

ООО НПП «ЭСН»

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

Описание алгоритма
878.2023-АСУ ТП.ЛБ

Том 42

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

Содержание

1 Введение	3
2 Алгоритмы работы АСУТП водогрейной котельной	5
2.1 Режимы работы и переходы между ними	5
2.2 Логика управления и регулирования	6
3 Алгоритмы работы АСУ здания теплообменников	14
3.1 Режимы работы и взаимодействие с котельной	14
3.2 Управление и регулирование потоков теплоносителя	15
3.3 Блокировки и аварийные ситуации	16
3.4 Сигнализация и операторский контроль	18
4 Алгоритмы работы АСУТП здания аккумулирующей насосной	20
4.1 Режимы работы и критерии переключения	20
4.2 Управление насосами и клапанами при зарядке/разрядке	21
4.3 Блокировки и защитные меры в насосной аккумулирующих баков	22
4.4 Сигнализация и интерфейс оператора	23
5 Алгоритмы работы АСУ ГРП-1	25
5.1 Режимы работы газорегуляторного пункта	25
5.2 Управление давлением и потоком газа	26
5.3 Блокировки и аварийные ситуации ГРП-1	28
6 Алгоритмы работы АСУ ГРП-2	31
6.1 Режимы и взаимодействие ГРП-1/ГРП-2	31
6.2 Операторский интерфейс для ГРП-2	32
7 Возможности развития и расширения алгоритмов	34
Перечень сокращений	37
Перечень терминов	38

Име № подл.	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата										
Име № подл.	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ				
				Разраб.	Чураков		08.25	Строительство водогрейной котельной 400 Гкал/час на территории Ивановской ТЭЦ-2. Описание алгоритма					
				Пров.	Агафонов		08.25						
				Н. контр.	Корепанов		08.25						
									Стадия	Лист	Листов		
									Р	2	39		
									ООО НПП «ЭСН»				

Подп. и дата	Име № дубл.	Взамен име. №	Подп. и дата	Име № подл.	6 Алгоритмы работы АСУ ГРП-231
					6.1 Режимы и взаимодействие ГРП-1/ГРП-231
					6.2 Операторский интерфейс для ГРП-232
					7 Возможности развития и расширения алгоритмов.....34
					Перечень сокращений37
					Перечень терминов38

1 Введение

Данный документ представляет описание алгоритмов работы автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) водогрейной котельной Ивановской ТЭЦ-2. В состав системы входят шесть взаимосвязанных подсистем, каждая из которых отвечает за определенную часть технологического процесса котельной. Эти подсистемы включают:

- **АСУТП водогрейной котельной** – управление восемью водогрейными котлами (типа Eurotherm-58, мощностью по 50 Гкал/ч каждый) и вспомогательным оборудованием котельного контура. В ее составе также системы подготовки воды (умягчение, деаэрация, дозирование реагентов).
- **АСУ здания теплообменников** – поддерживает работу промежуточных теплообменников, разделяющих котловой и сетевой контуры.
- **АСУТП аккумулирующей насосной** – управление насосной станцией аккумулирующих баков подпитки теплосети. Отвечает за режимы накопления воды в аккумуляторных баках и отдачи из них в сеть, включая насосы заполнения/разряда и соответствующую арматуру.
- **АСУ ГРП-1** – автоматизация газорегуляторного пункта №1, обеспечивающего подачу природного газа к котлам. Контролирует давление газа на входе и выходе регуляторов, работу запорной арматуры и систем газовой безопасности.
- **АСУ ГРП-2** – автоматизация газорегуляторного пункта №2, включающая резервный канал газоснабжения котельной. Обе системы ГРП отвечают за поддержание требуемого давления газа, отключение подачи при авариях и вентиляцию здания ГРП.
- **АСУ ЭТО** – система управления электротехническим оборудованием: комплектные трансформаторные подстанции 6/0,4 кВ, распределительные устройства (РУ-6 кВ и РУ-0,4 кВ) для питания котельной, здания теплообменников и насосной, а также электроприводы основных агрегатов. Эта подсистема реализует функции управления силовыми шкафами и сбора параметров электрической части (ток, напряжение, состояние выключателей, температуры трансформаторов и пр.).

АСУТП реализована на базе программируемых логических контроллеров серии **ТРЭИ** с применением программного обеспечения НПФ "Круг". Верхний уровень системы – человеко-машинный интерфейс (SCADA) **КРУГ-2000**, обеспечивающий единое управление и мониторинг всех подсистем. Такой комплекс программно-технических средств позволяет строить распределенную систему управления с интеграцией данных от всех контроллеров на верхний уровень. Обмен данными между контроллерами и SCADA осуществляется по стандартным

Подп. и дата		<p>работу запорной арматуры и систем газовой безопасности.</p> <ul style="list-style-type: none">• АСУ ГРП-2 – автоматизация газорегуляторного пункта №2, включающая резервный канал газоснабжения котельной. Обе системы ГРП отвечают за поддержание требуемого давления газа, отключение подачи при авариях и вентиляцию здания ГРП.• АСУ ЭТО – система управления электротехническим оборудованием: комплектные трансформаторные подстанции 6/0,4 кВ, распределительные устройства (РУ-6 кВ и РУ-0,4 кВ) для питания котельной, здания теплообменников и насосной, а также электроприводы основных агрегатов. Эта подсистема реализует функции управления силовыми шкафами и сбора параметров электрической части (ток, напряжение, состояние выключателей, температуры трансформаторов и пр.). <p>АСУТП реализована на базе программируемых логических контроллеров серии ТРЭИ с применением программного обеспечения НПФ "Круг". Верхний уровень системы – человеко-машинный интерфейс (SCADA) КРУГ-2000, обеспечивающий единое управление и мониторинг всех подсистем. Такой комплекс программно-технических средств позволяет строить распределенную систему управления с интеграцией данных от всех контроллеров на верхний уровень. Обмен данными между контроллерами и SCADA осуществляется по стандартным</p>				
Инв. № дубл.						
Взамен инв. №						
Подп. и дата						
Инв. № подл.						
					878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3

промышленным протоколам (Modbus RTU/TCP, Ethernet и др.), что обеспечивает надежность и совместимость компонентов.

Алгоритмы работы каждой подсистемы разработаны в соответствии с требованиями надежности, безопасности и эффективности. Они учитывают как штатные режимы работы оборудования, так и переходные и аварийные ситуации. В логике управления предусмотрены все необходимые **логики включения и отключения оборудования, автоматическое регулирование технологических параметров, блокировки и защиты** для предотвращения аварий, а также **сигнализация** для информирования оператора о состоянии системы. Операторский интерфейс позволяет взаимодействовать с системой: вводить уставки, переключать режимы, запускать и останавливать агрегаты, а также квитировать аварийные и предупреждающие сигналы.

Ниже приводится детальное описание алгоритмов работы по каждой из шести подсистем. Описание отражает логическую последовательность работы системы. Для каждой подсистемы определены режимы работы, условия перехода между ними, логика управления и регулирования, предусмотренные блокировки и защитные действия, а также взаимодействие с оператором. Такой структурированный подход обеспечивает ясность изложения и соответствие нормативным требованиям.

Важно отметить, что разработанные алгоритмы обладают возможностью дальнейшего развития и масштабирования. Заложенные в проект решения обеспечивают соответствие системы современным требованиям и **способность к дальнейшему развитию и модернизации** – например, при расширении котельной, добавлении нового оборудования или изменении технологических параметров алгоритмы могут быть адаптированы без потери целостности системы.

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ			Лист	
								4	

2 Алгоритмы работы АСУТП водогрейной котельной

Описание подсистемы: АСУТП водогрейной котельной охватывает управление всеми основными процессами в котельной. В ее ведении находятся 8 водогрейных котлов, каждый из которых оборудован горелками на природном газе с подачей воздуха, а также вспомогательные системы обеспечения: система подготовки и подачи питательной воды (насосы сырой воды, система умягчения, деаэрации и дозирования химреагентов), система циркуляции котловой воды, котловые насосы для подачи горячей воды в теплообменники, и общекотельное оборудование. Подсистема АСУТП ВК является центральной в иерархии управления – она взаимодействует с остальными (ГРП, насосная, ЭТО, теплообменники) для координации работы.

2.1 Режимы работы и переходы между ними

Для водогрейной котельной определены следующие основные **режимы работы**:

- **Штатный режим:** Нормальная работа котлов для покрытия тепловой нагрузки. В этом режиме поддерживаются заданные параметры теплоносителя (температура подачи в сеть, давление и расход) при оптимальном числе работающих котлов. Регулирование происходит автоматически по уставкам, заданным оператором (например, температура сетевой воды).
- **Режим пуска/останова котла:** Переходный режим для индивидуального котла, включаемого в работу или выводимого из нее. Включает последовательность операций розжига горелки при пуске и контролируемого останова при выводе котла. Логика операций реализована в локальных контроллерах управления котлом и горелками.
- **Режим минимальной нагрузки:** Ситуация, когда теплопотребление низкое и работает минимально необходимое число котлов на пониженной мощности. Лишние котлы переведены в резерв для экономии топлива.
- **Аварийный режим:** возникает при срабатывании защит котла или общекотельных защит. В аварийном режиме соответствующее оборудование (котел или вся котельная) переходит в безопасное состояние: горелки отключаются, газовые клапаны закрываются, насосы переходят в заранее определенный режим (например, отключаются или продолжают охлаждать оборудование), срабатывает сигнализация. Аварийный режим может быть локальным (для отдельного котла) либо общим (для всей котельной, например при отключении электропитания или аварии на теплосети).

