

ООО НПП «ЭСН»

**СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ 400
ГКАЛ/ЧАС НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ТЭЦ-2
(878.2023)**

Описание автоматизируемых функций
878.2023-АСУ ТП.ПЗ

Том 42

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Име № дубл.	Подп. и дата

Содержание

1

Исходные данные

3

1.1

Перечень исходных материалов и документов, использованных при разработке функциональной части проекта АС

3

1.2

Особенности объекта автоматизации, влияющие на проектные решения по автоматизированным функциям

3

1.3

Данные о других АС, взаимосвязанных с разрабатываемой АС, и сведения об информации взаимодействия

3

2

Цели АС и автоматизируемые функции

5

3

Характеристика функциональной структуры

9

3.1

Подсистемы АС, их функции и задачи

9

3.2

Разделение автоматизированных функций на действия (операции), выполняемые техническими средствами и человеком

13

3.3

Требования к временному регламенту и характеристикам процесса реализации автоматизированных функций и решаемых задач

15

Перечень сокращений

18

Перечень терминов

19

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Име № дубл.	Подп. и дата										

1 Исходные данные

1.1 Перечень исходных материалов и документов, использованных при разработке функциональной части проекта АС

Проект создания АСУТП водогрейной котельной опирается на техническое задание (ТЗ) на разработку разделов рабочей документации в части АСУ ТП, перечня сигналов по всем узлам котельной (датчики и исполнительные устройства), а также рабочей документации по другим разделам объекта. В качестве основы информационного наполнения использован перечень сигналов и функциональные схемы для следующих подсистем: газораспределительные пункты ГРП-1 и ГРП-2, здание теплообменников, электротехнического оборудования (ЭТО), здание аккумулирующей насосной, водогрейной котельной (ВК) и их вспомогательное оборудование. Эти документы определяют состав контролируемых параметров, привязку датчиков к оборудованию и требования к алгоритмам управления.

1.2 Особенности объекта автоматизации, влияющие на проектные решения по автоматизированным функциям

Автоматизации подвергается водогрейная котельная Ивановской ТЭЦ-2, предназначенная для выработки горячей воды для теплосети (суммарная тепловая мощность – до **400 Гкал/ч**). В состав объекта входят 8 водогрейных котлов (Eurotherm-58, по 50 Гкал/ч каждый) с газовыми горелками. Каждый котёл оснащён вспомогательными системами: вентиляторами подачи воздуха, насосами циркуляции котловой воды, а также системами обеспечения горения (газопроводы с запорной арматурой, горелки, системы воспламенения и контроля пламени). Также в котельной предусмотрены системы водоподготовки: вакуумный деаэратор (для удаления воздуха из питательной воды), бак-газоотделитель, бак запаса деаэрированной воды и узлы дозирования реагентов (например, бак раствора щелочи для коррекции pH).

1.3 Данные о других АС, взаимосвязанных с разрабатываемой АС, и сведения об информации обмена

АСУТП котельной интегрируется в общую систему управления станции и городских тепловых сетей. Верхний уровень включает SCADA-систему и автоматизированные рабочие

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

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

места (АРМ) операторов котельной, откуда осуществляется мониторинг и управление. SCADA-сервер связан с контроллерами среднего уровня по промышленной сети Ethernet. Для обмена данными используются стандартные протоколы: например, между SCADA и контроллерами – **OPC UA** (современный унифицированный протокол обмена данными), а для связи с некоторыми полевыми устройствами – **Modbus RTU/TCP** (например, частотные приводы, интеллектуальные счетчики газа). Предусмотрена возможность передачи сводной информации во внешние диспетчерские системы.

