

ООО НПП «ЭСН»

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

Схемы программно-алгоритмические расчётных задач, контроля, управления,
автоматического регулирования и сигнализации

878.2023-АСУ ТП.СП

Том 42

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

Содержание

1 Общие положения	3
2 Схемы алгоритмов расчётных задач.....	4
2.1 Расчёт тепловой нагрузки котлов по разности температур прямой/обратной воды и расходу (формирование параметра Q, Гкал/ч).	4
2.2 Расчёт КПД котлов – отношение фактической тепловой мощности к подведённой теплоте топлива.	5
3 Схемы алгоритмов контроля, управления, автоматического регулирования и сигнализации насосных групп.....	6
3.1 Насосная аккумуляторных баков (насосы К7.1–К7.4)	6
3.2 Насосы сырой воды (насосы К5.1–К5.2)	7
3.3 Насосы рабочей воды (насосы К10.5.1–К10.5.2)	8
3.4 Подпиточные насосы теплосети (насосы К6.1–К6.3).....	8
3.5 Котловые насосы (насосы К4.1–К4.4).....	9
3.6 Насосы подпитки котлового контура (насосы К23.1–К23.2).....	9
3.7 Сетевые насосы (насосы К3.1–К3.4)	10
4 Схемы алгоритмов автоматического регулирования	11
4.1 Контур регулирования температуры сырой воды перед ХВО.....	11
4.2 Контур регулирования температуры умягченной (деаэрируемой) воды.....	12
4.3 Контур регулирования производительности ХВО (расход через фильтры) для котлового контура.....	13
4.4 Контур регулирования давления котловой воды (РД-К).....	14
4.5 Контур регулирования температуры обратной котловой воды (смешение)	15
4.6 Контур регулирования уровня в баке рабочей воды (бак-газоотделитель).....	16
4.7 17	
5 Схемы алгоритмов водогрейных котлов: управление горением, вентиляторами, блокировки и сигнализация.....	18
5.1 Пусковой алгоритм котла (старт горелки)	18
5.2 Регулирование мощности котла (горелки и вентиляторы).....	20
5.3 Управление дутьевыми вентиляторами и трактом дымовых газов.....	21
5.4 Технологические блокировки и защиты котла	21
Перечень сокращений	26
Перечень терминов	27

Подп. и дата	4.4 Контур регулирования давления котловой воды (РД-К).....14					14			
	4.5 Контур регулирования температуры обратной котловой воды (смешение)15						15		
	4.6 Контур регулирования уровня в баке рабочей воды (бак-газоотделитель).....16							16	
	4.7 17								17
	5 Схемы алгоритмов водогрейных котлов: управление горением, вентиляторами, блокировки и сигнализация.....18								
Инв. № дубл.	5.1 Пусковой алгоритм котла (старт горелки)18					18			
	5.2 Регулирование мощности котла (горелки и вентиляторы).....20						20		
	5.3 Управление дутьевыми вентиляторами и трактом дымовых газов21							21	
	5.4 Технологические блокировки и защиты котла21								21
Взамен инв. №	Перечень сокращений26					26			
	Перечень терминов27						27		
Подп. и дата									
Инв. № подл.									

1 Общие положения

1.1 Назначение документа – определение программно-алгоритмических решений, реализуемых в АСУ ТП водогрейной котельной Ивановской ТЭЦ-2.

1.2 Реализуемые функции:

- контроль технологических параметров;
- формирование аварийной и предупредительной сигнализации;
- автоматическое и дистанционное управление оборудованием;
- автоматическое регулирование уровней, давлений, температур и расходов;
- выполнение расчётных задач по тепловым и гидравлическим режимам.

1.3 Нормативные ссылки – ГОСТ 34.201, ГОСТ 34.602, ГОСТ 24.104-2023, ПТЭ, СОЗ4-35.127-2002, СТО 70238424.27.100.078-2009, ТЗ, «Перечень входных данных», «Перечень выходных данных», «Спецификация оборудования».

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

2 Схемы алгоритмов расчётных задач

2.1 Расчёт тепловой нагрузки котлов по разности температур прямой/обратной воды и расходу (формирование параметра Q, Гкал/ч).

Подготовка данных. Считать текущие значения расхода котловой воды, температуры на выходе из котла, температуры на входе в котёл и признак «котёл в работе».

Квалификация расчёта. Разрешать расчёт только при одновременном выполнении условий: котёл находится в работоспособном режиме (признак «котёл в работе» активен), расход воды не ниже минимально допустимого значения, разность температур положительна и не ниже минимальной допустимой. При невыполнении условий результаты помечаются как недостоверные и в оперативной индикации не выводятся.

Определение разности температур. Рассчитать разность между температурой воды на выходе из котла и температурой на входе; результат сохранить как вспомогательный параметр.

Определение полезной тепловой мощности. Полезную тепловую мощность определить как произведение массового расхода воды, удельной теплоёмкости воды и полученной разности температур с последующим приведением к мегаваттам. В расчёте используется удельная теплоёмкость воды, принимаемая равной 4,187 кДж на килограмм на градус Цельсия; плотность воды принимается равной единице в рабочем диапазоне температур, что позволяет работать с расходом в тоннах в час.

Формирование параметра тепловой нагрузки в «Гкал/ч». Полученную полезную тепловую мощность перевести из мегаватт в гигакалории в час стандартным коэффициентом пересчёта (один мегаватт приблизительно соответствует 0,859845 гигакалории в час).

Усреднение для индикации. Для отображения на мнемосхеме формировать усреднённое значение тепловой нагрузки для индикации.

Контроль достоверности и защиты от некорректных режимов. При нулевом расходе воды или отрицательной/нулевой разности температур устанавливать тепловую нагрузку равной нулю и помечать результат как недостоверный. При выходе любого входного сигнала за допустимые пределы фиксировать диагностическое событие и переводить результат в состояние «недостоверно» до восстановления нормального диапазона.