Условия перехода между режимами:

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата						Лист
					сетевой воды).					Лист
					• Режим пуска/останова котла: Переходный режим для индивидуального котла, включаемого в работу или выводимого из нее. Включает последовательность операций розжига горелки при пуске и контролируемого останова при выводе котла. Логика операций реализована в локальных контроллерах управления котлом и горелками.					
					• Режим минимальной нагрузки: Ситуация, когда теплопотребление низкое и работает минимально необходимое число котлов на пониженной мощности. Лишние котлы переведены в резерв для экономии топлива.					
					• Аварийный режим: возникает при срабатывании защит котла или общекотельных защит. В аварийном режиме соответствующее оборудование (котел или вся котельная) переходит в безопасное состояние: горелки отключаются, газовые клапаны закрываются, насосы переходят в заранее определенный режим (например, отключаются или продолжают охлаждать оборудование), срабатывает сигнализация. Аварийный режим может быть локальным (для отдельного котла) либо общим (для всей котельной, например при отключении электропитания или аварии на теплосети).					
					Условия перехода между режимами:					Лист
					878.2023-АСУ ТП.ПБ					5
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

2. **Подача запальной горелки:** после успешной продувки подается сигнал на открытие электромагнитного клапана запальника горелки. Одновременно включается устройство розжига (источник высокого напряжения). Контроллер следит за наличием пламени запальника через датчик пламени. Если **в течение допустимого времени запальный факел не обнаружен**, алгоритм прерывается: запальный газ отключается, выдается тревога "Не удалось зажечь запальник", и повторный розжиг возможен только после паузы и команды оператора.
 3. **Розжиг основного факела:** при подтверждении устойчивого пламени запальной горелки контроллер подает команду на **последовательное открытие газовых клапанов основной горелки**. Сначала открывается первый клапан, затем – второй. После открытия каждого клапана проверяется соответствующий конечный выключатель положения ("клапан открыт"). Если любой из клапанов не достиг требуемого положения – выдается авария "Не открылся газовый клапан" и подача газа прекращается.
 4. **Контроль пламени и переход на рабочий режим:** после подачи газа основная горелка разгорается от запальника. Датчик пламени основного факела должен подтвердить горение в течение нескольких секунд. Если пламя не возникло или погасло сразу после розжига, срабатывает защита "Потухание факела" – немедленно закрываются газовые клапаны, горелка отключается. При устойчивом горении система переводит котел в режим растопки: мощность горелки выводится на минимальную устойчивую нагрузку.
 5. **Регулирование мощности:** Каждый котёл оснащена регулятором подачи газа, а горелки воздуха. АСУТП получает сигнал температуры воды на выходе котла и сравнивает с заданной уставкой. Для поддержания температуры реализован ПИД-регулятор, воздействующий на давление газа. Таким образом, **автоматическое регулирование температуры котловой воды** осуществляется путем изменения тепловой мощности котла. Если температура выходит за допустимые пределы, формируются предупреждающие сигналы, а при превышении аварийного порога – срабатывает защита.
- Управление насосами и контурами циркуляции:** В котельной несколько групп насосного оборудования:
- **Насосы исходной воды (2 насоса + байпас).** Регулирование осуществляется по давлению на выходе насосной группы. Рабочий насос запускается по команде АСУТП в шкаф управления, резервный включается автоматически. При падении давления ниже аварийной уставки открывается байпасная линия.

Инв № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата	режим растопки: мощность горелки выводится на минимальную устойчивую нагрузку.									
					5. Регулирование мощности: Каждый котёл оснащён регулятором подачи газа, а горелки воздуха. АСУТП получает сигнал температуры воды на выходе котла и сравнивает с заданной уставкой. Для поддержания температуры реализован ПИД-регулятор, воздействующий на давление газа. Таким образом, автоматическое регулирование температуры котловой воды осуществляется путем изменения тепловой мощности котла. Если температура выходит за допустимые пределы, формируются предупреждающие сигналы, а при превышении аварийного порога – срабатывает защита.									
					Управление насосами и контурами циркуляции: В котельной несколько групп насосного оборудования:									
					<ul style="list-style-type: none">• Насосы исходной воды (2 насоса + байпас). Регулирование осуществляется по давлению на выходе насосной группы. Рабочий насос запускается по команде АСУТП в шкаф управления, резервный включается автоматически. При падении давления ниже аварийной уставки открывается байпасная линия.									

- **Насосы рабочей воды (2 насоса, ручные затворы).** Регулирование по давлению на выходе насосной группы. Один насос рабочий, второй резервный, с автоматическим включением при падении давления.
- **Подпиточные насосы сетевой воды (3 насоса, ручные затворы).** Регулирование по расходу подпитки и уровню в баке аккумулятора деаэрированной воды. При снижении расхода насосы включаются, при достижении нижнего уровня в баке останавливаются. При недостатке расхода, включается подпитка из баков аккумуляторов аккумулирующей насосной.
- **Насосы котловой воды (4 насоса, электрифицированные затворы).** Регулирование по расходу через котлы.
- **Насосы подпитки котловой воды (2 насоса, ручные затворы).** Регулирование по давлению обратной котловой воды. Насосы отключаются по низкому уровню в баке аккумулятора запаса котловой воды.

Регулирование температуры и распределение нагрузки между котлами: Оператор котельной осуществляет координированное управление группой котлов:

- Задан **график температуры теплоносителя** в зависимости от температуры наружного воздуха или расписания.
- Каждый котел имеет свой локальный контур регулирования температуры, как описано выше, поддерживая температуру на выходе своего котлового контура. Однако температура сетевой воды после теплообменников может отличаться.

Управление вспомогательным оборудованием:

- **Система деаэрации:** Включает эжекторную (вакуумную) деаэрационную установку для удаления кислорода из исходной воды. Также контролируется уровень воды в деаэраторе: уровень регулируется клапаном питательной воды с помощью ПИД-регулятора. Если уровень слишком низкий – подключаются насосы в аккумулирующей насосной, если высокий – сигнализация перелива и срабатывает дренажный клапан.
- **Химический дозатор реагентов и деаэрирование котловой воды:** Для исходной воды предусмотрена система дозирования реагентов и последующая деаэрация для котлового контура. Управление происходит автоматически.
- **Вспомогательные системы котельной:** АСУТП также управляет:
 - **Системой отопления здания котельной:** поддержание заданной температуры воздуха в помещении котельной.
 - **Заполнением бака-аккумулятора запаса подготовленной котловой воды.**
 - **Регулированием температуры и уровня в баке газоотделителя.**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Подп. и дата	Взамен им. №	Изм. № дубл.	Подп. и дата	<p>выше, поддерживая температуру на выходе своего котлового контура. Однако температура сетевой воды после теплообменников может отличаться.</p> <p>Управление вспомогательным оборудованием:</p> <ul style="list-style-type: none">• Система деаэрации: Включает эжекторную (вакуумную) деаэрационную установку для удаления кислорода из исходной воды. Также контролируется уровень воды в деаэраторе: уровень регулируется клапаном питательной воды с помощью ПИД-регулятора. Если уровень слишком низкий –подключаются насосы в аккумулирующей насосной, если высокий – сигнализация перелива и срабатывает дренажный клапан.• Химический дозатор реагентов и дэаэрирование котловой воды: Для исходной воды предусмотрена система дозирования реагентов и последующая деаэрация для котлового контура. Управление происходит автоматически.• Вспомогательные системы котельной: АСУТП также управляет:<ul style="list-style-type: none">○ Системой отопления здания котельной: поддержание заданной температуры воздуха в помещении котельной.○ Заполнением бака-аккумулятора запаса подготовленной котловой воды.○ Регулированием температуры и уровня в баке газоотделителя.
878.2023-АСУ ТП.ПБ										Лист
										8

- Регулированием давления рабочей воды на эжекторы.
- Регулированием температуры сырой и умягчённой воды.
- Регулированием расхода сырой воды на охладитель выпара.
- Регулированием уровня дэаэрированной воды.
- Регулированием температуры ХОВ.
- Регулированием температуры и давления обратной котловой воды.
- Регулированием расхода воды на каждом котле.
- Регулированием давления газа на котёл.

Таким образом, в штатном режиме АСУТП водогрейной котельной автоматически поддерживает основные параметры: температуру, давление, уровень, состав воды, и обеспечивает надежное горение. **Роль оператора** в штатной работе сведена к мониторингу, корректировке уставок и запуске необходимых техпроцессов. Оператор может задавать температурные графики, принудительно вводить или выводить котлы из работы, а также переключать режимы регулирования (например, ручной режим управления горелкой при наладке).

• 1.3 Блокировки, защиты и действия при авариях

Для безопасной работы котельной реализован обширный перечень блокировок и защит. Блокировки **предотвращают опасные действия** если не выполнены условия, а защиты **автоматически останавливают оборудование** при возникновении аварийной ситуации. Ниже перечислены основные из них:

Межблокировки пуска котлов:

- **Блокировка розжига при отсутствии тяги/притока воздуха:** Проверяется датчик давления воздуха перед горелкой. Если дутьевой вентилятор не создает нужного потока (датчик давления воздуха не достиг минимального значения), то подача газа блокируется.
- **Контроль положения газовых клапанов:** Перед розжигом оба газовых запорных клапана должны быть закрыты. Есть концевые выключатели "клапан закрыт". Если хотя бы один показывает незакрытое состояние, розжиг не начнется во избежание утечки газа.
- **Запрет пуска при отсутствии разрешения ГРП:** АСУ ГРП выдает сигнал-разрешение на подачу газа (например, "давление газа в норме, можно включать котлы"). Если давление газа на входе котельной ниже минимального или авария на газовом хоз-ве, то котлам запрещен розжиг.
- **Запрет работы котла при неработающем сетевом насосе:** Чтобы не перегревать стоячую воду, если нет откачки тепла, контроллер проверяет, что хотя бы один сетевой

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	автоматически останавливают оборудование при возникновении аварийной ситуации. Ниже перечислены основные из них:					Лист
					Межблокировки пуска котлов:					9
					<ul style="list-style-type: none">• Блокировка розжига при отсутствии тяги/притока воздуха: Проверяется датчик давления воздуха перед горелкой. Если дутьевой вентилятор не создает нужного потока (датчик давления воздуха не достиг минимального значения), то подача газа блокируется.• Контроль положения газовых клапанов: Перед розжигом оба газовых запорных клапана должны быть закрыты. Есть концевые выключатели "клапан закрыт". Если хотя бы один показывает незакрытое состояние, розжиг не начнется во избежание утечки газа.• Запрет пуска при отсутствии разрешения ГРП: АСУ ГРП выдает сигнал-разрешение на подачу газа (например, "давление газа в норме, можно включать котлы"). Если давление газа на входе котельной ниже минимального или авария на газовом хоз-ве, то котлам запрещен розжиг.• Запрет работы котла при неработающем сетевом насосе: Чтобы не перегревать стоячую воду, если нет откачки тепла, контроллер проверяет, что хотя бы один сетевой					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ					

насос и теплообменник находились в работе. Если циркуляции через котел нет – блокировка горелки.

