

ООО НПП «ЭСН»

**СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ 400
ГКАЛ/ЧАС НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ТЭЦ-2**

(878.2023)

Пояснительная записка

878.2023-АСУ ТП.П2

Том 42

<i>Инв № подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Бзамен инв. №</i>	<i>Инв № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

Содержание

1 Общие положения	3
1.1 Наименование проектируемой АС	3
1.2 Документы, на основании которых ведется проектирование АС.....	3
1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы	4
1.4 Сроки выполнения стадий разработки системы.....	4
1.5 Цели, назначение и области использования АС.....	4
1.6 Подтверждение соответствия проектных решений действующим нормам и правилам техники безопасности, пожаро- и взрывобезопасности и т. п.	5
1.7 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах	5
1.8 Очередность создания системы и объем каждой очереди.....	6
2 Описание процессов деятельности объекта автоматизации	8
3 Основные технические решения.....	13
4 Мероприятия по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие.....	25
Перечень сокращений	29
Перечень терминов	31

Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Чураков		08.25	
Пров.	Агафонов		08.25	
Н. контр.	Корепанов		08.25	

878.2023-АСУ ТП.П2

Строительство водогрейной котельной 400
гкал/час на территории ивановской тэц-2.
Пояснительная записка

Стадия	Лист	Листов
--------	------	--------

P	2	33
---	---	----

ООО НПП «ЭСН»

1 Общие положения

1.1 Наименование проектируемой АС

Полное наименование проектируемой системы: «Автоматизированная система управления технологическими процессами водогрейной котельной Ивановской ТЭЦ-2». В дальнейшем по тексту используется сокращенное наименование – АСУТП/ВК Ивановской ТЭЦ-2, или просто АСУТП/ВК. Данная система предназначена для автоматизации процессов выработки тепловой энергии (горячей воды) в составе водогрейной котельной №2 Ивановской ТЭЦ, расположенной по адресу: Ивановская обл., г. Иваново, ул. Суворова, 76.

1.2 Документы, на основании которых ведется проектирование АС

Разработка системы осуществляется в рамках проекта строительства новой водогрейной котельной тепловой мощностью 400 Гкал/ч на территории Ивановской ТЭЦ-2. Основными документами-основаниями для проектирования АСУТП/ВК являются:

- Техническое задание №878.2023-ТЗ на создание АСУТП водогрейной котельной Ивановской ТЭЦ-2 – содержит требования и условия непосредственно к системе автоматизации;
- Договор на выполнение проектных работ по созданию АСУТП (проектная и рабочая документация) в составе проекта котельной;
- Другие разделы проекта (тома 37 - 48);
- **Сводный перечень сигналов АСУТП** – детализированный перечень всех входных и выходных сигналов системы автоматизации по подсистемам (приведен в приложениях; см. Перечни сигналов АСУ ГРП-1, ГРП-2, здания теплообменников, ЭТО, ВК, здания аккумулирующей насосной);
- **Перечень производителей оборудования и ПО** – утвержденный перечень выбранных типов технических средств автоматизации, их производителей и поставщиков (см. соответствующее приложение).

Таким образом, настоящая пояснительная записка разработана на основании технического задания и исходных данных проекта котельной, с учётом результатов изысканий и требований заказчика, и является составной частью технического проекта АСУТП/ВК.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						3

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы

Заказчиком системы автоматизации является ПАО «Т Плюс» (филиал, реализующий проект – Владимирский филиал ПАО «Т Плюс»). Генеральный проектировщик объекта – АО «Инженерный центр». Непосредственную разработку проектной документации по АСУТП выполняет ООО НПП "Энергосервиснадладка" (НПП "ЭСН") – подрядчик, определенный по результатам конкурсной процедуры. Согласование технических решений по АСУТП осуществляется с Заказчиком и Генпроектировщиком в установленные договором сроки.

1.4 Сроки выполнения стадий разработки системы

Сроки выполнения указаны в Приложении №1 «**Календарь разработки документации**».

1.5 Цели, назначение и области использования АС

Создание АСУТП/ВК преследует цель обеспечения эффективного и безопасного функционирования водогрейной котельной за счёт комплексной автоматизации всех основных и вспомогательных технологических процессов. Основные цели внедрения системы:

- Повышение эффективности работы оборудования** – обеспечивается оптимизация режимов работы котлов и вспомогательного оборудования за счёт автоматического регулирования, что позволит улучшить технико-экономические показатели (КПД, удельный расход топлива и др.) и снизить издержки на эксплуатацию и ремонт;
- Повышение надёжности и безопасности** – достижение устойчивого и безопасного ведения технологического процесса, минимизация влияния человеческого фактора. Система должна предупреждать аварийные ситуации (автоматически срабатывать защиты при отклонениях параметров), тем самым снижая риск повреждения оборудования и тяжёлых аварий;
- Увеличение оперативности и качества управления** – за счёт предоставления персоналу достоверной и своевременной информации о ходе технологических процессов, состояния оборудования, аварийных сигналов. АСУТП обеспечивает удобный интерфейс отображения данных, что снижает нагрузку на оперативный персонал и вероятность ошибок;
- Сокращение длительности пуско-наладочных операций и простоев** – за счёт автоматизации пуска/остановов котлов, оптимизации действий при переключениях

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						4

оборудования. Система позволяет быстрее вводить оборудование в работу после ремонтов или аварий, а также уменьшает время вывода в резерв;

- **Интеграция с информационными системами предприятия** – АСУТП/ВК должна передавать сводную информацию о работе котельной в общезаводскую информационно-диспетчерскую систему Ивановской ТЭЦ-2 (через стандартный протокол OPC UA), что позволит на верхнем уровне осуществлять мониторинг и учет выработки тепловой энергии.

1.6 Подтверждение соответствия проектных решений действующим нормам и правилам техники безопасности, пожаро- и взрывобезопасности и т. п.

Проектные решения по АСУТП/ВК проходят экспертизу на соответствие нормам техники безопасности, промышленной безопасности, пожарным и электроэнергетическим правилам. Все разработанные технические решения подтверждаются расчётами и анализом безопасности, включены меры защиты обслуживающего персонала и оборудования. Документация оформлена согласно Единой системе конструкторской документации (ЕСКД) и отраслевым стандартам.

1.7 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании и создании системы учтены требования действующих нормативно-технических документов, в том числе:

- **ГОСТ 34.201-2020 «Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем»** – требования к составу и оформлению проектной документации на АСУ;
- **ГОСТ Р 59793-2021 «Автоматизированные системы. Стадии создания»** – регламентирует последовательность этапов создания и внедрения АСУ;
- **ГОСТ 34.602-2020 «Техническое задание на создание автоматизированной системы»** – требования к структуре и содержанию технического задания, которые были учтены при разработке исходного ТЗ;
- Отраслевые руководящие документы РД 153-34.1-35.127-2002 (общие требования к ПТК АСУ ТП тепловых электростанций) и РД 153-34.1-35.137-2000 (требования к подсистемам

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						5

- технологических защит на микропроцессорной технике) – определяют нормы надежности, резервирования, быстродействия для систем автоматизации ТЭС;
- Корпоративные стандарты ПАО «Т Плюс», в частности СТО 70238424.27.100.078-2009 (системы КИПиА ТЭС – условия создания, нормы и требования) и СТО 70238424.27.100.010-2011 (АСУТП теплоэлектростанций – условия создания) – учтены при выборе архитектуры системы, организации электропитания, резервирования и пр.;
 - Правила устройства электроустановок (ПУЭ), строительные нормы и правила (СНиП) – соблюдаются при проектировании монтажной части АСУТП (электропитание шкафов, прокладка кабелей, заземление и молниезащита, размещение оборудования в помещениях);
 - Требования законодательства РФ в области критической информационной инфраструктуры – в частности, выполнено требование об использовании преимущественно отечественного программного обеспечения и оборудования. В системе применяются российские операционные системы, программные платформы и средства защиты информации, что соответствует Указам и приказам по импортозамещению в критически важных системах.

1.8 Очередность создания системы и объем каждой очереди

Стадия	Этапы работ
1. Формирование требований к АС	1.1. Обследование объекта и обоснование необходимости создания АС. 1.2. Формирование требований пользователя к АС. 1.3. Оформление отчета о выполненной работе и заявки на разработку АС (тактико-технического задания).
2. Разработка концепции АС	2.1. Изучение объекта. 2.2. Проведение необходимых научно-исследовательских работ. 2.3. Разработка вариантов концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя. 2.4. Оформление отчета о выполненной работе.
3. Техническое задание	Разработка и утверждение технического задания на создание АС.
4. Эскизный проект	4.1. Разработка предварительных проектных решений по системе и её частям. 4.2. Разработка документации на АС и её части.
5. Технический проект	5.1. Разработка проектных решений по системе и её частям. 5.2. Разработка документации на АС и её части. 5.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и (или) технических требований (технических заданий) на их разработку.

Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № дубл.	Взамен инв. №	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

	5.4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации.
6. Рабочая документация	6.1. Разработка рабочей документации на систему и её части. 6.2. Разработка или адаптация программ.
7. Ввод в действие	7.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие. 7.2. Подготовка персонала. 7.3. Комплектация АС поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями). 7.4. Строительно-монтажные работы. 7.5. Пусконаладочные работы. 7.6. Проведение предварительных испытаний. 7.7. Проведение опытной эксплуатации. 7.8. Проведение приёмочных испытаний.
8. Сопровождение АС	8.1. Выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами. 8.2. Послегарантийное обслуживание.

Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
					878.2023-АСУ ТП.П2

2 Описание процессов деятельности объекта автоматизации

Общая характеристика объекта. Автоматизируемый объект – водогрейная котельная Ивановской ТЭЦ-2 – представляет собой новый энергоисточник тепловой мощности 400 Гкал/ч (465 МВт), предназначенный для обеспечения потребителей г. Иваново горячей водой для отопления и горячего водоснабжения. Котельная включает восемь водогрейных котлов типа «Eurotherm-58» производительностью по 50 Гкал/ч каждый. Основное топливо – природный газ. Котлы работают на сетевую воду косвенным способом: каждый котёл нагревает воду котлового контура, которая через промежуточные теплообменники передает теплоту воде тепловой сети. Котельная спроектирована для постоянной круглогодичной работы в базовом режиме теплоснабжения города, обеспечивая поддержание температуры теплоносителя согласно графику (максимальная температура воды котлового контура – 150 °С, максимальная температура сетевой воды на выходе – 115 °С с погодной коррекцией).

Основные технологические процессы и объекты, охваченные автоматизацией:

- Водогрейные котлы (8× Eurotherm-58)** – основное оборудование котельной, осуществляющее нагрев воды. Каждый котёл оснащён собственными системами подачи воздуха и удаления дымовых газов, двумя газовыми горелками, индивидуальным дымовой трубой (дымоходы сгруппированы: 2 башни по 3 трубы и 1 башня на 2 трубы). Котлы имеют локальные шкафы автоматики горения и безопасности, обеспечивающие автономное управление горелками и защиту котла. АСУТП верхнего уровня осуществляет мониторинг состояния каждого котла, дистанционный пуск/останов, регулирование нагрузки (теплоотдачи) и управление вспомогательными механизмами котла. В состав управляемых параметров каждого котла входят температура и давление воды на входе/выходе, расход воды, давление газа на горелках, температура дымовых газов, состояние горелок, тягодутьевые механизмы (дымососы, вентиляторы) и пр. При помощи системы предусмотрен автоматизированный розжиг горелок, поддержание заданной температуры теплоносителя путем регулирования подачи газа и воздуха, а также аварийное отключение подачи газа при отклонениях параметров или срабатывании защит.
- Система газоснабжения котлов** – включает два газорегуляторных пункта (ГРП-1 и ГРП-2), через которые природный газ поступает от внешнего газопровода к котлам. Каждый ГРП обеспечивает понижение давления газа до рабочего, очистку газа (газовые фильтры) и оснащен предохранительно-запорной арматурой. На входе каждого ГРП установлена секционирующая запорная задвижка с электроприводом для аварийного отсечения газа.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
------	------	----------	-------	------	--------------------	------

После ГРП газ распределяется по коллектору вдоль рядов котлов. Для повышения надёжности между котлами на общем газопроводе предусмотрены дополнительные секционирующие электрозадвижки, позволяющие отключать группы из 4 котлов при необходимости. Газопровод каждого котла оборудован: ручным запорным вентилем, заглушкой, фильтром, регулирующим клапаном (редуктором давления), а также перед каждой горелкой – газовая рампа (узел безопасности горелки) с двухклапанным запорно-регулирующим блоком, турбинным счётчиком газа, отсечными клапанами и продувочными линиями. АСУТП осуществляет мониторинг давления газа до и после регуляторов, температуры газа, положения заслонок и клапанов, состояния газовых детекторов утечки. Реализована логика блокировок подачи газа при аварийных ситуациях (повышение давления сверх нормы, загазованность помещения котельной, отказ вентиляции и т.д.), а также управление запорной арматурой (закрытие/открытие электрозадвижек ГРП и секций газопровода).

- **Контур котловой воды** – замкнутый контур циркуляции воды через котлы. От каждого котла горячая вода котлового контура подаётся в соответствующий промежуточный теплообменник, где отдаёт тепло сетевой воде и возвращается обратно к котлу. Система автоматизации осуществляет дистанционное управление электроприводными задвижками на подающем и обратном трубопроводах каждого котла. Предусмотрена установка регулирующей арматуры с электроприводом для управления расходом котловой воды через котёл (если требуется ограничение или балансировка потоков). Также на коллекторах котловой воды (общих трубопроводах, объединяющих несколько котлов) установлены секционирующие электрозадвижки – их автоматическое закрытие позволяет изолировать отдельные группы котлов при авариях (например, при разрыве трубопровода) для локализации участка, что повышает надёжность работы всей системы.
- **Контур сетевой воды и теплообменники** – включает промежуточные теплообменники, разделяющие котловой контур (первичный теплоноситель) и сеть теплоснабжения (вторичный теплоноситель). Сетевая вода поступает в теплообменники, нагревается от котловой воды и подаётся в городскую тепловую сеть. АСУТП контролирует температуру и давление сетевой воды на выходе теплообменников, регулирует их посредством управляющих клапанов. На выходе каждого теплообменника установлены электроприводные задвижки: со стороны котловой воды (на линии горячей воды, выходящей из теплообменника) и со стороны сетевой воды (на линии нагретой сетевой воды). Это позволяет отсекать теплообменник при необходимости (например, для ремонта или при аварии). Кроме того, автоматизации подлежат электроприводные клапаны на

<i>Инв № подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>
					<i>878.2023-АСУ ТП.П2</i>

обвязке сетевых насосов и на нитках сетевых трубопроводов (условно обозначенные нитки А, В, С подающего и обратного трубопровода к тепловой сети). За счёт этого обеспечивается автоматическое переключение потоков, регулирование давления и расхода в сети. Секционирующая запорная арматура с электроприводом предусмотрена также на коллекторах сетевой воды – аналогично котловому контуру, это повышает живучесть системы при аварийных ситуациях, позволяя изолировать поврежденный участок сети.

- Насосы сетевой воды и тепловой сети** – в котельной установлены насосы для циркуляции сетевой воды (сетевые насосы), а также насосные группы подпитки тепловой сети. Подпитка компенсирует потери воды в тепловой сети и осуществляется из аккумулирующих баков. Имеется насосная станция аккумулирующих баков (НАБ) подпитки: несколько мощных насосов, перекачивающих воду из баков-аккумуляторов в обратный трубопровод теплосети. АСУТП управляет частотными приводами насосов (при их наличии) или включает/отключает насосы для поддержания давления в сети согласно заданному графику. Также контролируются параметры: давление на всасе и напоре каждого насоса, ток электродвигателя, температура подшипников (если датчики), состояние резервного питания. Реализованы защиты насосного оборудования (например, по перегреву двигателя, по недопустимо низкому давлению на всасе – «сухой ход»). В случае аварий насос отключается автоматически, включается резервный агрегат, а оператор получает сигнал тревоги.
- Система водоподготовки и химводоочистки** – предназначена для подготовки подпиточной воды, чтобы предотвратить накипь и коррозию в котлах и сетях. В состав водоподготовительной установки (ВПУ) входят: насосы сырой воды, узел умягчения воды (натрий-катионитовые фильтры), деаэраторы, системы дозирования химреагентов. Узел умягчения воды удаляет из подпиточной воды жесткость (кальций, магний) путём ионного обмена (натрий-катионирование). *Вакуумный деаэратор БВД-10* удаляет растворенные газы (кислород, углекислый газ) из умягченной воды котлового контура. *Промежуточный деаэратор подпиточной воды сетевого контура* удаляет газы из сетевой воды. *Система дозирования реагентов* (фосфатная или деоксидантная обработка) автоматически добавляет необходимые химические реагенты в подпиточную воду для коррекции ее свойств. АСУТП контролирует уровень в деаэраторах, температуру и давление, включает насосы вакуума, управляет клапанами подпитки, следит за расходом реагента и состоянием дозировочных насосов. Например, при падении уровня в деаэраторе подается сигнал на открытие подпиточного клапана, при превышении – на его

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
					10

закрытие. Качество питательной воды (жесткость, pH, содержание O₂) контролируется лабораторно, а основные параметры – автоматически (температура, давление, уровни) с выдачей сигнализации при отклонениях.