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

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

2.2 Расчёт КПД котлов – отношение фактической тепловой мощности к подведённой теплоте топлива.

Подготовка данных. Считать текущие значения тепловой нагрузки котла, суммарного расхода газа, приведённого к стандартным условиям, и удельной теплоты сгорания газа, а также признак «котёл в работе»/наличие факела.

Квалификация расчёта. Разрешать расчёт только при одновременном выполнении условий: котёл находится в работоспособном режиме, доступно достоверное значение тепловой нагрузки, суммарный расход газа положителен и достоверен, удельная теплота сгорания задана и больше нуля. При невыполнении условий результаты помечаются как недостоверные и в оперативной индикации не выводятся.

Принятие полезной тепловой мощности. При наличии тепловой нагрузки в гигакалориях в час выполнить перевод в мегаватты стандартным коэффициентом пересчёта и использовать полученное значение как полезную мощность.

Определение подведённой тепловой мощности топлива. Определить подведённую мощность по суммарному расходу газа и низшей теплоте сгорания с приведением результата к мегаваттам.

Расчёт КПД. Определить КПД как отношение полезной тепловой мощности к подведённой тепловой мощности топлива с переводом результата в проценты и ограничением диапазона 0–100; параллельно формировать усреднённое значение для индикации.

Контроль достоверности и защиты от некорректных режимов. При отсутствии достоверной полезной или подведённой мощности устанавливать состояние «недостоверно» и блокировать расчёт; фиксировать события выхода входных параметров за допустимые пределы.

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

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

В системе АСУТП каждой насосной группой управляют как единым агрегатом – оператор может только запустить или остановить всю группу насосов целиком и задать требуемую мощность группы (в пределах 0–100%), но **не** управляет отдельными насосами поштучно. Регулирование производительности осуществляется автоматическим PID-регулятором: оператор устанавливает уставку по контролируемому параметру (например, давление или расход), а регулятор через частотно-регулируемые приводы (ЧРП) изменяет частоту вращения насосов группы для поддержания заданного значения. При работе в ручном режиме оператор напрямую задаёт процент нагрузки насосной группы, минуя автоматический регулятор. В составе группы несколько насосов (как правило, с одним резервным) и все они оснащены приводами с регулированием частоты, что позволяет плавно изменять суммарную подачу.

Блокировки. Насосы нельзя запустить при закрытых дисковых затворах на всасе и на напоре, при низком давлении на всасе.

3.1 Насосная аккумуляторных баков (насосы К7.1–К7.4)

Режим работы: Насосы НАБ в нормальных условиях отключены. Они автоматически запускаются в следующих случаях:

- **Дефицит расхода из деаэратора:** когда основные подпиточные насосы (ППН) уже выдают максимальную производительность, но этого недостаточно для поддержания

Формат А4

требуемого расхода/давления подпитки теплосети, подключается аккумуляторная насосная станция для подкачки из баков.

- **Низкий уровень деаэрированной воды:** если уровень воды в баке деаэратора упал и деаэратор временно не может покрыть расход, насосы НАБ включаются, чтобы питать сеть водой из аккумуляторов и предотвратить падение давления.

Запуск НАБ обычно происходит по команде автоматического контроллера, когда достигаются пороговые условия (например, давление подпитки ниже допустимого или уровень деаэратора ниже заданного). После включения группа работает под управлением PID-регулятора, который регулирует частоту вращения насосов НАБ для поддержания заданного параметра – как правило, давления подпитки теплосети на требуемом уровне. При снижении потребности (когда основная система восстановила расход или уровень в деаэраторе нормализован) насосная группа останавливается автоматически.

3.2 Насосы сырой воды (насосы K5.1–K5.2)

Назначение: Группа НСВ (насосы сырой воды) служит для бесперебойной подачи исходной питьевой воды с сетей водоканала в систему водоподготовки котельной. Эти насосы повышают давление воды из городского водопровода до необходимого уровня и подают её на установки химводоподготовки и деаэрации. В аварийном режим (при невозможности включить насосы) возможно открытие байпасной линии в обход насосов.

Режим работы: Насосы сырой воды работают **постоянно** во время функционирования котельной, чтобы поддерживать требуемое давление сырой воды на входе системы. Обычно работает один насос, а второй находится в резерве. Работа организована по принципу поддержания постоянного давления: на напорном трубопроводе насосов установлен датчик давления, сигнал которого поступает в PID-регулятор. Регулятор управляет мощностью рабочего насоса (0-100%), поддерживая давление после насосов НСВ на заданном уровне. Если давление в линии падает, частота вращения повышается; при повышении давления – уменьшается. При аварии или недостатке производительности первого насоса (например, сухой ход или перегрузка, фиксируемые соответствующими датчиками), управление автоматически останавливает его и запускает второй насос, обеспечивая резервирование. Таким образом, поддерживается стабильное давление подачи исходной воды в деаэратор и на подпитку контуров.

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата							
					<p>установки химводоподготовки и деаэрации. В аварийном режиме (при невозможности включить насосы) возможно открытие байпасной линии в обход насосов.</p> <p>Режим работы: Насосы сырой воды работают постоянно во время функционирования котельной, чтобы поддерживать требуемое давление сырой воды на входе системы. Обычно работает один насос, а второй находится в резерве. Работа организована по принципу поддержания постоянного давления: на напорном трубопроводе насосов установлен датчик давления, сигнал которого поступает в PID-регулятор. Регулятор управляет мощностью рабочего насоса (0-100%), поддерживая давление после насосов НСВ на заданном уровне. Если давление в линии падает, частота вращения повышается; при повышении давления – уменьшается. При аварии или недостатке производительности первого насоса (например, сухой ход или перегрузка, фиксируемые соответствующими датчиками), управление автоматически останавливает его и запускает второй насос, обеспечивая резервирование. Таким образом, поддерживается стабильное давление подачи исходной воды в деаэратор и на подпитку контуров.</p>					Лист	
					878.2023-АСУ ТП.СП					7	
					Изм. Лист № докум. Подп. Дата						

3.3 Насосы рабочей воды (насосы К10.5.1–К10.5.2)

Назначение: Группа НРВ – это насосы рабочей воды вакуумной деаэрационной установки. Они обеспечивают циркуляцию так называемой “рабочей воды” через водоструйные эжекторы для создания вакуума в деаэраторе. Проще говоря, эти насосы нагнетают воду в эжекторы, которые откачивают газовую смесь из деаэратора, тем самым дегазируя подпиточную воду.

