 12.2.061-81;</li> <li>– ГОСТ 12.4.100-80;</li> <li>– ГОСТ 12.1.029-80;</li> <li>– ГОСТ 12.1.038-82;</li> <li>– ГОСТ 25592-2019;</li> <li>– ГОСТ Р 50948-2001;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ГОСТ Р 55175-2012;</li> <li>- ГОСТ Р 50831-95;</li> <li>- СанПин 2.2.2776-10;</li> <li>- СНиП II-58-75;</li> <li>- СП ТЭС - 2007;</li> <li>- СП 51.13330.2011;</li> <li>- СН 2.2.4/2.1.8.566-96</li> <li>- СН 2.4/2.1.8.562-96;</li> <li>- МУ 2.2.4.706-98/МУ ОТ РМ 01-98;</li> <li>- РД 153-34.0-03.301-00;</li> </ul> <p>ТК РФ.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b>  2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов  2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Повышенный уровень шума;</li> <li>- Повышенная напряжённость труда;</li> <li>- Повышенная вибрация;</li> <li>- Повышенная запылённость воздуха.</li> </ul> <p>Выявленные вредные факторы на блочном щите управления возникают вследствие работы энергетического оборудования (котлоагрегат, турбоагрегат, генератор, вспомогательное оборудование) и усиленного контроля оператором технологических процессов. Влияние на оператора запылённого воздуха происходит при выполнении обходов котлоагрегата.</p> <p>Для уменьшения воздействия вредных факторов на работников используются средства индивидуальной защиты; экранирование и изоляция источников вибраций, шума, увеличение числа источников света.</p> <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи - опасность поражения электрическим током.</li> <li>2. Пожаробезопасность - существует опасность пожаров и взрывов в случае отклонения режима работы технологического оборудования от допустимых режимов.</li> <li>3. Механические опасности - падение с высоты, соприкосновение с вращающимися механизмами и машинами.</li> </ol> <p>Термические опасности - ожоги о горячие части технологического оборудования, трубопроводов, паропроводов, дренажей.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов продуктов сгорания, связанных с технологическим процессом. Выбросы паровых котлов (ПК). Основные выбросы оксиды серы, оксиды азота, угарный газ, углеводороды, тепловые выбросы. ПДВ устанавливается на основе РД 153-34.02.303-98.</p> <p>Воздействие на гидросферу не происходит. На энергоблоке Приморской ТЭС</p>

	используется замкнутый цикл водообмена. Имеется воздействие на литосферу. При использовании твердого топлива остаётся большое количество золы и шлака. В результате этого происходит: изменение альbedo поверхности; изъятие территорий; радиационное загрязнение.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС на производстве: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Пожар;</li> <li>- Взрыв;</li> <li>- Технологическая авария.</li> </ul> Наиболее типичная ЧС - пожар, технологическая авария на производстве.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т61	Лазарев Александр Сергеевич		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Уровень образования – бакалавр

Период выполнения – весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2021	Основная часть	60
04.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
13.05.2021	Социальная ответственность	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		25.02.2021

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н.		10.04.2021

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 88 страниц, 19 рисунков, 24 таблицы, 11 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: котлоагрегат, пароперегреватель, температура пара, расход питательной воды, регулирование, собственный конденсат, впрыск, режим работы.

Цель работы – совершенствование автоматической системы регулирования температуры перегретого пара на котлоагрегате Е-240-13,8-560 КТ.

В данной работе был разработан дополнительный режим работы пусковых впрысков от питательной воды при нормальной работе котлоагрегата.

Разработанная система может применяться на энергетических котлах Приморской ТЭС.

Предлагаемая система позволит увеличить надёжность работы энергоблока, уменьшить количество аварийных отключений и как следствие финансовых убытков предприятия.

## Обозначения и сокращения

**АСУ ТП** – автоматизированная система управления технологическим процессом;

**АСР** – автоматическая система регулирования;

**АРМ** – автоматизированное рабочее место;

**Simatic PCS7** – система управления непрерывными и периодическими процессами;

**ПЛК S7-400H** – модульный программируемый контроллер;

**Profibus DP** – открытая полевая шина, разработанная специально для коммуникации систем автоматизации с децентрализованными станциями периферийных устройств и приводов;

**КИП** – контрольно измерительные приборы;

**ИМ** – исполнительный механизм;

**ПСО** – последовательность сообщений оператору;

**ТЗ** – технологическая защита;

**ТА** – турбоагрегат;

**КА** – котлоагрегат;

**ПП** – пароперегреватель;

**ШПП-1** – ширмовый пароперегреватель первой ступени;

**ШПП-2** – ширмовый пароперегреватель второй ступени;

**КПП** – конвективный пароперегреватель;

**КПП-3** – конвективный пароперегреватель третьей ступени;

**КПП-4** – конвективный пароперегреватель четвёртой ступени;

**НРП** – настенный радиационный подогреватель;

**ПК** – поворотная камера котлоагрегата;

**КШ** – конвективная шахта;

**СГГ** – стены горизонтального газохода;

**ГПЗ** – главная паровая задвижка;

**ПС** – пылесистема;

**РК** – регулирующий клапан;

**РПК** – регулирующий питательный клапан;

**СУП** – сниженный узел питания;

**УСК** – установка собственного конденсата;

**ПВ** – питательная вода;

**ПВД** – подогреватель высокого давления.

## Содержание

Введение.....	18
1 Описание оборудования и автоматизированной системы управления технологическим процессом энергоблока приморской ТЭС .....	19
1.1 Паровой котёл Е-240-13,8-560КТ.....	20
1.2 Турбоагрегат К-65-12,8 .....	24
1.3 Автоматизированная система управления технологическими процессами .....	26
1.4 Автоматическая система регулирования.....	31
1.5 Интерфейс PCS7 ПТК АСУ ТП.....	32
2. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара на КА Е-240-13,8-560КТ .....	35
2.1 Пароперегревательный тракт котлоагрегата Е-240-13,8-560КТ .....	35
2.2 Действующая схема автоматического регулирования температуры пара по перегревателю тракту.....	37
2.2.1 Пусковой впрыск до ШПП-1 .....	37
2.2.2 Впрыск 1,2 по собственному конденсату.....	38
2.3 Регулирование температуры пара при пуске и работе энергоблока .....	41
2.4 Используемые датчики температуры и регулирующие клапана .....	43
2.5 Причины и последствия повышения температуры перегретого пара.....	46
3 Совершенствование технологического процесса автоматической системы регулирования температуры перегретого пара .....	49
3.1 Проблема регулирования температуры пара .....	49
3.2 Техническое решение проблемы регулирования температуры перегретого пара .....	52
3.3 Расчётная часть.....	54
3.4 Вывод по разделу .....	56
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	57
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	57

4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	57
4.1.2	SWOT-анализ .....	59
4.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	61
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	61
4.2.2	Разработка графика проведения научного исследования.....	63
4.3	Бюджет научно-технического исследования .....	65
4.3.1	Основная заработная плата исполнителей темы .....	65
4.3.2	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	67
4.3.3	Отчисления во внебюджетные фонды.....	67
4.3.4	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	68
4.4	Оценка научного уровня .....	68
4.5	Вывод по разделу .....	72
5	Социальная ответственность .....	73
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	74
5.1.1	Специальные правовые норма трудового законодательства .....	74
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	75
5.2	Производственная безопасность .....	77
5.2.1	Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	78
5.3	Экологическая безопасность.....	81
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	82
5.4.1	Анализ возможных чрезвычайных ситуаций.....	83
5.4.2	Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации.....	83
5.5	Вывод по разделу «Социальная ответственность».....	85
	Заключение .....	86
	Приложение А. Технологическая схема ПП с пусковыми впрысками, первых впрысков по собственному конденсату .....	89
	Приложение Б. Технологическая схема вторых впрысков по собственному конденсату.....	90
	Приложение В. Структурная схема пускового впрыска по питательной воде ..	91
	Приложение Г. Расчёт 1 – расход питательной воды 0 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1 .....	92

Приложение Д. Расчёт 2 – расход питательной воды 3,6 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1 .....	100
Приложение Е. Расчёт 3 – расход питательной воды 5,5 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1 .....	108
Приложение Ж. Расчёт 4 – расход питательной воды 7,2 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1 .....	116

## Введение

В процессе пуско-наладочных работ технологического оборудования Приморской ТЭС были выявлены ряд проблем, влияющих на надежность работы энергоблока и соответственно выдачу заданной электрической нагрузки потребителю. Что в связи с затратными ремонтами и существенными штрафами за отключение энергоблока от сети могло привести к существенным финансовым потерям компанией.

Одной из выявленных проблем является, система, предотвращающая повышение температуры перегретого пара котлоагрегата Е-240-13,8-560 КТ на переходных режимах. В случае нештатной ситуации или при возникновении предаварийной обстановки, происходит повышение температура пара до уставки срабатывания защиты, действующей на отключение котла. Вследствие чего понижается надёжность работы котлоагрегата а вместе с ним и всего энергоблока что влечёт за собой финансовые убытки компании.

Целью данной работы является повышение надёжности работы энергоблока с помощью улучшения системы автоматического регулирования температуры перегретого пара на базе имеющихся ИМ, что впоследствии должно повысить надёжность работы котлоагрегата благодаря уменьшению повреждений пароперегревателя из-за перегрева металла выше допустимых показателей, уменьшению отключений энергоблока из-за повышения температуры перегретого пара вследствие нарушения технологического процесса.

В работе совершенствуется система автоматического регулирования температуры перегретого пара в перегревательном тракте котла.

## **1 Описание оборудования и автоматизированной системы управления технологическим процессом энергоблока приморской ТЭС**

Приморская ТЭС изображённая на рисунке 1 является первой электростанцией в Калининградской области, работающей на твердом топливе. Цель проекта заключается в диверсификации топливного баланса энергосистемы Калининградской области, вследствие чего при обострении мировой геополитической обстановки область меньше пострадает от перебоев в поставке природного газа, который используется как основное топливо на остальных электростанциях области.



Рисунок 1 – Приморская ТЭС

Угольная тепловая электрическая станция располагается в поселке Взморье, входящего в Светловский городской округ и включает в себя три паросиловых установки единичной мощностью 65 МВт каждая и 195 МВт в сумме.

Главными требованиями при выборе энергетического оборудования являлись обеспечение надежности при работе, а также соответствие современным требованиям и экологическим нормам.

На энергоблоке Приморской ТЭС установлен паровой котла Е-240-13,8-560 КТ производства ОАО «ЗиО» паропроизводительностью 240 т/ч, паровая турбина типа К-65-12,8 производства ЗАО «Уральский турбинный завод» мощностью 65 МВт, турбогенератор типа ТФ-65-2УХЛ4 НПО «ЭЛСИБ».

Используемая автоматизированная система управления технологическими процессами представляет собой многоуровневую, распределённую по технологическому и функциональному признаку систему и состоит из контроллеров – станций автоматизации (Automation station, AS), компонуемых по технологическим функциональным зонам, серверов информационных и управляющих функций (OS – серверы), рабочих мест эксплуатационного персонала (АРМ) и связывающих их между собой шин цифрового обмена.

### **1.1 Паровой котёл Е-240-13,8-560КТ**

Паровой котел Е-240-13,8-560КТ (заводское обозначение ПК-114) разработан для вновь строящейся электростанции. Безопасность эксплуатации и высокая экономичность работы обуславливается не только конструктивными решениями, но также и обеспечением котла системой автоматического регулирования процессами, системой защит, контрольно-измерительными приборами и системой дистанционного управления регулирующими и запорными органами.

Котел ПК-114 выполнен по классической П-образной компоновки, циркуляция теплоносителя естественная с сепарацией пара в барабане котла, является газоплотным, предназначен для работы с уравновешенной тягой и обладает подвесной конструкцией.

Высота топки составляет 30 м, с квадратным поперечным сечением 7700x7740 мм. Экраны скатов холодной воронки наклонены относительно к горизонту под углом в 50°. Вверху топки на заднем экране находится аэродинамический выступ.

Система испарения в котле двухступенчатая. К первой ступени испарения относятся контуры, связанные с барабаном, ко второй ряд циркуляционных контуров связанные с выносными циклонам.

Пароперегреватель котла имеет как радиационные поверхности нагрева, так и конвективные. К радиационным относится настенный перегреватель фронтального экрана, потолочный перегреватель, экраны поворотной камеры, ската, горизонтального газохода, и части конвективной шахты. К конвективным поверхностям нагрева перегревательного тракта относятся две ступени ширм, позволяющие снизить температуру дымовых газов перед следующими еще двумя ступенями пароперегревателя, расположенных в горизонтальном газоходе котла.

Температура пара регулируется с помощью впрыска собственного конденсата, который получается в установках собственного конденсата энергетического котла.

Для удаления дымовых газов на котле устанавливаются два дымососа типа ДН-22К. Для подачи воздуха необходимого для сжигания топлива предусмотрена установка двух дутьевых вентиляторов типа ВДН-18К. Для сушки твердого топлива дымовыми газами используются два дымососа рециркуляции газов типа ДН-18К.

На котле реализована система приготовления угольной пыли с прямым вдуванием. Уголь размалывается тремя тангенциальными молотковыми мельницами (на один котел) по типу ММТ-1500/2750/750К. На выходе из мельницы предусмотрен центробежный сепаратор, позволяя получить угольную пыль достаточно тонкого помола (до  $R_{90} = 15\%$ ), что является одним

из обязательных условий реализации низкоэмиссионной системы сжигания, а также глубокого выгорания твердого топлива.

Угли для сжигания относятся к III группе по взрывоопасности, поэтому сушка топлива осуществляется дымовыми газами с ограничением температуры аэросмеси за мельницей не выше 220 °С. Сушка топлива в мельницах производится «горячими» дымовыми газами ( $t_{гг.рец} \sim 355$  °С), отбираемыми после второй ступени экономайзера по ходу газов. Регулирование температуры пылегазовой смеси за мельницей осуществляется присадкой «холодных» дымовых газов ( $t_{хг.рец} = 126$  °С).

Каждая мельница работает на 1 ярус из четырех горелок. Для равномерного разделения пылегазовоздушной смеси после сепаратора мельницы устанавливается пыледелитель.

На котле ПК-114 реализована тангенциальная схема ступенчатого сжигания угольной пыли, что является общепризнанным эффективным решением для организации низкоэмиссионных схем сжигания бурых и каменных углей.

Снижение выбросов  $NO_x$  на котле достигается за счет реализации следующих мероприятий:

- применение тангенциальной схемы сжигания с отводом части воздуха от горелок;
- применение низкоэмиссионных горелок и сушкой топлива дымовыми газами;
- применение двухступенчатой схемы сжигания с организацией яруса третичного дутья (OFA).

Основным топливом котла ПК-114 приняты Кузнецкие каменные угли марки Д Задубровского и Виноградовского разрезов с характеристиками:

- низшей теплотой сгорания 5150 и 5495 ккал/кг;
- выходом летучих веществ на горючую массу 41,03 и 41,26 %;
- влажностью 11,7 и 11,2 %;

- зольностью на рабочую массу 12,5 и 10,04 %;
- содержанием углерода на рабочую массу 57,7 и 60,95 %;
- коэффициентом размолоспособности по Хардгроу – 67,1 и 48,0; по методу ВТИ – 1,32 и 1,04;
- критерием взрываемости 2,62 и 2,98.

Для очистки поверхностей нагрева котла устанавливаются обдувочные аппараты: водяные дальнобойные в топке и глубоководвижные паровые в горизонтальном газоходе.

Шлакоудаление сухое. Для непрерывного удаления шлака предусмотрена установка воздухоохлаждаемого транспортера, шлаковой дробилки и пневмокамерного насоса для транспортировки шлака без подачи воды.

Для очистки дымовых газов принят электрофильтр односекционный трёхпольный, с КПД не менее 99,5 %, позволяющий достичь нормативных выбросов золовых частиц в атмосферу не более 150 мг/нм<sup>3</sup>.

В таблице 1 указаны основные технико-экономические показатели котлоагрегата.

Хранение золы осуществляется на золоотвале, расположенном на отдельной площадке.

В качестве растопочного топлива используется мазут марки М-100 [1].

Таблица 1 – Основные технико-экономические показатели котла типа Е-240-13,8-560 КТ при номинальных эксплуатационных условиях

№ п/п	Наименование параметров	Обозначение	Значения
1	Номинальная паропроизводительность, т/ч	Дном	240
2	Температура пара на выходе из котла, °С	t <sub>пе</sub>	560*
3	Давление пара на выходе из котла, МПа	P <sub>пе</sub>	13,8
4	Температура питательной воды, °С	t <sub>п.в.</sub>	230
5	Массовая концентрация NO <sub>x</sub> в дымовых газах	NO <sub>x</sub>	≤ 400

	(при $\alpha = 1,4$ ), мг/нм <sup>3</sup>		
6	Массовая концентрация СО в дымовых газах (при $\alpha = 1,4$ ), мг/нм <sup>3</sup>	СО	$\leq 400$
7	Массовая концентрация твёрдых частиц в дымовых газах (при $\alpha = 1,4$ ), мг/нм <sup>3</sup>	-	$\leq 150$
8	Массовая концентрация SO <sub>x</sub> в дымовых газах (при $\alpha = 1,4$ ), мг/нм <sup>3</sup>	SO <sub>x</sub>	$\leq 1400$
9	Гидравлическое сопротивление котла от входа питательной воды до выхода перегретого пара, МПа	S	2,8
10	Разрежение на выходе из топки, Па	St	20
11	КПД котла (брутто) при 100 % Дном, %	$\eta_{к бр}$	93,0

Номинальная температура перегретого пара поддерживается в диапазоне нагрузок: 100-50 % Дном \*

## 1.2 Турбоагрегат К-65-12,8

Паровая конденсационная турбина К-65-12,8 предназначена для привода электрического генератора ТФ-65-2УХЛ4 с воздушным охлаждением, частотой вращения валопровода 3000 об/мин, ограниченного отпуска пара на собственные нужды и теплофикацию. Работа турбины предусмотрена в блочной схеме (котёл-турбина). В таблице 2 указаны основные технические характеристики паровой турбины.

Таблица 2 – Основные технические характеристики паровой турбины К-65-12,8

№ п/п	Наименование параметров	Значения
1	Электрическая мощность	65
2	Параметры свежего пара:	
	давление, МПа	12,8

	температура, °С	555
	расход номинальный, т/ч	237
	расход минимальный, т/ч	142
3	Охлаждающаяся вода, проходящая через конденсатор:	
	расход номинальный (максимальный), м <sup>3</sup> /ч	8000
	температура на входе в конденсатор, °С	20
4	Давление в конденсаторе при номинальном расходе охлаждающей воды, кПа	5,7
5	Температура питательной воды на данном режиме, °С	232

Турбина представляет собой одновальный одноцилиндровый агрегат, имеющий двухкорпусную конструкцию и петлевую схему движения пара в цилиндре. Проточная часть турбины состоит из 23 ступеней, во внутренне корпусе расположено 10 ступеней, остальные – в наружном. Высота рабочих лопаток последней ступени 550 мм. На рисунке 2 представлен турбоагрегат К-65-12,8.

Конструкция и материал дисков и лопаточного аппарата, работающих в зоне фазового перехода, обеспечивают их надёжность против коррозионно-усталостного и коррозионно-эрозионного растрескивания при длительной эксплуатации при соблюдении качества свежего пара перед турбиной.



Рисунок 2 – Турбоагрегат К-65-12,8

Парораспределение турбины – дроссельное. Свежий пар от котла подводится к отдельно расположенному блоку клапанов, в котором размещены стопорный клапан с автозатвором и два регулирующих клапана со своими сервомоторами. От блока клапанов пар поступает во внутренний корпус цилиндра. Пройдя левый поток, он разворачивается на 180 градусов и направляется по межкорпусному пространству к ступеням правого потока. Из части низкого давления пар поступает в конденсатор поверхностного типа [2].

Лопаточный аппарат турбины рассчитан и настроен на работу при частоте сети электрического тока 50 Гц, что соответствует частоте вращения валопровода турбины 3000 об/мин.

Турбина имеет валоповоротное устройство с приводом от электродвигателя для вращения валопровода с частотой вращения 4 об/мин при пусках и остановках турбины.

### **1.3 Автоматизированная система управления технологическими процессами**

АСУ ТП Приморской ТЭС в части тепломеханического и электротехнического оборудования реализуется на базе программно-технического комплекса Simatic PCS7 (ПТК).

В состав программно-технического комплекса на базе Simatic PCS7 входят следующие основные компоненты:

- автоматизированные рабочие места, экраны коллективного пользования, принтеры;
- резервированные сервера процесса PCS 7;
- система единого времени;
- сетевые компоненты Industrial Ethernet (терминальная шина, системная шина);
- резервированные программируемые контроллеры семейства S7-400H (ПЛК);

- резервированная полевая шина Profibus DP;
- устройство распределённого ввода/вывода ET-200M (включают интерфейсные модули IM153 и модули ввода-вывода);
- система бесперебойного питания ПТК;
- шина цифрового обмена сети РЗА и измерительных центров.

Основной функцией сервера процесса является сбор и обработка данных от контроллеров и электротехнических устройств и последующее её представление на клиентских машинах.

Автоматизированное рабочее место представляет собой единичный клиент PCS7, т.е. набор из одного операторского терминала, одной мыши, одной клавиатуры и двух мониторов.

Станция автоматизации SIMATIC S7-400 разработана для построения систем автоматического управления, отличающихся повышенной надёжностью функционирования. Наличие резервированной структуры позволяет продолжать работу в случае возникновения одного или нескольких отказов в его компонентах. Контроллер S7-400 является активным устройством (Master) в сети Profibus DP. Master-устройство поочередно запрашивает Slave-устройства (модули ввода/вывода), при этом происходит приём/передача соответствующей информации [3].

Назначение компонентов контроллера SINIMATIC S7-400H представлены в таблице 3.

Конфигурация Simatic S7-400H состоит из следующего набора основных аппаратных компонентов:

- блок питания PS 405 10A;
- модуль центрального процессора SIMATIC S7 CPU 417-4H;
- коммуникационный процессор CP443 -1(5);
- модуль синхронизации.

Таблица 3 – Назначение компонентов контроллера SINAMATIC S7-400H

Компонент	Назначение
Блок питания	Стабилизированные блоки питания PS 405 10A формируют выходные напряжения 5 VDC и 24 VDC, необходимые для работы систем автоматизации SIMATIC S7-400. Питание к модулям подаётся через внутреннюю шину контроллера. Входное напряжение составляет 19,2 ...72 VDC.
Модуль центрального процессора	В составе контроллера используются центральные процессора S7-417-4H, исполняют программу пользователя. Центральные процессоры оснащены встроенными интерфейсами PROFIBUS DP.
Коммуникационный процессор	Коммуникационный процессор CP443-1 обеспечивает возможность подключения программируемых контроллеров SINAMATIC S7-400 к сети Industrial Ethernet. Он оснащён встроенным микропроцессором и выполняет автономное управление сетевым обменом данными, разгружая от этих задач центральный процессор контроллера. Коммуникационный процессор CP 443-5 Extender предназначен для подключения программируемого контроллера SINAMATIC S7-400 к сети PROFIBUS DP. Он позволяет разгружать центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач.
Модуль синхронизации	Необходим для установки синхронизирующих соединений между двумя центральными процессорами CPU 417-4H программируемого контроллера S7-400H. Устанавливается в модуль центрального процессора, соединение между модулями синхронизации дублированного контроллера выполняется оптоволоконным кабелем

Основные связи реализуются с промышленной Ethernet сетью. Системная шина обеспечивает связь между сервером и процессами и программируемыми контроллерами, терминальная – между сервером процесса и клиентскими машинами. Также есть шина связи с электротехническими устройствами. Каждая шина построена по кольцевой топологии. Коммутаторы соединяются друг с другом, образуя оптическое кольцо, в котором одно из соединений является резервным. Управляющий коммутатор рассылает тест-пакеты и проверяет исправность сети. В случае обнаружения сбоя он активирует резервную связь и перенаправляет данные по ней без потери информации. В свою очередь контроллеры, посредством полевой шины PROFIBUS, опрашивают модульные станции ET200M с модулями ввода/вывода.

Устройство распределённого ввода-вывода ET-200M представляет собой совокупность модулей, обеспечивающих сопряжение с разнообразным оборудованием (датчиками, исполнительными механизмами и другими устройствами) и позволяющих принимать, обрабатывать, выдавать сигналы различного типа в широком диапазоне значений напряжения, тока, мощности, длительности импульсов и т.п. [2].