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПЗ			Лист	
								4	

2 Цели АС и автоматизируемые функции

Цели автоматизации. Внедрение системы автоматического управления направлено на обеспечение безопасного, эффективного и непрерывного управления работой водогрейной котельной. Автоматизация должна **повысить безопасность** обслуживания оборудования (исключить аварийные ситуации за счёт своевременных защит и блокировок), **повысить эффективность** технологических режимов (оптимизировать горение, сократить перерасход топлива, поддерживать оптимальные параметры нагрева воды) и **обеспечить непрерывность** теплоснабжения потребителей даже при изменении внешних условий. Как отмечено в материалах НПФ "КРУГ", внедрение подобной системы **позволяет повысить безопасность работы оборудования, эффективность управления и диспетчерского контроля технологических процессов, а также обеспечить оперативный персонал полной, достоверной и своевременной информацией о работе системы.** Другими словами, цель АСУТП – минимизировать влияние человеческого фактора на рутинное управление, оставив оператору функции надзора и оптимизации, и гарантировать быстрое автоматическое реагирование на нештатные ситуации для предотвращения аварий.

Перечень автоматизированных функций. АСУТП реализует весь комплекс функций автоматического контроля и управления, предусмотренных для данной котельной. К основным автоматизированным функциям системы относятся:

- **Измерение и мониторинг параметров.** Система непрерывно снимает показания со всех подключенных датчиков: давления газа на входе ГРП и перед горелками, температуры воды (на входе и выходе котлов, в обратном и подающем трубопроводе теплосети), давления воды (в коллекторах, на выходе насосов, в барабанах-аккумуляторах), расхода газа на горелки, расхода сетевой воды через каждый котёл, уровней воды в баках (деаэратор, запасные баки, аккумуляторы), температуры обмоток трансформаторов, токов и напряжений, и десятков других технологических параметров. **Измерение и контроль техпроцессов** – базовая функция: система отслеживает текущее состояние процесса в режиме реального времени. Все значения отображаются на экранах АРМ и используются для управления.
- **Сигнализация и регистрация отклонений.** При выходе любого контролируемого параметра за заданные пределы система генерирует тревожный сигнал (световую/звуковую сигнализацию) и регистрирует событие в архиве аварий. Например, отклонения давления газа, понижение давления воды в контуре ниже допустимого, перегрев воды выше установленной температуры, снижение разрежения в дымовой трубе,

[illegible]

отключение питания насосной или вентилятора – все эти отклонения фиксируются. **Сигнализация и регистрация отклонений параметров от установленных границ** предупреждает персонал о развитии нештатной ситуации. Оператор на экране видит всплывающее сообщение с описанием аварии и привязкой к оборудованию, а также звуковое оповещение. Система ведёт протокол событий, фиксируя время возникновения и окончания каждого сигнала, что позволяет анализировать хронологию развития инцидентов.

- **Технологические защиты и блокировки.** В АСУТП заложены алгоритмы аварийной защиты оборудования, срабатывающие автоматически при достижении опасных значений. Например, при погасании пламени горелки котла (потеря факела, определяемая по сигналам фотодатчиков) мгновенно **блокируется подача газа** – закрываются быстродействующие запорные клапаны на данной горелке, предотвращая накопление газа. При превышении давления воды на выходе котла сверх аварийного порога – срабатывает защита от разрыва: отключаются горелки и выдаётся команда на открытие предохранительных клапанов (если предусмотрены). Все эти действия выполняются контроллером **без участия оператора и с минимальной задержкой. Выполнение алгоритмов технологических защит и блокировок** является ключевой автоматизированной функцией – она предотвращает развитие аварийных ситуаций, действуя быстрее человеческой реакции. Логика защит построена в соответствии с нормативными требованиями (Правила безопасности газового хозяйства, ПБ 12 и др.): например, для газовых горелок реализуется «логика горения» – контроль последовательности пуска (продувка, розжиг запальника, выход на режим) и безопасного останова; для насосов – защита от сухого хода; для электрооборудования – блокировка повторного включения при неисправности.
- **Автоматическое регулирование технологических параметров.** В системе предусмотрены замкнутые контуры регулирования, поддерживающие ключевые параметры на заданных уставках. В частности:
 - **Регулирование температуры сети/котловой воды.** Система автоматически управляет нагрузкой котлов (мощностью горения) в зависимости от температуры выходящей воды. По заданному графику температуры (например, в зависимости от температуры наружного воздуха или диспетчерского задания) поддерживается требуемая температура теплоносителя на выходе котельной. Для этого контроллеры изменяют подачу топлива: либо регулируют расход газа через регуляторы, либо включают/отключают отдельные горелки. Также может