- **Система отопления и вентиляции** – включает отопление помещений котельной и административно-бытового корпуса (АБК), а также приточно-вытяжную вентиляцию в котельном зале, помещениях теплообменников и других зонах. В проекте котельной предусмотрены системы вентиляции, обеспечивающие удаление тепла, влаги и возможного газа из помещений. АСУТП осуществляет мониторинг состояния вентиляционных систем: контроль работы вентиляторов, состояния приводов заслонок, сигнализация отказа. В отдельных случаях предусмотрено дистанционное управление вентиляцией (например, аварийная вентиляция при срабатывании датчиков загазованности или дыма). Система отопления (радиаторы, калориферы) работает в автоматическом режиме от тепловой сети; АСУТП может контролировать температуру в помещениях и состояние насосов отопления, но активного управления отоплением, как правило, не требуется (локальная система отопления и вентиляции имеет собственную автоматику и не входит в контур АСУТП/ВК).
- **Система электроснабжения котельной** – представляет собой комплекс электротехнического оборудования: две комплектные трансформаторные подстанции (КТП) 6/0,4 кВ для питания главного котельного здания, трансформаторы 6/0,4 кВ и распределительные устройства (РУ) 0,4 кВ для здания теплообменников и насосной аккумулирующих баков. К подстанциям подключены вводы от внешней сети 6 кВ, распределение электроэнергии по потребителям котельной (насосам, вентиляторам, приводам и т.п.) осуществляется через ячейки КРУ-6кВ и РУ-0,4кВ. Подсистема **АСУ ЭТО** (автоматизация электротехнического оборудования) интегрирована в общую АСУТП и решает задачи мониторинга и частичного управления электрооборудованием. В частности, система считывает с микропроцессорных блоков релейной защиты информацию о параметрах сети (напряжение, ток, частота на секциях шин), состоянии выключателей (включен/отключен, аварийный сигнал), положения резервных вводов. Реализовано дистанционное управление некоторыми аппаратами: возможно удалённо со стойки АСУТП включить или отключить выключатели секций 0,4 кВ, выполнить ввод резервного питания (АВР) на секцию, если это допускается по проекту. Вся информация об авариях (сработала защита трансформатора, отключился вводной выключатель и т.п.) отображается оператору. Таким образом, АСУТП выполняет функции сбора информации с электрической части котельной (подстанций собственных нужд) и выдает управляющие

<i>Инв № подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>
					11

воздействия на определенные электрические аппараты, взаимодействуя при этом с действующей системой РЗиА (релейной защитой и автоматикой) энергосистемы. Также контролируется система аварийного электропитания: постоянного тока (СОПТ) и бесперебойного питания – о ней подробнее в следующем разделе.

Все перечисленные технологические подсистемы и оборудование образуют единый объект управления – водогрейную котельную Ивановской ТЭЦ-2. АСУТП охватывает как тепломеханическое оборудование (котлы, теплообменники, насосы, арматура и т.д.), так и вспомогательные системы, и электрическую часть. Таким образом достигается единое оперативное управление всеми процессами: от подачи газа и воды до выдачи тепла и передачи данных о работе котельной на верхний уровень.

Следует отметить, что некоторые локальные системы могут иметь собственные контроллеры или устройства (например, шкаф автоматики горелок каждого котла, локальная система управления ВПУ и вентиляцией). В таких случаях проектом предусмотрена интеграция этих локальных систем в общую АСУТП через стандартные интерфейсы (по протоколам Modbus, ОРС и др.) либо по дискретным сигналам «сухой контакт». Например, шкафы управления горением котлов передают в АСУТП сигналы о состоянии горелок, аварии горелки, разрешают/блокируют розжиг; система химводоочистки может работать автономно, но ключевые её параметры (уровни, аварии насосов) заведены в АСУТП для отображения оператору. Общая концепция – создать единую информационно-управляющую систему, охватывающую все процессы котельной, даже если часть из них осуществляется отдельными подсистемами.

Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № подп.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						12

3 Основные технические решения

Общая структура системы. АСУТП водогрейной котельной Ивановской ТЭЦ-2 строится как многоуровневая человеко-машинная система управления. Структурно система включает три уровня:

- **Нижний (полевой) уровень:** датчики и исполнительные механизмы, установленные непосредственно на оборудовании котельной. Датчики измеряют технологические параметры (температуры, давления, уровни, расходы, концентрации газа, вибрации и др.) и выдают сигналы на контроллеры. Исполнительные устройства (клапаны с электроприводами, насосы, вентиляторы, приводы заслонок, выключатели и т.д.) получают команды от контроллеров для автоматического регулирования или переключений. Всего в систему введено несколько тысяч сигналов: порядка 1600 аналоговых измерений и дискретных сигналов, а также цифровые сигналы от интеллектуальных устройств. Точные перечни сигналов по подсистемам представлены в приложениях (перечни сигналов ГРП-1, ГРП-2, теплообменников, ЭТО, ВК, насосной и др.). Сигналы нижнего уровня стандартизированы: аналоговые датчики выдают унифицированный токовый сигнал 4–20 мА либо сопротивление термопреобразователей (Pt100, Pt500), дискретные сигнализаторы работают по сухому контакту 24 В постоянного тока. Исполнительные механизмы управляются подачей команд 24 В DC (для электромагнитов, реле) или 220 В AC (для силовых приводов) в зависимости от типа. Многие современные приборы подключены по цифровым интерфейсам (RS-485 Modbus RTU, Ethernet Modbus TCP, Profibus DP и др.) – например, частотные преобразователи насосов, микропроцессорные защиты, газоанализаторы могут передавать данные и управляться через промышленную сеть, уменьшая количество проводных аналоговых сигналов.
- **Средний (контроллерный) уровень:** программно-технический комплекс (ПТК) контроллеров, расположенных в шкафах управления. В проекте применяются современные промышленные **программируемые логические контроллеры (ПЛК)**. Выбранное решение – контроллеры типа **ТРЭИ** с программным обеспечением НПФ «Круг» (отечественная платформа). Эти контроллеры располагаются в нескольких распределенных шкафах, установленных в помещениях КИП котельной. Шкафы – сборные, напольные, производства DKC, оборудованы всем необходимым для надежной работы: в каждом шкафу смонтированы процессорные модули ПЛК, модули ввода-вывода (аналого-цифровые, дискретные), источники питания 24 В, коммуникационные модули,

Инв № подп.	Подп. и дата
Инв № дубл.	Подп. и дата
Инв № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						13

клеммные сборки и вспомогательные элементы. В соответствии с требованиями надежности, контроллерное оборудование выполняется с резервированием: процессорные модули ПЛК дублированы (основной и резервный CPU работают в горячем резерве). Сами контроллеры связаны друг с другом и с верхним уровнем через локальную вычислительную сеть. Каждый контроллер отвечает за определенную подсистему или группу оборудования:

- ПЛК **АСУТП/ВК** – основной контроллер котельной, осуществляет управление технологическими параметрами котлов, насосных групп, теплообменников, общекотельных систем;
- ПЛК **АСУ ГРП-1** и **АСУ ГРП-2** – локальные контроллеры газорегуляторных пунктов, обеспечивающие управление арматурой ГРП, сбор данных по давлению/температуре газа, состояние предохранительных устройств и передача управляющих воздействий (например, закрытие отсечных клапанов) по команде;
- ПЛК **АСУ здания теплообменников** – контроллер, управляющий оборудованием в здании теплообменников (задвижки на сетевых нитках, подпитка сетевой воды, контроль параметров в узле теплообмена);
- ПЛК **АСУТП НАБ** (насосной аккумулирующих баков) – контроллер насосной станции аккумуляторов, отвечающий за работу насосов подпитки, контроль уровня и температуры в баках, переключение режимов заряд/разряд тепловых аккумуляторов;
- ПЛК **АСУ ЭТО** – контроллер подсистемы электроснабжения. Он собирает сигналы с цифровых реле и датчиков (положение выключателей, состояние секций шин, аварии питания), может выдавать команды на включение/отключение секционных выключателей, запускает алгоритм АВР при пропадании основного питания. Эта подсистема тесно взаимодействует с устройствами релейной защиты: обмен по протоколам IEC 60870-5-104;

Количество контроллеров и их конфигурация выбраны с учетом масштабности объекта и распределенности оборудования. Все контроллеры объединены в единую сеть и обмениваются информацией в реальном времени, что позволяет реализовать сквозные алгоритмы управления (например, при срабатывании защиты котла контроллер котла передает сигнал контроллеру насосов для остановки насоса, и т.п.).