Устройство распределённого ввода-вывода ET200M является пассивным устройством (Slave) в полевой сети Profibus DP. Активным устройством (Master) в сети Profibus DP является контроллер S7-400H. Master-устройство поочередно опрашивает Slave-устройства, при этом происходит приём/передача соответствующей информации.

PROFIBUS DP – используется в тех случаях, когда датчики и исполнительные устройства размещены на значительном удалении друг от друга и от системы автоматизации, а общее количество этих устройств превышает 16 штук. Датчики и исполнительные устройства подключаются к приборам полевого уровня. Приборы полевого уровня производят сбор информации и передают её ведущему устройству, а также получают от

ведущего DP устройства значения выходных сигналов и выводят их на свои выходы [4].

Полевой уровень автоматизированной системы управления технологическими процессами включает в себя КИП для измерения температуры, давления, расхода, уровня, механических величин, частоты вращения. Также к нему относятся электроприводы исполнительных механизмов такие как задвижки, шиберы, направляющие аппараты тягодутьевых механизмов, регуляторы разных типов. Структурная схема энергоблока №1 представлена на рисунке 3.

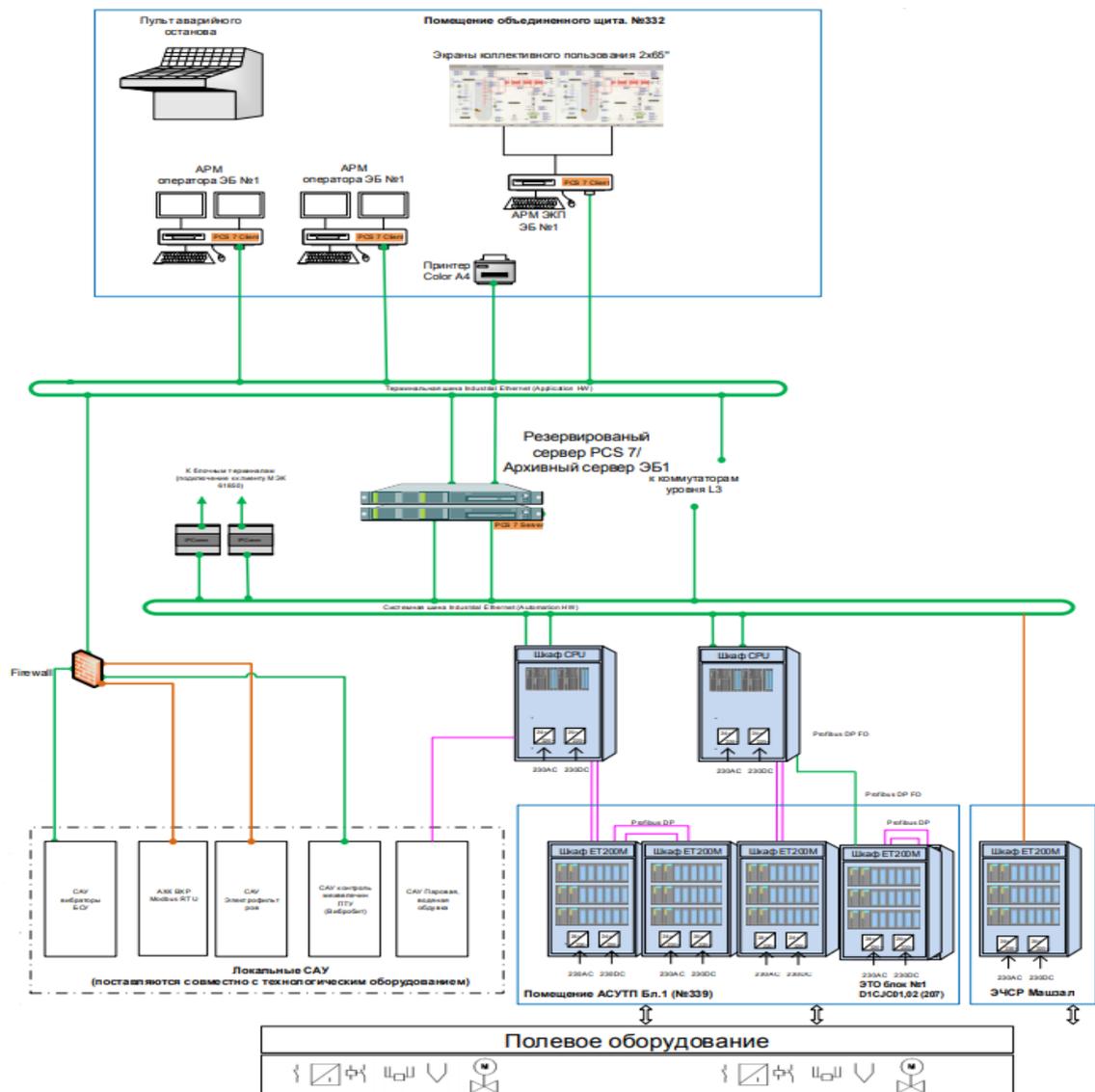


Рисунок 3 – Структурная схема энергоблока №1

Функциональным назначением полевого уровня является измерение параметров и дальнейшее преобразование в электрические сигналы. Получение сигналов управления от ПЛК и дальнейшее воздействие на объект технологического управления согласно этим сигналам. Благодаря чему возможно осуществлять контроль и регулирование технологического процесса. Выполнять пуск, останов и защиту оборудования в случае нарушения технологического процесса или повреждений оборудования.

#### **1.4 Автоматическая система регулирования**

Автоматические системы регулирования формируют управляющие воздействия на исполнительные устройства (исполнительные механизмы, арматуру, коммутационные аппараты и прочее) с целью поддержания значения регулируемого параметра в соответствие с заданием, определяемым оператором энергоблока или внешним алгоритмом.

Воздействие АСР на ИМ имеет низший приоритет по отношению к другим дискретным воздействиям других алгоритмов АСУТП (командам защит, пошаговому логическому управлению, технологическим блокировкам, дистанционному управлению) [5].

Действие АСР на ИМ может осуществляться путём выдачи импульсных команд больше/меньше, открыть/закрыть и т.д. (дискретное управление), либо формированием задания по положению для позиционера ИМ (аналоговое управление).

Воздействие АСР на ИМ осуществляется по различным законам регулирования (П-, ПИ-, ПИД-) и осуществляется только в автоматическом режиме работы АСР. При переводе АСР в дистанционный режим управления автоматическое воздействие на ИМ не осуществляется. Алгоритмы логики нижнего уровня допускают технологические разрешения и запреты на перевод АСР в автоматический режим работы. Перевод в автоматический режим АСР осуществляется персоналом при помощи соответствующей кнопки на панели

управления ИМ, кнопка будет активной только при отсутствии запрета на перевод в автоматический режим. В логике управления нижнего уровня могут быть предусмотрены алгоритмы перевода АСР в режимы автоматического и дистанционного управления, а также, в обязательном порядке, реализован алгоритм принудительного перевода АСР в дистанционный режим при отказе важных, участвующих в АСР, датчиков. Принудительный перевод АСР в дистанционный режим управления сопровождается соответствующей сигнализацией.

Для изменения значения уставок задания регулируемых величин АСР предусматриваются задатчики, доступные оперативному персоналу для управления на видеограммах. Задатчики могут работать в режимах внутреннего задания (оператор вручную задаёт значение уставки), режим слежения (задатчик пропускает на свой выход значение отслеживаемой величины).

Перевод в автоматический режим АСР осуществляется безударно за счёт реализации в алгоритме статической или динамической балансировки.

Выходные сигналы, используемые в АСР, постоянно автоматически диагностируются. Все обнаруженные нарушения и отказы сигнализируются, регистрируются и передаются в архив, выводятся на экран оператора в ПСО.

### **1.5 Интерфейс PCS7 ПТК АСУ ТП**

На энергоблоке используется операторский интерфейс PCS7 ПТК АСУ ТП. Система включает в себя видеокадры технологических, электрических процессов с возможностью воздействия на регуляторы, задвижки, переключатели, включатели, выключатели механизмов и пошаговый разворот группы. Имеется возможность вести контроль за любым технологическим процессом посредством получения информации с нижнего уровня такими как температура, давление, разряжение, горение факела, разница температур верх-низ цилиндра турбоагрегата и т.п. В процессе пуска энергоблока или

переходных операций есть возможность вывода или ввода технологических и локальных защит.

Пример оформления технологического участка приведён на рисунке 4. Здесь отображается оборудование (или его часть), относящееся к технологическому участку. Описание статических и динамических элементов.

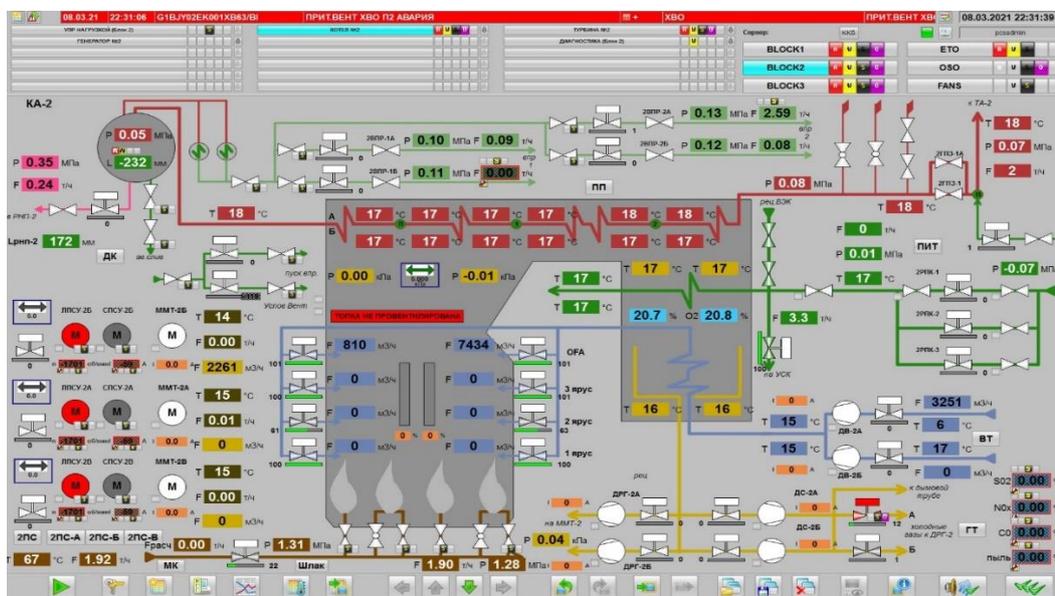


Рисунок 4 – Пример экрана технологического участка

Видеокадры представляют собой схематическое отображение различных узлов и установок технологического оборудования. Все видеокадры состоят из двух независимых частей: статическая и динамическая. Статическая часть видеокадра включает в себя отображение корпусов, трубопроводов, ручная арматуры, текстовых комментариев и обозначений. Динамическая часть представляет собой отображение всех типовых устройств управления, например клапанов, приводов, насосов, датчиков.

Имеется возможность ставить ИМ в разные режимы работы такие как:

- местный – управляется с местного пульта (переход и выход из этого режима осуществляется с местного пульта);
- ручной (дистанционный) – управляется с АРМ АСУ ТП;
- автоматический – управляется алгоритмами автоматике АСУ ТП;

- испытательное положение – команды будут проходить и сопровождаться сигналами обратной связи (включено/отключено), но реального воздействия на ИМ не произойдёт.

## **2. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара на КА Е-240-13,8-560КТ**

### **2.1 Пароперегревательный тракт котлоагрегата Е-240-13,8-560КТ**

Пароперегреватель котла является ответственной частью КА в силу того, что эксплуатируется в наиболее тяжёлых температурных условиях с низким коэффициентом теплоотдачи пару в отличии от остальных поверхностей нагрева.

Назначение ПП это преобразование сухого насыщенного пара выходящего из верха барабана КА, поступающего в ПП для дополнительного нагрева и дальнейшего перехода в следующее фазовое состояние в виде перегретого пара с определёнными параметрами (давление, температура).

Пароперегреватель котлоагрегата выполнен двухпоточным радиационно-конвективным. ПП изображён на рисунке 5. Он состоит из настенной радиационной ступени, ширм, конвективных ступеней и экранов ограждения потолка, горизонтального газохода, поворотной камеры и части конвективной шахты. Регулирование температуры пара осуществляется впрысками собственного конденсата, получаемого с установок собственного конденсата.

При работе котлоагрегата должны выдерживаться допустимые температуры по пару и металлу пароперегревателя. Превышение указанных предельных температур пара на любом участке ПП допускается на время не более 3-х минут и на величину не более 10 °С. Для предотвращения износа металла ПП [6].

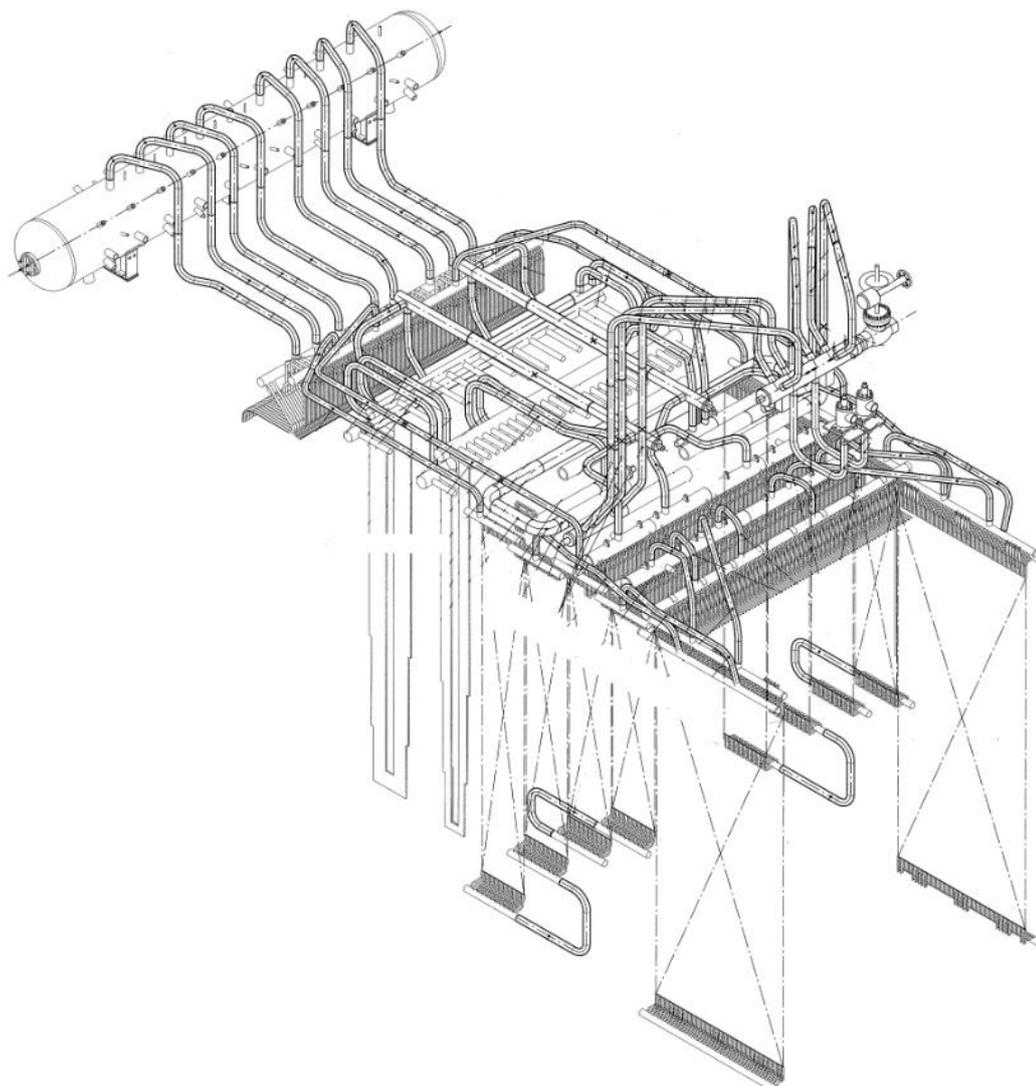


Рисунок 5 – Пароперегреватель котлоагрегата Е-240-13,8-560КТ

Допустимые температуры пара за поверхностями нагрева указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Допустимые температуры пара за поверхностями нагрева.

Поверхность нагрева	Номинальная нагрузка
	Рабочая температура, °С
НРП	351
Потолок	356
Ф-2, Ф-3	358
Экраны СГГ, ПК, КШ	361
КПП	407

ШПП-1	444
ШПП-2	471
КПП-3	521
КПП-4	560

## 2.2 Действующая схема автоматического регулирования температуры пара по перегревателю тракту

В АСР температуры пара по перегревателю тракту реализованы две системы регулирования. В виде впрысков в пароохладители до ШПП-1 и за ГПЗ-1 питательной воды при пусковых операциях энергоблока. И впрысков собственного конденсата до ШПП-2 и до КПП-4 при выходе на расходы ПВ на котёл соответствующей электрической нагрузке турбогенератора 24 МВт. На рисунке 6 изображён видеокادر автоматических систем регулирования температуры перегретого пара.

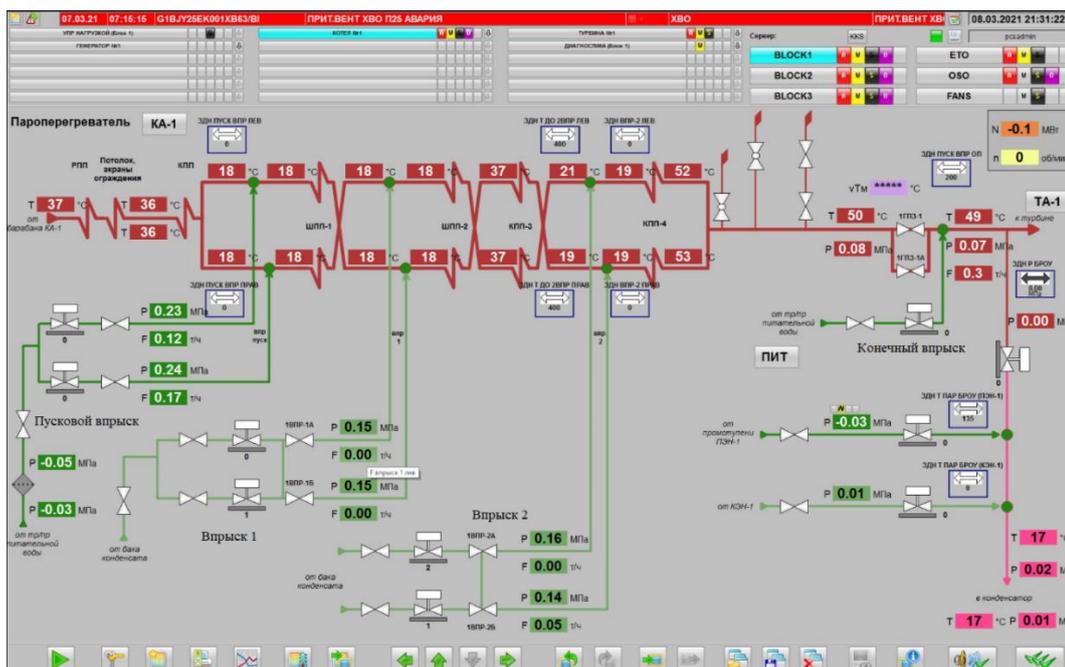


Рисунок 6 – Видеокادر, впрыски пусковые и 1,2

### 2.2.1 Пусковой впрыск до ШПП-1

Первая система регулирования температур по двум потокам до ШПП-1 питательной водой включает в себя два регулятора D1LAE11(12)AA801 и две

термопары. D1НАН21(22)СТ002 температура пара до ШПП-1. Регуляторы выполнены по одноимпульсной схеме для регулирования температуры пара за пусковыми впрысками в пусковом режиме котла с воздействием на регулирующие клапаны подачи питательной воды в пароохладитель. Для безударного включения в работу на его входе выполнена динамическая балансировка. Структурная схема регулятора пускового впрыска представлена на рисунке 7. Технологическая схема в приложении А.

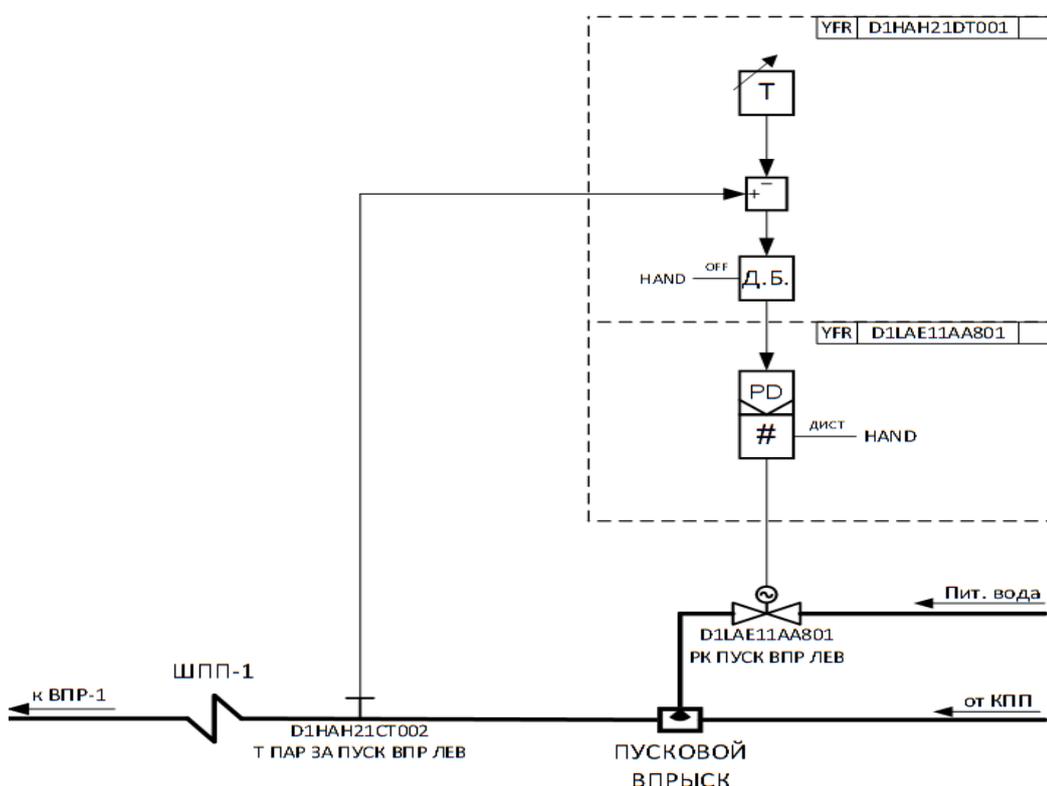


Рисунок 7 – Структурная схема регулятора пускового впрыска

### 2.2.2 Впрыск 1,2 по собственному конденсату

Вторая система регулирования температур собственным конденсатом по двум потокам до ШПП-2 и до КПП-4 под нагрузкой включает в себя впрыск собственного конденсата 1,2. Технологическая схема в приложениях А, Б.

Первая подсистема выполняет регулирование острого пара за котлом и включает в себя два регулирующих клапана D1НАF13(14)AA801 и четыре термопары. D1НАН27(28)СТ002 температура пара за впрысками 2,

D1HAF27(28)CT003 температура пара за КПП-4. Структурная схема регулятора впрыска 2 представлена на рисунке 8.