Режим работы: Насосы рабочей воды функционируют **постоянно** на протяжении работы вакуумного деаэратора. Обычно в работу включен один насос НРВ, второй – резервный. В нормальном режиме один насос поддерживает необходимый напор рабочей воды на форсунках эжектора, достаточный для эффективного вакуумирования. PID-регулятор по сигналу датчика давления рабочей воды на входе в эжектор автоматически подстраивает скорость насоса, удерживая вакуум в деаэраторе в пределах нормы. Таким образом достигается стабильная глубина деаэрации. От сухого хода насосы защищены – при отсутствии расхода срабатывают датчики сухого хода и насос отключается во избежание повреждения.

3.4 Подпиточные насосы теплосети (насосы К6.1–К6.3)

Назначение: ППН – это группа основных насосов подпитки теплосети деаэрированной водой. Они подают удалённую от кислорода воду в систему отопления для компенсации потерь теплоносителя. В условиях открытой схемы теплоснабжения через эти насосы проходит весь расход подпиточной воды, требуемой потребителям.

Режим работы: Насосы ППН работают **постоянно**, один или несколько, в зависимости от текущей потребности в подпитке. Как правило, при нормальных условиях все тепловые потери сети (разбор ГВС и утечки) компенсируются этой группой насосов. Их работа регулируется по заданию оператора: поддерживается либо давление в обратном трубопроводе теплосети, либо непосредственный расход подпитки до заданной величины. На практике обычно контролируется давление сетевой воды: при падении давления на обратке ниже уставки PID-регулятор увеличивает частоту ППН, повышая подачу воды в сеть, пока давление не нормализуется. Когда давление/расход достигают заданного оператором значения, производительность стабилизируется. Таким образом, поддерживается баланс: сеть получает ровно столько воды, сколько отбирают потребители, за счёт автоматической регулировки скорости насосов.

Группа ППН включает 2 рабочих + 1 резервный насос, что позволяет ступенчато наращивать подачу. При малой нагрузке может работать один насос на низкой частоте, при росте

Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	Назначение: ППН – это группа основных насосов подпитки теплосети деаэрированной					
					водой. Они подают удалённую от кислорода воду в систему отопления для компенсации потерь					
					теплоносителя. В условиях открытой схемы теплоснабжения через эти насосы проходит весь					
					расход подпиточной воды, требуемой потребителям.					
Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	Режим работы: Насосы ППН работают постоянно , один или несколько, в зависимости					
					от текущей потребности в подпитке. Как правило, при нормальных условиях все тепловые потери					
					сети (разбор ГВС и утечки) компенсируются этой группой насосов. Их работа регулируется по					
					заданию оператора: поддерживается либо давление в обратном трубопроводе теплосети, либо					
					непосредственный расход подпитки до заданной величины. На практике обычно контролируется					
Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	давление сетевой воды: при падении давления на обратке ниже уставки PID-регулятор					
					увеличивает частоту ППН, повышая подачу воды в сеть, пока давление не нормализуется. Когда					
					давление/расход достигают заданного оператором значения, производительность					
					стабилизируется. Таким образом, поддерживается баланс: сеть получает ровно столько воды,					
					сколько отбирают потребители, за счёт автоматической регулировки скорости насосов.					
Име № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име № дубл.	Подп. и дата	Группа ППН включает 2 рабочих + 1 резервный насос, что позволяет ступенчато					
					наращивать подачу. При малой нагрузке может работать один насос на низкой частоте, при росте					
					878.2023-АСУ ТП.СП					Лист
										8
					Изм. Лист № докум. Подп. Дата					

разбора – подключается второй насос. Насосы оснащены частотниками и управляются совместно. В аварийной ситуации, когда ППН не справляются (например, все насосы достигли 100% мощности, а давление всё ещё ниже нормы), как упомянуто выше, вступают в работу насосы НАБ, отдающие дополнительную воду из баков-аккумуляторов. Резервный насос ППН автоматически запускается при отказе одного из рабочих. Если подпитка невозможна ни от бака деаэрированной воды, ни от бака здания НАБ, предусмотрена аварийная подпитка исходной водой из водопровода.

3.5 Котловые насосы (насосы К4.1–К4.4)

Назначение: Котловые насосы обеспечивают принудительную циркуляцию воды через водогрейные котлы. В отопительный период три из четырёх насосов работают параллельно (один находится в резерве), прокачивая котловую воду через каждый котёл и поддерживая необходимый проток для съёма тепла. Эти насосы критически важны для поддержания теплопередачи от котлов к теплоносителю: при недостаточном потоке котлы перегревались бы, при избыточном – режим нарушался бы, поэтому реализовано автоматическое регулирование их производительности.

Режим работы: Во время работы котельной котловые насосы всегда включены. Их работа регулируется таким образом, чтобы поддерживать требуемый расход через котлы. Контролируемый параметр - расход воды после каждого котла. PID-регулятор, получая сигнал от расходомеров, изменяет частоту приводов насосов, чтобы обеспечить расход соответствующий текущей нагрузке котлов. Когда несколько котлов работают, суммарный расход делится между параллельными насосами.

3.6 Насосы подпитки котлового контура (насосы K23.1–K23.2)

Назначение: ППНК – насосная группа для подпитки замкнутого котлового контура. Хотя котловой контур отделён от сетевого и в нормальном режиме работает по замкнутому циклу, необходимо восполнять потери воды при периодическом обслуживании, утечках или заполнении системы. Насосы ППНК перекачивают подготовленную воду из бака запаса котловой воды в котловой контур, чтобы поддерживать в нём требуемое давление.