Подп. и дата		<p>действуя быстрее человеческой реакции. Логика защит построена в соответствии с нормативными требованиями (Правила безопасности газового хозяйства, ПБ 12 и др.): например, для газовых горелок реализуется «логика горения» – контроль последовательности пуска (продувка, розжиг запальника, выход на режим) и безопасного останова; для насосов – защита от сухого хода; для электрооборудования – блокировка повторного включения при неисправности.</p> <ul style="list-style-type: none">• Автоматическое регулирование технологических параметров. В системе предусмотрены замкнутые контуры регулирования, поддерживающие ключевые параметры на заданных уставках. В частности:<ul style="list-style-type: none">○ Регулирование температуры сети/котловой воды. Система автоматически управляет нагрузкой котлов (мощностью горения) в зависимости от температуры выходящей воды. По заданному графику температуры (например, в зависимости от температуры наружного воздуха или диспетчерского задания) поддерживается требуемая температура теплоносителя на выходе котельной. Для этого контроллеры изменяют подачу топлива: либо регулируют расход газа через регуляторы, либо включают/отключают отдельные горелки. Также может					
Инв. № дубл.							
Взамен инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.		<div>878.2023-АСУ ТП.ПЗ</div>					Лист
Изм.	Лист						№ докум.

осуществляться регулирование смеси воды, чтобы поддерживать стабильную температуру.

- **Регулирование давления газа на горелках.** В ГРП автоматический регулятор удерживает давление газа перед котлами на заданном уровне несмотря на колебания входного давления.
- **Регулирование уровня/давления воды в системе.** Насосы подпитки и аккумулирующая насосная работают под контролем системы: поддерживается необходимое давление теплоносителя в обратной магистрали и уровень воды в баках-аккумуляторах. Давление в теплосети на выходе котельной может поддерживаться частотным регулированием насосов: частотные преобразователи насосных агрегатов получают задание на поддержание давления в подающей линии в соответствии с гидравлическим графиком.

В сумме в системе может быть реализовано несколько **программных ПИД-регуляторов** – по числу контуров: температурный контур сети, контур давления газа, контур давления воды и т.д.. Автоматическое регулирование разгружает персонал от ручного управления задвижками и горелками, обеспечивая более точное соблюдение режимов.

- **Дистанционное управление оборудованием.** Операторские рабочие места позволяют отправлять команды на выполнение операций с оборудованием, минуя необходимость местного ручного воздействия. **Дистанционное управление** реализовано для всех основных механизмов: **насосы** (пуск/останов), **регулирующие заслонки** (открыть/закрыть), **здвижки и клапаны** (открыть/закрыть/остановить). Команды оператора передаются через SCADA на ПЛК, которые осуществляют логику выполнения – проверяют условия (например, готовность механизма, отсутствие блокировок) и выдают соответствующие сигналы на привод. В системе реализован принцип «человек – через машину»: оператор задаёт команду, а автоматика исполняет её безопасно, контролируя процесс. При дистанционном управлении отображается обратная связь: так, если оператор нажал «Открыть клапан», он видит по сигналам «Открыто/Не открыто» текущее положение; если команда не выполнена (например, заедание, «Превышение момента»), система выдаст предупреждение. Таким образом, **АРМ оператора обеспечивает визуализацию состояния и отправку команд, а ПЛК – непосредственно управление исполнительными устройствами.** В случае потери связи с АРМ, управление возможно через локальные панели или в ручном режиме на месте – однако при штатной работе все операции производятся дистанционно.