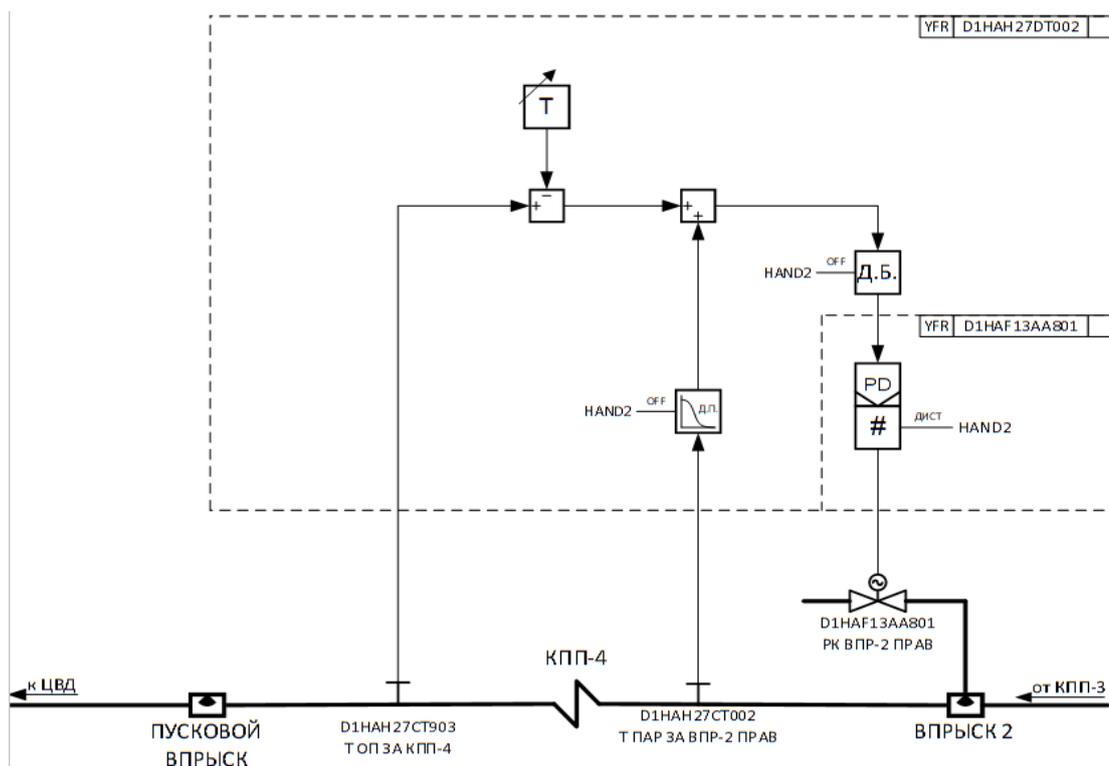


Рисунок 8 – Структурная схема регулятора впрыска 2 по собственному конденсату

В регулировочном диапазоне работы блока регулирование температуры острого пара за котлом (за КПП-4) выполняется регуляторами вторых впрысков воздействием на регулирующие клапана. Для улучшения точности регулирования, кроме сигнала регулируемой температуры пара после КПП-4 в схеме используются исчезающие динамические преобразованные сигналы по температуре пара за впрысками 2. Для безударного включения в работу регуляторов впрысков 2 на их входе выполнена динамическая балансировка.

Вторая подсистема выполняет функцию регулирования перепада температуры на впрысках 2 по перегревательному тракту от до ШПП-2 и до впрысков 2. В её состав входит два регулирующих клапана D1HAF11(12)AA801 и 8 термопар. D1HAF25(26)CT001 температура пара до КПП-3, D1HAF27(28)CT001 температура до впрыска 2, D1HAF23(24)CT002



Заданное значение перепада температур на вторых впрысках в регулировочном диапазоне формируются оператором при помощи задатчиков. В случае исчерпания диапазона или отключения регуляторов впрыска 2 температура за впрысками запоминается при включённых регуляторах впрыска 1. В результате регуляторы впрыска 1 поддерживают температуру перед вторыми впрысками. Оператор может задатчиками устанавливать заданную температуру пара перед вторыми впрысками. При возвращении вторых впрысков в регулировочный диапазон задание температуры пара до вторых впрысков вычисляется как сумма температуры пара за вторыми впрысками и перепада температур, установленного на задатчиках.

Если температура за впрысками 2 становится меньше/больше запомненной температуры при открытых/закрытых впрысках 2, то происходит замена запомненной температуры на текущее значение температур за впрысками с целью гарантированного схода вторых впрысков с крайнего положения, если вторые впрыски на «АВТ».

Кроме сигналов температур пара до и после впрысков 2 в схеме используются исчезающие динамические преобразованные сигналы по температурам пара за первыми впрысками, и до КПП-3.

Для безударного включения в работу регуляторов первых впрысков на их входе выполнена динамическая балансировка.

### **2.3 Регулирование температуры пара при пуске и работе энергоблока**

Для понимания данной проблемы необходимо понять принципиальную схему работы энергоблока. Энергоблок работает по схеме котёл-турбина. ПВ поступает из деаэратора на всас питательного электронасоса благодаря чему движется на сниженный узел питания на КА и далее проходит пароводяной тракт откуда поступает в барабан котла. Из барабана КА очищенный сухой насыщенный пар поступает в пароперегреватель котла, где происходит

дальнейший подогрев пара чтобы на выходе из котлоагрегата получить сухой перегретый пар, который поступает на ТА. В турбоагрегате потенциальная энергия перегретого пара преобразуется в кинетическую, которая в свою очередь преобразуется в механическую энергию через вращение вала турбины. Это приводит в движение вал турбогенератора, вследствие чего происходит выработка электроэнергии на общую электрическую сеть.

В процессе пуска энергоблока предусмотрены пусковые впрыски от питательной воды, до ШПП-1 и за ГПЗ-1. До достижения нагрузки энергоблока 25–30 % номинальной, когда впрыски собственного конденсата не могут быть использованы (как из-за малого количества собственного конденсата, так и из-за плохого качества распыла вода при низких расходах пара на УСК). Пусковой впрыск включается при достижении температуры перегретого пара за котлом 300 °С, необходимой для толчка турбины, и используется на всех этапах пуска энергоблока, вплоть до повышения температуры пара до номинальной 560 °С, как малоинерционное средство регулировки температуры пара.

Штатные впрыски котла вводятся в работу после перевода котла на непрерывное питание при тепловой нагрузке котла более 30 % от номинальной величины.

Защита ПП и регулирование температуры пара осуществляется впрыском собственного конденсата в пароохладители первой и второй ступени. Для впрыска используется конденсат, получаемый в УСК путём охлаждения насыщенного пара, поступающего из барабана, питательной водой, отбираемой до водяного экономайзера (после СУП). Через конденсаторы проходит около 25 % питательной воды на номинальной нагрузке, поступающей на котёл. Суммарный впрыск конденсата в пароохладители второй ступени при нагрузке близкой к номинальной позволяет снизить температуру пара на 15 °С. Суммарный впрыск конденсата в пароохладители первой ступени не регламентируется, потому что поддерживает перепад температур на впрысках второй ступени.

## 2.4 Используемые датчики температуры и регулирующие клапана

В процессе регулирования температуры перегретого пара по ПП используются термопары типа Метран-2000-(-40...800)-К-1-И-1-А03-120-200-Н10-А1-С-Р-У1.1(-55...+85)-ГП [7]. На рисунке 10 представлена термопара Метран 2000.



Рисунок 10 – Метран 2000

В таблице 5 приведены технические характеристики термопары Метран 2000.

Таблица 5 – Технические характеристики термопары типа Метран 2000.

Параметр	Значение
Исполнение по способу контакта с измеряемой средой	Поверхностное
Диапазон измерения температуры	Минус 50...800 °С
НСХ	100П
Количество чувствительных элементов (ЧЭ)	1
Тип ЧЭ	Проволочный
Класс допуска	В
Схема соединения	2, 3, 4
Длина монтажной части	≤ 2 000 мм

Материал защитной арматуры	Н10 (12Х18Н10Т)
Пылеводозащита	- IP65 (для исполнений с соединительной (коммутационной) головкой и для исполнения ПП Е07, Е08)
Климатическое исполнение	У1.1
Межповерочный интервал	4 года

Для контроля температуры металла пароперегревательного тракта используются термоэлектрические преобразователи изображённые на рисунке 11 типа КТХА 02.01–050-к1-И-Т310-3–20000/500 температура применения (минус 40... 1000) °С [8].

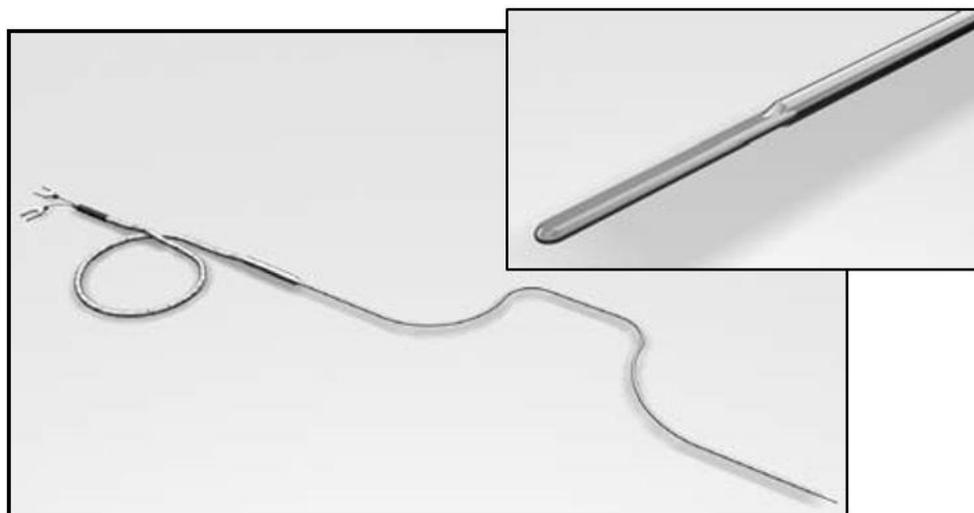


Рисунок 11 – Термоэлектрический преобразователь типа КТХА

В таблице 6 приведены технические характеристики Термоэлектрический преобразователь типа КТХА.

Таблица 6 – Технические характеристики термопары типа КТХА

Параметр	Значение
----------	----------

Температура применения		Минус 200...1000 °С
Группа условий эксплуатации		III
Интервал между поверками		1 год
Выбор кабеля	Диаметр оболочки	3
	Материал оболочки	T310
Тип исполнения		Изолированный рабочий спай
Пылевозооащита		IP65

Для регулирования температуры пара по пароперегревательному тракту используется электропривод UMATIC, SAR 07.6 с блоком управления AC 01.2 изображённый на рисунке 12 [9]. Для всех впрысков регулирующие клапана однотипные.



Рисунок 12 – AUMATIC, SAR 07.6 + AC 01.2

В таблице 7 приведены технические характеристики регулятора.

Таблица 7 – Технические характеристики электрического привода AUMATIC, SAR 07.6 + AC 01.2

Параметр	Значение
Привод	SAR 07.6
Тип привода	Многооборотный
Скорость вращения привода	5,6 об/мин
Тип эл. двигателя	Асинхронный, 3-х фазный 380 В, 50 Гц

Блок управления	АС 01.2
Цепи управления	24 В DC
Момент усилия на валу	30–60 Н/м
Допустимая температура окружающей среды	Минус 30 ...70 °С
Пылеводозащита	IP68

## 2.5 Причины и последствия повышения температуры перегретого пара

В процессе работы энергоблока присутствует возможность возникновения нештатных ситуаций по разным причинам, вследствие чего потребуются останов оборудования технологическими защитами или отключения оператором с аварийного пульта управления, не дожидаясь срабатывания ТЗ. Это зависит от оперативной обстановки на оборудовании.

Причины повышения температур пара могут быть весьма разнообразны. Сам факт повышения температуры пара в большей степени является последствием другого процесса.

Основными причинами повышения температуры пара являются [10]:

- снижение температуры ПВ вследствие отключения группы ПВД при срабатывании ТЗ группы ПВД – после отключения группы ПВД, питательная вода будет поступать в КА помимо ПВД. Вследствие чего температура питательной воды уменьшится с 230 °С до 164 °С, что приведёт к уменьшению парообразования при прежней загрузке ПС по топливу. При уменьшении температуры питательной воды количество топлива и продуктов сгорания увеличивается для поддержания заданной нагрузки энергоблока, что в свою очередь приведёт к повышению скоростей газов в ПП и увеличению коэффициента теплоотдачи. Следовательно, при прежнем расходе пара на турбину повышается температура перегретого пара;

- нестабильный режим горения в топке котла – нарушение режима горения может быть вызвано увеличением присоса воздуха в топку котла, коэффициента избыточного воздуха в котле, разряжения в верху топки с последующим затягиванием факела в перегревательную часть котла с последующим увеличением температуры перегретого пара;
- зашлакованность поверхностей нагрева – в процессе работы КА происходит шлакование топки и ПП, что приводит к уменьшению теплосъёма поверхностями нагрева и дальнейшее повышение температуры металла;
- повышение частоты в энергосистеме – в случае избытка генерируемой мощности в энергосистеме, энергоблок будет разгружаться прикрытием РК на величину повышения частоты сети, поддерживая частоту 50 Гц. При разгрузке, регулирующие клапана на ТА прикрываются, выдерживая номинальное давление перед турбиной. Котлоагрегат разгружается по топливу. Так как КА инерционный, понижение давления в барабане КА происходит медленно в отличии от расхода питательной воды, который снижается быстрее. Вследствие чего уменьшается расход через ПП а, вместе с ним происходит повышение температуры перегретого пара;
- понижение частоты в энергосистеме – происходит из-за дефицита генерируемой мощности, возникающего из-за отключения, снижения мощности генераторов или повышение потребления электроэнергии. В процессе понижения частоты происходит нагружения энергоблока в виде загрузки мельниц и открытия регулирующих клапанов. Что приведёт к повышению температуры перегретого пара;
- повышение уровня в барабане котла – уровень в барабане котла напрямую связан с РПК на СУП, при повышении уровня РПК будет прикрываться вследствие чего расход питательной воды на УСК уменьшаться и вместе с ним уменьшаться количество получаемого собственного конденсата в процессе конденсации пара с барабана котла.

Температура пара будет повышаться из-за малого расхода собственного конденсата на впрыски 1,2;

- неисправности системы регулирования температуры пара впрысками 1,2 - сбой системы регулирования либо механические повреждения.

Повышение допустимой температуры пара влечёт за собой уменьшение долговечности металла поверхностей нагрева. В зависимости от длительности и степени превышения фактической температуры над допустимой оно может вызвать ускорение ползучести что приведёт изменению структуры металла труб и окалинообразования (коррозии) металла [11].

Длительной воздействие сверхдопустимых температур на металл поверхностей нагрева приводит к образованию свищей, разрывов трубок. Что в свою очередь несёт и другие повреждения. На рисунке 13 изображён пример повреждения ширмового пароперегревателя.



Рисунок 13 – Пример разрыва трубки ширмового пароперегревателя

### **3 Совершенствование технологического процесса автоматической системы регулирования температуры перегретого пара**

#### **3.1 Проблема регулирования температуры пара**

В период пусконаладочных работ на котлах ПК-114 Приморской ТЭС экспериментальным путём была выявлена проблема, связанная с системой регулирования температуры перегретого пара.

В процессе проведения анализа причины повышения температуры перегретого пара было установлено, что при резкой разгрузки котла, происходит повышение температуры пара до уставки срабатывания защиты, действующей на отключение энергоблока, в связи с чем была определена неэффективность существующих алгоритмов и схем регулирования температуры перегретого пара при нештатных режимах работы КА.

Причиной резкого повышения температуры перегретого пара является прекращение поступления питательной воды на УСК. На схеме (рисунок 14) линия отбора питательной воды на УСК выполнена после регулятора питания котла вследствие чего, при повышении уровня воды в барабане РПК прикрывается, расход питательной воды на УСК уменьшается и вместе с ним уменьшается количество получаемого собственного конденсата в процессе конденсации пара с барабана котла. При резкой разгрузке энергоблока РПК закрывается полностью, оставляя конденсатор УСК без расхода. Тем самым на основные впрыски котла не поступает конденсат в пароохладительные установки.

Для понимания проблемы разберём нештатную ситуацию, которая произошла 2 января 2021 года. Приведённые графики отображают единый временной интервал. Энергоблок работает на номинальных параметрах. В стабильном режиме работы уровень в барабане котла находится в диапазоне плюс, минус 10 мм от заданного значения.

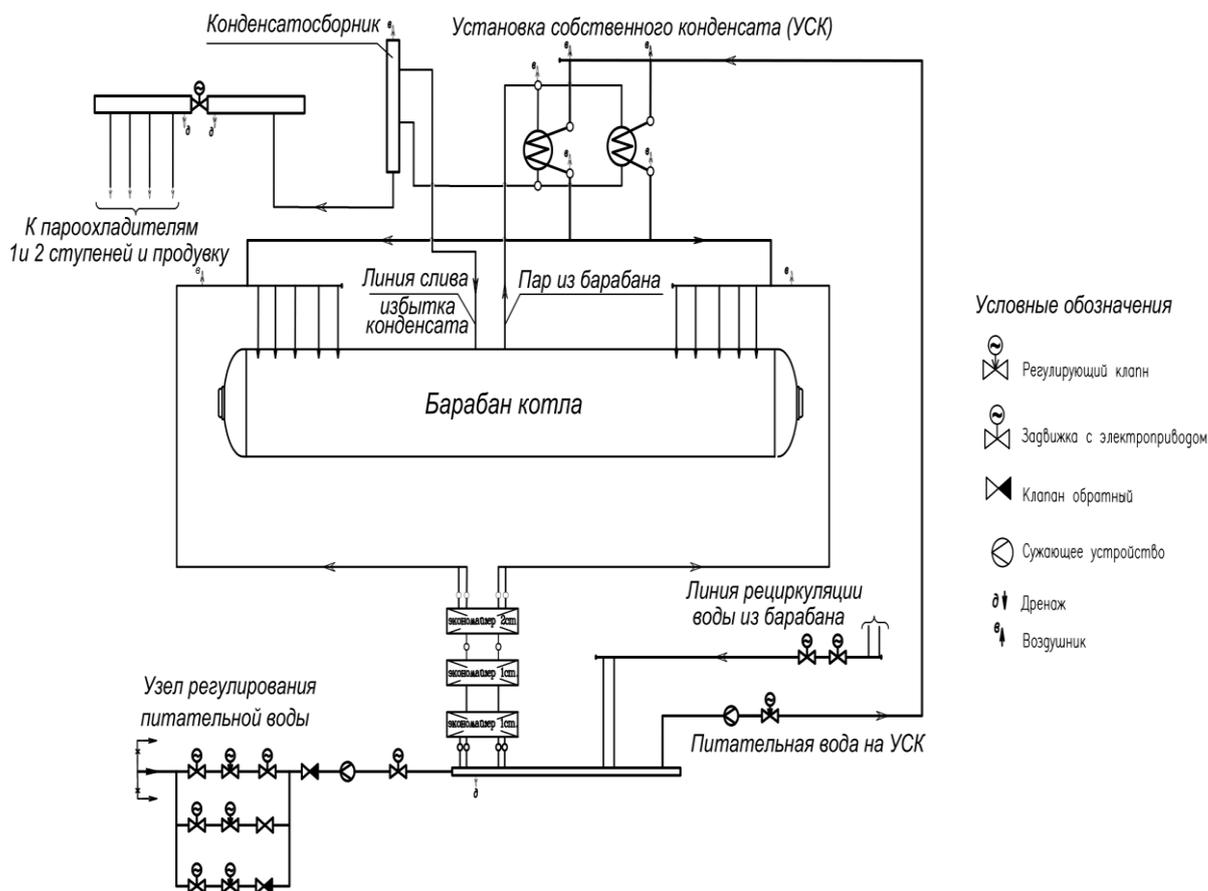


Рисунок 14 – Схема подключения УСК по питательной воде котла ПК-114

В период вынужденной резкой разгрузки энергоблока происходит увеличение уровня воды в барабане, для уменьшения расхода питательной воды регулятор питания котла закрывается (рисунок 15).

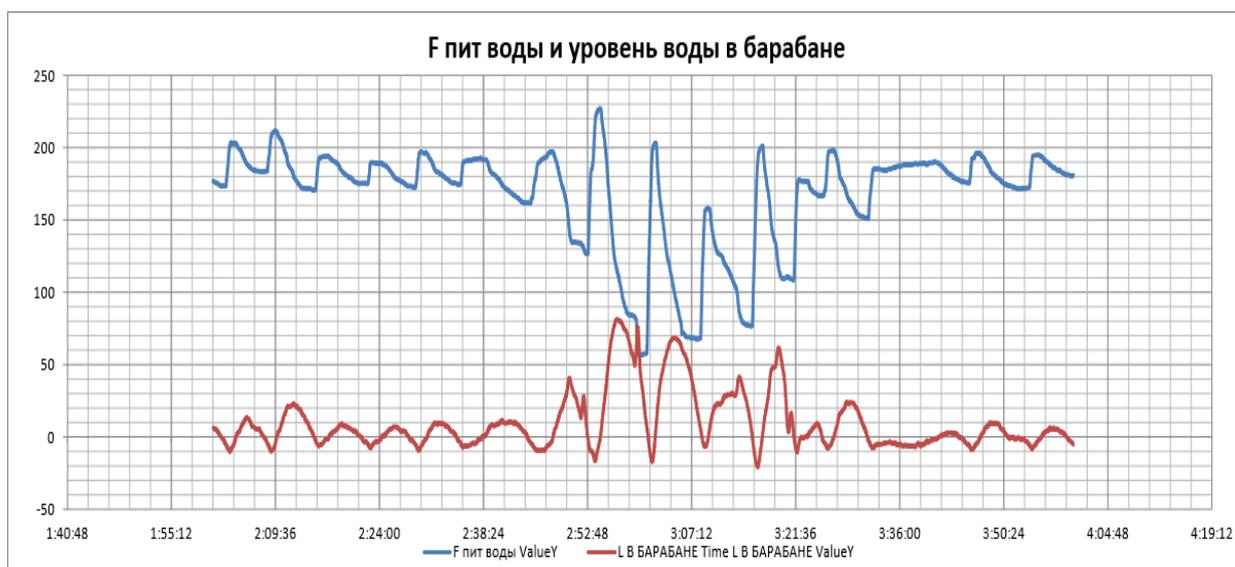


Рисунок 15 – Расход питательной воды на котёл и уровень воды в барабане КА

Из графика на рисунке 16 видно прекращение расхода питательной воды на УСК.

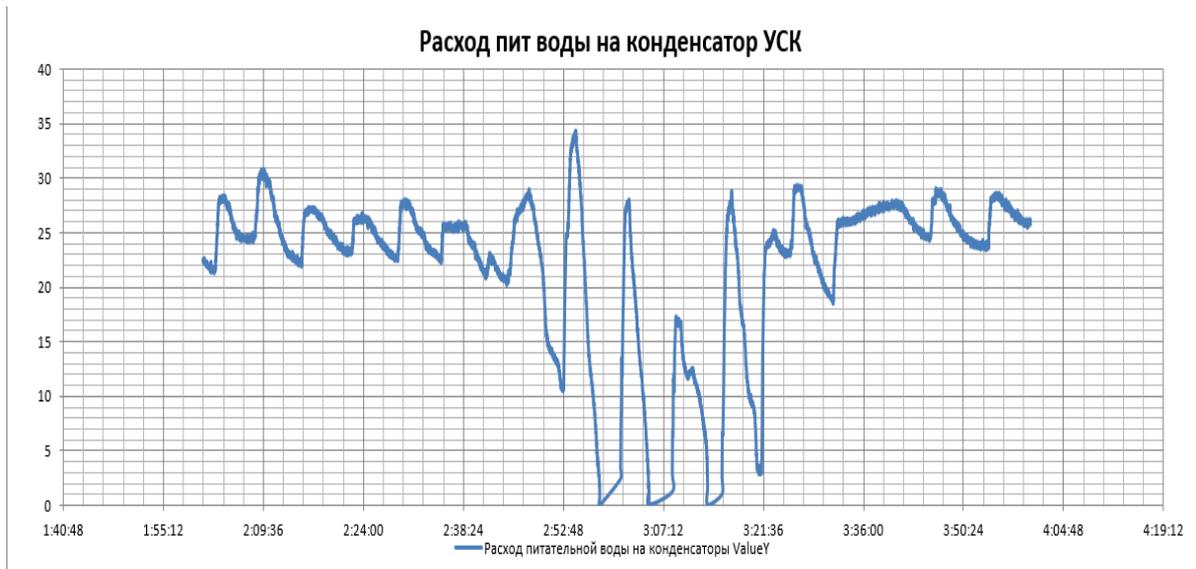


Рисунок 16 – Расход питательной воды на конденсаторы установки собственного конденсата

Вначале происходит понижение температуры ПВ на выходе из УСК, а затем резкое повышение, как следствие прекращения процесса конденсации пара поступающего из барабана котла (рисунок 17). Тем самым на безрасходных режимах в пароохладители поступает не конденсат, а пар.