Режим работы: В штатной работе котлового контура эта группа **находится в отключённом состоянии**, поскольку потери в замкнутой системе минимальны. Алгоритм предусматривает автоматический запуск насосов ППНК при падении давления в котловом

Подп. и дата		<p>работа регулируется таким образом, чтобы поддерживать требуемый расход через котлы. Контролируемый параметр - расход воды после каждого котла. PID-регулятор, получая сигнал от расходомеров, изменяет частоту приводов насосов, чтобы обеспечить расход соответствующий текущей нагрузке котлов. Когда несколько котлов работают, суммарный расход делится между параллельными насосами.</p> <h3>3.6 Насосы подпитки котлового контура (насосы K23.1–K23.2)</h3> <p>Назначение: ППНК – насосная группа для подпитки замкнутого котлового контура. Хотя котловой контур отделён от сетевого и в нормальном режиме работает по замкнутому циклу, необходимо восполнять потери воды при периодическом обслуживании, утечках или заполнении системы. Насосы ППНК перекачивают подготовленную воду из бака запаса котловой воды в котловой контур, чтобы поддерживать в нём требуемое давление.</p> <p>Режим работы: В штатной работе котлового контура эта группа находится в отключённом состоянии, поскольку потери в замкнутой системе минимальны. Алгоритм предусматривает автоматический запуск насосов ППНК при падении давления в котловом</p>				
Инв. № дубл.						
Взамен инв. №						
Подп. и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.СП	Лист
						9

контуре ниже заданной уставки. Давление контролируется датчиком в обратном трубопроводе котловой воды. Когда давление опускается (например, из-за утечки или при заполнении котла после ремонта), один из насосов включается и начинает нагнетать подготовленную воду из резервуара в систему, пока давление не восстановится до нормы. Регуляция может осуществляться простым двухпозиционным законом (включение при снижении до порога, выключение при достижении нужного давления) или через PID, плавно регулирующий скорость насоса для мягкого подъёма давления. Насосы оборудованы частотным приводом и управляются общим контроллером шкафа ППНК. При работе в автоматическом режиме контроллер будет отключать насос после достижения заданного давления. Резервирование работает аналогично другим группам: при неуспешном запуске первого насоса в работу вступает второй.

3.7 Сетевые насосы (насосы КЗ.1–КЗ.4)

Назначение: Сетевые насосы обеспечивают циркуляцию сетевой воды между котельной и потребителями. Они прокачивают большой объем теплоносителя, создавая необходимый напор для теплоносителя. По проекту установлено четыре сетевых насоса, из них рабочих 3, один в резерве. Эти насосы работают на магистральные сети: через них проходит весь циркуляционный расход сетевой воды, связанный с отдачей мощности котельной.

Режим работы: Сетевые насосы функционируют **постоянно** в отопительном периоде. Их ключевая задача – поддерживать заданное давление в прямом коллекторе теплоносителя, согласно графику тепловой нагрузки. Автоматический регулятор получает сигнал от датчика давления на подающем трубопроводе и управляет частотой вращения насосов, чтобы поддерживать давление подачи. Например, при увеличении теплопотребления у потребителей (что вызывает падение давления в прямой линии и/или рост расхода) контроллер повысит скорость насосов, чтобы удерживать давление на требуемом уровне. При снижении разборов, наоборот, скорость вращения сокращается.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	<p>Режим работы: Сетевые насосы функционируют постоянно в отопительном периоде. Их ключевая задача – поддерживать заданное давление в прямом коллекторе теплоносителя, согласно графику тепловой нагрузки. Автоматический регулятор получает сигнал от датчика давления на подающем трубопроводе и управляет частотой вращения насосов, чтобы поддерживать давление подачи. Например, при увеличении теплопотребления у потребителей (что вызывает падение давления в прямой линии и/или рост расхода) контроллер повысит скорость насосов, чтобы удержат давление на требуемом уровне. При снижении разборов, наоборот, скорость вращения сокращается.</p>				

4 Схемы алгоритмов автоматического регулирования

В котельной реализованы многочисленные замкнутые контуры автоматического регулирования, поддерживающие оптимальные значения температуры, давления, уровня и расхода воды в различных узлах. Ниже описаны основные из них, в том числе: регулирование температуры сырой и умягченной (подпиточной) воды, регулирование давления и температуры котловой воды, поддержание уровней в деаэрационных емкостях, а также регулирование производительности системы ХВО по расходу. Все контуры работают на базе типовых ПИД-регуляторов, настроенных согласно требуемым параметрам технологического процесса, с заданными уставками и допусками. Ниже перечислены важнейшие контуры:

4.1 Контур регулирования температуры сырой воды перед ХВО

Назначение: обеспечить оптимальную температуру исходной (сырой) воды, поступающей на систему химической водоочистки. В проекте предусмотрен подогреватель сырой воды (теплообменник K11), через который пропускается исходная вода до подачи на фильтры умягчения. Цель подогрева – повысить эффективность и скорость процессов умягчения и дегазации. Регулятор температуры сырой воды (обозначен как РТ-4 в перечне сигналов) поддерживает температуру на выходе подогревателя на заданном уровне (например, ~25–30 °С).

Датчики и задание: Датчик температуры установлен на выходе подогревателя сырой воды K11. Сигнал (4–20 мА) поступает на контроллер, где сравнивается с заданной уставкой. Уставка температуры может устанавливаться оператором исходя из оптимальной работы фильтров.

Исполнительный механизм: Регулирование температуры осуществляется путем изменения потока греющего агента через подогреватель. В качестве греющего теплоносителя используется вода после котлов. На линии греющего потока установлен регулирующий клапан, управляемый регулятором. При увеличении открытия клапана поступает больше горячей воды – температура сырой воды повышается; при закрытии клапана – снижается.