- **Верхний уровень:** станции операторов и сервера АСУТП. Для контроля и управления технологическим процессом предусмотрены **АРМ оператора** и **АРМ инженера** (автоматизированные рабочие места) – персональные компьютеры промышленного

<i>Инв № подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>
					878.2023-АСУ ТП.П2

исполнения, на которых установлено программное обеспечение верхнего уровня (SCADA-система). В проекте используются сервер и рабочие станции на аппаратной платформе Advantex (промышленные компьютеры), оснащенные отечественной операционной системой (ОС Astra Linux). На этих станциях развернута SCADA-система «КРУГ-2000» разработки НПФ «Круг». SCADA-система обеспечивает человекомашинный интерфейс: графические мнемосхемы котельной, отображение текущих параметров в реальном времени, инструментальные средства управления (кнопки «Пуск/Стоп» механизмов, задания уставок регуляторов), а также функции регистрации и архивирования данных. Сервер SCADA выполняет роль центральной базы данных и архивов: на нем хранятся технологические архивы (тренды параметров, журналы событий и аварий) за длительный период (не менее 3 лет). Для надежности серверный узел выполнен с элементами резервирования – используется специализированное серверное оборудование с RAID-массивом жестких дисков (для отказоустойчивости хранения данных) и возможностью горячей замены дисков. Сервер имеет несколько сетевых интерфейсов (не менее 3× Ethernet 1 Гбит/с) и резервные блоки питания.

АРМ оператора оснащается одним или несколькими мониторами высокого разрешения (Full HD 1920×1080), стандартной клавиатурой и мышью для удобства работы диспетчера. На экраны выводятся мнемосхемы: котлы, теплообменники, насосные, газовое хозяйство, электрическая часть – с динамически обновляемыми показаниями приборов и состояния оборудования. Оператор через интерфейс может задавать команды, подтверждать полученные сигналы тревог, просматривать тренды параметров. АРМ инженера, как правило, предназначен для конфигурирования системы, разработки прикладного ПО, ведения отчетности. Он обладает расширенными правами доступа – позволяет изменять настройки контроллеров, редактировать базу данных системы, вводить/выводить из действия отдельные функции (например, временно отключить срабатывание некой защиты на период испытаний). На АРМ инженера устанавливается также программное обеспечение для диагностики и конфигурирования – среды программирования ПЛК, утилиты резервного копирования, антивирусный комплекс и пр. Операторские станции и сервер взаимодействуют друг с другом по локальной сети; предусмотрен механизм горячего резервирования серверных функций – в случае отказа основного сервера вводится в работу резервный сервер.

В состав верхнего уровня включена также **операторская панель Weintek** (сенсорная панель человека-машины), установленная локально в каждом из шкафов ПТК. Эта панель предназначена для локального управления в случае обслуживания оборудования на месте – например, на ГРП или насосной станции. Через нее персонал может выполнить операции на

<i>Инв № подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>
					878.2023-АСУ ТП.П2

месте (открыть клапан, запустить насос) при проведении наладки или ремонта, когда центральный пункт управления может быть не задействован. Панель подключена к тому же контроллеру и отображает ограниченный набор параметров, специфичных для данного узла (для упрощения локального управления).

Передача данных и сети. Коммуникационная инфраструктура АСУТП/ВК построена на базе локальной вычислительной сети Ethernet. Применяется коммутируемая промышленная сеть с поддержкой протокола TCP/IP. Физическая среда – кабель «витая пара» категории 5е в экранировании (FTP Cat.5e), проложенный между шкафами и помещениям АРМ. Для подключения удаленных объектов (например, ГРП, здание теплообменников, насосная баков) может использоваться оптоволоконная линия с медиа-конвертерами или оптическими коммутаторами, чтобы обеспечить помехозащищенность и дальность связи. Скорость обмена по сети – 100 Мбит/с и 1000 Мбит/с на главных узлах, что обеспечивает запас пропускной способности для передачи данных в реальном времени и возможного расширения системы.

Сетевое оборудование – промышленные коммутаторы **DKC N2100-4SFP24T-P5** и **ТРЭИ S304** с возможностью резервирования. В каждом узле устанавливаются дублирующие коммутаторы, соединенные между собой (создаётся отказоустойчивая кольцевая или двунаправленная топология). Коммутаторы рассчитаны на эксплуатацию в промышленной среде (расширенный температурный диапазон, питание от резервируемых источников 24 В DC). Имеется запас по портам ~25% для будущего присоединения новых устройств. Коммутаторы поддерживают функции диагностики сети: автоматическое оповещение об обрыве связи или питании, при подключении резервного питания. Для подключения к оптоволоконным линиям используются оптические модули SFP (типа производства «Русмодуль»), обеспечивающие надежную передачу данных на требуемые расстояния.

В структуре сети предусматривается сегментация на подсети по функциональному признаку (технологическая сеть контроллеров, сеть АРМ, DMZ для связи с внешними системами). На границе сети АСУТП и общезаводской сети ТЭЦ установлен межсетевой экран **UserGate** – специализированный программно-аппаратный комплекс, выполняющий функции брандмауэра и шлюза. Он предотвращает несанкционированный доступ извне и фильтрует сетевой трафик в соответствии с политикой информационной безопасности. Обмен данными между АСУТП и внешними системами (например, передача сводных данных в информационную систему ПАО «Т Плюс») производится через этот шлюз по протоколу **OPC UA**. Только необходимые данные в заданном формате доступны на внешнем интерфейсе, что исключает возможность прямого воздействия на контроллеры извне.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						16

Для синхронизации времени всех устройств системы в составе АСУТП развернута **система единого времени (СЕВ)**. Устанавливается сервер точного времени (прибор производства ООО «Р-Тех»), принимающий сигналы от спутниковых навигационных систем **ГЛОНАСС/GPS**. Сервер выдаёт по сети эталонное время (протокол NTP/SNTP) на все контроллеры, серверы и рабочие станции. Благодаря этому метки времени событий, архивов и сообщений во всей системе единообразны с точностью до миллисекунд. Система единого времени повышает достоверность регистраций аварий (правильная хронология) и позволяет синхронизироваться с внешними системами (если требуется передача данных о событиях на верхний уровень, они будут с правильным временем).

Функции и алгоритмы АСУТП. Система выполняет полный комплекс функций автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты на объекте. Основные функции АСУТП/БК:

- Контроль и управление технологическим оборудованием:** считывание показаний всех датчиков, отработка сигналов положения механизмов, формирование команд на исполнительные устройства. Оператор через АСУТП имеет возможность дистанционно запускать и останавливать агрегаты (насосы, вентиляторы, котлы), открывать/закрывать клапаны, переключать режимы.
- Автоматическое регулирование параметров:** поддержание заданных технологических параметров по замкнутым контурам регулирования. Например, температура сетевой воды автоматически регулируется изменением нагрузки котлов (путём изменения подачи газа или воды), давление в сети – скоростью сетевых насосов или степенью открытия клапанов, уровень в деаэраторах – открытием подпиточных клапанов, давление газа – работой регуляторов в ГРП и т.д. Контуры регулирования реализованы в контроллерах (ПИД-регуляторы и логика), параметры настройки оптимизированы для устойчивой работы без колебаний и с минимальной погрешностью.
- Сбор и обработка технологической информации:** все измеренные значения постоянно поступают в контроллеры, обрабатываются (фильтрация помех, вычисление производных показателей) и передаются на верхний уровень для отображения и записи в архив. Система обрабатывает большой поток данных в реальном времени, обеспечивая достоверность и актуальность информации.
- Долговременное хранение данных:** на сервере АСУТП ведутся архивы параметров и событий. Глубина архивирования – не менее 3 лет. В архив записываются технологические параметры с заданным интервалом (тренды температур, давлений, нагрузок котлов и пр.), все дискретные события (переключения, срабатывания

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						17

сигнализаций) с указанием точного времени. Архивы хранятся в базе данных, предусмотрены средства резервного копирования (например, с помощью программного комплекса «КиберБЭКАП» резервные копии архивов могут выгружаться на внешние носители). Оператор может в любой момент вызвать на экране график интересующего параметра за выбранный период или просмотреть журнал событий, что необходимо для анализа работы оборудования и расследования причин срабатывания защит.