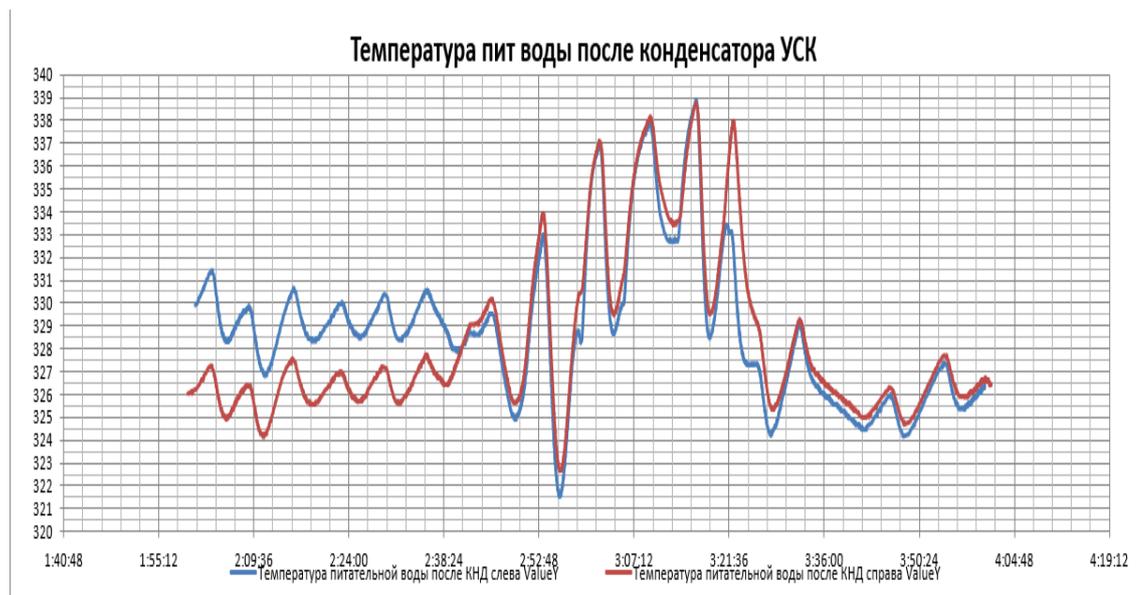


Рисунок 17 – Температура питательной воды на выходе из конденсаторов установки собственного конденсата

На данном примере видно, что в ситуациях связанных с закрытием РПК, пароохладители 1-ой и 2-ой ступени остаются без расхода охлаждающего агента, что влечёт за собой невозможность регулирования температуры пара по перегревателю тракту.

В такой ситуации температура пара на выходе из котла превышает значения срабатывания технологических защит (рисунок 18), что влечёт за собой останов энергоблока.



Рисунок 18 – Температуры по паровому тракту котла

Для минимизации рисков, связанных с повышением температуры пара в условиях возникновения нештатных ситуаций, предлагается разработать дополнительный режим работы пусковых впрысков котла. Данный режим должен производить регулирование температуры пара совместно с впрысками 1,2.

### 3.2 Техническое решение проблемы регулирования температуры перегретого пара

Предлагаемое решение заключается в совершенствовании пускового впрыска до ШПП-1 по питательной воде в виде добавления в структурную схему пускового впрыска – «Режима 1». Данный режим не требует установки

дополнительного оборудования, реализуется на имеющихся производственных мощностях. Обобщённая структурная схема впрысков с данным режимом отображена в Приложение В.

Впрыски 1,2 по собственному конденсату и пусковой впрыск до ШПП-1 являются двумя независимыми друг от друга системами регулирования температуры перегретого пара. При реализации данного технического решения прямого влияния на впрыски 1, 2 оказываться не будет. При включении «Режима 1» пусковой впрыск поддерживает температуру за КПП-4 и параллельно происходит регулирование температуры перегретого пара впрысками 1, 2.

При возникновении нарушения режима работы связанным с уменьшением расхода питательной воды на котёл, как следствие уменьшится расход питательной воды на УСК из-за чего регуляторы впрысков по собственному конденсату будут открываться и выходить из диапазона регулирования, в этот момент пусковой впрыск удержит температуру перегретого пара за КПП-4 и не даст выйти из диапазона регулирования впрыскам по собственному конденсату.

На начальных этапах пуска энергоблока регулятор впрыска работает по штатной схеме поддерживая значения температуры за пусковым впрыском. При достижении рекомендуемых условий, оператору необходимо включить «Режим 1» и установить через задатчик значение отслеживаемой температуры D1НАН30СТ901 равным 560 °С. При включении данного режима пусковой впрыск будет выполнять функцию поддержки впрысков 1, 2 по собственному конденсату при повышении температуры пара за КПП-4 не давая выходить впрыскам 1, 2 из диапазона регулирования при нештатных режимах работы или аварийных ситуациях.

При данном режиме регулятор работает по одноимпульсной схеме для регулирования температура за КПП-4 при нормальном режиме котла с воздействием на клапан подачи питательной воды в пароохладитель.

Рекомендуемые условия включения Режима 1:

- нагрузка энергоблока  $\geq 25 - 30$  МВт;
- в работу включены впрыски 1, 2 по собственному конденсату;
- температура перегретого пара за КПП-4  $560$  °С;
- пусковой впрыск по питательной воде до ШПП-1 выведен из работы по регулированию температуры перегретого пара за ШПП-1.

Рекомендуемые условия отключения Режима 1:

- электрическая Нагрузка энергоблока  $\leq 25 - 30$  МВт.

Для этого была усовершенствована структурная схема пусковых впрысков добавлением режима 1.

### **3.3 Расчётная часть**

Обоснование работы предложенного режима работы пусковых впрысков было просчитано с помощью программы «ТРАКТ», предназначенной для проведения теплогидравлического расчёта прямоточных и барабанных котлоагрегатов. Программа написана на алгоритмическом языке «FORTRAN-77». Алгоритм расчёта в основном базируется на нормативных методах теплового и гидравлического расчёта котлоагрегатов. Программный комплекс «ТРАКТ» является бесплатным и находится с открытым доступе в сети интернет.

Цель расчётов заключается в подтверждении целесообразности использования пускового впрыска до ШПП-1 для регулирования температуры перегретого пара за КПП-4 при нештатных или аварийных режимах работы котла. Для выполнения теплогидравлических расчётов были составлены расчётные схемы и заполнены комплекты исходных данных. Расчёты приведены в приложениях Г, Д, Е, Ж.

Для выполнения расчётов за исходные данные принимались: номинальная нагрузка котла по пару  $240$  т/ч, характеристика угля

Виноградовского разреза, отключённые впрыски по собственному конденсату, включённые в работу пусковые впрыски до ШПП-1 и конструктивные характеристики котлоагрегата Е-240-13,8-560КТ, которые были заложены в программу автоматически. В процессе расчётов изменялся расход питательной воды на пусковые впрыски в пределах от 0 до 7,2 т/ч, при этом температура перегретого пара за КПП-4 изменялась от 588 °С до 560 °С соответственно. Исходные данные к тепловым расчётам были получены у проектной организации котельного агрегата «ЗиО - КОТЭС».

В результате расчётов была создана диаграмма зависимости температуры пара от расхода питательной воды (рисунок 19) позволяющая убедиться в обоснованности предлагаемого технического решения.



Рисунок 19 – Диаграмма зависимости температура пара за КПП-4 от расхода питательной воды на пусковые впрыски до ШПП-1

Впрыски по собственному конденсату 1, 2 специально не учитывались при проведении теплогидравлических расчётов для объективной оценки эффективности пусковых впрысков до ШПП-1.

В результате анализа полученных данных, можно сделать вывод о целесообразности использования пусковых впрысков до ШПП-1 в постоянном

режиме работы. Исходя из того, что пусковыми впрысками до ШПП-1 возможно регулировать температуру на выходе из котла не используя впрыски по собственному конденсату 1, 2 то вполне обоснованно использование предложенной системы регулирования температуры пара для совместного использования с впрысками по собственному конденсату. В случае нештатной или аварийной ситуации на энергоблоке связанной с повышением температуры пара, включенный в работу «Режим 1» пусковых впрысков позволит удержать температуру за КПП-4 в заданном значении и не позволит выйти из диапазона регулирования впрыскам 1,2.

### **3.4 Вывод по разделу**

В процессе работы было обоснованно и аргументировано целесообразное введение дополнительно режима работы пусковых впрысков совместно с впрысками 1, 2 что позволит минимизировать риски повышения температуры перегретого пара при нештатных режимах работы котлоагрегата.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Для компаний, связанных с выработкой электроэнергии надёжность технологического оборудования и безаварийная работа являются ключевыми для минимизации финансовых убытков и тем самым аккумулируя прибыль компании.

Для усовершенствования оборудования или какого-либо технологического решения используются технические решения. Эти решения должны быть технологически обоснованы и экономически выгодны компании в условиях рыночной экономики.

Целью данного раздела является определение конкурентоспособности и рентабельности работы энергоблока с предложенным усовершенствованным технологическим процессом автоматической системы регулирования температуры перегретого пара на котлоагрегате Е-240-13,8-560 КТ.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями исследования по совершенствованию системы автоматического регулирования температуры перегретого пара является компания ООО «Калининградская генерация» Приморская ТЭС. Допустимо использовать разработанную систему регулирования температуры на аналогичных или похожих энергоблоках с внесением изменений исходя из технологических и структурных схем энергоблока.

В таблице 8 приведены основные сегменты рынка производства электроэнергии и выработки тепловой энергии по следующим критериям: вид используемого топлива для электростанций, объём выработки тепловой и электрической энергии. Буквами обозначены компании: «А» – Тепловые

электростанции (ТЭС), «Б» - Гидравлические электростанции (ГЭС), «В» - Атомные электростанции (АЭС), «Г» - Тепловые электростанции с газотурбинными и парогазовыми установками (ГТУ, ПГУ), «Д» - Солнечные электростанции (СЭС), «Е» - Ветровые электростанции (ВЭС), «Ж» - Приливные электростанции (ПЭС), «З» - Геотермальные электростанции (ГЕОТЭС).

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка производства электроэнергии и выработки тепловой энергии

		Объём выработки тепловой и электрической энергии		
		Выработка электроэнергии и тепла малой мощности	Выработка электроэнергии и тепла средней мощности	Выработка электроэнергии и тепла большой мощности
Вид используемого топлива для электростанций	Возобновляемые источники энергии	Б, Е, Ж, Д, З	Б	Б
	Уголь/Торф	А	А	А
	Природный газ	Г, А	Г, А	Г, А
	Ядерное топливо	-	-	В

Согласно карте сегментирования рынка производства электроэнергии и выработки тепловой энергии, можно определить сегменты рынка, для которых можно будет применить разработанную систему регулирования температуры перегретого пара. В силу особенностей технологии выработки электрической и

тепловой энергии из огромного рынка допускается применение только на электростанциях работающие с блочной связью котёл-турбина, таковыми являются электростанции, работающие на природном газе, угле или торфе.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

При разработке предлагаемого технического решения был проведён SWOT-анализ (таблица 9) для более глубокого понимания внутренней и внешней среды проекта. Анализ выполнялся в три этапа:

1. При первом этапе были определены сильные и слабые стороны исследовательского проекта. Определены возможности и угрозы для проекта с внешней стороны;
2. При втором этапе определили соответствия сильных и слабых сторон реализуемого проекта с угрозами и возможностями исходящими из вне;
3. В рамках третьего этапа была составлена итоговая матрица.

Таблица 9 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Уменьшение механических повреждений ПП из-за нарушения температурного режима;</p> <p>С2. Не требует дополнительного финансирования для реализации проекта;</p> <p>С3. Простота</p>	<p>Сл1. Не решает полный комплекс аварийных ситуаций с регулированием температуры перегретого пара;</p> <p>Сл2. Длительный процесс регулирования температуры перегретого пара;</p>

	организации проекта на производстве.	Сл3. Отсутствие новейших иностранных технологий.
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Применение проекта на аналогичных или похожих электростанциях;</p> <p>В2. Повышение стабильности работы котлоагрегата;</p> <p>В3. Снижение финансовых убытков за аварийное отключение энергоблока от сети.</p>	<p>В1В2В3С1С5 - перспектива развития проекта на других электростанциях компании;</p> <p>В3С2 - уменьшение финансовых потерь благодаря реализации проекта без вложений средств компании.</p>	<p>В1Сл1 - необходимо постоянно совершенствовать технологические процессы и оборудования для полного решения проблемы регулирования температуры перегретого пара.</p> <p>В1Сл2 - в процессе работы производить дальнейшую модернизацию системы автоматического регулирования температуры перегретого пара;</p> <p>В3Сл3 - применять зарубежные технологии для повышения надёжности работы оборудования.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Прекращение поддержки иностранных</p>	<p>У1С2С3 - производить собственную модернизацию</p>	<p>У1У3Сл3 - Разработка аналогичных технологий по образцу зарубежных</p>

<p>производителей используемого оборудования;</p> <p>У2. Отсутствие спроса на электроэнергию;</p> <p>У3. Большое количество возможных причин отключения энергоблока от сети как внутри предприятия, так и из вне.</p>	<p>предприятия исходя из опыта наработки оборудования.</p>	<p>для повышения надёжности работа оборудования;</p> <p>У2Сл2 - Производить финансирование малого бизнеса для повышения потребления электроэнергии;</p> <p>У3Сл1 - Производить дальнейшую разработку проекта для окончательного решения проблемы.</p>
---	--	---

Как видно из итоговой матрицы SWOT-анализа перспективы развития у данного проекта присутствуют, но требуют общего развития технологий на электростанции так как предложенное решение не решает общий спектр возможных неблагоприятных исходов, связанных с аварийным отключением энергоблока и с дальнейшими финансовыми убытками компанией.

## **4.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

В рамках НИ определим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Сводная таблица перечня этапов, работ, оценки их выполнения и распределение исполнителей

Основные этапы	№ ра б	Содержание работ	Продолжительность, кал. дней	Должность исполнителя
----------------	--------	------------------	------------------------------	-----------------------

Разработка технического задания	1	Оформление и утверждение технического задания	1	Руководите ль
			1	Ассистент
Определение направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	12	Ассистент
	3	Изучение действующих системы регулирования температуры перегретого пара	10	Ассистент
	4	Календарное планирование работ	2	Руководите ль
			3	Ассистент
Теоретическое и экспериментал ьное исследование	5	Исследование проблем регулирования температуры перегретого пара	7	Ассистент
	6	Обоснование проблемы регулирования температуры перегретого пара	8	Ассистент
	7	Проведение теоретических расчётов и обоснований предложенного решения	8	Ассистент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	2	Руководите ль
			3	Ассистент
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	3	Руководите ль
			3	Ассистент
Разработка технической документации	10	Разработка алгоритма работы системы регулирования температуры перегретого пара	3	Ассистент

и проектирование	11	Разработка структурной схемы	3	Ассистент
	12	Разработка функциональной схемы	3	Ассистент
	13	Создание описания работы алгоритма системы регулирования температуры	3	Ассистент
Оформление отчёта	14	Составление пояснительной записки ВКР	3	Ассистент
Утверждение выпускной квалификационной работы	15	Проверка ВКР	1	Руководитель
			2	Ассистент

#### 4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для разработки графика проведения НИ используем диаграмму Ганта.

Построение диаграммы осуществляем на основе таблицы 11.

Таблица 11 – Диаграмма Ганта

Наименование работы	1	2-13	14 - 23	24 - 26	27 - 33	34 - 41	42 - 49	50 - 52	53 - 55	56 - 58	59 - 61	62 - 64	65 - 67	68 - 70	71 -72
Оформление и утверждение технического задания															
Подбор и изучение материалов по теме															
Изучение действующих системы регулирования температуры перегретого															

пара															
Календарное планирование работ															
Исследование проблем регулирования температуры перегретого пара															
Обоснование проблемы регулирования температуры перегретого пара															
Проведение теоретических расчётов и обоснований предложенного решения															
Оценка эффективности полученных результатов															
Определение целесообразности проведения ОКР															
Разработка алгоритма работы системы регулирования температуры перегретого пара															
Разработка структурной схемы															
Разработка функционально															



Основная заработная плата руководителя, ассистента от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где  $Z_{\text{осн}}$  - основная заработная плата одного работника;

$T_p$  - продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 3);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где  $Z_m$  - месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  - количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дня  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя.

$F_d$  - действительный годовой фонд рабочего времени работника, раб. дн. (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Ассистент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	67	118
Потери рабочего времени	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot k_p,$$

где  $Z_{\text{окл}}$  - оклад, руб.;

$k_p$  - районный коэффициент 1,3.

Научный руководитель обладает степенью кандидата технических наук и занимает должность доцента. Оклад на весну 2021 года составляет 35111,5 руб.

Оклад ассистента на весну 2021 года составляет 22695 руб.

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_T$	$Z_{окл}, \text{руб.}$	$k_p$	$Z_m, \text{руб.}$	$Z_{дн}, \text{руб.}$	$T_p, \text{раб. дн.}$	$Z_{осн}, \text{руб.}$
Руководитель	-	-	35111,5	1,3	45644,95	1961,6	8	15692,8
Ассистент	-	-	22695		29504,5	1508,9	72	108640,8
Итого $Z_{осн}$ :								124333,6

#### 4.3.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где  $k_{доп}$  - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии выполнения исследования принимается 0,12 - 0,15).

Расчёт дополнительной заработной платы представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{доп}$	$Z_{осн}, \text{руб.}$	$Z_{доп}, \text{руб.}$
Руководитель	0,12	15692,8	1883,14
Ассистент		108640,8	13037
Итого $Z_{доп}$ :			14920,14

#### 4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка страховых взносов в размере 27,1 %.

Сумма отчислений во внебюджетные фонды вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где  $k_{\text{внеб}}$  - коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Расчёт отчислений во внебюджетные фонды представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{внеб}}$
Руководитель	15692,8	1883,14	27,1	4763,042
Ассистент	108640,8	13037	27,1	32974,5
Итого $Z_{\text{внеб}}$ :				37737,542

#### 4.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Бюджет затрат для научно-исследовательского проекта представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	124333,6
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14920,14
Отчисления во внебюджетные фонды	37737,542
Итого:	176991,282

#### 4.4 Оценка научного уровня

Для определения возможности реализации проекта необходимо дать оценку его научно-технического уровня, которая характеризуется стадией выполнения проекта и определения уровня научно-технического прогресса в исследуемой области.

Показатель научно-технического уровня рассчитывается на оценках новизны результатов, ценности проекта, масштаба реализации и определяется по формуле:

$$H_m = \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_i,$$

где  $K_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$P_i$  - количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического уровня работы.

Признаки научно-технического эффекта консультационно устанавливаются числовыми значениями весового коэффициента, для количественной оценки возможности реализации научных результатов, теоретического уровня и уровня новизны НИР проставляются баллы с помощью нижеприведённых таблиц 17 – 22.

Таблица 17 – Признаки научно-технического эффекта

Признак научно-технического эффекта НИР (i)	Примерное значение весового коэффициента ( $K_i$ )
1. Уровень новизны	0,6
2. Теоретический уровень	0,4
3. Возможность реализации	0,2

Таблица 18 – Количественная оценка уровня новизны НИР

Уровень новизны разработки	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8-10
Новая	По-новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5-7
Относительно новая	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути	2-4

	дальнейших исследований	
Традиционная работа	Работа выполнена по традиционной методике, результаты которой носят информационный характер	1
Не обладает новизной	Получен результат, который был ранее известен	0

Таблица 19 – Количественная оценка теоретического уровня НИР

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействие между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа мероприятия, устройство, вещество и т.п.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера	2
5. Описание отдельных элементарных факторов (вещей, свойств и отношений); изложение опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 20 – Возможность реализации научных результатов

Время реализации	Баллы
В течении первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Более 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль (министерство)	4
Народное хозяйство	10

На основе итогов выполнения оценки научно-исследовательской работы, была сформирована сводная таблица оценки научно-технического уровня проекта благодаря чему был сделан вывод об вероятной эффективности разрабатываемой НИР.

Таблица 21 – Сводная таблица количественной оценки признаков НИР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИР	$K_i$	$\Pi_i$
1. Уровень новизны	Относительно новая	0,6	3
2. Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятия, устройство, вещество и т.п.)	0,4	6
3. Возможность реализации	В течении первых лет	0,2	10

Расчёт НТУ и его оценка:

$$НТУ = 0,6 \cdot 3 + 0,4 \cdot 6 + 0,2 \cdot 10 = 6,2$$

Для определения уровня научно-технического эффекта необходимо обратиться к таблице 22.

Таблица 22 – Оценка уровня НТЭ

Уровень НТЭ	Коэффициент НТЭ
Низкий	1-4
Средний	5-7
Сравнительно высокий	8-10
Высокий	11-14

После проведения анализа оценки уровня НТЭ видно, что разрабатываемый научно-исследовательский проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

#### **4.5 Вывод по разделу**

Разрабатываемый научно-исследовательский проект является конкурентноспособным и рентабельным. Реализации проекта на Приморской ТЭС не требует дополнительных материальных вложений в виде затрат на монтаж системы регулирования и покупки какого-либо оборудования. Все необходимые технические части уже имеются на энергоблоке. Применение разработанной системы регулирования температуры перегретого пара поможет уменьшить финансовые потери компании.

## **5 Социальная ответственность**

В современном мире корпоративная социальная ответственность является неотъемлемой частью в работе любой организации, независимо от рода деятельности организации. Сущность КСО заключается в исполнении организацией социальных обязательств, установленных законодательством, и незамедлительно быть готовой нести обязательные расходы. Неотъемлемой частью социальной ответственности является готовность организацией добровольно исполнять необязательные расходы на социальную сферу, сверх того что установлено трудовым, экологическим, налоговым или другим законодательством. Исходя из данной концепции организация принимает меры по улучшению жизни работников, их семей и общества в целом.

На производстве важное место занимаю такие социальные вопросы как охрана труда, окружающей среды и в чрезвычайных ситуациях

В данной работе была усовершенствована система автоматического регулирования температуры перегретого пара котлоагрегата Е-240-13,8-560 КТ. Данная работа предполагает введение стерегущего режима в действующую систему регулирования первыми впрысками. Предлагаемое решение является актуальным на котлоагрегатах Приморской ТЭС, так как решает проблему регулирования температуры перегретого пара при нештатных ситуациях и переходных режимах работы энергоблока. В связи с тем, что для проекта Приморская ТЭС были разработаны котлоагрегаты не имеющие аналогов, то применение предложенной системы регулирования возможно только на данном типе КА или похожих, но с внесением изменений исходя из технологических схем данных типов КА. Для работы энергоблока необходим оператор, который выполняет контроль систем автоматического управления оборудованием. В переходных или нештатных режимах выполняет часть операций дистанционно без помощи системы автоматического управления.

Рабочее место оператора располагается на блочном щите управления в непосредственной близости от работающего оборудования.

При выполнении своих должностных обязанностей на оператора воздействуют следующие вредные факторы:

- повышенный уровень шума;
- повышенная вибрация;
- недостаточность освещения;
- повышенная напряжённость труда.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Конституция РФ является высшим нормативным правовым актом Российской Федерации. Принимаемые в РФ законы и правовые акты не должны противоречить конституции РФ.

### **5.1.1 Специальные правовые норма трудового законодательства**

Машинист энергоблока обязан соблюдать требования правил, норм, инструкций по технической эксплуатации, охране труда, пожарной безопасности, трудовой и производственной дисциплине. Своевременно проходить проверку знаний, инструктажей, медицинских осмотров.

В процессе трудовой деятельности обязан руководствоваться коллективным договором компании, положением о котлотурбинном цехе, распоряжениями, указаниями и поручениями начальника смены котлотурбинного цеха.

В обязанности машиниста энергоблока входит:

- введение заданного режима работы энергоблока;
- эксплуатационное обслуживание;
- пуск и останов энергоблока;
- переключение в тепловых сетях;
- опробывание оборудования;
- контроль параметров энергоблока;
- выявление неисправностей в работе блока;

- обход закреплённого оборудования;
- приёмка (сдача) смены;
- ликвидация аварийных и чрезвычайных ситуаций.

При в воде электростанции в эксплуатацию происходит аттестация рабочих мест. Определяющим документом является приказ министерства здравоохранения и социального развития РФ от 26 апреля 2011г. №342н «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».

Для проведения оценки условий труда используют четыре группы показателей:

- 1) тяжесть работы в соответствии с медико-физиологической классификацией;
- 2) соблюдение ПДК и ПДУ производственной среды;
- 3) степень комфортности условий труда;
- 4) соблюдение работниками требований ОТ и ТБ.