Защиты котла (аварийные отключения):

- **Потухание факела (потеря пламени):** Если горелка погасла в процессе работы (сигнал с датчика пламени исчез), то немедленно срабатывает защита: газовые клапаны закрываются, подача газа прекращена. Одновременно запускается аварийная вентиляция топки (дутьевой вентилятор) для удаления газа, и выдается сигнал "Авария горелки – погасание факела". Повторный автоматический розжиг, как правило, не выполняется – требуется вмешательство оператора (квитирование и повторный запуск вручную после выяснения причин).
- **Аварийное превышение давления воды:** Датчики давления котловой воды контролируют давление на выходе из котла. Если давление превысило максимально допустимое значение, срабатывает авария: закрывается клапан на питательной линии (если есть), горелка отключается (чтобы не увеличивать давление), может сработать предохранительный клапан (механически сбросить давление). Сигнализация "Аварийное давление котла". Котел останавливается до снижения давления и ручного сброса аварии.
- **Аварийное снижение давления (разрыв трубы):** Если давление котловой воды резко упало (что может свидетельствовать о разрыве трубопровода или утечке), то также отключается горелка и насосы данного контура во избежание сухого хода. Срабатывает сигнал "Падение давления котла – авария".
- **Перегрев котловой воды:** Контроль температуры на выходе котла. Если температура превышает аварийный предел (например, на 5-10°C выше нормы), то горелка отключается немедленно ("Авария – перегрев котла"), включает сигнализация. Предусмотрено технологическое охлаждение: продолжается циркуляция воды через котел до снижения температуры.
- **Отказ питания контроллера или систем безопасности:** В котле предусмотрена система аварийного останова при обесточивании. Например, газовые клапаны нормально закрыты и при пропадании питания они закрываются под действием пружин. Контроллер фиксирует потерю питания, после восстановления выдает сообщение о том, что котел остановлен аварийно из-за сбоя питания. Аналогично, при отказе самого ПЛК сработают внешние независимые блокировки, отключающие горелку.

Защиты вспомогательных систем:

- **Защита сетевых насосов от перегрева/сухого хода:** Каждый сетевой насос оборудован датчиком температуры подшипников или обмоток двигателя, а также реле минимального

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

					878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

давления на всасывании. При перегреве двигателя насос отключается, сигнал "Авария насоса №...". При исчезновении потока (давления) на входе – насос тоже отключается (чтобы не работать всухую), и выдается сигнал. В обоих случаях, если насос был основной, система попытается включить резервный насос автоматически.

- **Защита электрооборудования:** – отключение питания насосов или вентиляторов при коротком замыкании, перегрузке; при этом контроллер получит сигнал от электрозащиты "отключено по аварии". Реакция – как правило, останов связанного процесса и сигнализация.
- **Отказ системы управления:** Мониторится "живой сигнал" от контроллера (например, аппаратный сторожевой таймер). В случае зависания программы – оборудование переводится в безопасное состояние автономно: горелки отключаются посредством независимых цепей, насосы по возможности продолжают работать.

Действия при авариях: При срабатывании любой защиты контроллер выполняет следующие действия:

- Немедленно переводит оборудование в безопасное состояние (останавливает горелки, закрывает газовые клапаны, останавливает соответствующие насосы или включает резервные, закрывает/открывает нужные клапаны для изоляции аварийного участка).
- Фиксирует событие в системе регистрации аварий (с отметкой времени в архиве).
- Выдает звуковой и световой сигнал тревоги на рабочем месте оператора (с указанием, какой именно датчик или защита сработали).
- Блокирует повторный пуск оборудования до выяснения и устранения причин (функция блокировок удерживает аварийное состояние). Оператор должен квитировать (подтвердить прием) аварийный сигнал, после чего звуковая сигнализация отключается, но индикация сохраняется до полного устранения.
- Если авария локальная (например, один котел), то остальная часть котельной продолжает работу, возможно с уменьшенной нагрузкой. При общекотельной аварии (например, отключение питания) – останавливается все, и после восстановления требуется пуски по стандартным процедурам.

В некоторых случаях алгоритмы предусматривают **автоматическое противоаварийное действие:**

- При отключении рабочего сетевого насоса – автоматический пуск резервного (для поддержания циркуляции).
- **1.4 Сигнализация и взаимодействие с оператором**

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	<ul style="list-style-type: none">Выдает звуковой и световой сигнал тревоги на рабочем месте оператора (с указанием, какой именно датчик или защита сработали).Блокирует повторный пуск оборудования до выяснения и устранения причин (функция блокировок удерживает аварийное состояние). Оператор должен квитировать (подтвердить прием) аварийный сигнал, после чего звуковая сигнализация отключается, но индикация сохраняется до полного устранения.Если авария локальная (например, один котел), то остальная часть котельной продолжает работу, возможно с уменьшенной нагрузкой. При общекотельной аварии (например, отключение питания) – останавливается все, и после восстановления требуется пуски по стандартным процедурам. <p>В некоторых случаях алгоритмы предусматривают автоматическое противоаварийное действие:</p> <ul style="list-style-type: none">При отключении рабочего сетевого насоса – автоматический пуск резервного (для поддержания циркуляции). <p>1.4 Сигнализация и взаимодействие с оператором</p>					
					878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

АСУТП водогрейной котельной оснащена системой сигнализации, позволяющей оператору своевременно получать информацию о состоянии всех узлов:

- Световая сигнализация на мнемосхеме/экране:** На экране АРМ отображается схема котельной с динамическими индикаторами. Нормальные состояния отображаются зеленым (работа) или белым (резерв/выключено), предупреждения – желтым, аварии – красным. Например, работающий котел подсвечен зеленым, отключенный – серым, а при аварии на нем мигает красным.
- Звуковая сигнализация:** При возникновении любой аварийной ситуации звуковой сигнал (сирена) оповещает персонал. Оператор должен нажать "Квитирование" на панели АРМ, после чего звук отключается, однако световая индикация аварии будет гореть до устранения проблемы.
- Сообщения и журналы:** SCADA КРУГ-2000 ведет журнал событий и аварий. Каждое срабатывание датчика или изменение состояния регистрируется с меткой времени. Оператор может просмотреть списки тревог (неподтвержденных, подтвержденных) и архив значений параметров. Например, при аварийном останове котла в журнал запишется: время, "Аварийный останов котла №..., причина: пламя погасло".
- Квитирование и сбросы:** После устранения неисправности (например, перезапуск вентилятора, повышение уровня воды) оператор на АРМ нажимает "Сброс аварии" для конкретного агрегата, что снимает блокировку и позволяет снова запускать оборудование. Однако сброс возможен только если причина действительно исчезла (контроллер вновь проверяет все датчики).

Взаимодействие при управлении:

- Оператор имеет возможность **ручного управления** основным оборудованием через АРМ. Обычно на экране предусмотрены кнопки "Пуск" и "Стоп" для каждого насоса, котла, вентилятора, а также органы задания уставок (например, установить температуру 130°С). При этом система проверяет разрешающие условия: если оператор пытается включить котел, но есть блокировка, команда не выполнится, а на экране появится сообщение, почему (например, "Блокировка: нет разрешения ГРП").
- Выбор режимов:** Некоторые механизмы могут работать в режимах "Автоматический/Ручной". Например, насосы могут иметь автоматическое включение по уровню, либо оператор может принудительно включить насос в ручном режиме (для проверки или при отказе автоматики). Переключение режима доступно на экране, при ручном режиме обычно отображается предупреждение, чтобы оператор вернул в авто после завершения.

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

- **Ввод уставок и коэффициентов:** Через интерфейс SCADA оператор устанавливает важные параметры: график температуры теплоносителя, аварийные пороги (в пределах допустимого диапазона), значение давление подпитки и т.п. Все эти значения хранятся в контроллере, и при изменении сразу влияют на алгоритмы. Для предотвращения ошибочных действий могут быть предусмотрены проверки "двойного ввода" (подтверждение) для особо важных настроек.
- **Отображение данных:** Операторский экран котельной показывает текущие значения всех ключевых параметров: температуры воды на выходе каждого котла, суммарный расход в сеть, давление подачи и обратки, положение клапанов, токи двигателей и т.д. Графические тренды позволяют видеть изменение параметров во времени (например, тренд давления в деаэраторе, чтобы отследить тенденцию).
- **Обмен информацией между подсистемами:** Оператор с АРМ верхнего уровня фактически управляет всеми подсистемами из единого интерфейса. Например, команда на открытие газового клапана ГРП или пуск насоса аккумулирующей насосной – все подается через ту же SCADA. В то же время подсистемы могут обмениваться сигналами напрямую: так, АСУТП котельной получает сигнал "Давление газа низкое" от АСУ ГРП, и на экране котельной выдается предупреждение "Недостаточное давление газа – уменьшение нагрузки". Эти межсистемные сигналы также доступны оператору.
- **Доступ к настройкам и обслуживанию:** Инженерный персонал через SCADA (с соответствующими правами доступа) либо напрямую на контроллере может просматривать и редактировать определенные настройки алгоритмов: например, время проветривания топки, задержки переключения насосов, коэффициенты PID. Все изменения фиксируются и защищены паролями, чтобы исключить несанкционированную правку.

В целом, интерфейс оператора спроектирован так, чтобы в реальном времени отражать логику работы: при наступлении какого-либо условия автоматически всплывают подсказки или инструкции. Например, если котел остановлен по аварии, на экране может отображаться причина и шаги для повторного пуска (проверить вентилятор, давление газа, затем нажать "Сброс" и "Пуск"). Это значительно облегчает работу персонала и повышает безопасность эксплуатации.