Алгоритм: Регулятор РТ-4 работает по ПИД-закону:

- При отклонении температуры вниз – регулятор увеличивает сигнал на клапан, больше открывая его. Горячий теплоноситель интенсивнее греет сырую воду, температура повышается до уставки.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	поддерживает температуру на выходе подогревателя на заданном уровне (например, ~25–30 °С).						
					Датчики и задание: Датчик температуры установлен на выходе подогревателя сырой воды K11. Сигнал (4–20 мА) поступает на контроллер, где сравнивается с заданной уставкой. Уставка температуры может устанавливаться оператором исходя из оптимальной работы фильтров.						
					Исполнительный механизм: Регулирование температуры осуществляется путем изменения потока греющего агента через подогреватель. В качестве греющего теплоносителя используется вода после котлов. На линии греющего потока установлен регулирующий клапан, управляемый регулятором. При увеличении открытия клапана поступает больше горячей воды – температура сырой воды повышается; при закрытии клапана – снижается.						
					Алгоритм: Регулятор РТ-4 работает по ПИД-закону:						
<ul style="list-style-type: none">При отклонении температуры вниз – регулятор увеличивает сигнал на клапан, больше открывая его. Горячий теплоноситель интенсивнее греет сырую воду, температура повышается до уставки.											
										Лист	
										11	
										878.2023-АСУ ТП.СП	

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

горячий теплоноситель (вода после котлов). На греющем потоке установлен регулирующий клапан РТ-71. Открытие клапана – больше горячего агента – повышение температуры; закрытие – снижение.

- При **температуре ниже** уставки – подает команду на увеличение открытия клапана.
- При **превышении температуры** – командует прикрыть клапан.

Так как вакуумная деаэрация критически зависит от температуры (чем выше температура, тем лучше удаление газов, но и выше потери теплоты), регулятор должен точно держать заданное значение. Обычно заданы пределы: например, ± 2 °C.

Особые режимы: В момент пуска деаэратора холодная умягченная вода должна прогреться – регулятор будет работать на полном открытии клапана до достижения уставки. Во время останова – наоборот, после отключения деаэрации, подогрев может отключаться. Возможна логическая блокировка: закрытие клапана при выключенном деаэраторе, чтобы не перегревать воду зря.

Блокировки: Перегрев не должен превышать, например, 90 °С (чтобы вода не закипала даже при вакууме). Если температура перевалит за максимум – аварийное закрытие клапана и сигнал. Недогрев – не авария, но сигнализация возможна при серьезном отклонении (значит, либо нет нагревающего теплоносителя, либо регулятор неисправен).

Контроль кислорода: Дополнительно, содержание кислорода в деаэрированной воде контролируется по анализатору на выходе БВД-10 (показания, например, 0–50 мкг/л). Если O_2 превышает норматив (скажем, >50 мкг/л), автоматикой может выдаваться предупреждение. Оператор в таком случае проверяет контур нагрева – возможно, повышает уставку температуры или выясняет проблемы с вакуумом. Автоматически по этому сигналу регулировка не производится.

4.3 Контур регулирования производительности ХВО (расход через фильтры) для котлового контура

Назначение: регулятор предназначен для поддержания заданного уровня в баке запаса котловой воды, обеспечивая устойчивый запас подпиточной воды котлового контура и согласование работы насосов подпитки с текущей потребностью котельной..

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

Датчики: контур получает сигнал от уровнемера, установленного в баке запаса котловой воды. Уставка задаётся в операторском. При выходе уровня за допустимые пределы формируются сигналы аварийной сигнализации.

Исполнительный механизм: в качестве исполнительного органа применяется регулирующий клапан на линию ХВО воды, оснащённый электроприводом. Управление осуществляется дискретными командами «Больше» и «Меньше», обеспечивающими открытие или закрытие клапана в сторону увеличения или уменьшения подачи воды.

Алгоритм: регулятор сравнивает фактический уровень с заданным значением и формирует управляющее воздействие. Если уровень ниже уставки — выдаётся команда «Больше», клапан приоткрывается, увеличивая подачу воды в бак. Если уровень выше уставки — выдаётся команда «Меньше», клапан прикрывается, снижая подачу воды. При соответствии уровня уставке команда не подаётся, клапан фиксируется в достигнутом положении.

- Защиты:** Предусмотрены аварийные сигналы:
- «Низкий уровень в баке запаса котловой воды» — при снижении уровня ниже допустимого;
 - «Высокий уровень в баке запаса котловой воды» (переполнение) — при превышении максимальной отметки.

Аварийные сигналы отображаются на АРМ оператора и сопровождаются звуковой и световой сигнализацией.

4.4 Контур регулирования давления котловой воды (РД-К)

Назначение: В котловом контуре вода находится под избыточным давлением. Это необходимо для предотвращения кипения при температурах до 150 °С. Регулятор давления обратной котловой воды, обозначенный РД-К, поддерживает давление на заданном уровне.

Исполнительный механизм: в качестве исполнительного органа выступает регулирующий клапан РД-К. Он стоит на линии соединения котлового контура с расширительной емкостью:

- Если давление слишком высокое, клапан РД-К приоткрывается, стравливая лишнее давление в бак.
- Если давление низкое, клапан, наоборот, закрыт, а подпитка (насосы ППНК) включается, что тоже можно считать частью схемы поддержания давления.

Алгоритм:

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

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

- **При росте давления** выше уставки – регулятор РД-К открывает клапан, снижая давление. Это защищает оборудование от гидроударов и чрезмерного давления.
- **При падении давления** – регулятор закрывает клапан полностью. Основное восстановление давления в этом случае выполняется подпиточными насосами. Таким образом, РД-К действует как предохранительно-регулирующее устройство: не допускает превышения давления сверх нормы. Его можно сравнить с автоматическим сбросным клапаном, но управляемым от контроллера плавно.