По результатам аттестации рабочих мест по условиям труда, определяются:

- льготы и компенсации за работу в тяжёлых условиях;
- мероприятия по улучшению условий труда;
- предоставление работникам специальной одежды, средств индивидуальной защиты и гигиены;
- расчёт надбавок и скидок к системе обязательного страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- определение профессиональных заболеваний.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место оператора энергоблока располагается на блочном щите управления. БЩУ находится в главном корпусе в непосредственной близости от действующего оборудования. При проектировании блочных щитов предусматриваются:

- звукоизоляция помещения;
- кондиционирование воздуха;
- помещение для средств вычислительной техники и программно-логического управления
- комната отдыха;
- комната приёма пищи;
- санузел;
- ограничение в использовании отделочных материалов для стен, потолков;
- витраж с двойным стеклом (при открытом типе БЩУ);
- установка искусственного климата.

Рабочее место оператора энергоблока состоит из стола, аварийного пульта управления, кресла, мониторов, клавиатуры и мыши. Каждый элемент рабочей зоны имеет свои нормативы его организации для комфортного выполнения должностных обязанностей работником.

При выполнении работы сидя обеспечивается выполнение трудовых обязанностей в пределах вертикальной и горизонтальной зоны досягаемости моторного поля.

Рабочий стол должен иметь возможность обеспечить размещение на рабочей поверхности комплекта документов, оборудования исходя из характера работы. В зависимости от типа рабочего стола должны соблюдаться нормативы по его высоте.

Кресло оператора должно поддерживать физиологически рациональную рабочую позу с помощью возможности её изменения для снижения напряжённости мышц. В кресле должны быть стационарные или съёмные регулируемые по высоте подлокотники. Регулировка рабочего кресла должна осуществляться легко. Эти условия обеспечивают комфортную трудовую деятельность.

Также при организации рабочего места должны учитываться следующие требования:

- требования к дисплею;
- требования к клавиатуре;
- требования к микроклимату;
- требования к шуму;
- требования к освещению.

## 5.2 Производственная безопасность

При выполнении должностных обязанностей в зависимости от выполняемых работ на оператора энергоблока теплоэлектростанции могут воздействовать вредные и опасные факторы (таблицы 23 – 24).

Таблица 23 – Возможные опасные факторы

Опасные факторы	Нормативные документы
1.Повышенное значение напряжения в электрической цепи.	ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
2. Пожаробезопасность.	ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования; РД 153-34.0-03.301 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.
3. Механические опасности.	ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основная терминология, методология; ГОСТ Р ИСО 12100-2-2007

	Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 2. Основная терминология, методология.
4. Термические опасности.	ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температура касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.

Таблица 24 – Вредные факторы

Вредные факторы	Нормативные документы
1. Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
2. Повышенная напряжённость труда	СанПиН 2.2.2776-10. Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний.
3. Повышенная вибрация	ГОСТ 31192.1-1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка её воздействия на человека. Часть 1. Общие требования.

### 5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Повышенное значение напряжения в электрической цепи.

Блочный щит управления относится к 1 классу помещений без повышенной опасности. БЩУ характеризуется как помещение с

токонепроводящими полами, сухое, непыльное с допустимой температурой воздуха. Условия в которых находится щит управления не оказывают разрушающее воздействие на изоляцию электрооборудования. При выполнении работы на компьютере существует возможность электрического поражения в случае взаимодействия работника с токоведущими и нетокведущими частями ЭВМ. Для предотвращения поражением электрическим током используются рабочие столы закрытого типа без доступа к токоведущим частям с дальнейшим их заземлением.

В процессе выполнения обходов оборудования возможно соприкосновение с токоведущими частями оборудования. Для минимизации возможности такого исхода необходимо применять правила по охране труда. Периодические обходы оборудования электротехническим персоналом.

Возможная угроза поражения электрически током может возникнуть в процессе обхода оборудования.

Причинами приведших к поражению электрическим током работника чаще всего являются нарушение правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Не электротехническому персоналу не положены средства индивидуальной защиты для работы в электроустановках.

Механические опасности.

Под механической опасностью понимается контакт какого-либо элемента конструкции, оборудования, трубопровода с человеком в результате чего работник может получить травму.

К таким опасностям относятся:

- рабочая зона на высоте;
- движущиеся машины, механизмы;
- скользкие поверхности;
- шероховатые поверхности;
- запылённость воздуха.

Для предотвращения механических и термических опасностей для работника используется два способа. Выбор способа будет зависеть от объекта и его месторасположения.

Первый способ состоит в огораживании опасного места или объекта, блокирующими устройствами, ограничивая доступ персонала. Вторым способом заключается в обеспечении работников средствами индивидуальной защиты таких, как перчатки, каска, очки, респираторы, ботинки с металлическим носком.

Для горячих элементов технологического оборудования используется теплоизоляция с дальнейшим её ожеуживанием для понижения температуры поверхности.

Повышенный уровень шума.

Шум является неотъемлемым вредным фактором на ТЭС, воздействующим на работников. Высокий уровень шума может вызвать у персонала ТЭС заболевания нервной системы, снижение слуха и глухоту. Существует различные методы снижения шума исходя из причины возникновения шума. Причины шума подразделяются на:

- механические;
- аэродинамические;
- электромагнитные;

Для уменьшения механических шумов необходимо производить ремонт оборудования и балансировку по регламенту завода-изготовителя.

Аэродинамические шумы снижают за счёт уменьшения скорости потока газов, улучшение аэродинамики газоходов, звукоизоляции.

Электромагнитный шум снижают за счёт изменения конструкции электрического объекта.

Дополнительно используются СИЗ слуха такие, как беруши, наушники.

Повышенная напряжённость труда.

Труд оператора энергоблока требует большой интеллектуальной нагрузки, сосредоточенной работы, связанной с ведением режима энергоблока, принятия решений, управление подчинённым персоналом. В процессе выполнения должностных обязанностей напряжённость труда проявляется в:

- нагрузке на центральную нервную систему;
- нагрузке на эмоциональную сферу;
- нагрузке на зрительный аппарат;
- монотонности выполняемой работы.

Повышенная вибрация.

В процессе работы технологического оборудования или механизмов возникают механические колебания конструкций, оказывающие неблагоприятное влияние на организм работника при длительном воздействии возможно развитие вибрационной болезни с такими проявлениями как головокружение, тошнота, адинамия, брадикардия и др.

Методы снижения вибрации:

- виброизоляции;
- виброгашение;
- вибродемпфирование;
- отстройка от резонансных частот;
- увеличение жёсткости источника вибрации;
- средства индивидуальной защиты.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Для энергоблока Приморской ТЭС присуще два вида загрязнения окружающей среды. Во-первых, происходит загрязнение атмосферы из-за горения топлива в топке котлоагрегата и образованием оксидов азота. Количество оксидов азота, поступающих в атмосферу, зависит от вида топлива, организации режима горения и очистки дымовых газов. Во-вторых,

воздействие на литосферу в связи с тем, что используется твёрдое топливо, после которого остаётся большое количество шлака и золы.

Выбросы в атмосферу происходят из-за горения топлива и его недожога топке котла. В связи с этой общей проблемой котлоагрегатов разрабатываются разные методики уменьшения выбросов в атмосферу и улучшения процесса горения для предотвращения недожога топлива. На котлоагрегатах Приморской ТЭС для улавливания твёрдых частиц используют электростатические фильтры с КПД не менее 99,5 %, позволяющих достичь нормативных выбросов золовых частиц в атмосферу не более 150 мг/м<sup>3</sup>. Электрофильтр устанавливается на выходе дымовых газов из котлоагрегата.

Для уменьшения выбросов оксидов азота используется технология вертикального, трёхступенчатого сжигания угольной пыли, что позволяет уменьшить предельные температуры в топке с дальнейшим снижением образования оксидов азота. В процессе работы постоянно происходит анализ работы КА для дальнейшей оптимизации режима работы. Выбросу в атмосферу контролируются органами. В случае превышения норм выбросов компания обязана выплачивать штрафы.

В процессе сжигания твёрдого топлива остаются отходы в виде шлака и золы (несгораемая часть топлива), которые необходимо хранить на золошлакоотвале. К золошлакоотвалу предъявляется большое количество требований и норм по строительству, содержанию, эксплуатации. На Приморской ТЭС реализована продажа отходов от сжигания топлива в дорожное строительство. Так же возможно реализовать на строительные заводы для производства строительных материалов.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При эксплуатации энергоблока может возникнуть большое количество неблагоприятных ситуаций такие как пожар, взрыв, технологическая авария на оборудовании, несчастный случай на производстве. Все чрезвычайные

ситуации невозможно предугадать. Для минимизации финансовых потерь в связи с аварией или происшествием, компанией проводится комплекс мероприятий для сокращения числа чрезвычайных ситуаций.

#### **5.4.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций**

На каждом предприятии существует инструкция по предотвращению развития и ликвидации нарушений нормального режима работы. В этом документе прописывается алгоритм действия персонала при разных авариях и происшествиях с последующими действиями для её ликвидации. В связи с тем, что количество возможных происшествий огромное количество, то отсутствует возможность прописать все алгоритмы действия при той или иной ситуации. Из-за этого в инструкцию прописывают наиболее характерные аварийные ситуации, имеющие место быть на данном предприятии и характерные для данной местности. В аварийных ситуациях, которые не прописаны в инструкции, работники должны принимать решения исходя из правил по технике безопасности и эксплуатации оборудования, используя производственные инструкции для оборудования при этом проявляя инициативу и самостоятельность в принятии решений.

#### **5.4.2 Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации**

Основными чрезвычайными ситуациями на ТЭС являются:

- технологическая авария;
- пожар.

Причиной возникновения чрезвычайной ситуации может послужить халатность работника, сбой работы автоматических органов управления, саботаж, механический износ технологического элемента или оборудования.

Под технологической аварией может пониматься большое количество нештатных ситуаций вот некоторые из них:

- заброс воды в проточную часть турбины;
- взрыв в топке котла;
- повреждение пароперегревателя КА;

- посадка станции на ноль с потерей напряжения собственных нужд;
- повреждение обмуровки КА;
- разрыв трубопроводов или паропровода.
- разрыв мазутопроводов.

Каждая ситуация может привести к серьёзным последствиям. Для их уменьшения или предотвращения проводится комплекс мероприятий, который включает в себя:

- техническое обучение по разным темам;
- тренировка по ликвидации аварийной ситуации не реже 1 раза в 3 месяца;
- повышение качества ремонтных работ;
- повышение квалификации работников;
- повышение культуры производства персонала;
- совершенствование систем автоматического регулирования и управления;
- проработка случившихся нештатных ситуаций на объектах энергетики;
- модернизация устаревшего оборудования;
- совершенствование систем защит энергоблока.

Возникновение пожара на производстве может произойти как следствие технологической аварии на оборудовании. Другая причина заключается в несоблюдении правил по противопожарной безопасности.

Основными причинами пожара являются:

- захламлённость территории;
- отложение и слёживание угольной пыли;
- некачественная приёмка рабочего места по наряду-допуску;
- следствие технологической аварии на производстве;
- несоблюдение правил противопожарной безопасности при выполнении огневых работ на оборудовании;

- некачественные обходы оборудования.

Для предотвращения возгорания:

- регулярная уборка помещений и оборудования для предотвращения взвешивания отложений угольной пыли;
- проведение противопожарных тренировок;
- проведение персоналу противопожарных инструктажей;
- усиленный контроль рабочих мест при выполнении огневых работ;
- периодические обходы оборудования и выявление дефектов на ранней стадии;
- оперативное устранение дефектов оборудования;
- организация карточек тушения пожаров;
- организация постоянного места проведения огневых работ.

### **5.5 Вывод по разделу «Социальная ответственность»**

В данном разделе были проанализированы вредные и опасные факторы и меры, принимаемые компанией АО «ИНТЕР РАО - Электрогенерация» на филиале Приморская ТЭС в области социальной ответственности.

Предлагаемое решение по совершенствованию технологического процесса автоматической системы регулирования перегретого пара на котлоагрегате Е-240-13,8-560 КТ позволит увеличить надёжность работы КА, уменьшить количество аварийных ситуаций, связанных с повышением температуры перегретого пара, как следствие повышение социальной ответственности компании перед обществом и окружающей средой.

АО «ИНТЕР РАО - Электрогенерация» является социально ориентированной компанией в области энергетики. В основу корпоративной культуры заложены положения о взаимной помощи работников независимо от должности и пола. Исполнение социальных обязательств в области охраны здоровья, постоянное повышение безопасности труда работников компании, заботы о детях сотрудников и пенсионерах.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была усовершенствована автоматическая система регулирования температуры перегретого пара на котлоагрегате Е-240-13,8-560КТ на базе имеющихся мощностей.

В ходе выполнения работы были проанализированы действующие системы регулирования температуры перегретого пара на котле. Рассмотрена нештатная ситуация работы котлоагрегата, подтверждающая присутствие изъянов в действующей системе регулирования температуры пара. Для обоснования эффективности работы предлагаемого режима выполнены теплогидравлические расчёты, по которым создана диаграмма подтверждающая целесообразность внедрения «Режим 1» на котлоагрегатах Приморской ТЭС.

Данный режим позволит повысить надёжность работы энергоблока благодаря усовершенствованию систему автоматического регулирования температуры перегретого пара, что впоследствии увеличит надёжность работы котлоагрегата благодаря уменьшению повреждений пароперегревателя из-за перегрева металла выше допустимых значений и уменьшить количество аварийных отключений энергоблока, связанных с повышением температуры перегретого пара.

Рассмотрен разработанный режим со стороны разделов «Менеджмента, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность». Доказана выгода внедрения данного проекта на котлоагрегатах Приморской ТЭС.

## Список используемых источников

1. Копань А.В. Разработка технических решений по топочно-горелочным устройствам и низкоэмиссионной системы сжигания кузнечного угля/ А. В. Копань, В. А. Клейнерман. – Текст : электронный // Известия Томского политехнического университета[Известия ТПУ]. – 2021. – №4. – DOI: 10.18799/24131830/2021/4/3175.

2. Валамин А. Е. Конденсационная паровая турбина К-65-12,8/ А. Е. Валамин, А. Ю. Култышев, А. А. Гольдберг, Ю. А. Сахнин, В. Н. Билан, М. Ю. Степанов, Е. Н. Поляева, М. В. Шехтер, Т. Л. Шибяев. – Текст : электронный // Теплоэнергетика. – 2016. – №11. – DOI: 10.1134/S0040363616110102.

3. Промэнерго Автоматика : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://simens-pro.ru> (дата обращения: 01.05.2021). – Текст : электронный.

4. Завод Горэлтех : официальный сайт. – Санкт-Петербург. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://exd.ru> (дата обращения: 10.05.2021). – Текст : электронный.

5. СТО 70238424.27.100.010-2011. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) ТЭС: дата введения 2011-06-30. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093673> (дата обращения: 15.05.2021). – Текст : электронный.

6. РД 153-34.1-37.313-00. Методика топохимических испытаний паровых стационарных котлов с естественной циркуляцией: дата введения 2001-12-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039754> (дата обращения: 17.05.2021). – Текст : электронный.

7. Метран-2000 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.emerson.ru/documents/automation/temperature-ru-ru-1726500.pdf> (дата обращения: 17.05.2021). – Текст : электронный.

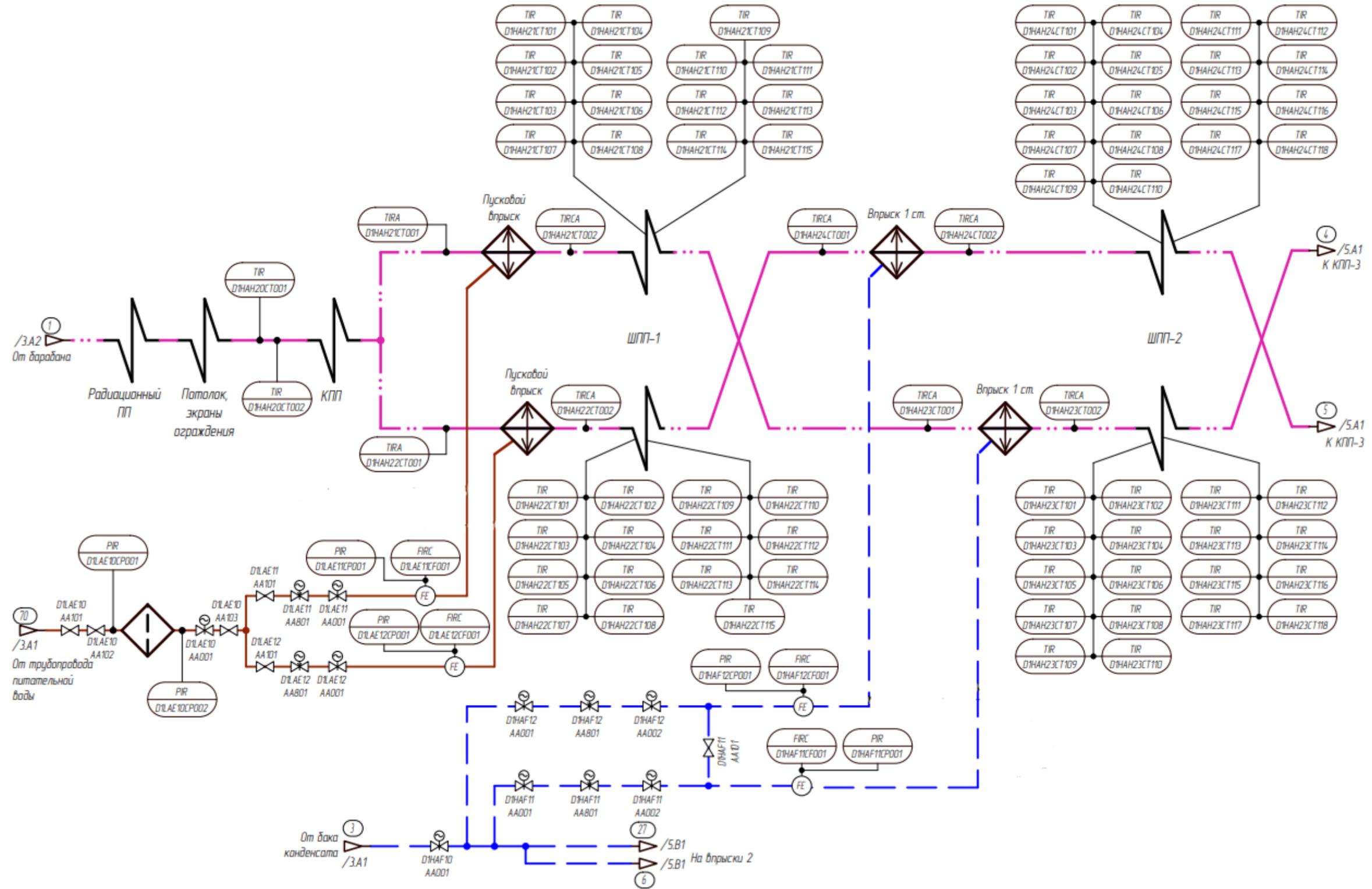
8. Термоэлектрический преобразователь типа КТХА [Электронный ресурс] – URL: <https://www.tehnonn.ru/wp-content/uploads/2011/10/ktxx02-01.pdf> (дата обращения: 17.05.2021). – Текст : электронный.

9. AUMATIC, SAR 07.6 + AC 01.2 [Электронный ресурс] – URL: [http://eprir.ru/f/elektroprivody\\_auma.pdf](http://eprir.ru/f/elektroprivody_auma.pdf) (дата обращения: 17.05.2021). – Текст : электронный.

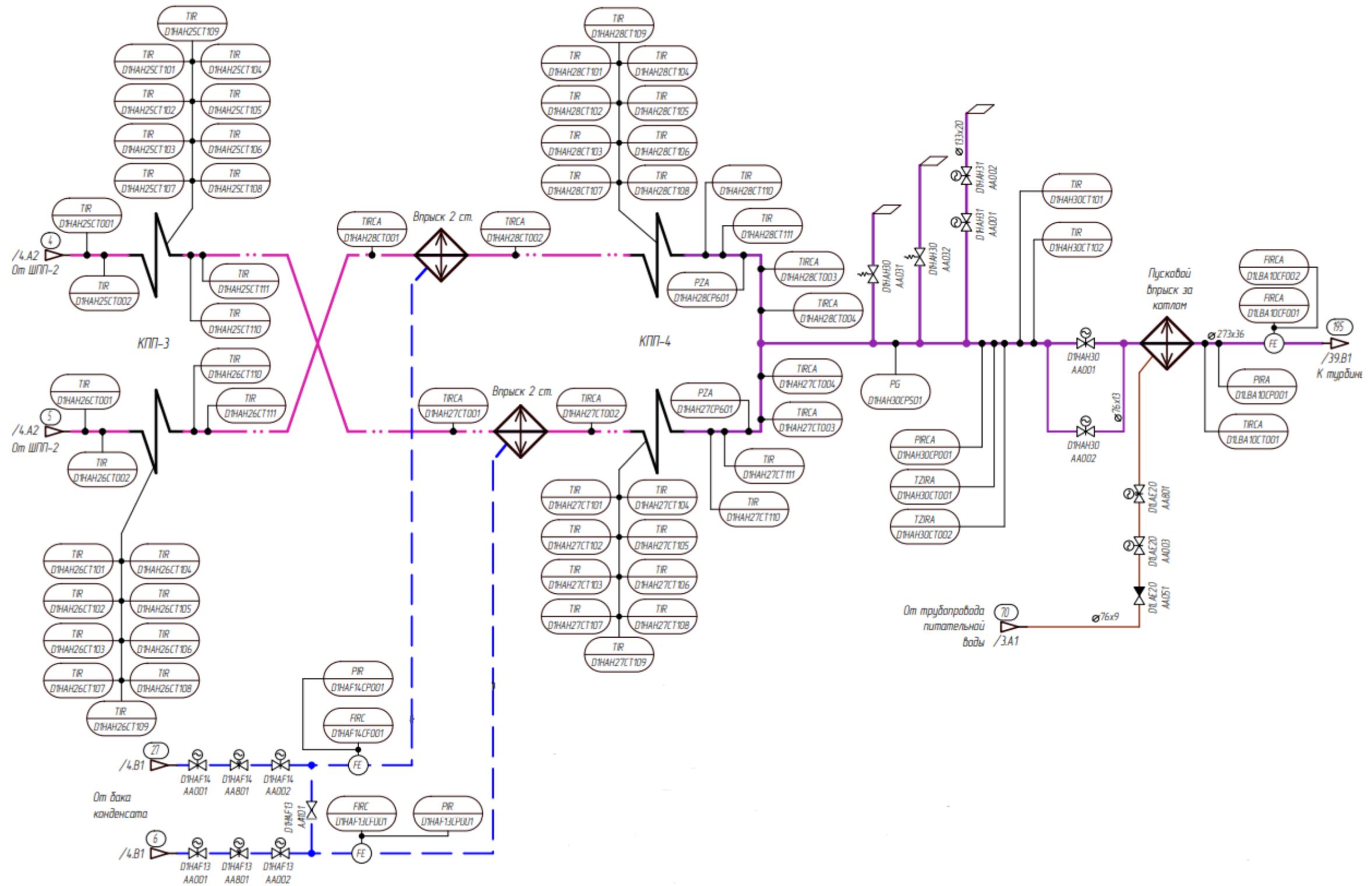
10. СО 153-34.20.562-2003. Инструкция по предупреждению и ликвидации аварий на тепловых электростанциях: дата введения 2004-05-31. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034741> (дата обращения: 20.05.2021). – Текст : электронный.

11. Кулаков, Г. Т. Исследование влияния качества регулирования температуры перегретого пара на срок службы металла пароперегревателя котлов / Г. Т. Кулаков, М. Л. Горельшева // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2009. – №4. – С. 62-69.