- Оперативное представление информации персоналу:** система обеспечивает мнемоническое отображение процессов на экране, световую и звуковую сигнализацию аварий, выдачу предупредительных сообщений. При выходе параметров за допустимые границы соответствующие индикаторы на схеме меняют цвет, звучит сигнал сирены, на панель аварий выводится описание тревоги. Оператор имеет возможность сразу увидеть, какое оборудование неисправно или какой параметр вышел из нормы, и принять меры. Реализован принцип единоразового ввода информации – все данные, введенные в систему (например, текущие уставки, параметры настройки) используются во всех задачах, исключая дублирование и расхождение данных между подсистемами.
- Обеспечение высокого уровня безопасности и безаварийности:** АСУТП включает подсистему **технологических защит и блокировок**. Это специальные алгоритмы, автоматически выводящие оборудование в безопасное состояние при развитии аварийной ситуации. Например, при обнаружении загазованности в ГРП система немедленно закрывает запорные механизмы на подаче газа (срабатывание противоаварийной автоматики по газу); при пропадании пламени горелки котла – отключается подача газа на данный котёл и подается сигнал аварии; при достижении предельной температуры воды – отключается горелка. Защиты реализованы на базе контроллеров с использование принципов, указанных в РД 153-34.1-35.137-00 (двойное резервирование критичных датчиков, независимые каналы ввода, самоконтроль исправности). В нормальном режиме защиты находятся в постоянной готовности и не влияют на процесс, при возникновении опасных отклонений – вводятся в действие автоматически, без участия человека. Факт срабатывания защиты фиксируется и отображается, а повторный ввод оборудования в работу после сработавшей защиты возможен только вручную оператором (после устранения причины аварии). Система также поддерживает *санкционированное отключение защит* – с уровня инженера АСУТП по специальному паролю можно временно вывести из работы определенную защиту (например, на время испытаний), при этом событие отключения защиты регистрируется в журнале.

Инв № подп.	Подп. и дата		
Инв № подп.	Взамен инв. №	Инв № документа	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						18

- Диагностика технических средств:** АСУТП осуществляет постоянный мониторинг собственного состояния и состояния средств автоматизации. Контроллеры и модули ввода-вывода имеют функции самодиагностики – при обнаружении неисправности (отказ модуля, пропадание связи, сбой питания) соответствующий сигнал передается на верхний уровень. В системе отображаются такие состояния, как: питание шкафов (наличие напряжения 220 В на вводе, состояние вторичных источников 24 В), положение дверей шкафов (датчики контроля доступа), состояние ИБП. При выходе из строя какого-либо элемента система выдает предупреждение, а при критической неисправности – аварийный сигнал. Также реализованы средства диагностики программного обеспечения: контроль связи между задачами, контроль загрузки процессора контроллера, объема занятой памяти, сетевых задержек и пр. Таким образом обеспечивается своевременное обнаружение отказов как в технологическом оборудовании, так и в самой системе управления.
- Повышенная живучесть системы:** за счет резервирования компонентов (два контроллера, дублирование сети, резервное питание и т. д.) система продолжает функционировать даже при отказе отдельных узлов. Например, при выходе из строя основного контроллера управление автоматически и без задержек переходит на резервный контроллер; при обрыве одной линии связи данные передаются по резервной линии; при пропадании электропитания система автоматически переключается на бесперебойное питание. Благодаря этому достигается **безотказность управления** – вероятность полной потери управления резко снижена. Данный подход соответствует требованиям к АСУТП критически важных объектов (ТЭЦ) по обеспечению надежности.
- Расчет и оптимизация технико-экономических показателей:** в составе программного обеспечения АСУТП предусмотрены функции автоматического расчета ключевых показателей эффективности работы котельной. К таким показателям относятся: КПД котлов (на основе теплового баланса – измерений расхода газа и теплопроизводительности), удельный расход условного топлива на отпуск тепла, потери тепла в сетях, расход электроэнергии на собственные нужды (насосы и др.). Расчет выполняется периодически или по запросу оператора. Результаты фиксируются в отчетных формах, доступных для анализа. Также реализован *оперативный анализ режима*: сравнение текущих параметров с оптимальными, выявление отклонений. Система может формировать рекомендации оператору (например, сообщение о снижении эффективности котла №3 из-за загрязнения теплообменных поверхностей – на основе повышения температуры выхлопных газов). Эти данные позволяют инженерно-

Инв № подп.	Подп. и дата
Инв № дубл.	Подп. и дата
Инв № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						19

техническому персоналу принимать решения по оптимизации режимов или необходимости обслуживаний.

- **Отчетность и документирование:** АСУТП генерирует ряд отчётов и журналов. К примеру, суточный отчёт по работе котельной (выработка тепла каждым котлом, расход газа, отключения, отклонения), сменный оперативный журнал (все значимые события за смену), аварийные карточки (детальный протокол аварии с последовательностью срабатывания защит). Отчеты могут выводиться на экран или печататься на принтере. В проекте предусмотрен лазерный принтер формата А4 для вывода протоколов и иной информации. Документы могут автоматически создаваться по расписанию или по запросу.
- **Химико-технологический мониторинг:** система частично охватывает функции контроля экологических и химических параметров. В составе котельной планируется установка датчиков контроля загрязняющих выбросов в дымовых газах (например, датчик О₂ для контроля полноты сгорания). Кроме того, для контроля химического режима предусмотрен ввод результатов лабораторных анализов (жесткость воды, pH, концентрация фосфатов) в информационную базу системы – это делается вручную через АРМ инженера, после чего система хранит и учитывает эти данные при формировании рекомендаций или отчетов.
- **Логическое управление и автоматизированные пуски:** АСУТП реализует ряд алгоритмов автоматического запуска и останова технологического оборудования по заданному сценарию (последовательности). Например, алгоритм пуска котлоагрегата: открытие продувочных клапанов, проветривание топки, розжиг горелки, прогрев, постепенный выход на режим – выполняется автоматически контроллером котла при команде «Пуск» от оператора, с контролем всех промежуточных условий и параметров. Аналогично, пуск резервного насоса при отказе рабочего, автоматический ввод резерва по электропитанию (АВР) – осуществляются логикой без задержек. Это значительно сокращает время реакции на нештатные ситуации и упрощает работу персонала.

Перечисленные функции иллюстрируют широкий охват задач, решаемых АСУТП. Проектом предусмотрена открытая архитектура ПО, допускающая развитие системы: добавление новых алгоритмов, подключение дополнительного оборудования в будущем. Запас по ресурсам контроллеров составляет не менее 30% по вычислительной мощности и памяти, а запас по каналам ввода/вывода – около 10% от текущего количества сигналов, что позволит расширить функции АСУТП/ВК при модернизации котельной или подключении новых устройств без замены базового оборудования.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						20

Технические средства и оборудование системы. Проектом предусмотрено применение современных и надежных компонентов, преимущественно отечественного производства или поставки. Ниже перечислено основное оборудование и программное обеспечение АСУТП Ивановской ТЭЦ-2:

- Контроллеры (ПЛК):** программируемые контроллеры типа *ТРЭИ* (произв. Россия, НПФ «Круг») – отвечают за сбор и обработку сигналов, реализацию алгоритмов. Контроллеры устанавливаются в шкафах управления, каждый шкаф – серии DKC (Россия) со степенью защиты не ниже IP41. В шкафах также размещены модули ввода-вывода, источники питания 24 В DC (DKC), промежуточные реле (Finder, КЭАЗ для коммутации цепей управления), автоматические выключатели (IEK серии «Armata» для защиты цепей питания), клеммники (EKF) и прочая низковольтная аппаратура. Шкафы оборудованы системами вентиляции/обогрева с терmostатами (EKF) для поддержания внутри приемлемой температуры в любое время года. Каждая стойка шкафов заземлена согласно требованиям. Все провода и кабели внутри шкафов – маркированная кабельная продукция (Подольсккабель или аналог), проложенная в соответствии с ЕСКД. Конструкция шкафов обеспечивает удобный доступ для обслуживания, контроль открытия дверей включен в систему сигнализации.
- Промышленные сети и коммуникации:** Коммутационное оборудование – коммутаторы Ethernet DKC N2100-4SFP24T-P5 (Россия) с поддержкой резервирования кольца. Для связи сегментов – оптические модули SFP (Русмодуль). Межсетевой экран безопасности – аппаратный комплекс *UserGate*. Синхронизатор времени – сервер СЕВ производства ООО «Р-Тех» с приёмником GPS/ГЛОНАСС. Все сетевое оборудование рассчитано на круглосуточную работу, снабжено двумя независимыми вводами питания.
- Серверное и компьютерное оборудование:** Сервер АСУТП – промышленный сервер Advantix, конфигурация на базе процессора Intel Xeon, ОЗУ 16 ГБ, дисковая подсистема RAID1/5, три сетевых порта, два блока питания. На сервер устанавливается ОС Astra Linux Special Edition и серверная часть ПО **SCADA «КРУГ-2000»**. Автоматизированные рабочие места (АРМ) оператора и инженера – системные блоки Advantix под управлением той же ОС Astra Linux, на них клиентская часть SCADA. К рабочим станциям подключаются мониторы (например, *Digma 24'' FullHD*) – не менее 2 шт. на АРМ оператора для удобства отображения мнемосхем. Периферия – лазерный принтер А4 (HP или аналог) для распечатки отчетов и журналов, резервные съемные носители (внешние HDD или флеш-накопители) для хранения копий архивов.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						21