Инв № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата	<ul style="list-style-type: none">• Доступ к настройкам и обслуживанию: Инженерный персонал через SCADA (с соответствующими правами доступа) либо напрямую на контроллере может просматривать и редактировать определенные настройки алгоритмов: например, время проветривания топки, задержки переключения насосов, коэффициенты PID. Все изменения фиксируются и защищены паролями, чтобы исключить несанкционированную правку. <p>В целом, интерфейс оператора спроектирован так, чтобы в реальном времени отражать логику работы: при наступлении какого-либо условия автоматически всплывают подсказки или инструкции. Например, если котел остановлен по аварии, на экране может отображаться причина и шаги для повторного пуска (проверить вентилятор, давление газа, затем нажать "Сброс" и "Пуск"). Это значительно облегчает работу персонала и повышает безопасность эксплуатации.</p>							
										Лист		
										878.2023-АСУ ТП.ПБ		13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата								

- **Обходной (байпасный) режим:** при резком снижении отбора тепла или при отключении всех котлов возможна ситуация, когда сетевой контур переключается на байпас (минуя теплообменники) – например, для предотвращения переохлаждения сети или для прямого соединения подачи с обратной во время отключения котлов. Этот режим также может использоваться при аварийном отключении теплообменников.
- **Режим частичной работы/ремонта:** отдельные теплообменники могут выводиться из работы (например, для очистки) – тогда их выходные задвижки закрыты, а оставшиеся теплообменники несут нагрузку.
- **Аварийный режим:** при аварийных ситуациях (разрыв трубки теплообменника, резкое падение давления на каком-либо участке, пожар или затопление помещения) – подсистема либо изолирует поврежденный аппарат, либо отключает циркуляцию через здание теплообменников полностью, в зависимости от характера аварии.

Система теплообменников тесно связана с работой котлов и сетевых насосов:

- В нормальном режиме, когда котлы работают, первичный контур (котловая вода) прокачивается через теплообменники при помощи циркуляционных насосов котлового контура. Вторичный контур (сетевая вода) прокачивается сетевыми насосами через теплообменники. Температура на выходе вторичного контура регулируется за счет изменения теплопередачи.
- Если теплопередача чрезмерна (сетевая вода нагревается выше требуемого графика), подсистема может переключить часть потока сетевой воды **в обход теплообменников** через смесительный клапан – смешивая остывшую обратную воду с перегретой подачей, тем самым уменьшая температуру подачи.

3.2 Управление и регулирование потоков теплоносителя

Управление запорной арматурой: В здании теплообменников установлены крупноразмерные дисковые затворы на трубопроводах:

- На выходе каждого теплообменника (первичный и вторичный контур) – для возможности отключить отдельный аппарат.
- На общей байпасной линии сетевой воды (параллельно всем теплообменникам) – 2 регулирующих клапана, позволяющая направлять поток либо через теплообменники, либо мимо.

Алгоритм управления этими клапанами:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<ul style="list-style-type: none">Если теплопередача чрезмерна (сетевая вода нагревается выше требуемого графика), подсистема может переключить часть потока сетевой воды в обход теплообменников через смесительный клапан – смешивая остывшую обратную воду с перегретой подачей, тем самым уменьшая температуру подачи.	
<h3>3.2 Управление и регулирование потоков теплоносителя</h3>						
<p>Управление запорной арматурой: В здании теплообменников установлены крупноразмерные дисковые затворы на трубопроводах:</p> <ul style="list-style-type: none">На выходе каждого теплообменника (первичный и вторичный контур) – для возможности отключить отдельный аппарат.На общей байпасной линии сетевой воды (параллельно всем теплообменникам) – 2 регулирующих клапана, позволяющая направлять поток либо через теплообменники, либо мимо. <p>Алгоритм управления этими клапанами:</p>						
					878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- В нормальной работе **все работающие теплообменники открыты**: их выходные затворы открыты полностью. Байпасный клапан закрыт или приоткрыт минимально (для балансировки).
- Если требуется **отключить теплообменник**, оператор задает команду на вывод из работы. Алгоритм: плавно закрываются его выходной затвор. После закрытия – выдается сигнал "Теплообменник N отключен".
- **Предотвращение перегрева/переохлаждения сети**: Основной регулировочный орган здесь – **2 трехходовых клапана на сетевом байпасе**. Они поддерживает температуру сетевой воды на выходе теплообменников. Контроллер получает сигнал температуры на выходе в теплосеть и сравнивает с заданной (от котельной АСУТП). Если температура выше заданной, это значит, что вода слишком горячая – тогда **клапаны приоткрывают байпас**, смешивая более холодную обратную воду, тем самым понижая температуру подачи. Если температура ниже заданной, клапаны закрывают байпас, направляя максимум потока через теплообменники для нагрева.

Защита оборудования и особые алгоритмы:

- **Антиударная логика клапанов**: Большие задвижки открываются и закрываются с определенной скоростью, чтобы избежать гидроударов. Контроллер задает время хода. Если требуется экстренное закрытие (при аварии), то закрытие может ускоряться, но всё равно ступенчато: закрыть на 90% быстро, а последние 10% медленно.
- **Противопотоковая защита**: Недопустимо смешивание контуров. Поэтому если вдруг в теплообменнике появится утечка (прорыв трубок, смешение сред), контроллер получит сигнал аномального давления (например, давление вторичного контура стало выше первичного, чего не должно быть при норме). Тогда алгоритм: немедленно изолировать этот теплообменник – закрыть его клапаны, чтобы минимизировать попадание сетевой воды в котловую или наоборот. Выдается авария "Разрыв теплообменника N – изолирован".

3.3 Блокировки и аварийные ситуации

Блокировки в подсистеме теплообменников в основном связаны с корректной последовательностью действий:

- **Блокировка открытия байпаса при закрытых теплообменниках**: Нельзя закрыть все теплообменники и одновременно закрыть байпас – иначе поток в сети остановится и насосы будут работать "на закрытую задвижку". Поэтому алгоритм гарантирует: хотя бы

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	равно ступенчато: закрыть на 90% быстро, а последние 10% медленно.					
					• Противопотоковая защита: Недопустимо смешивание контуров. Поэтому если вдруг в теплообменнике появится утечка (прорыв трубок, смешение сред), контроллер получит сигнал аномального давления (например, давление вторичного контура стало выше первичного, чего не должно быть при норме). Тогда алгоритм: немедленно изолировать этот теплообменник – закрыть его клапаны, чтобы минимизировать попадание сетевой воды в котловую или наоборот. Выдается авария "Разрыв теплообменника N – изолирован".					
<h3>3.3 Блокировки и аварийные ситуации</h3>										
<p>Блокировки в подсистеме теплообменников в основном связаны с корректной последовательностью действий:</p>										
• Блокировка открытия байпаса при закрытых теплообменниках: Нельзя закрыть все теплообменники и одновременно закрыть байпас – иначе поток в сети остановится и насосы будут работать "на закрытую задвижку". Поэтому алгоритм гарантирует: хотя бы										
					878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

один путь (через теплообменник или через байпас) всегда открыт. Если оператор ошибочно попытается закрыть всё – последняя команда не выполнится и выдастся предупреждение.

- **Блокировка отключения всех теплообменников сразу:** Если требуется останов всей системы (например, авария) – сначала останавливаются насосы, и только потом закрываются клапаны. То есть, блокируется закрытие последних клапанов пока работает насос, дабы не рвать поток.
- **Межблокировка насосов и клапанов:** Насосы сетевые не включатся, если все линии в тепловом пункте закрыты. И наоборот, клапаны не закроются полностью, пока работает насос (кроме аварии). В случае ремонта: перед отключением последнего теплообменника оператор должен остановить соответствующий насос.
- **Авария электропитания:** При пропадании питания PLC или приводов клапанов – все клапаны остаются в текущем положении. На такой случай механически должны стоять предохранительные клапаны или ручное резервирование, но с точки зрения автоматики: контроллер при восстановлении отмечает, что был сбой, проверяет положения клапанов и состояние системы, прежде чем возобновить автоматическое регулирование. Оператору – сигнал "Сбой связи с тепловым пунктом" в момент потери, и по возвращении – сигнал "Связь восстановлена, проверить состояние клапанов".

Дополнительно:

- В случае **аварии на котловом контуре** – теплообменники автоматически переходят на байпас, предотвращая охлаждение сетевой воды. То есть если перестал поступать горячий теплоноситель, контроллер закрывает клапаны первичного контура (чтобы не охлаждать сетевую воду холодным стоячим теплоносителем) и открывает байпас, сохраняя циркуляцию в сети.
- В случае **аварии на сетевом контуре** (скажем, гидроудар, разрыв магистрали после теплового пункта, что выражается в резком падении давления на выходе) – контроллер зафиксирует падение давления. Он может закрыть частично выходные клапаны, чтобы локализовать проблему и защитить оставшееся оборудование от кавитации. Конечно, разрыв в городе сама автоматика котельной не устраним, но на период до вмешательства аварийных бригад, система будет поддерживать минимальную циркуляцию в оставшейся части сети и предотвращать осушение теплообменников.

Име № подл.	Подп. и дата		Име № дубл.		Взамен име. №		Подп. и дата		878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист 17	
Изм.		Лист	№ докум.		Подп.		Дата								

3.4 Сигнализация и операторский контроль

На АРМ оператора для теплообменников выведены все необходимые индикации:

- **Отображение схемы теплопункта:** графическое изображение теплообменников, трубопроводов, клапанов. Оператор видит состояние каждой задвижки (открыта/закрыта/в процессе), температуры вход/выход каждого аппарата, давление в контуре до и после, положение байпасного клапана (% открытия).
- **Сигналы тревоги:** при любых отклонениях загораются соответствующие индикаторы:
 - "Повышение давления в контуре теплообменников" – предупреждение, возможна разгрузка.
 - "Превышение температуры сетевой воды" – сигнал может дублировать сигнал котельной (если котлы перегрели).
 - "Разрыв теплообменника №N" – авария, сопровождаемая звуком, требующая немедленного внимания.
 - "Затопление прямка теплообменников" – авария окружающей среды (воды), также сигнализируется.
- **Действия оператора:** В обычной работе подсистема работает автономно, оператор только наблюдает. Но доступны команды:
 - Отключить/подключить конкретный теплообменник (например, кнопка "Вывести из работы ТО-3").
 - Перевести регулирование температуры сети на ручное управление байпасом (например, задать фиксированное положение клапана вручную – используется редко, только при отказе датчиков).
 - Настроить уставки: максимальный перепад давления, минимальную дельту-Т, время закрытия клапанов и т.д.
 - Аварийная изоляция: в случае пожар или другого ЧП оператор может нажатием кнопки "Аварийное отключение теплопункта" закрыть все входы/выходы (если автоматика не сделала, или для проверки).
- **Квитирование аварий:** аналогично, любое аварийное событие подсистемы требует подтверждения. Например, при разрыве теплообменника сигнализация будет звучать до квитирования. Но блокировки останутся до тех пор, пока инженер не убедится в устранении (например, закрытый теплообменник не будет снова открыт автоматически – сначала ремонт).