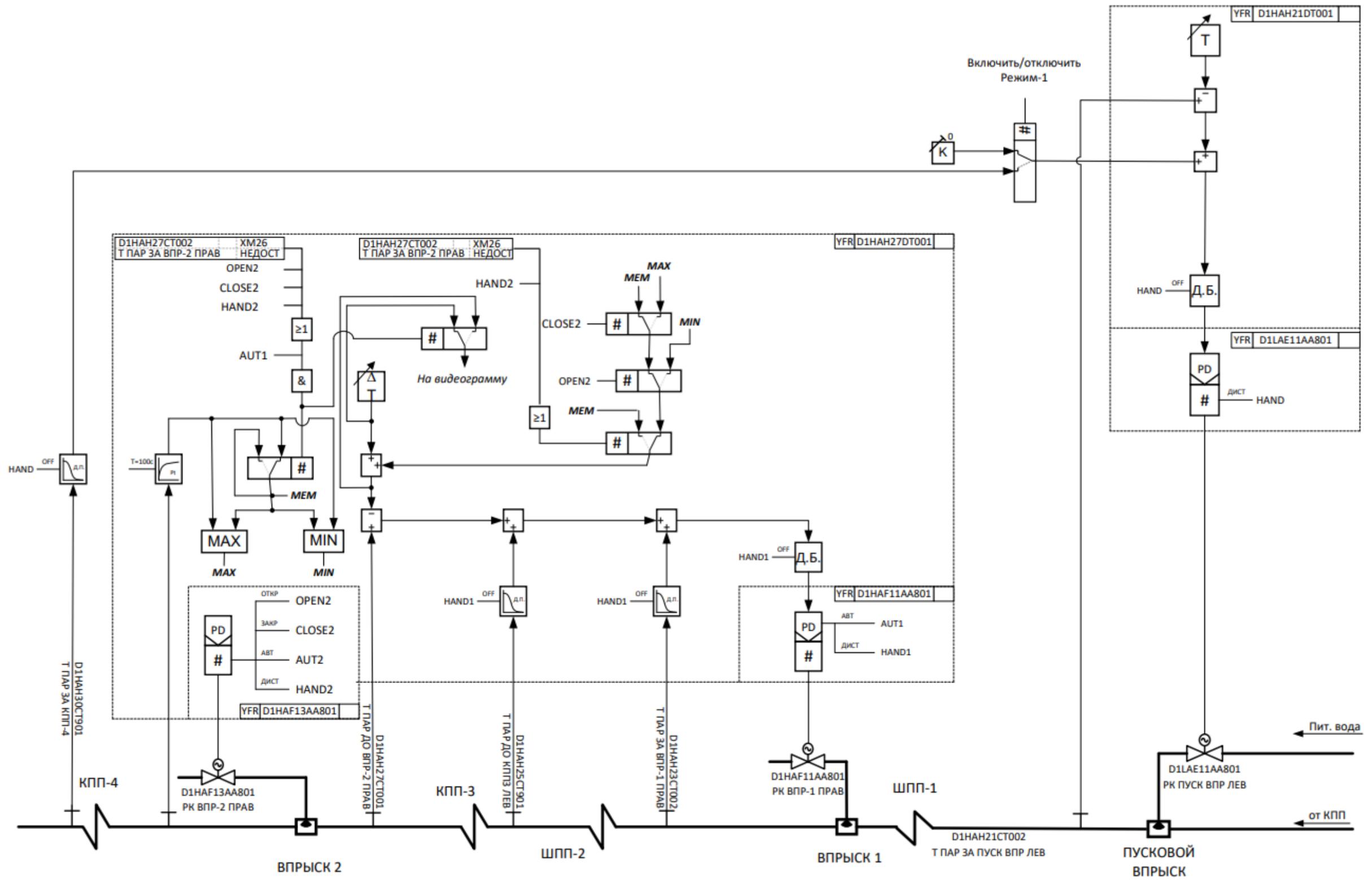
Приложение А. Технологическая схема ПП с пусковыми впрысками, первых впрысков по собственному конденсату



Приложение Б. Технологическая схема вторых впрысков по собственному конденсату



Приложение В. Структурная схема пускового впрыска по питательной воде



**Приложение Г. Расчёт 1 – расход питательной воды 0 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1**

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА																																																																																																							
Котел 240			ТЭС в г. Светлый			Рец.гг 22.0%, M=0.424			Дном= 240. т/ч			D= 100. %																																																																																											
ДАННЫЕ ПО ТОПЛИВУ						Виноградовский																																																																																																	
Теп- ловая доля	Потери с недожогом	Температура град	Диам. золов.	Низшая теплота	Состав топлива %	Доля уноса	Угле- кисл.	Коэф. разл.	Расход форс. пара																																																																																														
										Хим.	Мех.	Топл.	Шлака	частиц мкм	сгор. ккал/кг	Влага	Зола	Сера	Угле- род	Водо- род	Азот	Кисло род	карб. род	карб. род	ккал/кг																																																																														
1.00	.000	1.450	20	600	13.0	5495	11.20	10.04	.21	60.95	4.35	1.65	11.60	.95	.00	.00	.00																																																																																						
ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПО ТРАКТАМ																																																																																																							
Наименование тракта	Параметры рабочей среды на входе в тракт								Параметры рабочей среды на выходе из тракта																																																																																														
	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг																																																																																					
Газовый тракт	59.729	5503.1	1.0	1875	63.885	344.8	1.0	127	244.800	239.2	162.0	232	240.000	850.3	140.0	588	57.273	59.4	1.0	30	55.072	532.2	1.0	264																																																																															
Тракт первичного пара																																																																																																							
Воздушный тракт																																																																																																							
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ТОПЛИВА			ОБЩИЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ								ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ТОПКЕ																																																																																												
Потери тепла, % :			Объемы, м3	воздуха	6.19	Объем топки, м3	1490.0	с уход. газами	4.808	трехатомных газов	1.14	Эф. толщина излучающего слоя, м	5.5	с хим. недожогом		азота	4.90	Коэф. усреднения	1.000	с мех. недожогом	1.450	водяных паров	0.72	Параметр горения	0.424	в окр. среду	0.580	Масса золы, кг/кг	9.54E-2	Давление в топке, кгс/см**2	1.000	с теплом шлаков	0.012	Влагосодерж. воздуха, г/нм3	10.0	Коэф. избытка воздуха в конце топки	1.150	неучтенные		Теплота сгор. смеси, ккал/кг*	5495.0	Теплонапряжение объема, мкал/м3.ч	104.7	К П Д котла	93.150	Тепло форсун. пара, =		Теплонапряжение сечения, мкал/м2.ч	2617.3	Расход топлива, т/ч (тнм3/ч)		Теплота разлож. карб. =		Ср.тепл.нагрузка эф.поверх. мкал/м2.ч	72.27	полный	28.387	Теплосод. топлива =	8.8	Полезное тепловыделение, ккал/кг*	6315.9	на ГТУ (в топку)	27.976	Тепло подогрева в калор. =	69.9	Тепловосприятие топки, =	2505.4	Расход газа на 1 кг топлива, нм3/кг **		Располагаемое тепло топл. =	5573.7	Тепловосприятие газового окна, =	151.8	Общее тепло, гкал/ч	143.566	Параметр кокс. частиц	0.050	Степень черноты	0.844	на ГТУ (в топку)		Присос в топке	0.020	Коэффициент эффективности	0.420	на ГТУ (в топку)		Присос в пылесистеме		Адиабатическая температура, град	1698	на ГТУ (в топку)		Присос в пылесистеме		Темп. газов на выходе из топки, град	1078	на ГТУ (в топку)		Козф. сохранения тепла	0.994	Темп. газов на выходе из топки, град	1078

Примечание: \* для газа- на нм3  
 \*\* для ГТУ- топливо из ГТУ в топку к Вр

fail	Лист
Изм   Л   N докум   Подп   Дата	
Инь N подл   Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата	

Формат А3







ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240		ТЭС в г. Светлый			Рец.гг 22.0%, М=0.424			Дном= 240. т/ч D= 100. %			
Номер элемента		5/111	5/112	5/143	6/113	6/134	6/145	7/114	7/136	8/144	9/115
Имя пакета		НРП	ПОТТоп	ЭКР топ	ПОТШПП1	ШПП-1	ЭКРШПП	ПОТШПП2	ШПП-2	Фест-1	ПОТКПП3
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ											
1 Тип пучка	-	Радиац.	Радиац.	Радиац.	Настенн.	Коридор	Дополн.	Настенн.	Коридор	Коридор	Настенн.
2 Характер тока	-				Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.
3 Материал	-	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ
4 Поверхность нагрева	м2	68.0	28.5	780.0	15.5	260.0	67.5	15.5	310.0	32.0	23.2
5 Наружный диаметр трубы	мм	60.0	32.0	60.0	32.0	32.0	60.0	32.0	32.0	159.0	32.0
6 Толщина стенки трубы	мм	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	5.0	5.0	6.0	17.0	5.0
7 Живые сечения греющ.	м2	59.60	59.60	59.60	80.40	80.40	80.40	66.80	66.80	53.40	36.10
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.087	0.061	0.348	0.061	0.070	0.624	0.061	0.088	0.098	0.061
9 Поперечный шаг	мм					528.0			264.0	820.0	
10 Продольный шаг	мм					36.0			36.0	200.0	
11 Число рядов труб	-					32			20	1	
12 Длина трубы	м	22.9	5.1	65.1	2.8	12.2	3.3	2.8	11.6	8.0	4.2
13 Коэф. использования	-				1.000	0.850	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000
14 Коэф. неравномерности	-	0.8238	0.8238	1.0661							
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.420	0.420	0.420	0.0050	0.011		0.0050	0.010	0.600	0.0050
16 Перепад давления	*3)	-1.00	-0.10	-0.001	-0.16	-1.89	-0.001	-0.16	-1.89	-0.001	-0.16
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
23 Эф. толщина изл. слоя	м	5.540	5.540	5.540	0.650	0.650	0.650	0.360	0.360	0.240	0.177
24 Степень черноты потока	-	0.695	0.695	0.695	0.209	0.209	0.209	0.159	0.159	0.131	0.118
25 Линейная скорость	м/с				4.4	4.4	4.4	5.0	5.0	6.1	8.4
26 Тепло- по балансу	ккал/кг	144.7	60.7	2148.2	13.3	206.6	60.8	8.6	207.4	15.4	9.2
27 восприятие из топки	=				4.1	69.6	18.1	1.4	28.3	9.9	0.4
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	6315.9	6315.9	6315.9	3796.5	3796.5	3796.5	3514.3	3514.3	3297.2	3281.7
29 на выходе	=	3796.5	3796.5	3796.5	3514.3	3514.3	3514.3	3297.2	3297.2	3281.7	2664.6
30 приращение	=	-2519.3	-2519.3	-2519.3	-282.2	-282.2	-282.2	-217.2	-217.2	-15.5	-617.0
31 Температура на входе	град	1698	1698	1698	1078	1078	1078	1005	1005	949	945
32 на выходе	=	1078	1078	1078	1005	1005	1005	949	949	945	781
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
33 Относительный расход	-	1.000	1.000	6.980	1.000	1.000	6.980	1.000	1.000	6.980	1.000
34 Весовая скорость	кг/м2.с	766.3	1092.9	1337.2	1092.9	952.4	745.7	1092.9	757.6	4748.3	1092.9
35 Линейная скорость	м/с	7.4	11.7	2.2	12.2	16.4	2.2	12.3	14.7	13.9	12.4
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	619.1	636.0	390.5	643.0	717.8	426.8	645.1	750.0	426.3	646.2
37 на выходе	=	636.0	643.0	426.3	645.1	750.0	428.1	646.2	777.5	426.8	647.4
38 приращение	=	16.9	7.1	35.9	2.0	32.2	1.3	1.2	27.5	0.4	1.1
39 Температура на входе	град	348	351	346	354	407	345	355	443	345	355
40 на выходе	=	351	354	345	355	443	345	355	479	345	355
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА											
41 Теплоотдача конвекцией	*6)					24.3			26.6	18.5	
42 излучением	*6)				46.4	62.0		29.4	39.4	20.3	23.7
43 альфа-1	*6)				46.4	83.7		29.4	67.6	38.8	23.7
44 альфа-2	*6)				7687.0	4006.6		7579.7	3104.5	34893.0	7503.2
45 Термическое сопротивл.	*4)				0.000182	0.000227		0.000177	0.000224	0.000590	0.000170
46 Коэф. теплопередачи	*6)				35.0	36.1	36.4	24.8	36.4	22.4	20.9
47 Температурный напор	град				685	616	692	626	514	601	531

Примечания:

- \*1)-12X2МФСР
- \*2)-X18H12T
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инь N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

Формат А3

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240	ТЭС в г. Светлый	Рец.гг 22.0%, M=0.424	Дном= 240. т/ч	D= 100. %								
Номер элемента	-	9/137	9/139	10/116	10/119	10/120	10/129	10/132	10/157	11/118	11/123	
Имя пакета	-	КПП3кр	КПП4ср	ПОТКПП2	ПодСГГ	ПодСГГ	БЭ СГГ	КПП-2	БЭ СГГ	Фест-2	Фест-3	
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ												
1 Тип пучка	-	Коридор	Коридор	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Коридор	Настенн.	Коридор	Коридор	
2 Характер тока	-	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Против.	Прямот.	Против.	Против.	Против.	Против.	Прямот.	
3 Материал	-	12X1MФ	*2)	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	
4 Поверхность нагрева	м2	525.0	525.0	21.7	24.0	24.0	36.0	914.0	36.0	25.0	25.0	
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
7 Живые сечения греющ.	м2	36.10	36.10	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	33.24	33.24	
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.076	0.076	0.061	0.029	0.029	0.044	0.091	0.044	0.029	0.029	
9 Поперечный шаг	мм	96.0	96.0					96.0		96.0	96.0	
10 Продольный шаг	мм	60.0	60.0					60.0		100.0	100.0	
11 Число рядов труб	-	20	20					24		1	1	
12 Длина трубы	м	27.4	27.4	3.9	9.1	9.1	9.0	39.9	9.0	3.3	3.3	
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
14 Коэф. неравномерности	-											
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.600	0.600	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.600	0.0050	0.600	0.600	
16 Перепад давления	*3)	-4.50	-4.50	-0.16	-0.16	-0.16	-0.14	-3.00	-0.14	-0.20	-0.20	
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	
23 Эф. толщина изл. слоя	м	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.344	0.344	
24 Степень черноты потока	-	0.118	0.118	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.189	0.189	
25 Линейная скорость	м/с	8.4	8.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	7.3	7.3	
26 Тепло- по балансу	ккал/кг	320.6	283.8	5.2	5.8	5.8	8.6	503.4	8.6	9.7	9.6	
27 восприятие из топки	=	10.0	10.0									
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	3281.7	3281.7	2664.6	2664.6	2664.6	2664.6	2664.6	2664.6	2124.3	2124.3	
29 на выходе	=	2664.6	2664.6	2124.3	2124.3	2124.3	2124.3	2124.3	2124.3	2105.0	2105.0	
30 приращение	=	-617.0	-617.0	-540.3	-540.3	-540.3	-540.3	-540.3	-540.3	-19.4	-19.4	
31 Температура на входе	град	945	945	781	781	781	781	781	781	634	634	
32 на выходе	=	781	781	634	634	634	634	634	634	629	629	
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
33 Относительный расход	-	1.000	1.000	1.000	0.545	0.545	0.545	1.000	0.455	0.545	0.545	
34 Весовая скорость	кг/м2.с	877.2	877.2	1092.9	1252.9	1252.9	825.8	732.6	689.4	1252.9	1252.9	
35 Линейная скорость	м/с	19.4	22.2	12.5	14.5	14.6	10.0	10.3	8.4	14.4	14.8	
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	777.5	816.0	647.4	650.0	651.3	657.0	659.2	657.4	648.0	652.7	
37 на выходе	=	816.0	850.3	648.0	651.3	652.5	658.8	717.8	659.6	650.0	654.8	
38 приращение	=	38.5	34.2	0.6	1.2	1.2	1.8	58.7	2.2	2.1	2.1	
39 Температура на входе	град	479	535	355	356	357	359	360	359	356	357	
40 на выходе	=	535	588	356	357	357	360	407	361	356	358	
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА												
41 Теплоотдача конвекцией	*6)	58.7	58.7					64.0		49.6	49.6	
42 излучением	*6)	30.4	32.3	19.0	19.0	19.0	19.1	21.3	19.1	17.3	17.4	
43 альфа-1	*6)	89.1	91.0	19.0	19.0	19.0	19.1	85.3	19.1	66.9	66.9	
44 альфа-2	*6)	3318.3	3308.3	7445.6	8093.2	8007.9	5449.4	3965.5	4695.3	8209.0	7876.5	
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000180	0.000225	0.000160	0.000160	0.000160	0.000160	0.000161	0.000160	0.000155	0.000156	
46 Коэф. теплопередачи	*6)	50.6	51.4	17.2	17.2	17.3	17.3	48.9	17.3	39.3	39.3	
47 Температурный напор	град	338	294	390	389	389	386	315	386	275	274	

Примечания:

- \*1)-12X2MФСР
- \*2)-X18H12T
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инь N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

Формат А3

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240 ТЭС в г. Светлый Рец.гг 22.0%, М=0.424 Дном= 240. т/ч D= 100. %

Номер элемента		12/128	12/148	12/149	12/152	12/153	12/156	14/106	14/127	14/150	14/151
Имя пакета		БЭ ПК	ПотПК	ТылПК	ТылПК	ПотПК	БЭ ПК	ЭК-3	БЭ КШ	ТылКШ	ТылКШ
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ											
1 Тип пучка	-	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Шахмат.	Настенн.	Настенн.	Настенн.
2 Характер тока	-	Против.	Прямот.	Прямот.	Против.	Против.	Против.	Против.	Против.	Прямот.	Против.
3 Материал	-	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	Ст.20	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ
4 Поверхность нагрева	м2	20.0	16.0	18.0	18.0	16.0	20.0	1028.0	25.0	23.0	23.0
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0
7 Живые сечения греющ.	м2	33.80	33.80	33.80	33.80	33.80	33.80	21.70	21.70	21.70	21.70
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.036	0.029	0.029	0.029	0.029	0.036	0.076	0.036	0.029	0.029
9 Поперечный шаг	мм							96.0			
10 Продольный шаг	мм							50.0			
11 Число рядов труб	-							32			
12 Длина трубы	м	6.1	6.1	6.8	6.8	6.1	6.1	63.4	7.6	8.7	8.7
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14 Коэф. неравномерности	-										
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0021	0.0050	0.0050	0.0050
16 Перепад давления	*3)	-0.14	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.14	-1.00	-0.16	-0.16	-0.16
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
23 Эф. толщина изл. слоя	м	3.060	3.060	3.060	3.060	3.060	3.060	0.143	0.143	0.143	0.143
24 Степень черноты потока	-	0.553	0.553	0.553	0.553	0.553	0.553	0.127	0.127	0.127	0.127
25 Линейная скорость	м/с	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	10.0	10.0	10.0	10.0
26 Тепло-   по балансу	ккал/кг	7.4	6.0	6.7	6.7	6.0	7.4	558.6	1.9	1.7	1.7
27 восприятие   из топки	=										
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	2105.0	2105.0	2105.0	2105.0	2105.0	2105.0	2064.4	2064.4	2064.4	2064.4
29 на выходе	=	2064.4	2064.4	2064.4	2064.4	2064.4	2064.4	1495.5	1495.5	1495.5	1495.5
30 приращение	=	-40.5	-40.5	-40.5	-40.5	-40.5	-40.5	-568.9	-568.9	-568.9	-568.9
31 Температура на входе	град	629	629	629	629	629	629	618	618	618	618
32 на выходе	=	618	618	618	618	618	618	457	457	457	457
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
33 Относительный расход	-	0.545	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455	0.810	0.545	0.455	0.455
34 Весовая скорость	кг/м2.с	1009.3	1046.0	1046.0	1046.0	1046.0	842.6	710.5	1009.3	1046.0	1046.0
35 Линейная скорость	м/с	12.1	12.0	12.1	12.3	12.4	10.1	1.0	12.0	12.2	12.2
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	655.4	648.0	649.5	652.1	653.8	655.5	307.4	655.0	651.2	651.7
37 на выходе	=	657.0	649.5	651.2	653.8	655.4	657.4	387.8	655.4	651.7	652.1
38 приращение	=	1.6	1.5	1.7	1.7	1.5	1.9	80.4	0.4	0.4	0.4
39 Температура на входе	град	358	356	356	357	358	359	290	358	357	357
40 на выходе	=	359	356	357	358	359	359	345	358	357	357
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА											
41 Теплоотдача конвекцией	*6)							80.2			
42 излучением	*6)		49.7	49.8	49.8	49.9	50.0	8.5	8.8	8.8	8.8
43 альфа-1	*6)	49.9	49.7	49.8	49.8	49.9	50.0	88.7	8.8	8.8	8.8
44 альфа-2	*6)	6489.2	7121.4	7022.2	6864.8	6771.6	5606.1	7495.3	6543.9	6956.7	6928.8
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155	0.000114	0.000150	0.000150	0.000150
46 Коэф. теплопередачи	*6)	39.4	39.3	39.3	39.3	39.4	39.3	73.3	8.4	8.4	8.4
47 Температурный напор	град	264	267	267	266	265	264	207	247	249	248

Примечания:

- \*1)-12Х2МФСР
- \*2)-Х18Н12Т
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм   Л   N докум   Подп   Дата	
Инв N подл   Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата	

Формат А3

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240 ТЭС в г. Светлый Рец.гг 22.0%, M=0.424 Дном= 240. т/ч D= 100. %

Номер элемента		14/155	16/105	16/121	16/122	19/104	23/211	26/208	29/205	
Имя пакета		БЭ КШ	ЭК-2	ФрЭ КШ	ФрЭ КШ	ЭК-1	ТВП-3	ТВП-2	ТВП-1	
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ										
1 Тип пучка	-	Настенн.	Шахмат.	Настенн.	Настенн.	Шахмат.	Шахмат.	Шахмат.	Шахмат.	
2 Характер тока	-	Против.	Против.	Прямот.	Против.	Против.	Одно-х	Одно-х	Одно-х	
3 Материал	-	12Х1МФ	Ст.20	12Х1МФ	12Х1МФ	Ст.20	Ст.20	Ст.20	Ст.20	
4 Поверхность нагрева	м2	25.0	1028.0	23.0	23.0	892.0	7403.0	7403.0	4442.0	
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	40.0	40.0	40.0	
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	1.5	1.5	1.5	
7 Живые сечения греющ.	м2	21.70	21.70	21.70	21.70	19.10	12.10	12.10	11.00	
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.036	0.076	0.029	0.029	0.076	18.700	18.700	12.400	
9 Поперечный шаг	мм		96.0			96.0	54.0	54.0	54.0	
10 Продольный шаг	мм		50.0			50.0	40.5	40.5	40.5	
11 Число рядов труб	-		32			32	44	44	44	
12 Длина трубы	м	7.6	63.4	8.7	8.7	55.3	5.4	5.4	3.6	
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.850	0.850	0.850	
14 Коэф. неравномерности	-									
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.0050	0.0027	0.0050	0.0050	0.0033				
16 Перепад давления	*3)	-0.16	-1.00	-0.16	-0.16	-1.00	3.49	3.49	2.33	
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ										
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.146	0.143	0.141	0.139	
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.094	0.093	0.092	0.091	
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	7.8119	7.9850	8.0793	8.1737	
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0092	0.0090	0.0089	0.0088	
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.000	1.000	1.000	1.000	
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.166	1.194	1.209	1.224	
23 Эф. толщина изл. слоя	м	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.033	0.033	0.033	
24 Степень черноты потока	-	0.127	0.135	0.135	0.135	0.140	0.067	0.069	0.070	
25 Линейная скорость	м/с	10.0	8.4	8.4	8.4	7.0	10.3	9.3	9.0	
26 Тепло-   по балансу	ккал/кг	1.9	316.7	0.5	0.5	157.7	144.5	177.3	152.8	
27 восприятие   из топки	=									
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	2064.4	1495.5	1495.5	1495.5	964.9	811.5	672.2	497.7	
29 на выходе	=	1495.5	1175.9	1175.9	1175.9	806.3	666.1	493.9	344.0	
30 приращение	=	-568.9	-319.6	-319.6	-319.6	-158.6	-145.4	-178.3	-153.7	
31 Температура на входе	град	618	457	457	457	360	299	247	182	
32 на выходе	=	457	364	364	364	303	247	183	127	
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ										
33 Относительный расход	-	0.455	0.810	0.545	0.545	0.810	1.134	1.149	1.164	
34 Весовая скорость	кг/м2.с	842.6	710.5	1252.9	1252.9	710.5	3.0	3.0	4.6	
35 Линейная скорость	м/с	10.1	0.9	14.7	14.7	0.9	5.5	4.8	6.1	
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	655.0	261.9	652.5	652.6	239.2	404.7	250.4	119.0	
37 на выходе	=	655.5	307.4	652.6	652.7	261.9	532.2	404.7	250.4	
38 приращение	=	0.5	45.6	0.1	0.1	22.7	127.5	154.3	131.3	
39 Температура на входе	град	358	252	357	357	232	202	126	60	
40 на выходе	=	359	290	357	357	252	264	202	126	
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА										
41 Теплоотдача конвекцией	*6)		72.8			65.8	30.3	29.4	31.0	
42 излучением	*6)	8.8	6.0	6.9	6.9	4.6	1.9	1.3	0.9	
43 альфа-1	*6)	8.8	78.8	6.9	6.9	70.4	32.1	30.8	31.8	
44 альфа-2	*6)	5662.3	6994.5	7960.7	7950.3	6767.2	48.5	46.3	56.6	
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000150	0.000107	0.000144	0.000144	0.000104	0.0000378	0.0000364	0.0000350	
46 Коэф. теплопередачи	*6)	8.4	63.9	6.7	6.7	56.2	16.4	15.7	17.3	
47 Температурный напор	град	247	135	96	96	88	33	43	56	