- Программное обеспечение:** В качестве базового программного обеспечения верхнего уровня используется SCADA-система «КРУГ-2000» (НПФ «Круг»). Лицензия приобретена с расчетом не менее чем на 500-5000 (в зависимости от подсистема) физических точек ввода-вывода и соответствующим числом внутренних переменных (тегов). SCADA обеспечивает человеко-машинный интерфейс, сбор/архивацию данных, поддерживает технологии клиент-сервер (для подключения до 20 удаленных рабочих мест в перспективе). Операционная система – Astra Linux, соответствующая требованиям по защищенности (есть средства разграничения доступа, сертифицирована для использования в инфраструктуре КИИ). Дополнительно устанавливается программное обеспечение информационной безопасности: антивирус Лаборатория Касперского для Linux, система резервного копирования «КиберБэкап», а также специализированные драйверы для связи с контроллерами (ПО НПФ «Круг» включает необходимые драйверы для контроллеров ТРЭИ, а также OPC UA сервер для интеграции с верхним уровнем). Для программирования контроллеров используется программный пакет, предоставляемый НПФ «Круг».
- Источники бесперебойного питания (ИБП):** используются ИБП марки «Штиль» с внешними аккумуляторными батареями. ИБП устанавливаются для питания ключевых компонентов: серверов, АРМ, коммутаторов сети и контроллеров. Они обеспечивают автономную работу системы управления не менее 30 минут при полном обесточении объекта. За эти полчаса предусмотрено либо восстановление питания, либо безопасная остановка котельной силами персонала. Мощность и количество ИБП рассчитаны с 40% запасом, чтобы батареи не работали на пределе и имели ресурс. ИБП имеют функцию дистанционного мониторинга состояния (питание ИБП в норме, работа от батареи, работа в режиме байпас), эти сигналы заведены в систему.
- Полевая КИП и исполнительные устройства:** датчики температуры, давления, уровня, расхода, газоанализаторы, вибродатчики – всего десятки наименований. Они выбраны согласно технологическим требованиям (точность, диапазон) и работают с АСУТП через унифицированные сигналы. Например, температура – термометры сопротивления Pt100, давление – датчики-реле и преобразователи 4-20 мА, уровень – радарные или поплавковые датчики, вибрационные датчики – системы вибромониторинга с цифровым интерфейсом согласно ГОСТ 32106-2013. Исполнительные механизмы включают электрические задвижки, насосы с электродвигателями, вентиляторы. АСУТП сопрягается с этими механизмами через соответствующую аппаратуру – силовые цепи управления, шкафы управления приводами (ШУЗ – шкафы управления задвижками, ШУ насосов). При

<i>Инв № подп.</i>	<i>Подп. и дата</i>

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>
					22

проектировании АСУТП эти локальные шкафы подключаются к контроллерам либо дискретными сигналами, либо по интерфейсу (например, шкаф частотника насоса может иметь Modbus-выход). Перечень используемого оборудования (контроллеры, серверы, панели, сетевое оборудование, ПО) приведен в Приложении «**Перечень производителей оборудования и ПО АСУТП**».

Информационная безопасность и защита данных. АСУТП/ВК относится к объектам критической информационной инфраструктуры (КИИ) уровня ТЭК, поэтому в проекте уделено особое внимание мерам информационной безопасности (ИБ). Как отмечалось, программное обеспечение выбрано отечественное, сертифицированное. Система работает в изолированном контуре: технологическая сеть отделена от офисной и внешних сетей межсетевым экраном. Реализована политика разграничения доступа: для каждого пользователя (оператор, инженер, наладчик) предусмотрена своя учетная запись в системе с паролем и определенными правами (например, оператор не может изменить уставки защит без подтверждения инженера). Весь удаленный доступ к системе запрещён или строго регламентирован – например, подключение ноутбука для обслуживания контроллера возможно только с непосредственного разрешения и под контролем службы ИБ. На сервере и рабочих станциях установлено антивирусное ПО, регулярно обновляемое (через локальный центр обновлений, без прямого подключения к интернет). Архивные данные защищены от несанкционированного изменения – база данных ведет журнал аудита. Для повышения надежности хранения архивы периодически копируются на съемные носители, которые хранятся в защищенном месте. Таким образом, обеспечивается конфиденциальность, целостность и доступность информации в АСУТП, соответствие требованиям Федерального закона №187-ФЗ «О безопасности КИИ РФ» и связанной нормативной базы.

Соответствие техническим условиям и нормам. Проектные решения по АСУТП/ВК согласованы с подразделениями технического заказчика и эксплуатирующей организации. Система спроектирована с учетом всех необходимых норм промышленной безопасности: алгоритмы противоаварийной автоматики соответствуют требованиям Федеральных норм и правил Ростехнадзора (например, автоматическое отключение подачи газа при затухании горелки – требование Правил безопасности в газовом хозяйстве), электрическая часть удовлетворяет ПУЭ и ПТЭ. По пожарной безопасности – учтены требования СП 5.13130 (система не должна быть источником потенциального возгорания, электропитание прокладывается в соответствии с противопожарными преградами и т. п.). Система автоматизации не только соответствует нормам, но и сама способствует безопасной эксплуатации оборудования (например, контроль загазованности для предотвращения взрыва). Перед вводом в эксплуатацию

Инв № подп.	Подп. и дата
Инв № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						23

АСУТП пройдет комплекс испытаний, в том числе проверку на соответствие проектным решениям и действующим нормам, о чём будет составлен акт.

Инв № подп.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв № документа	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

878.2023-АСУ ТП.П2

Лист

24

4 Мероприятия по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие

Ввод в действие АСУТП/ВК требует как технической готовности самой системы, так и готовности объекта автоматизации (котельной) к работе под управлением этой системы. Ниже перечислены основные мероприятия, которые должны быть выполнены на объекте и организационно, прежде чем система будет запущена в промышленную эксплуатацию:

- Завершение монтажных работ по системе автоматизации.** Все шкафы управления АСУТП должны быть установлены на свои места и закреплены; прокладка кабельных линий выполнена в соответствии с проектом – проложены сигнальные кабели от датчиков до шкафов, кабели управления к исполнительным механизмам, витая пара/оптические линии для сети Ethernet, провода питания к шкафам. Качество монтажа проверяется: электрические соединения затянуты, кабельные экраны заземлены, маркировка и расключение соответствуют схемам. Монтаж должен выполняться по действующим СНиП и ПУЭ – в частности, с соблюдением расстояний при параллельной прокладке силовых и сигнальных кабелей, с правильной организацией заземления. По окончании монтажа составляется акт сдачи-монтажа.
- Готовность технологического оборудования к автоматизированному управлению.** Все узлы котельной должны быть смонтированы и отрегулированы в ручном режиме: котлы, горелки, насосы, клапаны – установлены и проверены на работоспособность. Необходима проверка каждого механизма на местное управление: например, электроприводы задвижек – на открытие/закрытие от местного пульта, насосы – на кратковременное включение без нагрузки. Датчики КИП установлены на своих местах (врезаны в трубопроводы, смонтированы на резервуарах), правильность установки и подключения подтверждена (термопары в гильзах, уровнемеры на нужной высоте, датчики давления на нужный диапазон). Все средства измерения, поставляемые и установленные исполнителем на узлах котельной должны иметь первичную поверку, о чем свидетельствуют записи в ФГИС Росстандарта «Аршин», либо средства измерения должны быть откалиброваны и иметь сертификат о калибровке в комплекте с протоколами. Все средства измерения должны иметь клеймо поверки или калибровки на корпусе или в техническом паспорте СИ, либо на свидетельстве о поверке/сертификате о калибровке. Если какие-либо элементы временно заглушены или заменены заглушками (например, на период промывки оборудования) – перед наладкой АСУТП они должны быть приведены в рабочее состояние.