<div>Изм.</div> <div>Лист</div>	<div>№ докум.</div> <div>Подп.</div> <div>Дата</div>	<div>Изм. № подл.</div> <div>Подп. и дата</div>	<div>Взамен инв. №</div> <div>Подп. и дата</div>	<div>Инв. № дубл.</div> <div>Подп. и дата</div>	<div>878.2023-АСУ ТП.ПЗ</div> <div>Лист</div> <div>7</div>

- **Архивирование и отчётность.** Система автоматически ведёт журналы и архивы по ключевым показателям. С определенным шагом времени архивируются значения температур, давлений, нагрузок, положений механизмов и пр., формируя тренды. Все аварийные ситуации и действия оператора протоколируются с отметкой времени. На основе архивных данных АСУТП формирует суточные отчёты: например, объём расходуемого топлива за сутки, теплопроизводительность каждого котла, количество срабатываний защит, время работы оборудования. Эти отчёты доступны для анализа инженерно-техническому персоналу. Данная функция обеспечивает «память» системы и необходима для оптимизации эксплуатации и планирования ремонтов.

Перечисленные функции подтверждают, что АСУТП охватывает **весь цикл управления** – от нижнего уровня измерений и сигнализации до верхнего уровня оптимизации и диспетчерского контроля. По терминологии стандарта, реализованы функции **контроля, сигнализации, защиты, регулирования и управления**. Такое комплексное автоматизированное управление позволяет эксплуатировать водогрейную котельную в автоматическом режиме при минимальном вмешательстве оператора, достигая целей безопасности и эффективности.

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПЗ					Лист
										8

3 Характеристика функциональной структуры

3.1 Подсистемы АС, их функции и задачи

Структура подсистем АСУТП. Функциональная структура системы управления многоуровневая и отражает структуру самой котельной. **Основные подсистемы АСУТП** и их задачи:

Подсистема автоматизации газорегуляторного пункта №1 (АСУ ГРП-1)

Подсистема предназначена для редуцирования и контроля параметров природного газа, поступающего на котельную.

Функции:

- автоматическое регулирование давления газа на выходе из ГРП;
- контроль давления, температуры и расхода газа на входе и выходе;
- управление запорной и регулирующей арматурой с электроприводами;
- автоматическое переключение рабочих и резервных ниток редуцирования;
- контроль состояния фильтров, сигнализация перепадов давления;
- формирование аварийной и предупредительной сигнализации.

Задачи:

- поддержание стабильного давления газа на выходе (0,1 МПа);
- обеспечение бесперебойного и безопасного газоснабжения котлов;
- предотвращение аварийных ситуаций при падении давления или отказе оборудования;
- регистрация и архивирование параметров газоснабжения.

Подсистема автоматизации газорегуляторного пункта №2 (АСУ ГРП-2)

Подсистема выполняет функции, аналогичные АСУ ГРП-1, с учётом различного давления газа на входе.

Подсистема автоматизации здания теплообменников предназначена для управления процессом нагрева сетевой воды за счёт передачи тепла от котлового контура через девять промежуточных пластинчатых теплообменников.

Функции:

- автоматическое регулирование температуры сетевой воды на подающем коллекторе в соответствии с заданным графиком теплоснабжения;

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

					878.2023-АСУ ТП.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- управление потоками сетевой воды через фильтры ГИГ, насосные группы и теплообменники;
- обеспечение контроля технологических параметров (давление, температура, расход) в контрольных точках контура;
- поддержание необходимого давления сетевой воды в системе с помощью групп сетевых насосов;
- реализация функций аварийной и рабочей подпитки сетевого контура деаэрированной водой;
- управление подмешиванием воды из аккумулирующей насосной для стабилизации температурного режима;
- включение и отключение отдельных теплообменников при помощи секционирующей арматуры для обеспечения ремонтных режимов и оптимизации гидравлического режима;
- контроль перепадов давления и состояния фильтров ГИГ, с формированием предупредительной и аварийной сигнализации;
- реализация технологических блокировок и защит (ограничение подачи котловой воды при снижении расхода через теплообменники, прекращение подачи при превышении допустимой температуры, отключение насосов при аварийных режимах).