Примечания:

- \*1)-12Х2МФСР
- \*2)-Х18Н12Т
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инв N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

**Приложение Д. Расчёт 2 – расход питательной воды 3,6 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1**

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА																	
Котел 240			ТЭС в г. Светлый			Рец.гг 22.0%, M=0.424			Dном= 240. т/ч			D= 100. %					
ДАННЫЕ ПО ТОПЛИВУ						Виноградский											
Теп- ловая доля	Потери с недожогом	Температура град	Диам. золов. частиц мкм	Низшая теплота сгор. ккал/кг	С о с т а в т о п л и в а %								Доля уноса	Угле- кисл. карб.	Коеф. разл. карб.	Расход форс. пара кг/кг	
					Влага	Зола	Сера	Угле- род	Водо- род	Азот	Кисло род						
1.00	.000	1.450	20	600	13.0	5495	11.20	10.04	.21	60.95	4.35	1.65	11.60	.95	.00	.00	.00
ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПО ТРАКТАМ																	
Наименование тракта	Параметры рабочей среды на входе в тракт							Параметры рабочей среды на выходе из тракта									
	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура, град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура, град									
Газовый тракт	58.911	5503.1	1.0	1875	63.010	343.7	1.0	126									
Тракт первичного пара	244.800	239.2	162.0	232	240.000	842.2	140.0	575									
Воздушный тракт	56.488	59.4	1.0	30	54.318	530.5	1.0	263									
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ТОПЛИВА																	
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ТОПЛИВА			ОБЩИЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ						ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ТОПКЕ								
Потери тепла, % :			Объемы, воздуха	6.19	Объем топки, м3	1490.0											
с уход. газами	4.788		трехатомных газов	1.14	Эф. толщина излучающего слоя, м	5.5											
с хим. недожогом			нм3/кг* азота	4.90	Коеф. усреднения	1.000											
с мех. недожогом	1.450		водяных паров	0.72	Параметр горения	0.424											
в окр. среду	0.580		Масса золы, кг/кг	9.54E-2	Давление в топке, кгс/см**2	1.000											
с теплом шлаков	0.012		Влагосодерж. воздуха, г/нм3	10.0	Коеф. избытка воздуха в конце топки	1.150											
неучтенные			Теплота сгор. смеси, ккал/кг*	5495.0	Теплонапряжение объема, мкал/м3.ч	103.3											
К П Д котла	93.170		Тепло форсун. пара, =		Теплонапряжение сечения, мкал/м2.ч	2581.4											
Расход топлива, т/ч (тнм3/ч)			Теплота разлож. карб. =		Ср.тепл.нагрузка эф.поверх. мкал/м2.ч	71.63											
полный	27.999		Теплосод. топлива =	8.8	Полезное тепловыделение, ккал/кг*	6313.2											
расчетный	27.593		Тепло подогрева в калор. =	69.9	Тепловосприятие топки, =	2517.7											
на ГТУ (в топку)			Располагаемое тепло топл. =	5573.7	Тепловосприятие газового окна, =	152.6											
Расход газа на 1 кг топлива, нм3/кг **			Параметр кокс. частиц	0.050	Степень черноты	0.845											
Общее тепло, гкал/ч	141.650		Присос в топке	0.020	Коеффициент эффективности	0.420											
			Присос в пылесистеме		Адиабатическая температура, град	1698											
			Коеф. сохранения тепла	0.994	Темп. газов на выходе из топки, град	1074											

Примечание: \* для газа- на нм3  
 \*\* для ГТУ- топливо из ГТУ в топку к Вр

fail	Лист
Изм   Л   N докум   Подп   Дата	
Инь N подл   Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата	

Формат А3







ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240		ТЭС в г. Светлый			Рец.гг 22.0%, М=0.424			Дном= 240. т/ч			D= 100. %	
Номер элемента	-	5/111	5/112	5/143	6/113	6/134	6/145	7/114	7/136	8/144	9/115	
Имя пакета	-	НРП	ПОТТоп	ЭКР топ	ПОТШПП1	ШПП-1	ЭКРШПП	ПОТШПП2	ШПП-2	Фест-1	ПОТКПП3	
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ												
1 Тип пучка	-	Радиац.	Радиац.	Радиац.	Настенн.	Коридор	Дополн.	Настенн.	Коридор	Коридор	Настенн.	
2 Характер тока	-				Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	
3 Материал	-	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	12X1МФ	
4 Поверхность нагрева	м2	68.0	28.5	780.0	15.5	260.0	67.5	15.5	310.0	32.0	23.2	
5 Наружный диаметр трубы	мм	60.0	32.0	60.0	32.0	32.0	60.0	32.0	32.0	159.0	32.0	
6 Толщина стенки трубы	мм	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	5.0	5.0	6.0	17.0	5.0	
7 Живые сечения греющ.	м2	59.60	59.60	59.60	80.40	80.40	80.40	66.80	66.80	53.40	36.10	
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.087	0.061	0.348	0.061	0.070	0.624	0.061	0.088	0.098	0.061	
9 Поперечный шаг	мм					528.0			264.0	820.0		
10 Продольный шаг	мм					36.0			36.0	200.0		
11 Число рядов труб	-					32			20	1		
12 Длина трубы	м	22.9	5.1	65.1	2.8	12.2	3.3	2.8	11.6	8.0	4.2	
13 Коэф. использования	-				1.000	0.850	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000	
14 Коэф. неравномерности	-	0.8238	0.8238	1.0661								
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.420	0.420	0.420	0.0050	0.011		0.0050	0.010	0.600	0.0050	
16 Перепад давления	*3)	-1.00	-0.10	-0.001	-0.16	-1.89	-0.001	-0.16	-1.89	-0.001	-0.16	
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	
23 Эф. толщина изл. слоя	м	5.540	5.540	5.540	0.650	0.650	0.650	0.360	0.360	0.240	0.177	
24 Степень черноты потока	-	0.696	0.696	0.696	0.210	0.210	0.210	0.160	0.160	0.132	0.118	
25 Линейная скорость	м/с				4.3	4.3	4.3	4.9	4.9	6.0	8.3	
26 Тепло- по балансу	ккал/кг	145.4	61.0	2158.8	13.3	210.9	61.0	8.6	211.3	15.3	9.2	
27 восприятие из топки	=				4.2	70.0	18.2	1.4	28.5	10.0	0.4	
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	6313.2	6313.2	6313.2	3781.4	3781.4	3781.4	3494.7	3494.7	3273.6	3258.2	
29 на выходе	=	3781.4	3781.4	3781.4	3494.7	3494.7	3494.7	3273.6	3273.6	3258.2	2633.0	
30 приращение	=	-2531.8	-2531.8	-2531.8	-286.8	-286.8	-286.8	-221.1	-221.1	-15.4	-625.1	
31 Температура на входе	град	1698	1698	1698	1074	1074	1074	1000	1000	943	939	
32 на выходе	=	1074	1074	1074	1000	1000	1000	943	943	939	773	
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
33 Относительный расход	-	0.985	0.985	6.980	0.985	1.000	6.980	0.985	1.000	6.980	0.985	
34 Весовая скорость	кг/м2.с	754.8	1076.5	1337.2	1076.5	952.4	745.7	1076.5	757.6	4748.3	1076.5	
35 Линейная скорость	м/с	7.3	11.5	2.2	12.0	15.9	2.2	12.1	14.3	13.9	12.2	
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	619.1	636.1	390.5	643.2	709.6	426.4	645.2	741.9	426.0	646.4	
37 на выходе	=	636.1	643.2	426.0	645.2	741.9	427.7	646.4	769.5	426.4	647.5	
38 приращение	=	17.0	7.1	35.6	2.0	32.3	1.3	1.2	27.6	0.4	1.1	
39 Температура на входе	град	348	351	346	354	398	345	355	433	345	355	
40 на выходе	=	351	354	345	355	433	345	355	468	345	355	
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА												
41 Теплоотдача конвекцией	*6)					24.0			26.3	18.3		
42 излучением	*6)				46.1	61.0		29.1	38.7	20.1	23.5	
43 альфа-1	*6)				46.1	82.6		29.1	66.6	38.4	23.5	
44 альфа-2	*6)				7578.7	4119.6		7472.6	3146.9	34847.0	7397.5	
45 Термическое сопротивл.	*4)				0.000182	0.000226		0.000177	0.000223	0.000588	0.000169	
46 Коэф. теплопередачи	*6)				34.8	36.1	36.2	24.6	36.2	22.2	20.7	
47 Температурный напор	град				681	620	688	621	519	595	525	

Примечания:

- \*1)-12X2МФСР
- \*2)-X18H12T
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инь N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

Формат А3







**Приложение Е. Расчёт 3 – расход питательной воды 5,5 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1**

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА																	
Котел 240			ТЭС в г. Светлый			Рец.гг 22.0%, M=0.424			Дном= 240. т/ч			D= 100. %					
ДАННЫЕ ПО ТОПЛИВУ						Виноградовский											
Теп- ловая доля	Потери с недожогом Хим.	Потери Мех.	Температура град	Диам. золов. частиц мкм	Низшая теплота сгор. ккал/кг	Состав топлива %						Доля уноса	Угле- кисл. карб.	Кэф. разл. карб.	Расход форс. пара кг/кг		
						Влага	Зола	Сера	Угле- род	Водо- род	Азот					Кисло род	
1.00	.000	1.450	20	600	13.0	5495	11.20	10.04	.21	60.95	4.35	1.65	11.60	.95	.00	.00	.00
ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПО ТРАКТАМ																	
Наименование тракта	Параметры рабочей среды на входе в тракт						Параметры рабочей среды на выходе из тракта										
	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град									
Газовый тракт	58.474	5503.1	1.0	1875	62.542	343.1	1.0	126									
Тракт первичного пара	244.800	239.2	162.0	232	240.000	837.7	140.0	567									
Воздушный тракт	56.069	59.4	1.0	30	53.915	529.6	1.0	263									
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ТОПЛИВА			ОБЩИЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ						ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ТОПКЕ								
Потери тепла, % :			Объемы, м3	воздуха	6.19	Объем топки, м3	1490.0										
с уход. газами	4.776		трехатомных газов	1.14	Эф. толщина излучающего слоя, м	5.5											
с хим. недожогом			азота	4.90	Кэф. усреднения	1.000											
с мех. недожогом	1.450		водяных паров	0.72	Параметр горения	0.424											
в окр. среду	0.580		Масса золы, кг/кг	9.54E-2	Давление в топке, кгс/см**2	1.000											
с теплом шлаков	0.012		Влагосодерж. воздуха, г/нм3	10.0	Кэф. избытка воздуха в конце топки	1.150											
неучтенные			Теплота спор.смеси, ккал/кг*	5495.0	Теплонапряжение объема, мкал/м3.ч	102.5											
К П Д котла	93.181		Тепло форсун. пара, =		Теплонапряжение сечения, мкал/м2.ч	2562.2											
Расход топлива, т/ч (тнм3/ч)			Теплота разлож. карб. =		Ср.тепл.нагрузка эф.поверх. мкал/м2.ч	71.32											
полный	27.791		Теплосод. топлива =	8.8	Полезное тепловыделение, ккал/кг*	6311.5											
расчетный	27.388		Тепло подогрева в калор. =	69.9	Тепловосприятие топки, =	2525.6											
на ГТУ (в топку)			Располагаемое тепло топл. =	5573.7	Тепловосприятие газового окна, =	153.1											
Расход газа на 1 кг топлива, нм3/кг **			Параметр кокс. частиц	0.050	Степень черноты	0.845											
Общее тепло, гкал/ч	140.596		Присос в топке	0.020	Кэф. эффективности	0.420											
			Присос в пылесистеме		Адиабатическая температура, град	1697											
			Кэф. сохранения тепла	0.994	Темп. газов на выходе из топки, град	1072											

Примечание: \* для газа- на нм3  
\*\* для ГТУ- топливо из ГТУ в топку к Вр

fail  
Изм| Л |N докум| Подп|Дата|

Инв N подл| Подп и дата |Взам инв N|Инв N дубл | Подп и дата

Формат А3





ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240  
Тракт первичного пара

ТЭС в г. Светлый

Рец.гг 22.0%, M=0.424

Дном= 240. т/ч D= 100. %

Номер имя	Имя элемента	Номер сопр.	ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПО ТРАКТУ										Темпер. сопряж. теплоносит., град	
			Расход, т/ч	Скорость, м/с кг/м2.с		Теплосъем, ккал/кг	Давлен. кгс/см2	Перепад кгс/см2	Энтальпия ккал/кг	Перепад, ккал/кг	Н/п.грев % кипен.	Темпер град	На входе	На вых.
149	ТылПК	12	109.2	12.1	1046.0	6.6	157.10	-0.16	649.69	1.64	30.8	356	620	609
150	ТылКШ	14	109.2	12.2	1046.0	1.7	156.94	-0.16	651.33	0.42	31.2	357	609	452
151	ТылКШ	14	109.2	12.2	1046.0	1.7	156.78	-0.16	651.75	0.42	31.5	357	609	452
152	ТылПК	12	109.2	12.3	1046.0	6.5	156.62	-0.16	652.17	1.64	33.0	357	620	609
153	ПотПК	12	109.2	12.4	1046.0	5.8	156.46	-0.16	653.81	1.46	34.4	358	620	609
154	КОН.РУК	124	109.2			-2612.7	156.30		655.27			359		
155	БЭ КШ	14	109.2	10.1	842.6	1.8	156.22	-0.16	655.13	0.45	34.5	358	609	452
156	БЭ ПК	12	109.2	10.1	842.6	7.2	156.06	-0.14	655.58	1.81	36.2	359	620	609
157	БЭ СГГ	10	109.2	8.4	689.4	8.3	155.92	-0.14	657.40	2.09	38.2	359	768	625
158	Кон рук	130	109.2			-2629.5	155.78		659.49			361		
159	Пустой		50.4				162.00		239.17			232		
160	УСК		50.4				162.00		239.17			232		
161	Рукав	107	50.4			-440.1	162.00		239.17			232		

Воздушный тракт

Номер имя	Имя элемента	Номер сопр.	ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПО ТРАКТУ										Темпер. сопряж. теплоносит., град	
			Расход, м3/с	Скорость, м/с кг/м2.с		Теплосъем, ккал/кг	Давлен. кгс/см2	Перепад кгс/см2	Энтальпия ккал/кг	Перепад, ккал/кг	Темпер град	На входе	На вых.	
201	ВХОД 6											30		
202	+РЕЦ.В	213	56.1						59.39			30		
203	КАЛОРИФ		56.1			69.9			59.39	59.66		30		
204	-ПЕРЕТ	30	56.1			-0.9			119.05			60		
205	ТВП-1	29	55.7	6.0	4.5	152.1			119.05	130.65		60	181	126
206	-ПЕРЕТ	28	55.7			-1.9			249.70			125		
207	-ПЕРЕТ	27	55.4			-1.9			249.70			125		
208	ТВП-2	26	55.0	4.7	2.9	176.2			249.70	153.35		125	246	182
209	-ПЕРЕТ	25	55.0			-3.0			403.05			201		
210	-ПЕРЕТ	24	54.6			-3.0			403.05			201		
211	ТВП-3	23	54.3	5.4	2.9	143.5			403.05	126.52		201	297	246
212	-ПЕРЕТ	22	54.3			-4.0			529.57			263		
213	-РЕЦ.В	202	53.9						529.57			263		
214	-ИЗВ В	216	53.9						529.57			263		
215	ВЫХ 7		53.9						529.57			263		
216	ВЫХ 8											263		

fail

Изм | Л | N докум | Подп | Дата

Инв N подл | Подп и дата | Взам инв N | Инв N дубл | Подп и дата

Формат А3



ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240

ТЭС в г. Светлый

Рец.гг 22.0%, M=0.424

Дном= 240. т/ч

D= 100. %

Номер элемента		9/137	9/139	10/116	10/119	10/120	10/129	10/132	10/157	11/118	11/123
Имя пакета		КППЗкр	КПП4ср	ПОТКПП2	ПодСГГ	ПодСГГ	БЭ СГГ	КПП-2	БЭ СГГ	Фест-2	Фест-3
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ											
1 Тип пучка	-	Коридор	Коридор	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Коридор	Настенн.	Коридор	Коридор
2 Характер тока	-	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Против.	Прямот.	Против.	Против.	Против.	Против.	Прямот.
3 Материал	-	12X1МФ	*2)	12X1МФ							
4 Поверхность нагрева	м2	525.0	525.0	21.7	24.0	24.0	36.0	914.0	36.0	25.0	25.0
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
7 Живые сечения греющ.	м2	36.10	36.10	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	33.24	33.24
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.076	0.076	0.061	0.029	0.029	0.044	0.091	0.044	0.029	0.029
9 Поперечный шаг	мм	96.0	96.0					96.0		96.0	96.0
10 Продольный шаг	мм	60.0	60.0					60.0		100.0	100.0
11 Число рядов труб	-	20	20					24		1	1
12 Длина трубы	м	27.4	27.4	3.9	9.1	9.1	9.0	39.9	9.0	3.3	3.3
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14 Коэф. неравномерности	-										
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.600	0.600	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.600	0.0050	0.600	0.600
16 Перепад давления	*3)	-4.50	-4.50	-0.16	-0.16	-0.16	-0.14	-3.00	-0.14	-0.20	-0.20
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
23 Эф. толщина изл. слоя	м	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.344	0.344
24 Степень черноты потока	-	0.119	0.119	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.190	0.190
25 Линейная скорость	м/с	8.2	8.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	7.1	7.1
26 Тепло-   по балансу	ккал/кг	326.2	290.4	5.1	5.6	5.6	8.3	487.6	8.3	9.4	9.3
27 восприятие   из топки	=	10.0	10.0								
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	3244.4	3244.4	2615.3	2615.3	2615.3	2615.3	2615.3	2615.3	2091.8	2091.8
29 на выходе	=	2615.3	2615.3	2091.8	2091.8	2091.8	2091.8	2091.8	2091.8	2073.0	2073.0
30 приращение	=	-629.1	-629.1	-523.4	-523.4	-523.4	-523.4	-523.4	-523.4	-18.8	-18.8
31 Температура на входе	град	935	935	768	768	768	768	768	768	625	625
32 на выходе	=	768	768	625	625	625	625	625	625	620	620
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
33 Относительный расход	-	1.000	1.000	0.977	0.522	0.522	0.522	0.977	0.455	0.522	0.522
34 Весовая скорость	кг/м2.с	877.2	877.2	1067.8	1200.0	1200.0	790.9	715.8	689.4	1200.0	1200.0
35 Линейная скорость	м/с	18.6	21.4	12.2	13.9	14.0	9.6	10.1	8.4	13.8	14.2
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	765.1	803.5	647.6	650.3	651.5	657.1	659.2	657.4	648.2	652.9
37 на выходе	=	803.5	837.7	648.2	651.5	652.7	658.9	716.2	659.5	650.3	655.0
38 приращение	=	38.4	34.3	0.6	1.2	1.2	1.8	57.0	2.1	2.0	2.0
39 Температура на входе	град	462	515	356	357	357	359	360	359	356	357
40 на выходе	=	515	567	356	357	358	360	405	361	357	358
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА											
41 Теплоотдача конвекцией	*6)	57.5	57.5					62.7		48.6	48.6
42 излучением	*6)	29.3	31.1	18.6	18.6	18.6	18.7	20.8	18.7	17.0	17.1
43 альфа-1	*6)	86.9	88.6	18.6	18.6	18.6	18.7	83.5	18.7	65.6	65.7
44 альфа-2	*6)	3336.1	3297.0	7287.2	7798.6	7717.2	5257.5	3910.4	4694.5	7909.1	7591.8
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000178	0.000227	0.000159	0.000159	0.000159	0.000159	0.000161	0.000159	0.000155	0.000155
46 Коэф. теплопередачи	*6)	49.4	50.1	16.9	16.9	16.9	17.0	47.9	17.0	38.5	38.5
47 Температурный напор	град	344	302	378	377	376	374	305	374	266	265

Примечания:

- \*1) -12X2МФСР
- \*2) -X18H12T
- \*3) -кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4) -м2.ч.град с/ккал
- \*6) -ккал/м2.ч.град с

											Лист
								fail			
Изм	Л	И	Н	докум	Подп	Дата					
Инв N подл	Подп	и	дата	Взам инв N	Инв N	дубл	Подп	и	дата		

Формат А3



ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240

ТЭС в г. Светлый

Рец.гг 22.0%, M=0.424

Дном= 240. т/ч

D= 100. %

Номер элемента		14/155	16/105	16/121	16/122	19/104	23/211	26/208	29/205	
Имя пакета		БЭ КШ	ЭК-2	ФрЭ КШ	ФрЭ КШ	ЭК-1	ТВП-3	ТВП-2	ТВП-1	
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ										
1 Тип пучка	-	Настенн.	Шахмат.	Настенн.	Настенн.	Шахмат.	Шахмат.	Шахмат.	Шахмат.	
2 Характер тока	-	Против.	Против.	Прямот.	Против.	Против.	Одно-х	Одно-х	Одно-х	
3 Материал	-	12X1МФ	Ст.20	12X1МФ	12X1МФ	Ст.20	Ст.20	Ст.20	Ст.20	
4 Поверхность нагрева	м2	25.0	1028.0	23.0	23.0	892.0	7403.0	7403.0	4442.0	
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	40.0	40.0	40.0	
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	1.5	1.5	1.5	
7 Живые сечения греющ.	м2	21.70	21.70	21.70	21.70	19.10	12.10	12.10	11.00	
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.036	0.076	0.029	0.029	0.076	18.700	18.700	12.400	
9 Поперечный шаг	мм		96.0			96.0	54.0	54.0	54.0	
10 Продольный шаг	мм		50.0			50.0	40.5	40.5	40.5	
11 Число рядов труб	-		32			32	44	44	44	
12 Длина трубы	м	7.6	63.4	8.7	8.7	55.3	5.4	5.4	3.6	
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.850	0.850	0.850	
14 Коэф. неравномерности	-									
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.0050	0.0027	0.0050	0.0050	0.0034				
16 Перепад давления	*3)	-0.16	-1.00	-0.16	-0.16	-1.00	3.49	3.49	2.33	
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ										
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.146	0.143	0.141	0.139	
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.094	0.093	0.092	0.091	
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	7.8119	7.9850	8.0793	8.1737	
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0092	0.0090	0.0089	0.0088	
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.000	1.000	1.000	1.000	
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.166	1.194	1.209	1.224	
23 Эф. толщина изл. слоя	м	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.033	0.033	0.033	
24 Степень черноты потока	-	0.127	0.135	0.135	0.135	0.140	0.067	0.069	0.070	
25 Линейная скорость	м/с	9.7	8.2	8.2	8.2	6.9	10.0	9.1	8.8	
26 Тепло-   по балансу	ккал/кг	1.8	310.1	0.5	0.5	154.7	143.5	176.2	152.1	
27 восприятие   из топки	=									
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	2033.6	1479.3	1479.3	1479.3	957.1	806.7	668.5	495.1	
29 на выходе	=	1479.3	1166.4	1166.4	1166.4	801.5	662.4	491.3	342.2	
30 приращение	=	-554.4	-312.8	-312.8	-312.8	-155.5	-144.3	-177.2	-152.9	
31 Температура на входе	град	609	452	452	452	357	297	246	181	
32 на выходе	=	452	361	361	361	301	246	182	126	
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ										
33 Относительный расход	-	0.455	0.787	0.522	0.522	0.787	1.134	1.149	1.164	
34 Весовая скорость	кг/м2.с	842.6	690.4	1200.0	1200.0	690.4	2.9	2.9	4.5	
35 Линейная скорость	м/с	10.1	0.9	14.1	14.1	0.8	5.4	4.7	6.0	
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	655.1	261.6	652.7	652.8	239.2	403.1	249.7	119.0	
37 на выходе	=	655.6	306.6	652.8	652.9	261.6	529.6	403.1	249.7	
38 приращение	=	0.5	45.0	0.1	0.1	22.4	126.5	153.3	130.7	
39 Температура на входе	град	358	252	358	357	232	201	125	60	
40 на выходе	=	359	290	357	357	252	263	201	125	
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА										
41 Теплоотдача конвекцией	*6)		71.6			64.8	29.7	28.9	30.4	
42 излучением	*6)	8.7	5.9	6.9	6.9	4.6	1.8	1.3	0.9	
43 альфа-1	*6)	8.7	77.6	6.9	6.9	69.4	31.6	30.2	31.3	
44 альфа-2	*6)	5654.3	6831.7	7672.0	7662.1	6612.2	47.8	45.7	55.8	
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000150	0.000107	0.000144	0.000144	0.000104	0.000378	0.000363	0.000350	
46 Коэф. теплопередачи	*6)	8.3	62.7	6.6	6.6	55.2	16.2	15.5	17.0	
47 Температурный напор	град	239	132	91	91	86	33	42	55	