Ине № подл.	Подп. и дата
Взамен ине. №	Ине № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

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

- **Журналы и архивы:** Все действия (срабатывание клапана, достижение конечных положений, изменение режимов) логируются. При разборе инцидентов оператор может посмотреть, например: в 10:35 датчик давления п.11а превысил верхний предел, в 10:35:05 открытие байпаса 20%->40%, в 10:35:10 температура нормализовалась.

Связь с основной котельной системой позволяет оператору видеть целостно: на одном экране может комбинироваться информация – например, рядом с каждым котлом может показываться, через какие теплообменники он работает, или на схеме теплосети видны точки присоединения котельной.

Таким образом, АСУ здания теплообменников действует как “промежуточный” уровень контроля между котлами и тепловой сетью, автоматически обеспечивая баланс потоков и температур. Оператор обычно не вмешивается в ее работу, кроме случаев необходимости отключения оборудования или реагирования на аварии. Все алгоритмы разработаны так, чтобы максимально плавно осуществлять переключения, и обеспечивать надежность теплоснабжения потребителей даже при нештатных ситуациях.

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист
										19

4 Алгоритмы работы АСУТП здания аккумулирующей насосной

Описание подсистемы: Данная подсистема управляет аккумулирующей насосной станцией, обслуживающей аккумуляторные баки. Аккумуляторные баки – это большие резервуары с горячей водой, предназначенные для накопления избытков горячей воды и отдачи его в сеть в периоды пикового потребления. Насосная станция обеспечивает перекачку воды между тепловой сетью и баками: *заряд аккумуляторов* (закачка горячей сетевой воды в баки) и *разряд аккумуляторов* (возврат горячей воды из баков в сеть). В составе оборудования: клапана заполнения баков, насосы отбора из баков, регулирующая арматура, датчики уровня и температуры в баках, а также трубопроводная обвязка с клапанами, соединенная с теплосетью.

Цель алгоритмов – оптимизировать использование тепловых аккумуляторов: сглаживать суточные пики нагрузки, повышать эффективность котельной. Система может автоматически переключаться между режимами накопления и отдачи тепла по заданному расписанию или критериям (например, время суток, текущая нагрузка, температура наружного воздуха).

4.1 Режимы работы и критерии переключения

Основные режимы работы аккумулирующей насосной:

- **Режим заряда (накопление воды):** Клапана перекачивают горячую воду из подающего трубопровода теплосети в аккумуляторные баки. При этом баки постепенно заполняются горячей водой. Заряд обычно проводится при низком потреблении теплоносителя.
- **Режим разряда (отдача воды):** Накопленная вода возвращается в сеть. Насосы подают горячую воду из аккумуляторов в подающий трубопровод теплосети, повышая температуру и поддерживая давление. Баки охлаждаются и уровень горячей воды снижается. Этот режим активен при пиковой нагрузке или аварийном отключении бака дзаэрированной воды– компенсируя недостаток подпитки.

Условия переключения между режимами:

- В штатной эксплуатации переход **Заряд -> Разряд** и обратно часто определяется **суточным графиком**, заданным диспетчером. Например, с 22:00 до 6:00 – заряд (ночью), с 6:00 до 10:00 – разряд (утренний пик), потом возможно снова заряд днем, и разряд вечером и т.д. АСУТП может быть настроена по времени.
- Дополнительно, автоматические критерии:

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	Основные режимы работы аккумулирующей насосной:					Лист	
					<ul style="list-style-type: none">• Режим заряда (накопление воды): Клапана перекачивают горячую воду из подающего трубопровода теплосети в аккумуляторные баки. При этом баки постепенно заполняются горячей водой. Заряд обычно проводится при низком потреблении теплоносителя.• Режим разряда (отдача воды): Накопленная вода возвращается в сеть. Насосы подают горячую воду из аккумуляторов в подающий трубопровод теплосети, повышая температуру и поддерживая давление. Баки охлаждаются и уровень горячей воды снижается. Этот режим активен при пиковой нагрузке или аварийном отключении бака дзаэрированной воды– компенсируя недостаток подпитки.					878.2023-АСУ ТП.ПБ	20
Условия переключения между режимами:											
<ul style="list-style-type: none">• В штатной эксплуатации переход Заряд -> Разряд и обратно часто определяется суточным графиком, заданным диспетчером. Например, с 22:00 до 6:00 – заряд (ночью), с 6:00 до 10:00 – разряд (утренний пик), потом возможно снова заряд днем, и разряд вечером и т.д. АСУТП может быть настроена по времени.• Дополнительно, автоматические критерии:											
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

- **По температуре наружного воздуха и нагрузке:** если текущая нагрузка ниже среднего дневного – система может войти в заряд (избыток накапливается). Если нагрузка превышает определенный порог – включается разряд (баки отдают воду, поддерживая давление).
- **Ручное управление:** оператор может вручную перевести систему в заряд или разряд, исходя из операционной необходимости.
- Аварийный режим приостанавливает любую операцию. Возврат из аварийного режима в буферный (ожидание) возможен только после устранения причины и сброса аварии.

4.2 Управление насосами и клапанами при зарядке/разрядке

Заряд аккумуляторов (закачка воды в баки):

- При переходе в режим заряда АСУТП выдает команду "**Заряд начать**":
 1. **Заряд:** Открываются клапана и затворы от линии обратки сети до баков аккумуляторов..
 2. **Регулирование потока при зарядке:** Цель – зарядить баки до определенного уровня, не нарушив работу сети. Контроллер поддерживает **расход заряда** на уровне, заданном уставкой (либо фиксированный расход, либо процент от потока сети). Слишком большой отбор из сети на заряд может вызвать падение давления, поэтому алгоритм ограничивает заряд, если давление сети начинает падать ниже нормы. Регулирование выполняется за счет регулирующего клапана на линии в бак: контроллер сравнивает текущее давление сети с минимально допустимой и корректирует открытие клапана.
 3. **Контроль уровня в баках:** В процессе зарядки измеряется уровень воды в каждом баке. Заряд продолжается до достижения верхнего уровня (например, 90% объема бака) воды в баке.

Разряд аккумуляторов:

- При необходимости разряда выполняется алгоритм "**Разряд начать**":
 1. **Подготовка контура разряда:** Открывается клапан на выходе из аккумулятора в подающий трубопровод сети. Таким образом, организуется путь: вода из бака -> в подачу сети.
 2. **Запуск насоса отбора:** Включаются насосы, качающие воду из бака в сеть. Эти насосы берут воду из бака и подают ее в магистраль. Насосы ускоряются постепенно.

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	сети). Слишком большой отбор из сети на заряд может вызвать падение давления, поэтому алгоритм ограничивает заряд, если давление сети начинает падать ниже нормы. Регулирование выполняется за счет регулирующего клапана на линии в бак: контроллер сравнивает текущее давление сети с минимально допустимой и корректирует открытие клапана.	
									3. Контроль уровня в баках: В процессе зарядки измеряется уровень воды в каждом баке. Заряд продолжается до достижения верхнего уровня (например, 90% объема бака) воды в баке.	
									Разряд аккумуляторов:	
									• При необходимости разряда выполняется алгоритм "Разряд начать" :	
									1. Подготовка контура разряда: Открывается клапан на выходе из аккумулятора в подающий трубопровод сети. Таким образом, организуется путь: вода из бака -> в подачу сети.	
									2. Запуск насоса отбора: Включаются насосы, качающие воду из бака в сеть. Эти насосы берут воду из бака и подают ее в магистраль. Насосы ускоряются постепенно.	
									878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
									21	

3. **Регулирование разряда:** Контроллер следит за давлением сетевой воды. Если она ниже требуемой, разряд ускоряется. Если давление достигает уставки, поток из баков дозируется так, чтобы поддерживать давление на нужном уровне.
4. **Контроль уровня в баке:** В процессе разряда уровень воды в баке падает. Алгоритм не допускает опустошения бака ниже минимального уровня (например, 10% остатка), чтобы не захватить воздух и не нарушить давление. Когда уровень приближается к минимальному, контроллер заранее снижает расход разряда, а по достижении минимума – останавливает разряд (насосы останавливаются).
5. **Окончание разряда:** По завершении, баки изолируются клапанами и ждут понижения нагрузки на теплосеть, после чего снова начинают заряд.

4.3 Блокировки и защитные меры в насосной аккумулирующих баков

Блокировки переключения режимов:

- **Запрет одновременного заряда и разряда:** не допускается ситуация с одновременной зарядкой и разрядкой баков. Программно режимы взаимоисключающие. Если одна команда активна, противоположные команды игнорируются. Например, до полного окончания заряда команда "Разряд" не исполнится.
- **Блокировка минимального уровня:** Насос разряда не включится, если уровень воды в баке слишком мал. Аналогично, насос заряда не включится, если бак уже полон (уровень близок к максимуму).
- **Блокировка насоса при закрытых клапанах:** блокируется пуск насоса если соответствующая линия не открыта. Контроллер проверяет состояние конечных выключателей клапанов: если, например, клапан выхода бака не открыт, а дана команда на насос разряда – пуск не произойдет, выдастся предупреждение "Невозможно включить насос: выходной клапан закрыт".

Защиты и аварийные ситуации:

- **Перелив бака:** Если по сбою не остановился заряд и уровень превысил максимум – срабатывает датчик верхнего аварийного уровня. Немедленно: все клапаны на входе в бак закрываются. Лишняя вода может уйти через аварийный слив, а контроллер выдаст тревогу "Перелив бака №...". После аварии оператор должен откачать лишнее прежде чем снова пользоваться баком.