Связь с защитами: Помимо РД-К, в системе наверняка есть пружинные предохранительные клапаны на котловом контуре, настроенные на срабатывание при давлении выше, например, 8–10 кгс/см². Регулятор же работает в штатном диапазоне и не дает системе дойти до срабатывания предохранительных клапанов. При отказе регулятора (если давление продолжит расти) – срабатывает защита: предохранительные клапаны стравят воду, и котлы отключатся по аварии высокого давления.

4.5 Контур регулирования температуры обратной котловой воды (смешение)

Назначение: Обратная котловая вода, возвращаясь из системы теплосети через теплообменники, может иметь существенно более низкую температуру, чем вода на выходе котлов. Чтобы предотвратить температурные напряжения и низкотемпературную коррозию котлов (особенно если котлы стальные и газовые, где при низкой температуре обратки возможно выпадение конденсата), предусматривается поддержание минимальной температуры обратной воды. В проекте указаны два регулирующих клапана на линии обратной котловой воды – Ду200 (РТ-об1) и Ду400 (РТ-об2). Они предназначены для смешения горячей воды из подачи котлов в обратную линию, что позволяет при необходимости подогреть обратную воду. Регулятор температуры обратной воды работает по отклонению температуры обратки от заданного графика. Например, минимально допустимая температура обратной воды может быть ~70 °С.

Датчики и исполнитель: Датчик температуры обратной котловой воды установлен в коллекторе обратки. Исполнительные механизмы – клапаны РТ-об1 и РТ-об2, стоящие на байпасных линиях между подающим и обратным коллекторами котлового контура. Когда оба клапана закрыты, обратная вода идет напрямую от системы и может быть холодной. При открытии клапанов часть горячей воды с выхода котлов подмешивается к обратной, повышая ее температуру.

Алгоритм:

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

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

теплообменники, может иметь существенно более низкую температуру, чем вода на выходе котлов. Чтобы предотвратить температурные напряжения и низкотемпературную коррозию котлов (особенно если котлы стальные и газовые, где при низкой температуре обратки возможно выпадение конденсата), предусматривается поддержание минимальной температуры обратной воды. В проекте указаны два регулирующих клапана на линии обратной котловой воды – Ду200 (РТ-об1) и Ду400 (РТ-об2). Они предназначены для смешения горячей воды из подачи котлов в обратную линию, что позволяет при необходимости подогреть обратную воду. Регулятор температуры обратной воды работает по отклонению температуры обратки от заданного графика. Например, минимально допустимая температура обратной воды может быть ~70 °С.

Датчики и исполнитель: Датчик температуры обратной котловой воды установлен в коллекторе обратки. Исполнительные механизмы – клапаны РТ-об1 и РТ-об2, стоящие на байпасных линиях между подающим и обратным коллекторами котлового контура. Когда оба клапана закрыты, обратная вода идет напрямую от системы и может быть холодной. При открытии клапанов часть горячей воды с выхода котлов подмешивается к обратной, повышая ее температуру.

Алгоритм:

- Если температура обратной воды ниже уставки (например, $<70^{\circ}\text{C}$) – регулятор открывает регулирующие клапаны (сначала малый РТ-об1, затем при необходимости большой РТ-об2) на определенную величину, позволяя горячей воде из подачи притечь в обратку. Это повышает температуру обратной воды до нужного уровня.
- Если температура близка к заданной или выше – клапаны прикрываются. В идеале, при нормальных режимах они могут быть практически закрыты, если обратка и так достаточно теплая благодаря возврату из сети.

Работа в динамике: В начале отопительного сезона, когда котлы запускаются, обратка может быть холодной – клапаны будут открыты. По мере прогрева системы – закрыты.

Два клапана: они работают каскадно: Ду400 – основной на крупный поток, Ду200 – на малые расходы (точная регулировка). Регулятор сначала при небольшом отклонении открывает малый клапан, а при большом дефиците температуры – подключает и большой. Это повышает точность и диапазон регулирования. Оба клапана имеют сигнал положения (ИМ) 4–20 мА.

Эффект: Поддерживая более высокую температуру обратной воды, мы:

- Защищаем металлоконструкции котла от охлаждения ниже точки росы дымовых газов (что для газовых котлов особенно актуально, точка росы $\sim 60^{\circ}\text{C}$).
- Снижаем термические напряжения при попадании холодной воды в горячий котел.
- Улучшаем устойчивость горения (котел работает стабильнее при теплой обратке, нет риска дрожания пламени от перехлажденной воды).

Взаимодействие с насосами и горелками: Этот контур – часть системы контроля качества теплоносителя. Он не влияет на количество теплоотдачи потребителям (то есть не «ворует» тепло, ведь все остается внутри контура). Но если обратка слишком холодная, вместо того чтобы резко охладить котел, она заранее подогревается. Горелки при этом могут временно снизить подачу газа, т.к. часть тепла рециклируется.

Блокировки: Если по какой-то причине температура обратной воды все равно упала ниже аварийного минимума (скажем, $<50^{\circ}\text{C}$) – возможна сигнализация «низкая температура обратки». Хотя это не аварийно непосредственно, но предупреждает о риске.