Примечания:

- \*1)-12X2МФСР
- \*2)-X18H12T
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инь N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

Формат А3

**Приложение Ж. Расчёт 4 – расход питательной воды 7,2 т/ч на пусковые впрыски до ШПП-1**

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА																	
Котел 240			ТЭС в г. Светлый			Рец.гг 22.0%, M=0.424			Дном= 240. т/ч			D= 100. %					
ДАННЫЕ ПО ТОПЛИВУ						Виноградовский											
Теп- ловая доля	Потери с недожогом %	Температура град	Диам. золов. частиц мкм	Низшая теплота сгор. ккал/кг	С о с т а в т о п л и в а %							Доля уноса	Угле- кисл. карб.	Коеф. разл. карб.	Расход форс. пара кг/кг		
					Влага	Зола	Сера	Угле- род	Водо- род	Азот	Кисло род						
1.00	.000	1.450	20	600	13.0	5495	11.20	10.04	.21	60.95	4.35	1.65	11.60	.95	.00	.00	.00
ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПО ТРАКТАМ																	
Наименование тракта	Параметры рабочей среды на входе в тракт							Параметры рабочей среды на выходе из тракта									
	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град	Расход, нм3/с т/ч	Энтальпия, ккал/кг	Давление, кгс/см**2	Температура град									
Газовый тракт	58.115	5503.1	1.0	1875	62.159	342.5	1.0	126									
Тракт первичного пара	244.800	239.2	162.0	232	240.000	833.9	140.0	561									
Воздушный тракт	55.725	59.4	1.0	30	53.584	528.8	1.0	262									
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ТОПЛИВА																	
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И РАСХОД ТОПЛИВА			ОБЩИЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ						ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ТОПКЕ								
Потери тепла, % :			Объемы, воздуха	6.19	Объем топки, м3	1490.0											
с уход. газами	4.767		трехатомных газов	1.14	Эф. толщина излучающего слоя, м	5.5											
с хим. недожогом			нм3/кг* азота	4.90	Коеф. усреднения	1.000											
с мех. недожогом	1.450		водяных паров	0.72	Параметр горения	0.424											
в окр. среду	0.580		Масса золы, кг/кг	9.54E-2	Давление в топке, кгс/см**2	1.000											
с теплом шлаков	0.012		Влагосодерж. воздуха, г/нм3	10.0	Коеф. избытка воздуха в конце топки	1.150											
неучтенные			Теплота сгор. смеси, ккал/кг*	5495.0	Теплонапряжение объема, мкал/м3.ч	101.9											
К П Д котла	93.191		Тепло форсун. пара, =		Теплонапряжение сечения, мкал/м2.ч	2546.5											
Расход топлива, т/ч (тнм3/ч)			Теплота разлож. карб. =		Ср.тепл.нагрузка эф.поверх. мкал/м2.ч	71.03											
полный	27.620		Теплосод. топлива =	8.8	Полезное тепловыделение, ккал/кг*	6309.8											
расчетный	27.220		Тепло подогрева в калор. =	69.9	Тепловосприятие топки, =	2530.7											
на ГТУ (в топку)			Располагаемое тепло топл. =	5573.7	Тепловосприятие газового окна, =	153.4											
Расход газа на 1 кг топлива, нм3/кг **			Параметр кокс. частиц	0.050	Степень черноты	0.845											
Общее тепло, гкал/ч	139.695		Присос в топке	0.020	Коеффициент эффективности	0.420											
			Присос в пылесистеме		Адиабатическая температура, град	1697											
			Коеф. сохранения тепла	0.994	Темп. газов на выходе из топки, град	1070											

Примечание: \* для газа- на нм3  
 \*\* для ГТУ- топливо из ГТУ в топку к Вр

Лист	fail
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инов N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

Формат А3







ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240 ТЭС в г. Светлый Рец.гг 22.0%, М=0.424 Дном= 240. т/ч D= 100. %

Номер элемента		5/111	5/112	5/143	6/113	6/134	6/145	7/114	7/136	8/144	9/115
Имя пакета		НРП	ПОТТоп	ЭКР топ	ПОТШПП1	ШПП-1	ЭКРШПП	ПОТШПП2	ШПП-2	Фест-1	ПОТКПП3
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ											
1 Тип пучка	-	Радиац.	Радиац.	Радиац.	Настенн.	Коридор	Дополн.	Настенн.	Коридор	Коридор	Настенн.
2 Характер тока	-				Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Прямот.
3 Материал	-	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ	12X1MФ
4 Поверхность нагрева	м2	68.0	28.5	780.0	15.5	260.0	67.5	15.5	310.0	32.0	23.2
5 Наружный диаметр трубы	мм	60.0	32.0	60.0	32.0	32.0	60.0	32.0	32.0	159.0	32.0
6 Толщина стенки трубы	мм	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	5.0	5.0	6.0	17.0	5.0
7 Живые сечения греющ.	м2	59.60	59.60	59.60	80.40	80.40	80.40	66.80	66.80	53.40	36.10
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.087	0.061	0.348	0.061	0.070	0.624	0.061	0.088	0.098	0.061
9 Поперечный шаг	мм					528.0			264.0	820.0	
10 Продольный шаг	мм					36.0			36.0	200.0	
11 Число рядов труб	-					32			20	1	
12 Длина трубы	м	22.9	5.1	65.1	2.8	12.2	3.3	2.8	11.6	8.0	4.2
13 Коэф. использования	-				1.000	0.850	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000
14 Коэф. неравномерности	-	0.8238	0.8238	1.0661							
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.420	0.420	0.420	0.0050	0.011		0.0050	0.010	0.600	0.0050
16 Перепад давления	*3)	-1.00	-0.10	-0.001	-0.16	-1.89	-0.001	-0.16	-1.89	-0.001	-0.16
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
23 Эф. толщина изл. слоя	м	5.540	5.540	5.540	0.650	0.650	0.650	0.360	0.360	0.240	0.177
24 Степень черноты потока	-	0.696	0.696	0.696	0.210	0.210	0.210	0.160	0.160	0.132	0.119
25 Линейная скорость	м/с				4.2	4.2	4.2	4.8	4.8	5.9	8.1
26 Тепло- по балансу	ккал/кг	146.2	61.3	2169.9	13.3	215.0	61.1	8.6	215.1	15.2	9.1
27 восприятие из топки	=				4.2	70.4	18.3	1.4	28.7	10.0	0.4
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	6309.8	6309.8	6309.8	3765.0	3765.0	3765.0	3473.9	3473.9	3248.9	3233.6
29 на выходе	=	3765.0	3765.0	3765.0	3473.9	3473.9	3473.9	3248.9	3248.9	3233.6	2600.5
30 приращение	=	-2544.8	-2544.8	-2544.8	-291.1	-291.1	-291.1	-225.0	-225.0	-15.3	-633.2
31 Температура на входе	град	1697	1697	1697	1070	1070	1070	995	995	936	932
32 на выходе	=	1070	1070	1070	995	995	995	936	936	932	764
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
33 Относительный расход	-	0.970	0.970	6.980	0.970	1.000	6.980	0.970	1.000	6.980	0.970
34 Весовая скорость	кг/м2.с	743.3	1060.1	1337.2	1060.1	952.4	745.7	1060.1	757.6	4748.3	1060.1
35 Линейная скорость	м/с	7.2	11.3	2.2	11.8	15.4	2.2	12.0	13.9	13.8	12.0
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	619.1	636.2	390.5	643.4	701.3	426.1	645.4	733.7	425.7	646.6
37 на выходе	=	636.2	643.4	425.7	645.4	733.7	427.4	646.6	761.3	426.1	647.7
38 приращение	=	17.1	7.2	35.3	2.0	32.4	1.3	1.2	27.7	0.4	1.1
39 Температура на входе	град	348	351	346	354	390	345	355	423	345	355
40 на выходе	=	351	354	345	355	423	345	355	457	345	356
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА											
41 Теплоотдача конвекцией	*6)					23.7			26.0	18.1	
42 излучением	*6)				45.8	60.1		28.9	37.9	20.0	23.2
43 альфа-1	*6)				45.8	81.5		28.9	65.5	38.1	23.2
44 альфа-2	*6)				7481.2	4260.7		7376.2	3203.4	34800.7	7302.3
45 Термическое сопротивл.	*4)				0.000182	0.000224		0.000177	0.000221	0.000587	0.000169
46 Коэф. теплопередачи	*6)				34.6	36.0	36.1	24.5	36.1	22.0	20.5
47 Температурный напор	град				676	625	683	616	524	589	519

Примечания:

- \*1)-12X2MФCP
- \*2)-X18H12T
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм	Л   N докум   Подп   Дата
Инь N подл	Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата

Формат А3

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240	ТЭС в г. Светлый	Рец.гг 22.0%, М=0.424	Дном= 240. т/ч	D= 100. %								
Номер элемента	-	9/137	9/139	10/116	10/119	10/120	10/129	10/132	10/157	11/118	11/123	
Имя пакета	-	КПП3кр	КПП4ср	ПОТКПП2	ПодСГГ	ПодСГГ	БЭ СГГ	КПП-2	БЭ СГГ	Фест-2	Фест-3	
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ												
1 Тип пучка	-	Коридор	Коридор	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Коридор	Настенн.	Коридор	Коридор	
2 Характер тока	-	Прямот.	Прямот.	Прямот.	Против.	Прямот.	Против.	Против.	Против.	Против.	Прямот.	
3 Материал	-	12Х1МФ	*2)	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	
4 Поверхность нагрева	м2	525.0	525.0	21.7	24.0	24.0	36.0	914.0	36.0	25.0	25.0	
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
7 Живые сечения греющ.	м2	36.10	36.10	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	33.24	33.24	
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.076	0.076	0.061	0.029	0.029	0.044	0.091	0.044	0.029	0.029	
9 Поперечный шаг	мм	96.0	96.0					96.0		96.0	96.0	
10 Продольный шаг	мм	60.0	60.0					60.0		100.0	100.0	
11 Число рядов труб	-	20	20					24		1	1	
12 Длина трубы	м	27.4	27.4	3.9	9.1	9.1	9.0	39.9	9.0	3.3	3.3	
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
14 Коэф. неравномерности	-											
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.600	0.600	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.600	0.0050	0.600	0.600	
16 Перепад давления	*3)	-4.50	-4.50	-0.16	-0.16	-0.16	-0.14	-3.00	-0.14	-0.20	-0.20	
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	
23 Эф. толщина изл. слоя	м	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.177	0.344	0.344	
24 Степень черноты потока	-	0.119	0.119	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.190	0.190	
25 Линейная скорость	м/с	8.1	8.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	7.0	7.0	
26 Тепло- по балансу	ккал/кг	328.0	292.5	5.0	5.5	5.5	8.3	483.0	8.3	9.3	9.2	
27 восприятие из топки	=	9.9	9.9									
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	3233.6	3233.6	2600.5	2600.5	2600.5	2600.5	2600.5	2600.5	2081.9	2081.9	
29 на выходе	=	2600.5	2600.5	2081.9	2081.9	2081.9	2081.9	2081.9	2081.9	2063.3	2063.3	
30 приращение	=	-633.2	-633.2	-518.5	-518.5	-518.5	-518.5	-518.5	-518.5	-18.6	-18.6	
31 Температура на входе	град	932	932	764	764	764	764	764	764	622	622	
32 на выходе	=	764	764	622	622	622	622	622	622	617	617	
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
33 Относительный расход	-	1.000	1.000	0.970	0.515	0.515	0.515	0.970	0.455	0.515	0.515	
34 Весовая скорость	кг/м2.с	877.2	877.2	1060.1	1183.9	1183.9	780.3	710.6	689.4	1183.9	1183.9	
35 Линейная скорость	м/с	18.4	21.2	12.1	13.7	13.8	9.5	10.0	8.4	13.6	14.0	
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	761.3	799.6	647.7	650.3	651.5	657.1	659.1	657.3	648.3	653.0	
37 на выходе	=	799.6	833.9	648.3	651.5	652.8	658.9	715.6	659.4	650.3	655.0	
38 приращение	=	38.3	34.3	0.6	1.2	1.2	1.8	56.5	2.1	2.0	2.0	
39 Температура на входе	град	457	510	356	357	357	359	360	359	356	357	
40 на выходе	=	510	561	356	357	358	360	404	360	357	358	
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА												
41 Теплоотдача конвекцией	*6)	57.2	57.2					62.3		48.3	48.3	
42 излучением	*6)	29.0	30.7	18.5	18.5	18.5	18.6	20.6	18.6	16.9	17.0	
43 альфа-1	*6)	86.2	87.9	18.5	18.5	18.5	18.6	82.9	18.6	65.3	65.3	
44 альфа-2	*6)	3345.3	3294.6	7247.3	7717.4	7636.9	5206.8	3899.2	4701.3	7826.5	7513.1	
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000177	0.000228	0.000159	0.000159	0.000159	0.000159	0.000161	0.000159	0.000155	0.000155	
46 Коэф. теплопередачи	*6)	49.1	49.7	16.8	16.8	16.9	16.9	47.7	16.9	38.3	38.3	
47 Температурный напор	град	347	305	374	373	372	370	302	370	264	262	

Примечания:

- \*1)-12Х2МФСР
- \*2)-Х18Н12Т
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист												
fail												
Изм	Л	И	Н	докум	Подп	Дата						
Инь N подл	Подп и дата	Взам инв N	Инь N дубл	Подп и дата								

Формат А3

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240	ТЭС в г. Светлый				Рец.гг 22.0%, М=0.424				Дном= 240. т/ч D= 100. %			
Номер элемента	-	12/128	12/148	12/149	12/152	12/153	12/156	14/106	14/127	14/150	14/151	
Имя пакета	-	БЭ ПК	ПотПК	ТылПК	ТылПК	ПотПК	БЭ ПК	ЭК-3	БЭ КШ	ТылКШ	ТылКШ	
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ												
1 Тип пучка	-	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	Шахмат.	Настенн.	Настенн.	Настенн.	
2 Характер тока	-	Против.	Прямот.	Прямот.	Против.	Против.	Против.	Против.	Против.	Прямот.	Против.	
3 Материал	-	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	Ст.20	12Х1МФ	12Х1МФ	12Х1МФ	
4 Поверхность нагрева	м2	20.0	16.0	18.0	18.0	16.0	20.0	1028.0	25.0	23.0	23.0	
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	
7 Живые сечения греющ.	м2	33.80	33.80	33.80	33.80	33.80	33.80	21.70	21.70	21.70	21.70	
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.036	0.029	0.029	0.029	0.029	0.036	0.076	0.036	0.029	0.029	
9 Поперечный шаг	мм							96.0				
10 Продольный шаг	мм							50.0				
11 Число рядов труб	-							32				
12 Длина трубы	м	6.1	6.1	6.8	6.8	6.1	6.1	63.4	7.6	8.7	8.7	
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
14 Коэф. неравномерности	-											
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0022	0.0050	0.0050	0.0050	
16 Перепад давления	*3)	-0.14	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-0.14	-1.00	-0.16	-0.16	-0.16	
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	
23 Эф. толщина изл. слоя	м	3.060	3.060	3.060	3.060	3.060	3.060	0.143	0.143	0.143	0.143	
24 Степень черноты потока	-	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.127	0.127	0.127	0.127	
25 Линейная скорость	м/с	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	9.6	9.6	9.6	9.6	
26 Тепло-   по балансу	ккал/кг	7.2	5.8	6.5	6.5	5.8	7.2	540.0	1.8	1.7	1.7	
27 восприятие   из топки	=											
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	2063.3	2063.3	2063.3	2063.3	2063.3	2063.3	2024.2	2024.2	2024.2	2024.2	
29 на выходе	=	2024.2	2024.2	2024.2	2024.2	2024.2	2024.2	1474.3	1474.3	1474.3	1474.3	
30 приращение	=	-39.1	-39.1	-39.1	-39.1	-39.1	-39.1	-549.9	-549.9	-549.9	-549.9	
31 Температура на входе	град	617	617	617	617	617	617	606	606	606	606	
32 на выходе	=	606	606	606	606	606	606	451	451	451	451	
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ												
33 Относительный расход	-	0.515	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455	0.780	0.515	0.455	0.455	
34 Весовая скорость	кг/м2.с	953.7	1046.0	1046.0	1046.0	1046.0	842.6	684.2	953.7	1046.0	1046.0	
35 Линейная скорость	м/с	11.4	12.0	12.1	12.3	12.4	10.1	1.0	11.4	12.2	12.2	
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	655.5	648.3	649.7	652.2	653.8	655.5	306.3	655.1	651.3	651.8	
37 на выходе	=	657.1	649.7	651.3	653.8	655.2	657.3	384.8	655.5	651.8	652.2	
38 приращение	=	1.6	1.4	1.6	1.6	1.4	1.8	78.5	0.4	0.4	0.4	
39 Температура на входе	град	359	356	356	357	358	359	289	358	357	357	
40 на выходе	=	359	356	357	358	359	359	343	359	357	357	
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА												
41 Теплоотдача конвекцией	*6)							78.4				
42 излучением	*6)	48.8	48.5	48.6	48.6	48.7	48.8	8.4	8.7	8.6	8.6	
43 альфа-1	*6)	48.8	48.5	48.6	48.6	48.7	48.8	86.7	8.7	8.6	8.6	
44 альфа-2	*6)	6199.5	7106.3	7013.2	6864.9	6777.2	5607.6	7250.4	6251.5	6951.6	6925.2	
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000154	0.000154	0.000154	0.000154	0.000154	0.000154	0.000114	0.000150	0.000150	0.000150	
46 Коэф. теплопередачи	*6)	38.6	38.5	38.5	38.6	38.6	38.6	71.3	8.3	8.3	8.3	
47 Температурный напор	град	253	256	255	254	254	253	201	236	238	238	

Примечания:

- \*1)-12Х2МФСР
- \*2)-Х18Н12Т
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

Лист	
fail	
Изм   Л   N докум   Подп   Дата	
Инь N подл   Подп и дата   Взам инв N   Инв N дубл   Подп и дата	

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОТЛА

Котел 240		ТЭС в г. Светлый				Рец.гг 22.0%, М=0.424		Дном= 240. т/ч		D= 100. %	
Номер элемента	-	14/155	16/105	16/121	16/122	19/104	23/211	26/208	29/205		
Имя пакета	-	БЭ КШ	ЭК-2	ФрЭ КШ	ФрЭ КШ	ЭК-1	ТВП-3	ТВП-2	ТВП-1		
КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ											
1 Тип пучка	-	Настенн.	Шахмат.	Настенн.	Настенн.	Шахмат.	Шахмат.	Шахмат.	Шахмат.		
2 Характер тока	-	Против.	Против.	Прямот.	Против.	Против.	Одно-х	Одно-х	Одно-х		
3 Материал	-	12Х1МФ	Ст.20	12Х1МФ	12Х1МФ	Ст.20	Ст.20	Ст.20	Ст.20		
4 Поверхность нагрева	м2	25.0	1028.0	23.0	23.0	892.0	7403.0	7403.0	4442.0		
5 Наружный диаметр трубы	мм	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	40.0	40.0	40.0		
6 Толщина стенки трубы	мм	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	1.5	1.5	1.5		
7 Живые сечения греющ.	м2	21.70	21.70	21.70	21.70	19.10	12.10	12.10	11.00		
8 для прохода т/н обогр.	м2	0.036	0.076	0.029	0.029	0.076	18.700	18.700	12.400		
9 Поперечный шаг	мм		96.0			96.0	54.0	54.0	54.0		
10 Продольный шаг	мм		50.0			50.0	40.5	40.5	40.5		
11 Число рядов труб	-		32			32	44	44	44		
12 Длина трубы	м	7.6	63.4	8.7	8.7	55.3	5.4	5.4	3.6		
13 Коэф. использования	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.850	0.850	0.850		
14 Коэф. неравномерности	-										
15 Коэф. загрязнения	*4)	0.0050	0.0028	0.0050	0.0050	0.0034					
16 Перепад давления	*3)	-0.16	-1.00	-0.16	-0.16	-1.00	3.49	3.49	2.33		
ПАРАМЕТРЫ ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
17 Доля трехатомных газов	-	0.148	0.148	0.148	0.148	0.146	0.143	0.141	0.139		
18 Доля водяных паров	-	0.096	0.096	0.096	0.096	0.094	0.093	0.092	0.091		
19 Объем газов	нм3/кг т	9.4047	9.4047	9.4047	9.4047	7.8119	7.9850	8.0793	8.1737		
20 Концентрация золы	кг/кг	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0092	0.0090	0.0089	0.0088		
21 Относительный расход	-	1.220	1.220	1.220	1.220	1.000	1.000	1.000	1.000		
22 Избыток воздуха	-	1.150	1.150	1.150	1.150	1.166	1.194	1.209	1.224		
23 Эф. толщина изл. слоя	м	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.033	0.033	0.033		
24 Степень черноты потока	-	0.127	0.135	0.135	0.135	0.140	0.067	0.069	0.070		
25 Линейная скорость	м/с	9.6	8.1	8.1	8.1	6.8	9.9	9.0	8.8		
26 Тепло-   по балансу	ккал/кг	1.8	308.0	0.5	0.5	153.7	143.2	175.8	151.8		
27 восприятие   из топки	=										
28 Энтальпия на входе	ккал/кг	2024.2	1474.3	1474.3	1474.3	954.7	805.3	667.4	494.3		
29 на выходе	=	1474.3	1163.6	1163.6	1163.6	800.1	661.3	490.5	341.6		
30 приращение	=	-549.9	-310.8	-310.8	-310.8	-154.6	-144.0	-176.8	-152.7		
31 Температура на входе	град	606	451	451	451	356	297	245	181		
32 на выходе	=	451	360	360	360	301	246	182	126		
ПАРАМЕТРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ											
33 Относительный расход	-	0.455	0.780	0.515	0.515	0.780	1.134	1.149	1.164		
34 Весовая скорость	кг/м2.с	842.6	684.2	1183.9	1183.9	684.2	2.9	2.9	4.5		
35 Линейная скорость	м/с	10.1	0.9	13.9	13.9	0.8	5.3	4.7	6.0		
36 Энтальпия на входе	ккал/кг	655.1	261.5	652.8	652.9	239.2	402.5	249.5	119.0		
37 на выходе	=	655.5	306.3	652.9	653.0	261.5	528.8	402.5	249.5		
38 приращение	=	0.4	44.8	0.1	0.1	22.4	126.3	153.1	130.4		
39 Температура на входе	град	358	252	358	357	232	201	125	60		
40 на выходе	=	359	289	357	357	252	262	201	125		
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА											
41 Теплоотдача конвекцией	*6)		71.3			64.5	29.6	28.8	30.3		
42 излучением	*6)		8.7	5.9	6.9	6.9	4.6	1.8	0.9		
43 альфа-1	*6)		8.7	77.2	6.9	6.9	69.1	31.4	30.1	31.1	
44 альфа-2	*6)		5660.5	6781.9	7592.3	7582.6	6564.8	47.6	45.5	55.6	
45 Термическое сопротивл.	*4)	0.000150	0.000107	0.000144	0.000144	0.000104	0.0000378	0.0000363	0.0000350		
46 Коэф. теплопередачи	*6)		8.3	62.4	6.6	6.6	55.0	16.1	15.4	17.0	
47 Температурный напор	град		236	131	90	90	85	33	42	55	

Примечания:

- \*1)-12Х2МФСР
- \*2)-Х18Н12Т
- \*3)-кгс/см\*\*2 или коэф. гидравл. сопротивления (б/р)
- \*4)-м2.ч.град с/ккал
- \*6)-ккал/м2.ч.град с

											Лист
								fail			
Изм	Л	№ докум	Подп	Дата							
Инь N подл	Подп и дата	Взам инв N	Инь N дубл	Подп и дата							