Ине № подл.	Подп. и дата
Взамен ине. №	Ине № дубл.
Подп. и дата	
Ине № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
						22

- **Падение уровня (разряд более допустимого):** Если уровень достиг минимального и продолжает падать (вода уходит, угроза завоздушивания), – защита: останов насосов разряда, закрытие выходного клапана, сигнал "Авария разряда – бак опустошен".
- **Кавитация насоса / отсутствие потока:** Контролируется давление на входе насосов. Если при работе насоса падает давление – защита: останов насоса, сигнал "Недостаток воды на входе насоса (кавитация)".
- **Перегрев насоса:** Насосы работают с горячей водой, имеют датчики температуры подшипников и обмоток. Стандартные электрозащиты (от ЭТО подсистемы) отключат насос при перегреве или перегрузке. АСУТП насосной получит сигнал об аварийном отключении насоса. Алгоритм: если есть резервный насос – он запускается автоматически, чтобы продолжить процесс. Если резерва нет – режим прерывается и выдается авария.
- **Разрыв трубопровода/утечка:** Если на линии к баку случится разрыв (например, резкое падение давления и уровня одновременно), контроллер это увидит: давление на выходе насоса упало, а насос идет на максимальную скорость без набора давления. Тогда срабатывает защита "Разрыв линии заряда/разряда" – останов насоса, закрытие всех клапанов, изоляция бака. Одновременно возможно сигнализируется на АСУТП котельной о потере воды.

4.4 Сигнализация и интерфейс оператора

Оператору на АРМ доступен отдельный экран "Аккумулирующие баки", где отображается:

- **Уровни и температуры:** Графическое отображение каждого бака с столбиком уровня (% заполнения) и температурой в верхней части (температура горячей воды). Можно цветом показывать степень заряда (например, красный – горячая вода, синий – холодная снизу).
- **Состояние насосов:** индикаторы "Насос №1 (работает/остановлен/авария)". Здесь же кнопки ручного пуска/остановки при необходимости.
- **Положения клапанов:** пиктограммы клапанов на линиях, с указанием открыто/закрыто. Если в процессе – мигают.
- **Текущий режим:** текстовое поле, где написано текущее состояние системы: "Буферный режим (ожидание)", "Заряд: бак1 -> 75% (идет)", "Разряд: бак1 + бак2 (мощность 20 МВт)" и т.п. Это помогает оператору понять, что происходит.

Подп. и дата		<h2>4.4 Сигнализация и интерфейс оператора</h2>						
Инв. № дубл.		<p>Оператору на АРМ доступен отдельный экран "Аккумулирующие баки", где отображается:</p> <ul style="list-style-type: none">• Уровни и температуры: Графическое отображение каждого бака с столбиком уровня (% заполнения) и температурой в верхней части (температура горячей воды). Можно цветом показывать степень заряда (например, красный – горячая вода, синий – холодная снизу).• Состояние насосов: индикаторы "Насос №1 (работает/остановлен/авария)". Здесь же кнопки ручного пуска/остановки при необходимости.• Положения клапанов: пиктограммы клапанов на линиях, с указанием открыто/закрыто. Если в процессе – мигают.• Текущий режим: текстовое поле, где написано текущее состояние системы: "Буферный режим (ожидание)", "Заряд: бак1 -> 75% (идет)", "Разряд: бак1 + бак2 (мощность 20 МВт)" и т.п. Это помогает оператору понять, что происходит.						
Взамен инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
							878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
								23
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- **Уставки и настройки:** поля для изменения критериев: можно установить время начала/окончания зарядов, приоритет использования баков, ограничения по температуре и пр. Эти настройки защищены паролем для инженерного состава либо доступны диспетчеру по регламенту.
- **Сигнализация:**
 - Предупредительные: "Бак1 близок к полному заряду (85%)", "Бак2 остался 15% объема" – эти сигналы заранее предупреждают оператора.
 - Аварийные: "Авария насоса", "Перелив бака1", "Разрыв трубы на линии бака2" – с соответствующей звуковой сигнализацией.
- **Квитирование:** аналогично, все аварии требуют подтверждения. Например, при переливе сирена звучит, пока оператор не квитирует. Но повторный заряд не будет возможен, пока уровень не придет в норму.
- **Команды оператора:**
 - Принудительный старт/стоп заряда или разряда (если требуется вне расписания начать или прекратить). При даче команды "Стоп заряд" система перейдет в буферный режим, плавно закрывая клапаны.
 - Переключение между автоматическим (по графику) и ручным управлением режимом. Обычно работает авто по расписанию, но оператор может временно взять управление на себя.
 - Аварийный сброс/остановка: кнопка "Стоп аккумуляторы" – немедленная изоляция всех баков, остановка насосов (на случай неправильной работы алгоритма или при пожаре в насосной и т.д.).

Интеграция с остальной системой:

- Оператор видит, когда баки в работе, на схеме теплосети отображается стрелка потока в баки или из баков.
- В журнале событий фиксируется начало/конец зарядов и разрядов.

Име № подл.	Подп. и дата	Име № дубл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист
										24

5 Алгоритмы работы АСУ ГРП-1

Описание подсистемы: АСУ газорегуляторного пункта №1 (ГРП-1) управляет технологическим оборудованием, обеспечивающим подготовку и подачу природного газа к котельной. ГРП-1 включает: входной запорный клапан на газопроводе, фильтры газа, регуляторы давления (обычно два последовательных или параллельных регулятора для снижения высокого давления до рабочего), предохранительно-сбросные клапаны, предохранительно-запорные клапаны (ПЗК) на случай аварий, газоанализаторы (метан) в помещении, систему вентиляции, обогрев (подогрев газа или обогрев помещения) и контрольно-измерительные приборы (датчики давления, температуры).

Основная функция алгоритмов ГРП – поддерживать стабильное **выходное давление газа** для котлов при изменении расхода, и обеспечить **безопасность**: фильтрация примесей, отключение подачи при авариях, удаление газа вентиляцией при утечках.

5.1 Режимы работы газорегуляторного пункта

- **Рабочий (штатный) режим:** обычная подача газа. Входной клапан открыт, газ проходит через фильтры и регуляторы давления. Регуляторы автоматически поддерживают заданное **давление на выходе ГРП** (например, 0.3 МПа) при колебаниях входного давления (например, 1.2-1.6 МПа из городской сети) и расхода (при изменении количества работающих котлов).
- **Резервный/байпасный режим:** в ГРП есть две параллельных линии регулирования (два регулятора – основной и резервный, или два по 50% мощности). В норме работает один, второй – в горячем резерве. Резервный режим означает переключение на вторую линию (например, при обслуживании основного регулятора или если его пропускной способности не хватает). Автоматика при необходимости открывает байпасный регулятор и может закрыть основной на обслуживание.
- **Аварийный режим:** при авариях газоподача прекращается. Это может быть вызвано: выходное давление превысило установленный предел (отказ регулятора – тогда срабатывает задвижка, отсекающая газ), резкое падение давления (авария на входе или прорыв на выходе – задвижка тоже может сработать, отсекая, чтобы не было неконтролируемого выброса) или пожар (температурный датчик – термозапорный клапан). В аварийном режиме все запорные устройства переходят в закрытое состояние, вентиляция включается на максимальную производительность, выдается сигнал тревоги

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	заданное давление на выходе ГРП (например, 0.3 МПа) при колебаниях входного давления (например, 1.2-1.6 МПа из городской сети) и расхода (при изменении количества работающих котлов).					
					• Резервный/байпасный режим: в ГРП есть две параллельных линий регулирования (два регулятора – основной и резервный, или два по 50% мощности). В норме работает один, второй – в горячем резерве. Резервный режим означает переключение на вторую линию (например, при обслуживании основного регулятора или если его пропускной способности не хватает). Автоматика при необходимости открывает байпасный регулятор и может закрыть основной на обслуживание.					
					• Аварийный режим: при авариях газоподача прекращается. Это может быть вызвано: выходное давление превысило установленный предел (отказ регулятора – тогда срабатывает задвижка, отсекающая газ), резкое падение давления (авария на входе или прорыв на выходе – задвижка тоже может сработать, отсекая, чтобы не было неконтролируемого выброса) или пожар (температурный датчик – термозапорный клапан). В аварийном режиме все запорные устройства переходят в закрытое состояние, вентиляция включается на максимальную производительность, выдается сигнал тревоги					
					878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

на котельную (котлы знают, что газ отключен, и должны погаснуть если отключен ГРП-2).

- **Режим продувки/пуска ГРП:** после монтажа или ремонта ГРП необходимо продувать газопроводы воздухом или инертным газом, затем медленно наполнить газом. Автоматика имеет специальный режим "пуск ГРП" – открывает исполнительные механизмы пошагово, контролирует вытеснение воздуха, проверяет по газоанализатору, что всё нормально, и допускает розжиг котлов. Этот режим полуавтоматический и происходит под контролем персонала.

5.2 Управление давлением и потоком газа

Регулирование давления:

- Основной регулятор давления (РД) поддерживает заданное выходное давление. АСУ ГРП считывает значение давления **до регулятора** (входное) и **после** (выходное). Если выходное давление в пределах нормы (например, 0.3 ± 0.02 МПа), контроллер не вмешивается.
- При увеличении расхода газа (включаются новые котлы) происходит падение выходного давления – регулятор приоткрывается сильнее, поддерживая давление. Если он не справляется (например, достиг максимального открытия, а давление все равно падает), АСУ фиксирует ситуацию "недостаточное давление на выходе ГРП". Это может означать либо проблема на входе (городская сеть не дает нужного давления), либо расход превысил расчетный. Оператору – предупреждение, котельной – сигнал, что нельзя дальше увеличивать нагрузку (блокируется пуск новых котлов).
- При уменьшении расхода (котлы отключаются) давление растет, регулятор прикрывается. Если он перекрылся полностью, но давление все равно растет (например, нагрев газа или утечка через регулятор) – сработает предохранительный сбросной клапан (ПСК) стравливает газ наружу. АСУ контролирует датчик давления **после регулятора**.

Управление запорными клапанами:

- Входной запорный клапан (электромагнитный или моторный) обычно **открыт** в нормальной работе. АСУ его закрывает в случаях: при аварии (газоанализатор или пожар), при необходимости обслуживания (оператор может дать команду закрыть вход ГРП для работ).