4.6 Контур регулирования уровня в баке рабочей воды (бак-газоотделитель)

Назначение: Бак рабочей воды вакуумного деаэратора служит для отделения газов и хранения циркулирующей воды эжекторной системы. Требуется поддерживать уровень в этом баке, чтобы обеспечить стабильную работу вакуумных насосов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	878.2023-АСУ ТП.СП	Лист
Име № подл.						
Подп. и дата						
Взамен име. №						
Име № дубл.						
Подп. и дата						
<p>риска дрожания пламени от перехлажденной воды).</p> <p>Взаимодействие с насосами и горелками: Этот контур – часть системы контроля качества теплоносителя. Он не влияет на количество теплоотдачи потребителям (то есть не «ворует» тепло, ведь все остается внутри контура). Но если обратка слишком холодная, вместо того чтобы резко охладить котел, она заранее подогревается. Горелки при этом могут временно снизить подачу газа, т.к. часть тепла рециклируется.</p> <p>Блокировки: Если по какой-то причине температура обратной воды все равно упала ниже аварийного минимума (скажем, <50 °С) – возможна сигнализация «низкая температура обратки». Хотя это не аварийно непосредственно, но предупреждает о риске.</p> <h3>4.6 Контур регулирования уровня в баке рабочей воды (бак-газоотделитель)</h3> <p>Назначение: Бак рабочей воды вакуумного деаэратора служит для отделения газов и хранения циркулирующей воды эжекторной системы. Требуется поддерживать уровень в этом баке, чтобы обеспечить стабильную работу вакуумных насосов.</p>						

Алгоритм: Уровень контролируется датчиком; регулятор уровня может быть реализован простым двухпозиционным управлением клапаном подпитки :

- **При снижении уровня** ниже нормы – клапан закрывается. Вода перестаёт подаваться в линию химводоподготовки подпитки сетевого контура.
- **При достижении нормы или верхнего уровня** – клапан открывается. Излишки воды подаются в линию химводоподготовки подпитки сетевого контура.

Блокировки: Как упоминалось, минимальный уровень – блокировка открытия клапана. Вода через насосы подаётся только на поддержание давления в эжекторах. Верхний уровень – блокировка закрытия клапана.

Особенности вакуумной системы: Вакуумная система чувствительна к стабильности уровня: слишком высокий уровень уменьшает объем газовой подушки, влияя на эффективность газоотделения; слишком низкий – всасывание воздуха в насос. Поэтому уровень держится довольно стабильно, что достигается непрерывной подпиткой малым расходом и наличием перелива.

4.7

[illegible]

5 Схемы алгоритмов водогрейных котлов: управление горением, вентиляторами, блокировки и сигнализация

Водогрейные котлы модели – основное оборудование котельной, генерирующее тепло. Каждый котел оснащен двумя горелками, системой подачи воздуха (дутьевые вентиляторы), системой отвода дымовых газов, а также собственными защитами и автоматикой. В составе АСУТП реализована верхнеуровневая координация работы котлов и сбор сигналов для диспетчеризации, но непосредственное управление горелками, как правило, осуществляется локальными системами безопасности горения. Тем не менее, с точки зрения программно-алгоритмических схем, важно отразить:

- Логiku пуска и останова котла,
- Автоматическое регулирование мощности,
- Технологические блокировки,
- Аварийные защиты и действия при их срабатывании,
- Систему сигнализации для оператора.

Ниже представлено общее описание алгоритма работы одного котлоагрегата, учитывающее все перечисленные аспекты. Этот алгоритм практически идентичен для котлов ВК-1...ВК-8, с той разницей, что для каждого он выполняется в своем контроллере/шкафу, а АСУТП координирует, какие котлы должны быть включены в данный момент. В ответ на аварии одного котла другие продолжают работу (если позволяют условия), либо, в случае общей аварии (например, пропадание газа) – останавливаются все.

5.1 Пусковой алгоритм котла (старт горелки)

Условия пуска (блокировки на запуск): Для разрешения пуска котла должны выполняться все исходные условия безопасности:

- Циркуляция котловой воды через данный котел обеспечена – иначе блокировка «нет протока через котел» не даст разрешения.
- Давление газа перед горелками в норме.
- Давление воздуха от дутьевых вентиляторов в норме.
- Шибер дымохода котла открыт.
- Отсутствуют активные аварийные блокировки по данному котлу (например, не сброшена предыдущая авария – горелка находится в заблокированном состоянии и ее нельзя запускать до выяснения причин, требуется квитирование аварии).

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата						Лист
					878.2023-АСУ ТП.СП					18
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Последовательность пуска: При нажатии оператором кнопки «Пуск котла ВК-п» на АРМ контроллер АСУТП или ШКА инициирует следующий цикл:

- 1. Продувка топки:** Сначала включается дутьевой вентилятор котла на режим продувки. Клапаны подачи газа при этом закрыты. Вентилятор прокачивает воздух через топочное пространство котла в течение заданного времени (например, 600 секунд) – это удаляет возможные скопления газа, которые могли остаться с предыдущего цикла, обеспечивая безопасный розжиг. Контролируется давление воздуха: если вентилятор не создает нужной тяги, пуск прерывается – выдаётся блокировка «Нет продувки, пуск запрещен».
- 2. Включение запальной горелки / розжиговой свечи:** По окончании продувки (сигнал «продувка завершена» – например, по таймеру и сигналу от датчика, что дымовые газы очищены) начинается розжиг. Открывается электромагнитный клапан подачи газа на запальную горелку. Одновременно выдается искровой разряд. Создается искра и подается небольшое количество газа – формируется запальное пламя.
- 3. Контроль розжига:** Специальный датчик пламени контролирует появление запального пламени. Контроллер ожидает сигнал «пламя есть» в течение ограниченного времени (например, 2 секунд). Если **пламя не появилось** – немедленно закрывается газовый клапан и включается вентилятор на повторную продувку. Обычно допускается несколько (1–2) повторных попыток розжига: цикл «продувка – искра – газ» повторяется. Если после заданного числа попыток пламя так и не было обнаружено, то срабатывает **авария пуска**: котел блокируется, дальнейшие попытки автоматически не идут, требуется вмешательство оператора. Выдается сигнал «Авария розжига котла ВК-п». Для повторного пуска необходимо устранить причину (например, нет газа, или неисправен запальник) и сбросить блокировку.
- 4. Вывод на горение основной горелки:** если запальное пламя успешно обнаружено, происходит переключение на основной режим горения. Основной регулирующий клапан плавно открывается, подавая газ на горелку котла. Первоначально горелка работает на минимальной мощности. Продувочный вентилятор при этом обычно переключается с режима «продувка» на режим «горение» – ЧРП вентилятора устанавливаются на минимально необходимое давление воздуха для горения (чтобы обеспечить нужный коэффициент избытка воздуха, не задуть факел). Когда основной факел стабильно горит, котел считается **разожженным и работающим на минимальном горении**.
На этом этапе алгоритм пуска завершается и переходит в алгоритм регулирования нагрузки. В сумме пуск котла занимает порядка 15-20 минут, включая продувку и розжиг.