Задачи подсистемы:

- поддержание заданной температуры сетевой воды в пределах допуска $\pm 1 \dots 2$ °С;
- обеспечение надёжной работы электроприводов регулирующей и запорной арматуры с контролем положения и момента;
- организация гибкого режимного управления за счёт поочерёдного включения/выключения теплообменников, насосных групп и подпиточных устройств;
- обеспечение устойчивой и безопасной работы оборудования при штатных, переходных и аварийных режимах;
- предоставление оперативному персоналу информации о состоянии оборудования, параметрах технологического процесса и выполнении управляющих функций.

Подсистема автоматизации аккумулирующей насосной (АСУ НАБ)

Подсистема обеспечивает работу насосной установки с баками-аккумуляторами, предназначенной для компенсации колебаний подпиточной воды и аварийного запаса.

Функции:

- автоматическое управление насосами большой и малой производительности;
- поддержание давления в системе подпиточной воды;

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	<ul style="list-style-type: none">• поддержание заданной температуры сетевой воды в пределах допуска $\pm 1 \dots 2$ °С;• обеспечение надёжной работы электроприводов регулирующей и запорной арматуры с контролем положения и момента;• организация гибкого режимного управления за счёт поочерёдного включения/выключения теплообменников, насосных групп и подпиточных устройств;• обеспечение устойчивой и безопасной работы оборудования при штатных, переходных и аварийных режимах;• предоставление оперативному персоналу информации о состоянии оборудования, параметрах технологического процесса и выполнении управляющих функций.
					<p>Подсистема автоматизации аккумулирующей насосной (АСУ НАБ)</p> <p>Подсистема обеспечивает работу насосной установки с баками-аккумуляторами, предназначенной для компенсации колебаний подпиточной воды и аварийного запаса.</p> <p>Функции:</p> <ul style="list-style-type: none">• автоматическое управление насосами большой и малой производительности;• поддержание давления в системе подпиточной воды;
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

878.2023-АСУ ТП.ПЗ

Лист
10

- контроль уровня и давления в баках-аккумуляторах;
- управление запорной и регулирующей арматурой;
- аварийная сигнализация при снижении уровня воды, падении давления и отказе насосов.

Задачи:

- обеспечение равномерной подачи подпиточной воды при неравномерности потребления;
- поддержание необходимого давления в тепловой сети;
- автоматическое переключение рабочих и резервных насосов;
- защита оборудования от работы в режимах сухого хода и перегрузок.

Подсистема автоматизации электротехнического оборудования (АСУ ЭТО)

Подсистема предназначена для управления и контроля распределительных устройств, трансформаторов и системы собственных нужд.

Функции:

- контроль параметров электрических сетей (напряжение, ток);
- управление вводными, секционными и линейными выключателями;
- регистрация и анализ работы устройств релейной защиты и автоматики (РЗА);
- контроль состояния СОПТ, аккумуляторных батарей и системы собственных нужд;
- передача информации в общую систему АСУТП.

Задачи:

- обеспечение надёжного электроснабжения оборудования котельной;
- сокращение времени отключений за счёт автоматического резервирования;
- контроль и диагностика трансформаторов и коммутационных аппаратов;
- повышение надёжности и безопасности эксплуатации электротехнической части.

Подсистема автоматизации водогрейных котлов (АСУ ВК)

Подсистема является **центральным компонентом АСУТП водогрейной котельной** и объединяет в себе управление всеми подсистемами объекта – теплообменниками, газорегуляторными пунктами, аккумулирующей насосной и электротехническим оборудованием. В АСУ ВК сосредоточены функции координации, обмена данными и формирования общей картины технологического процесса для оперативного персонала.