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	справляется (например, достиг максимального открытия, а давление все равно падает), АСУ фиксирует ситуацию "недостаточное давление на выходе ГРП". Это может означать либо проблема на входе (городская сеть не дает нужного давления), либо расход превысил расчетный. Оператору – предупреждение, котельной – сигнал, что нельзя дальше увеличивать нагрузку (блокируется пуск новых котлов).					
					• При уменьшении расхода (котлы отключаются) давление растет, регулятор прикрывается. Если он перекрылся полностью, но давление все равно растет (например, нагрев газа или утечка через регулятор) – сработает предохранительный сбросной клапан (ПСК) стравливает газ наружу. АСУ контролирует датчик давления после регулятора .					
					Управление запорными клапанами:					
					• Входной запорный клапан (электромагнитный или моторный) обычно открыт в нормальной работе. АСУ его закрывает в случаях: при аварии (газоанализатор или пожар), при необходимости обслуживания (оператор может дать команду закрыть вход ГРП для работ).					
					878.2023-АСУ ТП.ПБ					Лист
										26
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

- Выходной запорный клапан – аналогично, для изоляции. Может автоматически закрываться при аварии в котельной (например, обрыв трубопровода после ГРП – датчик давления на выходе упал резко, система может закрыть выход).
- **Фильтры газа:** АСУ постоянно мониторит их. Если перепад превысил норму (фильтр засорен), сигнал "Засорение фильтра №..." появляется. Это предупреждение: нужно планировать чистку.
- **Вентиляция помещения ГРП:** Постоянная вентиляция обычно предусмотрена, т.к. любое малейшее просачивание газа нужно удалять. Управление: при норме работает на минимальной скорости или периодически. Если сработал газоанализатор (метан > 10% НКПР, скажем) – включается аварийная вентиляция: вентиляторы на максимальную мощность, для быстрого проветривания. АСУ ГРП получает от газоанализатора 1-го порога сигнал "Содержание метана превышает порог 1" – включает вентиляторы, выдает предупреждение оператору. Если достигается 2-й порог (20% НКПР) – это уже высокая концентрация, близкая к взрывоопасной, немедленно: **закрытие входного газового клапана** (отсекаем источник газа), вентиляция продолжается, сигнал "Авария газа – высокая концентрация". Также котельной посылается сигнал на останов котлов (чтобы не было горящих факелов, которые могут поджечь газ).

Автономность и ручное управление:

- ГРП обычно спроектированы так, чтобы **безопасность не зависела от электроники**: ПЗК, ПСК, термоклапаны – все срабатывают автономно по механике. АСУ же **мониторит** эти события и обеспечивает второстепенные функции (вентиляция, сигналы, последовательность закрытия/открытия).
- Ручное управление: Оператор через систему может:
 - Дистанционно открыть/закрыть электроздвижку на входе.
 - Изменить уставку выходного давления.
 - Принудительно включить вентиляцию.
 - Блокировать газоанализаторы (на время техобслуживания, чтобы не сработала автоматика).
 - Переключить линии: открыть резервный регулятор, закрыть основной – для обслуживания.
- Эти действия обычно требуют подтверждения и соблюдения процедуры. АСУ может запросить: "Подтвердите закрытие подачи газа? Да/Нет".

Инв № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата	<ul style="list-style-type: none">ГРП обычно спроектированы так, чтобы безопасность не зависела от электроники: ПЗК, ПСК, термклапаны – все срабатывают автономно по механике. АСУ же мониторит эти события и обеспечивает второстепенные функции (вентиляция, сигналы, последовательность закрытия/открытия).Ручное управление: Оператор через систему может:<ul style="list-style-type: none">Дистанционно открыть/закрыть электрозадвижку на входе.Изменить уставку выходного давления.Принудительно включить вентиляцию.Блокировать газоанализаторы (на время техобслуживания, чтобы не сработала автоматика).Переключить линии: открыть резервный регулятор, закрыть основной – для обслуживания.Эти действия обычно требуют подтверждения и соблюдения процедуры. АСУ может запросить: "Подтвердите закрытие подачи газа? Да/Нет".	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
						27

5.3 Блокировки и аварийные ситуации ГРП-1

Блокировки:

- **Продувка перед пуском:** При первоначальном заполнении ГРП газом (после ремонта) должны быть открыты свечные линии (на улицу) чтобы выгнать воздух. АСУ может требовать: "Откройте свечу, подтвердите продувку". Без подтверждения продувки пуск блокируется.
- **Блокировка котельной при аварии ГРП:** Как только закрывается задвижка и газ отсечен, АСУ ГРП посылает сигнал в АСУТП котельной "Аварийное отключение газа". Логика котельной блокирует попытки розжига котлов и инициирует аварийный останов работающих. Таким образом, никакой котел не попытается гореть без газа.
- **Контроль газа на выходе:** Если все котлы остановлены, и оператор хочет закрыть выходной вентиль, это можно. Но если котлы работали, а он закрыл, получился бы риск – лучше сначала остановить котлы. АСУ ГРП получая сигнал "закрыть выход" сначала посылает запрос котельной "остановите горелки", дожидается подтверждения, и затем закрое. Это межсистемная блокировка для безопасности.

Аварийные ситуации и ответы:

- **Превышение выходного давления (регулятор не держит):** АСУ зафиксирует событие, подаст общую аварию. Оператор должен обратить внимание – возможно, снизить уставку котлов или проверить регулятор.
- **Падение выходного давления (вход пропал или потребление огромно):** АСУ выдаст сигнал "Давление газа ниже минимально допустимого". Если давление упало до уровня отключения горелок (каждый котел имеет низкое давление газа блокировку) – котлы самостоятельно погаснут, это приведет к останову котельной. ГРП тут просто сигнализирует.
- **Обнаружение утечки газа:** Газоанализаторы:
 - **Порог 1 (например 10% НКПР):** Предупреждение, вентиляция усилена. Оператору: "Концентрация СН4 повышена, проверьте ГРП". Персоналу нужно выйти с газосигнализаторами ручными, проверить. Автоматика пока не отключает газ.
 - **Порог 2 (20% НКПР):** Авария. Немедленно: Закрыть входную задвижку, обесточить помещение (исключить искры), сигнал пожарной тревоги, оповещение диспетчера. Вентиляторы – отключены. В любом случае, котлы без газа погаснут.

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

Система требует ручного вмешательства – перезапуск только после проветривания и проверки.

- **Пожар в ГРП:** АСУ: фиксирует "Пожар, газ отключен". Пожарная сигнализация тоже должна сработать, возможно, автоматическая CO2 система тушения зальет помещение инертным газом. АСУ после пожара не возобновит работу без проверки. Все остается заблокированным (требуется флажок "Пожар снят" вручную).
- **Отказ питания/PLC в ГРП:** Если контроллер ГРП обесточен, безопасность все равно обеспечена механикой – задвижка останется открытой, но газоанализатор, вентиляция, индикация перестают работать. В таком случае, на верхнем уровне (котельная SCADA) появится сигнал "Связь с ГРП-1 потеряна". Оператор должен усилить контроль. Резервные автономные системы могут быть: газоанализатор может иметь свой аварийный выход на ПЗК (отключить газ независимо от PLC). До восстановления связи котельная может работать, но в случае чего автоматика ГРП не сообщит о проблеме – риск. Поэтому, возможно, прописать: при потере связи с ГРП более X минут, остановить котлы в целях предосторожности. Но это зависит от политики. Как минимум, оператору дается указание проверить ГРП немедленно.

• 4.4 Интерфейс и взаимодействие оператора для ГРП-1

SCADA интерфейс для ГРП-1 представлен отдельной мнемосхемой:

- Показывается схема газопровода: Вход -> фильтры -> регулятор(ы) -> выход -> котельная.
- Рядом цифровые значения: давление на входе (Рвх), давление на выходе (Рвых), давление после регулятора (Ррег), температура газа.
- Состояния клапанов: "Входная задвижка: Открыта/Закрыта", "Регулятор основной: Открыт на X%", "Регулятор резервный: Открыт на X%".
- Состояние вентиляции: "Вентилятор1: Работает/Останов".
- Газоанализатор: отображается как индикатор "Метан: 1 порог", "Метан: 2 порог" и меняется цвет/текст при превышении порогов.
- **Журналы:** Оператор может увидеть последние сработки: "В 12:00:50 Давление выходное 0.36 МПа (выше нормы), 12:00:55 ПЗК сработал, выходное давление 0 МПа".
- **Команды:**
 - Закрыть/открыть входную задвижку (с подтверждением).
 - Включить/выключить вентиляцию вручную.
 - Разрешить/запретить автоматическое отключение при газоанализаторе (например, на время техработ).

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	<ul style="list-style-type: none">Показывается схема газопровода: Вход -> фильтры -> регулятор(ы) -> выход -> котельная.Рядом цифровые значения: давление на входе (Рвх), давление на выходе (Рвых), давление после регулятора (Ррег), температура газа.Состояния клапанов: "Входная задвижка: Открыта/Закрыта", "Регулятор основной: Открыт на X%", "Регулятор резервный: Открыт на X%".Состояние вентиляции: "Вентилятор1: Работает/Останов".Газоанализатор: отображается как индикатор "Метан: 1 порог", "Метан: 2 порог" и меняется цвет/текст при превышении порогов.Журналы: Оператор может увидеть последние сработки: "В 12:00:50 Давление выходное 0.36 МПа (выше нормы), 12:00:55 ПЗК сработал, выходное давление 0 МПа".Команды:<ul style="list-style-type: none">Заккрыть/открыть входную задвижку (с подтверждением).Включить/выключить вентиляцию вручную.Разрешить/запретить автоматическое отключение при газоанализаторе (например, на время техработ).																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

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

Алгоритмы ГРП-2 во многом повторяют описанные для ГРП-1, поэтому здесь будет сделан акцент на взаимодействии двух газорегуляторных пунктов и особенности резервирования.