Инв № подп.	Подп. и дата
Инв № дубл.	Подп. и дата
Инв № инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						25

- Подключение электропитания и резервирование.** К моменту пусконаладки системы должно быть подано напряжение на все шкафы и узлы АСУТП: основное электропитание ~220В от шкафов собственных нужд котельной. Одновременно должны быть подключены источники бесперебойного питания (ИБП): батареи заряжены, ИБП введены в работу, проверено время автономной поддержки. Выполняется проверка наличия фазировки и корректных значений напряжений на вводах. Система электропитания АСУТП должна соответствовать проекту – например, два ввода через устройство АВР, резервный от ИБП, реализованы сигнальные контакты ИБП на дискретные входы контроллера. Обязательно выполняется заземление всех шкафов и экранов кабелей согласно проектной схеме заземления – сопротивление заземляющего контура измерено и соответствует нормам.
- Предварительные автономные испытания АСУТП.** До интеграции с технологическим оборудованием проводится автономная проверка системы управления. На этом этапе бригада наладки АСУТП выполняет прогон всех входных и выходных сигналов с имитаторами: каждый датчик имитируется эталонным генератором сигналов (модельные сопротивления для термопар, токовые петли 4–20 мА для датчиков давления и т. п.), проверяется правильность отображения на АРМ. Каждому исполнительному механизму подается команда с АСУТП (например, «Открыть клапан») – проверяется, дошел ли сигнал до приводного механизма (по месту фиксируется срабатывание). Эти тесты позволяют убедиться, что все линии связи, модули и каналы ввода-вывода функционируют, программное обеспечение контроллеров и SCADA правильно обрабатывает сигналы. Выявленные несоответствия (например, перепутанные провода, неверная шкала датчика) оперативно исправляются. Результаты оформляются протоколом проверки каналов.
- Интеграционные испытания и пусконаладка под нагрузкой.** После успешных автономных проверок выполняется комплексное опробование системы совместно с оборудованием котельной. На этом этапе котельная или её отдельные узлы запускаются в работу под контролем АСУТП. Проводится пробный розжиг одного котла: проверяется алгоритм пуска, работа защит (например, отключение при имитации отсутствия тяги). Затем поэтапно запускаются остальные котлы, выводятся на минимальный режим. Проверяется автоматическое регулирование: задается команда повысить температуру – контроллер должен увеличить подачу газа, в реальности это отслеживается ростом температуры воды. Проверяется срабатывание каждой аварийной ситуации в безопасных условиях: имитация срабатывания каждого датчика защиты (например, путем изменения параметра в безопасных пределах) должна привести к запрограммированному действию.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						26

Также проверяются сценарии АВР электроснабжения – отключение одного ввода 6 кВ, наблюдение за корректной работой автоматики переключения. Все эти действия проводятся комиссией с участием представителей наладчиков АСУТП, технологов, электриков и службы безопасности. По итогам каждого теста делается отметка о его успешности или выявленных проблемах. До ввода системы в промышленную эксплуатацию все обнаруженные недоработки устраняются: корректируются настройки регуляторов, задержки сигналов, возможно, заменяются или перенастраиваются отдельные датчики.

- Обучение оперативного персонала.** Одним из важных мероприятий является подготовка персонала котельной к работе с новой системой. Поставщик АСУТП проводит обучение операторов и дежурных инженеров правилам работы: как пользоваться АРМ (просмотр схем, квитирование сигналов, ввод уставок), действия при различных сигналах (например, что делать при сигнале «Авария горелки котла» – алгоритм описывается в инструкциях, и персонал обучается этому на тренинге). Также персонал обучается правильному переводу оборудования на ручное управление и обратно на автоматическое (на случай ремонта). Обучение завершается сдачей зачётов/тестов, удостоверяющих, что каждый сменный инженер освоил навыки работы с системой.
- Нормативно-техническая документация и разрешения.** Перед вводом системы в постоянную работу необходимо утвердить комплект эксплуатационной документации: техническое описание системы, инструкции оператора АСУТП, инструкции инженера по обслуживанию, программы и методики испытаний, паспорта на оборудование. Документация разрабатывается в составе проекта (перечень документов согласно ГОСТ 34 приведен в техническом задании) и должна быть передана Заказчику. После проведения пусконаладочных работ оформляются акты приемки-передачи системы. Составляется **акт ввода АСУТП в эксплуатацию**, подписываемый комиссией (представители заказчика, генпроектировщика, подрядчика, Ростехнадзора при необходимости). Также обновляются технологические регламенты работы котельной, учитывающие внедрение автоматизированной системы (например, регламент операции переключения котла будет ссылаться на действия оператора через АСУТП). Только после этого система считается введенной в действие.
- План опытно-промышленной эксплуатации.** Первоначально, сразу после пусконаладки, система обычно переводится в режим опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) на установленный период (например, 72 часа непрерывной работы). В этот период отслеживается стабильность работы АСУТП, собираются данные о возможных сбоях,

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						27

операторы привыкают к новому интерфейсу. По итогам ОПЭ проводится окончательная приемка: если система успешно прошла испытательный срок, она рекомендуется к постоянной эксплуатации. При выявлении замечаний составляется ведомость, и подрядчик обязан их устранить в гарантийный период.

Вышеперечисленные мероприятия позволяют обеспечить, что объект автоматизации (котельная) подготовлен к функционированию под управлением АСУТП, а сама система работает надёжно и в соответствии с проектными требованиями. Только после выполнения всех подготовительных этапов и официального принятия системы в работу можно считать АСУТП введенной в промышленную эксплуатацию.

Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № подп.	Взамен инв. №	Инв № документа	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

878.2023-АСУ ТП.П2

Лист

28

Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка
АБК	административно-бытовой корпус (здание бытовых и офисных помещений при котельной)
АПУ	аварийный пульт управления (резервный пульт для отключения/остановки оборудования в аварийных ситуациях)
АРМ	автоматизированное рабочее место (компьютеризированное место оператора или инженера с установленным ПО АСУТП)
АСУ	автоматизированная система управления (общий термин, обычно с уточнением области, напр. АСУ ЭТО)
АСУТП	автоматизированная система управления технологическим процессом. В данном проекте под АСУТП/ВК понимается система управления водогрейной котельной
АСУ ЭТО	система автоматизации электротехнического оборудования. Подсистема АСУТП, отвечающая за сбор данных и управление электрораспределительным оборудованием (КТП, РУ) котельной
ВК	водогрейная котельная. В контексте АСУТП/ВК – котельная Ивановской ТЭЦ-2
ВПУ	водоподготовительная установка (комплекс оборудования для химической подготовки питательной воды)
ВТМ	выдача тепловой мощности (система отпуска тепла, совокупность оборудования для передачи тепловой энергии потребителям)
ГЛОНАСС	глобальная навигационная спутниковая система (российская спутниковая система позиционирования и времени)
ГРП	газорегуляторный пункт (узел снижения давления и распределения газа). ГРП-1, ГРП-2 – два параллельных ГРП котельной
ИБ	информационная безопасность (в контексте защиты информации АСУТП)
ИБП	источник бесперебойного питания (устройство для резервного электропитания от аккумуляторов при пропадании сети)
ИМ	исполнительный механизм (привод, выполняющий механическое действие по команде, напр. электропривод задвижки)
КИПиА	контрольно-измерительные приборы и автоматика (совокупность датчиков, приборов и автоматических устройств)
КТП	комплектная трансформаторная подстанция (электроустановка с трансформатором и распределительным устройством в едином блоке)
КРУ	комплектное распределительное устройство, как правило, высоковольтное (6–10 кВ) в виде ряда шкафов (ячеек) с аппаратами
ЛВС	локальная вычислительная сеть (коммуникационная сеть объекта, например, сеть Ethernet внутри АСУТП)

Инв № подп.	Подп. и дата	
	Инв № дубл.	Взамен инв. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист
						29