Функции:

- задание режимов работы и контроль параметров восьми водогрейных котлов Eurotherm-58 единичной тепловой мощностью 50 Гкал/ч;
- дистанционный запуск функций группового управления (ФГУ) котлов;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
<p>Задачи:</p> <ul style="list-style-type: none">• обеспечение надёжного электроснабжения оборудования котельной;• сокращение времени отключений за счёт автоматического резервирования;• контроль и диагностика трансформаторов и коммутационных аппаратов;• повышение надёжности и безопасности эксплуатации электротехнической части.										
<p>Подсистема автоматизации водогрейных котлов (АСУ ВК)</p> <p>Подсистема является центральным компонентом АСУТП водогрейной котельной и объединяет в себе управление всеми подсистемами объекта – теплообменниками, газорегуляторными пунктами, аккумулирующей насосной и электротехническим оборудованием. В АСУ ВК сосредоточены функции координации, обмена данными и формирования общей картины технологического процесса для оперативного персонала.</p> <p>Функции:</p> <ul style="list-style-type: none">• задание режимов работы и контроль параметров восьми водогрейных котлов Eurotherm-58 единичной тепловой мощностью 50 Гкал/ч;• дистанционный запуск функций группового управления (ФГУ) котлов;										
					878.2023-АСУ ТП.ПЗ					Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

- контроль температуры, давления, расхода котловой воды;
- контроль параметров топочного процесса (давление газа, давление воздуха, разрежение в топке, температура факела) без вмешательства в алгоритмы горения;
- формирование командных заданий для локальных систем управления горелками и получение обратной информации об их состоянии;
- автоматическая защита и блокировки на уровне котловой воды (превышение температуры, аварийный уровень, падение давления);
- управление исполнительной арматурой на подающем и обратном трубопроводах котловой воды;
- регистрация параметров и событий работы котлов;
- формирование технологической сигнализации и передача информации на верхний уровень АСУТП;
- управление процессами химводоподготовки котлового и сетевого контуров (умягчение воды, дозирование реагентов, контроль жёсткости и pH, подготовка воды питьевого качества для подпитки);
- автоматическое управление деаэраторами (вакуумным и блочным), включая контроль уровня, давления, температуры и степени дегазации;
- дозирование реагентов для предотвращения коррозии и накипеобразования в контурах;
- контроль состояния оборудования ХВО и деаэрации с выводом аварийных сигналов и блокировок;
- интеграция сигналов, функций и алгоритмов всех подсистем котельной, обеспечение единой базы данных и централизованного управления.

Задачи:

- обеспечение безопасной и надёжной эксплуатации водогрейных котлов при всех режимах работы;
- поддержание температуры котловой воды в пределах заданных значений (до 150 °С) в соответствии с графиком теплоснабжения;
- формирование и выдача заданий локальным системам управления горелками;
- контроль корректности выполнения командных заданий ФГУ и фактических параметров котлов;
- обеспечение нормативного качества питательной и сетевой воды за счёт автоматизации химводоподготовки и деаэрации;
- контроль и поддержание заданных параметров (жёсткость, щёлочность, содержание кислорода) в контурах;

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПЗ					Лист
										12

уровень непосредственно воздействует на процесс и предоставляет исходную информацию. Он работает непрерывно и обеспечивает аппаратную реализацию защит (например, механические предохранительные клапаны, дублирующие электронные системы).