- **Один ГРП в работе, второй в резерве:** Обычно в нормальных условиях один газопункт обеспечивает необходимый газ для всех котлов. Второй при этом находится в режиме ожидания: его входной клапан закрыт или частично открыт, регулятор держит давление, но основного потока не идет. Можно считать, что он "параллельно подключен", но отсечен. АСУ ГРП-2 следит за параметрами, но не активно регулирует (разве что поддерживает готовность).
- **Одновременная работа (при высоком расходе):** Если потребление газа приближается к лимиту одного ГРП, система может **автоматически подключить второй ГРП**. Например, у каждого ГРП свой расходомер; если расход через ГРП-1 ~80% от его макс, АСУ дает команду открыть линию ГРП-2. Регулятор ГРП-2 начинает подмешивать газ. Цель – распределить расход. Оба регулятора тогда работают параллельно, деля нагрузку примерно поровну, поддерживая одинаковое выходное давление (они настроены на одно и то же). Для этого АСУ должна синхронизировать их: например, чуть снизить уставку на ГРП-1 и поднять на ГРП-2, чтобы он взял часть потока.
- **Автоматическое резервирование при отказе:**
 - Если ГРП-1 аварийно отключился, то **ГРП-2 должен незамедлительно обеспечить газоснабжение**. Алгоритм: как только АСУ котельной получает сигнал "ГРП-1 авария, давление газа на выходе падает", она проверяет состояние ГРП-2. Если ГРП-2 готов (входное давление есть, всё в норме), то дает команду поднять расход. Затем газ поступает через ГРП-2. Котлы могут даже не погаснуть,

					878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

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

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

Копировал

- Формат А4*

- **Квитирование и блокировки:**

- Если ГРП-2 закрылся из-за аварии, он остается так до ручного снятия.
- Котельная будет блокирована, если оба источника аварийны, иначе – продолжит.

В работе оператор может:

- Смотреть, насколько загружен каждый ГРП (возможно, по расходу). Если видит, что один на пределе, может заранее подключить второй.
- Проводить периодические переключения, чтобы оба эксплуатировались (чтобы оборудование не застаивалось).

В целом, АСУ ГРП-2 дополняет АСУ ГРП-1, обеспечивая **безотказность газоснабжения**.

Алгоритмы двух ГРП координируются для надежной и безопасной работы. Пользовательский интерфейс предоставляет полную информацию и контроль, но критические переключения обычно происходят автоматически, чтобы исключить задержку человеческого фактора при аварии.

Инв № подл.	Подп. и дата				Взамен инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата	
					878.2023-АСУ ТП.ПБ			Лист
								33
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

7 Возможности развития и расширения алгоритмов

Алгоритмы управления, реализованные в системе АСУТП водогрейной котельной Ивановской ТЭЦ-2, изначально спроектированы с учетом перспектив расширения и модернизации. Это соответствует требованиям технического задания – создавать систему, способную к дальнейшему развитию и модернизации. Ниже перечислены основные заложенные возможности для будущего расширения:

- Модульная структура ПО:** Программное обеспечение ПЛК организовано по функциональным модулям, привязанным к отдельным узлам оборудования (котел, насос, теплообменник, ГРП и т.д.). Добавление нового оборудования установка девятого котла или дополнительного насоса) сводится к копированию и настройке соответствующего программного модуля. Общесистемные шины данных (например, шина обмена параметрами между котлами и насосами) имеют резервные ячейки для новых модулей. Такой подход гарантирует минимальное вмешательство в существующий код при расширении.
- Резерв ресурсов контроллеров:** Выбраны контроллеры серии ТРЭИ с достаточным запасом по производительности и памяти. План адресации входов/выходов предусматривает резервные каналы для подключения дополнительных датчиков или исполнительных механизмов в будущем. Например, в шкафу управления зарезервированы свободные каналы модулей ввода-вывода, а коммуникационные порты могут быть задействованы для новых подсистем (дополнительный модуль частотного преобразователя или нового ГРП).
- Масштабируемость SCADA:** База данных SCADA КРУГ-2000 изначально включает структуру тегов с возможностью расширения. Экранные формы имеют закладки для "перспективного оборудования". Например, если впоследствии будет установлен третий газорегуляторный пункт или дополнительные аккумуляторные баки, то их отображение можно добавить без переработки всей системы – достаточно скопировать существующие мнемосхемы и скорректировать привязку сигналов. Система отчетности и архивирования настроена универсально по группам оборудования; новые группы (котлы, насосы) будут автоматически включены при расширении.
- Адаптивность к изменениям параметров:** Алгоритмы регулирования реализованы с использованием настраиваемых параметров (уставок, коэффициентов ПИД, временных задержек) хранимых в постоянной памяти контроллера или в базе SCADA. Это означает, что при изменении технологических требований (например, новый температурный

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	исполнительных механизмов в будущем. Например, в шкафу управления зарезервированы свободные каналы модулей ввода-вывода, а коммуникационные порты могут быть задействованы для новых подсистем (дополнительный модуль частотного преобразователя или нового ГРП).						
					• Масштабируемость SCADA: База данных SCADA КРУГ-2000 изначально включает структуру тегов с возможностью расширения. Экранные формы имеют закладки для "перспективного оборудования". Например, если впоследствии будет установлен третий газорегуляторный пункт или дополнительные аккумуляторные баки, то их отображение можно добавить без переработки всей системы – достаточно скопировать существующие мнемосхемы и скорректировать привязку сигналов. Система отчетности и архивирования настроена универсально по группам оборудования; новые группы (котлы, насосы) будут автоматически включены при расширении.						
					• Адаптивность к изменениям параметров: Алгоритмы регулирования реализованы с использованием настраиваемых параметров (уставок, коэффициентов ПИД, временных задержек) хранимых в постоянной памяти контроллера или в базе SCADA. Это означает, что при изменении технологических требований (например, новый температурный						
										Лист	
					878.2023-АСУ ТП.ПБ					34	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

график теплосети, другие границы аварийных сигналов) можно оперативно изменить настройки через интерфейс без перепрограммирования. Кроме того, предусмотрена возможность переключения алгоритмов регулирования – например, внедрение более продвинутого закона управления (каскадное регулирование или прогнозирующее) вместо стандартного ПИД, что может быть добавлено в будущих версиях ПО.

- Интеграция нового оборудования:** Система готова к подключению дополнительных устройств через стандартные интерфейсы. Контроллеры ТРЭИ и SCADA поддерживают Modbus, OPC UA и другие протоколы, что облегчит интеграцию, например, с системой учета газа, с датчиками вибрации нового поколения на насосах или с облачной платформой мониторинга. Структура адресации сигналов предусматривает уникальные префиксы для новых устройств, чтобы избежать конфликтов. В документации описаны правила наименования сигналов, которым будут следовать будущие разработчики, что обеспечит преемственность.
- Резервирование на уровне алгоритмов:** Алгоритмы уже содержат элементы, которые могут быть активированы при наращивании системы. Например, логика работы с третьим циркуляционным насосом заложена (но сейчас один из каналов ввода-вывода пустой, ожидающий установки насоса). В коде могут быть "закомментированы" или отключены фрагменты, относящиеся к неустановленным датчикам – их достаточно активировать при фактическом монтаже оборудования. Это сокращает время на внедрение новых функций.
- Документация и стандартизация:** Вся разработанная документация (схемы, комментарии в программах) оформлена в соответствии с ГОСТ. Это облегчает передачу системы новым разработчикам для модернизации. Предусмотрено, что при изменениях будут вестись журналы модификаций программ (версий ПО контроллеров) и обновляться описание алгоритмов. Таким образом, спустя годы сохраняется прозрачность работы системы.
- Учёт роста нагрузки:** Если в будущем котельная расширится, алгоритмы группового управления котлами и насосами имеют настройки масштабирования. Ведущий регулятор нагрузки может быть перенастроен на новые диапазоны расхода. Добавление мощностей (как дополнительных котлов) предусматривается в алгоритме: он просто получит больше "ступеней" для выбора количества работающих агрегатов.
- Информационная безопасность при расширении:** Система имеет заложенные средства защиты и разделения доступа. Добавление новых рабочих мест оператора или инженерного доступа не нарушит кибербезопасность, так как используются типовые узлы

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
						35

(серверы, шлюзы) с обновляемым ПО. Архитектура сети позволяет подключить новые узлы в сегмент с минимальной перенастройкой маршрутизации.

Таким образом, АСУТП водогрейной котельной обладает гибкостью для будущих изменений. Заложенный резерв по функциям, продуманная модульность и соответствие стандартам разработки обеспечивают, что расширение функционала (будь то увеличение количества оборудования или совершенствование алгоритмов управления) будет выполняться без кардинальной переработки системы. Это продлевает жизненный цикл АСУТП и соответствует стратегическим требованиям надежности и модернизируемости объекта. Система готова адаптироваться к новым задачам, сохраняя при этом логическую последовательность работы и безопасность технологического процесса.

Име № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ				Лист
									36

Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка
АСУТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
ГРП	Газорегуляторный пункт
КИП	Контрольно-измерительные приборы
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ЧРП	Частотно-регулируемый привод
ХВО	Химводоочистка
ХОВ	Химически обессоленная вода
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерская система управления и сбора данных)
НКПР	Нижний концентрационный предел распространения (для газа)

Инв № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ		Лист		
							37		

Копировал

Формат А4

Перечень терминов

Термин	Определение
Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)	Система управления технологическим процессом, основанная на применении технических средств автоматизации, вычислительной техники и программного обеспечения.
Контур регулирования	Замкнутый контур автоматического регулирования, включающий датчики, регуляторы, исполнительные механизмы и объект регулирования.
Блокировка	Логическая или аппаратная функция, исключающая возможность выполнения операции при невыполнении заданных условий.
Защита	Алгоритм или устройство, обеспечивающее автоматическое прекращение работы оборудования при возникновении аварийной ситуации.
Сигнализация	Система световой и/или звуковой индикации, информирующая оператора о состоянии оборудования и аварийных событиях.
Рабочий режим	Штатный режим функционирования оборудования в соответствии с заданными параметрами.
Аварийный режим	Режим работы оборудования при возникновении аварии, связанный с автоматическим отключением и переходом системы в безопасное состояние.
Сухой ход	Режим работы насоса при отсутствии воды во всасывающей линии, ведущий к его повреждению.
Кавитация	Процесс образования и схлопывания паровых пузырьков в жидкости при снижении давления ниже давления насыщенных паров.
Резервный насос	Насос, вводимый в работу автоматически при отказе или недостаточной производительности рабочего насоса.
Обратный клапан	Запорное устройство, предотвращающее обратный ток рабочей среды.
Задвижка	Запорный орган трубопроводной арматуры, предназначенный для полного перекрытия или открытия потока.
Дисковый затвор	Запорное устройство трубопроводной арматуры с поворотным запорным элементом в виде диска.
Байпас	Обводная линия трубопровода, предназначенная для обеспечения подачи среды в обход основного оборудования.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
						38

Лист регистрации изменений

[illegible]

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

					878.2023-АСУ ТП.ПБ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		