Сокращение	Расшифровка
ОКО	общекотельное оборудование (вспомогательное оборудование котельной, обслуживающее весь объект, напр. сетевые насосы, трубопроводы общие)
OPC / OPC UA	OLE for Process Control Unified Architecture (открытый протокол обмена данными реального времени между системами автоматизации)
ПА	противоаварийная автоматика (автоматические устройства и алгоритмы, предотвращающие развитие аварий)
ПЛК	программируемый логический контроллер (industrial PLC – основное устройство для управления процессом)
ПО	программное обеспечение
ПТК	программно-технический комплекс (совокупность оборудования и ПО, из которых построена система, напр. контроллеры + компьютеры + сеть)
ПУЭ	Правила устройства электроустановок (базовый нормативный документ по электрооборудованию)
РЗА	релейная защита и автоматика (комплекс устройств для защиты электрических сетей от аварий и выполнения автоматических переключений)
САУ	система автоматического управления (сионим автоматизированной системы управления, обычно для локальных систем)
СВТ	средства вычислительной техники (компьютеры, серверы, сетевое оборудование)
СЕВ	система единого времени (комплекс средств для синхронизации времени на всем объекте)
СКАДА (SCADA)	Supervisory Control And Data Acquisition, диспетчерская система управления и сбора данных (ПО верхнего уровня АСУТП)
СОПТ	система оперативного постоянного тока (аккумуляторная батарея и распределительная сеть 220 В DC для питания цепей управления)
СТО	стандарт организации (корпоративный стандарт, напр. СТО ПАО «Т Плюс»)
ТМО	тепломеханическое оборудование (котлы, теплообменники, насосы и прочее оборудование, связанное с тепловым технологическим процессом)
ТП	технологический процесс
ТЭП	технико-экономические показатели (показатели эффективности работы, напр. КПД, удельный расход топлива)
ЩУ	щит управления (местный пульт или шкаф управления оборудованием)
ШУЗ	шкаф управления задвижками (локальный шкаф для питания и управления электроприводами запорной арматуры)

(Примечание: в тексте также могут встречаться общепринятые сокращения единиц измерения (МВт – мегаватт, Гкал – Гигакалория и др.), которые в отдельном перечне не приведены.)

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист

Перечень терминов

Термин	Расшифровка
Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП)	Организационно-техническая система, включающая совокупность средств автоматизации и персонала, предназначенная для автоматического и автоматизированного управления ходом технологического процесса в заданных условиях. Включает технические средства (контроллеры, датчики, приводы, компьютеры) и программное обеспечение, реализующее алгоритмы контроля, регулирования, оптимизации и обеспечения безопасности процесса.
Водогрейная котельная	Котельная установка, вырабатывающая тепловую энергию в форме горячей воды (не производит пар). Состоит из одного или нескольких водогрейных котлов и вспомогательного оборудования (насосов, теплообменников, трубопроводов). Водогрейные котлы нагревают сетевую воду для целей отопления и горячего водоснабжения. Ивановская ТЭЦ-2 имеет водогрейную котельную мощностью 400 Гкал/ч, служащую для теплоснабжения города.
Газорегуляторный пункт (ГРП)	Специальное сооружение (или установка) в системе газоснабжения, предназначенное для снижения высокого давления газа до требуемого уровня и автоматического поддержания этого давления, а также для обеспечения безопасности подачи газа. ГРП оборудован фильтрами, предохранительными и запорными клапанами, регуляторами давления. В котельной ГРП подают газ от городской газовой сети к котлам, обеспечивая стабильное давление газа для горелок.
Теплообменник (промежуточный)	Аппарат для передачи тепла от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку. В котельной используется для разделения котлового контура (первичного, замкнутого) и сетевого контура (вторичного, открытого). Горячая вода из котла проходит через теплообменник и отдает тепло сетевой воде. Таким образом, сетевой контур изолирован от котлового, что повышает надежность и позволяет использовать разный химический состав воды.
Деаэратор	Устройство для удаления растворенных газов (прежде всего кислорода и углекислого газа) из воды. Удаление происходит путем нагрева воды и снижения давления (в вакуумных деаэраторах) или путем барботирования пара. В котельной деаэратор обеспечивает дегазацию подпиточной воды, чтобы предотвратить коррозию оборудования. Например, блочный вакуумный деаэратор БВД-10 удаляет кислород из умягченной воды котлового контура до безопасной концентрации.
Натрий-катионирование	Технологический процесс умягчения воды, при котором жесткие соли (кальция и магния) удаляются путем ионного обмена на ионообменных смолах. Ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} заменяются на ионы Na^+ , благодаря чему вода становится мягкой (не образует накипи при нагреве). В котельной установка натрий-катионирования обеспечивает подготовку сырой воды перед её подачей в котловую контур.
Аккумулирующий бак тепловой энергии	Большой теплоизолированный резервуар, предназначенный для аккумулирования горячей воды с целью сохранения тепловой энергии. Используется для балансировки нагрузки: в часы низкого потребления тепла избыточная энергия накапливается (нагревается вода в баке), а в часы пик – эта горячая вода отдаёт тепло в сеть, повышая мощность без увеличения нагрузки на котлы. Аккумуляторные баки позволяют выровнять график работы котельной и повысить экономичность. Насосная станция аккумулирующих баков перекачивает воду между баками и сетью для зарядки/разрядки накопленной энергии.

Инв № подп.	Подп. и дата	Инв № дубл.	Взамен инв. №	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Термин	Расшифровка
Комплектная трансформаторная подстанция (КТП)	Заводского изготовления комплект электрооборудования, включающий силовой трансформатор и распределительные устройства на стороне высшего и низшего напряжения. Например, КТП 6/0,4 кВ в котельной принимает электроэнергию 6 кВ от сети и трансформирует в 0,4 кВ для питания собственных нужд котельной (насосов, вентиляции, автоматики). КТП обычно размещена в отдельном помещении или контейнере, содержит защитные аппараты (выключатели, предохранители) и системы учета электроэнергии.
Распределительное устройство (РУ)	Совокупность коммутационной аппаратуры для распределения электроэнергии определенного класса напряжения. В котельной имеются РУ 6 кВ (представлено комплектным распределительным устройством – КРУ, состоящим из ячеек) и РУ 0,4 кВ (главный низковольтный щит, собирающий питание от трансформаторов и питающий все потребители 0,4 кВ). РУ включает в себя вводные панели, секционные аппараты, отходящие линии к нагрузкам, аппаратуру защиты (реле, автоматы) и измерения.
Релейная защита	Система автоматической защиты электрооборудования и сетей от ненормальных и аварийных режимов, основанная на использовании реле и микропроцессорных терминалов. Релейная защита следит за параметрами (ток, напряжение, частота) и при их выходе за уставки воздействует на выключатели, отключая поврежденные элементы (например, при коротком замыкании на линии защита мгновенно отключит выключатель, обесточивая поврежденный участок). В проекте котельной РЗА защищает трансформаторы, сборные шины 6 кВ и 0,4 кВ, крупные электродвигатели. АСУТП не заменяет релейную защиту, но получает от неё информацию (сигналы срабатывания, состояние) и может инициировать некоторые алгоритмы (например, АВР) на основе сигналов РЗА.
Противоаварийная автоматика (ПА)	Комплекс специальных автоматических устройств и схем, предназначенных для предотвращения развития аварии в технологическом процессе или в энергосистеме. В отличие от защиты, которая просто отключает аварийный объект, противоаварийная автоматика может выполнять более сложные действия: например, автоматическое снижение нагрузки котлов при внезапном отключении части оборудования (чтобы не допустить перегрузки оставшихся), отключение части потребителей при угрозе перегрева оборудования, запуск резервных насосов и т.п. ПА действует быстро и без участия человека, часто на основе логики, заложенной в контроллерах. В АСУТП котельной функции ПА реализованы в алгоритмах контроллеров (например, при отключении одного котла автоматика перераспределит нагрузку на другие в пределах возможного, и выдаст сигнал диспетчеру о необходимости включить резерв).
Система единого времени	Подсистема, обеспечивающая синхронизацию часов всех технических средств АСУТП и сопряженных систем по единому высокоточному эталону времени. Обычно включает сервер времени, получающий сигнал точного времени (через GPS/ГЛОНАСС или от государственного эталона), и распределяет его посредством сетевых протоколов на контроллеры, компьютеры, регистраторы событий. Благодаря этому все события в разных частях системы имеют правильные отметки времени и могут быть однозначно упорядочены при анализе. В котельной сервер единого времени синхронизирует контроллеры и SCADA, а также при необходимости может выдавать сигнал времени во внешнюю диспетчерскую систему.
Технологический процесс	Совокупность физических и химических процессов, протекающих в оборудовании, направленных на производство заданной продукции (в данном случае – тепловой энергии в форме горячей воды). Для водогрейной котельной технологический процесс включает сжигание топлива (газа) в котлах, нагрев воды, циркуляцию теплоносителей, химическую подготовку воды, и прочие связанные операции. АСУТП предназначена для оптимального и безопасного ведения этого технологического процесса в автоматическом режиме.

Инв № подп.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.П2	Лист

Лист регистрации изменений

878.2023-АСУ ТП.П2

Лист

33