- Средний уровень (Level 2):** представлен шкафами управления с микропроцессорными контроллерами (ПЛК). Для данной котельной выбран современный промышленный контроллер с возможностью резервирования. В частности, реализовано **100% резервирование CPU**: в шкафу установлен дублированный комплект процессорных модулей, работающих в режиме горячего резерва. При отказе основного контроллера резервный мгновенно (без прерывания) принимает управление – это повышает надёжность системы. Контроллер среднего уровня выполняет все основные функции: сбор данных с датчиков, реализацию алгоритмов защит, блокировок, автоматического регулирования и выдачу команд на исполнительные механизмы. **Именно на этом уровне “живут” автоматизированные функции**, описанные выше. В контроллер заложены программы, которые решают задачи информационной подсистемы (сбор/передача данных на верхний уровень), технологических защит, автоматического регулирования и дистанционного управления. Кроме того, в шкафу управления предусмотрен **локальный операторский пост** – панель оператора (сенсорная НМІ) на дверце шкафа. Эта панель позволяет персоналу на месте контролировать и управлять процессом, минуя верхний уровень, что полезно при наладке или ремонте. Через локальную панель можно, к примеру, открыть конкретный клапан или посмотреть текущие показания датчиков, даже если центральная АРМ не доступна.
- Верхний уровень (Level 3):** это автоматизированные рабочие места персонала (АРМ оператора котельной, АРМ технолога и пр.), объединённые в систему диспетчерского управления на базе SCADA. Верхний уровень обеспечивает **интерфейс человек-машина**: сбор данных со среднего уровня, их обработку (вычисление сводных параметров, балансов), отображение на экранах мнемосхем, долговременное хранение в базах данных и формирование архивов. Также верхний уровень принимает команды оператора (как описано, пуск/останов оборудования, изменение уставок) и передаёт их на ПЛК для выполнения. В данной системе АРМ оператора под управлением отечественной **SCADA КРУГ-2000®** совмещён с сервером базы данных и клиентским приложением. То есть на одном (или двух для отказоустойчивости) сервере крутится серверная часть SCADA и исторический архив, а рабочее место оператора подключается к нему по сети.

Име № подл.	Подп. и дата
Взамен име. №	Име № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПЗ	Лист
						14

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

Требования к надёжности, времени отклика, точности и другим характеристикам. АСУТП спроектирована в соответствии с повышенными требованиями надежности, поскольку она управляет взрыво- и пожароопасным объектом (газовыми котлами) и ответственным технологическим процессом теплоснабжения.

- | | | | | | | |
|------|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | 878.2023-АСУ ТП.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | 15 |

регулирования температуры воды (переход на новый заданный режим) – порядка нескольких минут, но **колебания температуры не выходят за пределы $\pm 2^{\circ}\text{C}$** от уставки в установившемся режиме. Чувствительность ПИД-регуляторов настроена на минимизацию перерегулирования (чтобы избежать температурных ударов в сети). Время цикла опроса датчиков контроллерами – не более 1 секунды для большинства параметров, а дискретные аварийные сигналы опрашиваются с частотой 100–200 мс. Интерфейс SCADA обновляет данные на экране каждые 1–2 секунды, а аварийные сообщения всплывают практически мгновенно (с задержкой < 0.5 с от события). Таким образом, динамика системы управления достаточно быстрая по сравнению с динамикой самого объекта: водогрейные котлы и теплосеть – инерционные системы, изменения в них происходят на минутах, поэтому реакции автоматики в пределах долей секунды – адекватны и обеспечивают упреждающее управление.

- Точность и качество управления:** Система использует высокоточные датчики (класс точности не хуже 0.5% шкалы для давления и температуры). Алгоритмы регулирования откалиброваны на поддержание сетевых графиков с требуемой точностью. Например, давление газа на выходе ГРП удерживается с точностью ± 5 кПа относительно уставки благодаря PID-регулятору и быстродействию клапана. Температура воды на выходе котельной следует погодному графику с отклонением не более $\pm 2...3^{\circ}\text{C}$. Давление в магистрали поддерживается, чтобы отклонения не превышали ± 0.05 МПа от заданного, что предотвращает жалобы потребителей на недогрев или перегрев. Качество управления подтверждается отсутствием частых срабатываний предохранительных устройств: автоматика мягко регулирует режим, избегая срывов.
- Прочие характеристики:** Человеко-машинный интерфейс соответствует эргономическим требованиям – информация отображается структурировано, с цветовой кодировкой (зелёный – норма, красный – авария, жёлтый – предупреждение). Имеются средства быстрого оповещения – сирены и маяки, подключенные к дискретным выходам контроллера, срабатывают при общекотельной тревоге. Система также включает подсистему **удаленного доступа** для инженерно-технического персонала: через защищённое подключение специалисты АСУТП могут диагностировать контроллеры, просматривать логи, что облегчает обслуживание. При разработке программного обеспечения учтены требования к документированности и верификации – все алгоритмы описаны и проверены на соответствие ТЗ (приложены описание алгоритмов, карты переходов, логика блокировок).

Име № подл.	Подп. и дата		Име № дубл.		Взамен име. №		Подп. и дата		878.2023-АСУ ТП.ПЗ					Лист 16	
Изм.		Лист	№ докум.		Подп.		Дата								

Таким образом, функциональная структура АСУТП представляет собой **совокупность координирующих подсистем**, каждая из которых решает свои задачи, но все они связаны единым управлением. Автоматизация распределяет роли: техника (контроллеры) выполняет монотонные и быстрые операции, человек контролирует и принимает решение в нестандартных ситуациях. Надёжность системы достигается аппаратным и программным резервированием, а быстродействие и точность – использованием современного вычислительного комплекса и продуманной алгоритмикой. Такая организация обеспечивает выполнение главной цели – **безопасное, эффективное и бесперебойное функционирование котельной в автоматическом режиме.**

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПЗ			Лист	
								17	

Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка
АСУТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
АРМ	Автоматизированное рабочее место
ГРП	Газорегуляторный пункт
ГИГ	Грязевик инерционно-гравитационный
ЭТО	Электротехническое оборудование
СОПТ	Система оперативного постоянного тока
РЗА	Релейная защита и автоматика
ИБП	Источник бесперебойного питания
ПЛК	Программируемый логический контроллер
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерская система управления и сбора данных)
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture (унифицированный протокол обмена данными)
ФГУ	Функции группового управления
ХВО	Химводоочистка
НАБ	Насосная аккумулирующая (аккумулирующая насосная)

Име № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Име № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

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

Перечень терминов

Термин	Расшифровка
Автоматизированная система управления технологическим процессом	Организационно-техническая система, включающая технические средства и персонал, обеспечивающая автоматическое и автоматизированное управление технологическим процессом.
Автоматизированное рабочее место	Программно-технический комплекс для оператора или инженера, обеспечивающий контроль, управление и отображение информации о состоянии объекта.
Газорегуляторный пункт	Устройство для редуцирования давления природного газа, его очистки, учёта и распределения.
Теплообменник	Техническое устройство для передачи тепла от котлового контура сетевой воде без их смешения.
Электротехническое оборудование	Совокупность устройств, обеспечивающих распределение, защиту и контроль электроэнергии в котельной (трансформаторы, выключатели, распределительные устройства и пр.).
Программируемый логический контроллер	Микропроцессорное устройство управления, предназначенное для автоматизации технологических процессов.
Система оперативного постоянного тока	Источник питания постоянного тока для цепей управления, автоматики и релейной защиты.
Источник бесперебойного питания	Устройство, обеспечивающее электропитание оборудования при кратковременных нарушениях внешнего электроснабжения.
SCADA-система	Диспетчерская система управления и сбора данных, обеспечивающая визуализацию, архивирование и дистанционное управление.
OPC UA	Унифицированный промышленный протокол обмена данными между программным и аппаратным обеспечением.
Modbus RTU/TCP	Промышленный протокол передачи данных между устройствами по последовательным каналам и по Ethernet.
Функции группового управления	Алгоритмы централизованного управления группой котлов, насосов или другого оборудования.
Химводоподготовка	Комплекс технологических мероприятий и оборудования для подготовки воды с заданными характеристиками для работы котлов и теплосети.
Деаэратор	Устройство для удаления растворённых газов (в первую очередь кислорода и углекислого газа) из питательной воды.
Технологическая сигнализация	Система подачи звуковых и световых сигналов при выходе параметров за допустимые пределы или неисправности оборудования.
Технологическая защита	Алгоритм автоматического отключения или перевода оборудования в безопасное состояние при аварийных режимах.
Блокировка	Логическая взаимосвязь между механизмами или параметрами, исключающая выполнение опасных операций.

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

Лист регистрации изменений

[illegible]

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

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