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

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

5.2 Регулирование мощности котла (горелки и вентиляторы)

После успешного розжига котел находится в состоянии горения на минимальной мощности («разогрев котла»). Далее автоматика переводит горелку в режим автоматического регулирования нагрузки:

- Контроллер получает задание на температуру воды на выходе из котла. Обычно это задание формируется каскадным регулятором в зависимости от потребностей теплосети (например, согласно температурному графику отопления или от оператора). Для каждого котла задание может быть одинаковым (например, 130 °С на выходе) или разным.
- **ПИД-регулятор мощности горелки:** В шкафу автоматики котла установлен контроллер, регулирующий температуру воды на выходе котла. При недостаточной температуре он увеличивает подачу газа и воздуха на горелки, при приближении к уставке – уменьшает. Так котел выдает именно ту тепловую мощность, которая необходима для поддержания температуры на выходе.
- **Связь «газ-воздух»:** Горелки оснащены автоматикой поддержания заданного соотношения газа и воздуха. При изменении сигнала на клапан газа параллельно идет сигнал на частоту дутьевого вентилятора – так, чтобы поддерживать оптимальный состав смеси. В норме, при повышении расхода газа, увеличивается скорость вентилятора. Система между регуляторами газа и воздуха обеспечивает бездефицитное горение. Также датчики контроля кислорода O₂ в дымовых газах на выходе могут подсказывать автоматике подстройку воздуха для экономичности (по сигналу O₂ регулятор поддува оптимизирует подачу воздуха – это система оптимизации горения).
- **Диапазон регулирования:** Горелки газовые обычно имеют диапазон 30–100% нагрузки (запуск на 30% – минимально устойчивое горение). Ниже 30% автоматическая поддержка пламени затруднена, поэтому если нагрузка падает ниже, котел отключается.
- **Регулятор температуры защиты:** основной регулятора следит, чтобы температура воды не превысила максимально допустимую (например, 150 °С). Если основной регулятор по какой-то причине не снизил газ вовремя и температура достигла опасного уровня, сработает защита на закрытие газовых клапанов (аварийно остановит котел).
- **Выход на режим:** После пуска котла может быть предусмотрена плавная форсировка – котел некоторое время прогревается на малом огне, затем разрешается повышение нагрузки. Этот режим можно программно оформить как задержку перед разрешением регулятору поднимать мощность выше, скажем, 50%.

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

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

5.3 Управление дутьевыми вентиляторами и трактом дымовых газов

Дутьевые вентиляторы: Каждый котел имеет два дутьевых вентилятора, работающих параллельно на общий воздуховод к горелкам. Управление вентиляторами следующее:

- Каждый вентилятор подает воздух к своей горелке, но с возможностью подпора друг друга. При отказе одного вентилятора можно переключить воздухопроводы так, что один вентилятор будет дуть на обе горелки, но на ограниченной нагрузке.
- В норме при работе обеих горелок включены оба вентилятора. Их производительность регулируется частотными приводами, либо направляющими аппаратами. Их положение электроприводом меняется, регулируя подачу воздуха (это аналог частотного регулирования, но механический).
- Перед пуском котла вентиляторы работают в режиме продувки (100% воздуха). Перед розжигом переходят на регулицию.
- **Регулирование совместно с горелкой:** Имеется *соотношение газ/воздух*. Если, например, мощность 50%, то клапан газа открыт на условно 50%, а направляющий аппарат вентилятора – на угол, обеспечивающий ~60% воздуха. На 100% оба – на максимум, а малом огне – избыток воздуха часто больше (для стабилизации пламени). Эта зависимость настроена и хранится как таблица.
- **Защиты тракта воздуха:** При минимально допустимой производительности вентилятора может сработать датчик «недостаточное давление воздуха», что приведет к аварийному отключению горелки. Это предотвращает горение при нехватке воздуха.
- **Переключение забора воздуха:** Воздух можно брать снаружи или из здания, переключение ручным шибером с возможностью фиксации промежуточного положения. При определенных условиях может примешиваться теплый воздух из помещения котельной, чтобы температура воздуха на горение была оптимальной.
- **Дымовой тракт:** У каждого котла свой дымоход. На дымоходе есть ручной шибер для отключения неработающего котла. В остальном, дымоход – пассивный, тягодутьевые машины отсутствуют.

5.4 Технологические блокировки и защиты котла

В системе управления котлом реализован полный комплекс защит согласно нормативам (например, ПБ 12-529-03 для автоматических котлов, РД 153-34.1-35.137-00 для

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<p>зависимость настроена и хранится как таблица.</p> <ul style="list-style-type: none">• Защиты тракта воздуха: При минимально допустимой производительности вентилятора может сработать датчик «недостаточное давление воздуха», что приведет к аварийному отключению горелки. Это предотвращает горение при нехватке воздуха.• Переключение забора воздуха: Воздух можно брать снаружи или из здания, переключение ручным шибером с возможностью фиксации промежуточного положения. При определенных условиях может примешиваться теплый воздух из помещения котельной, чтобы температура воздуха на горение была оптимальной.• Дымовой тракт: У каждого котла свой дымоход. На дымоходе есть ручной шибер для отключения неработающего котла. В остальном, дымоход – пассивный, тягодутьевые машины отсутствуют. <h3>5.4 Технологические блокировки и защиты котла</h3> <p>В системе управления котлом реализован полный комплекс защит согласно нормативам (например, ПБ 12-529-03 для автоматических котлов, РД 153-34.1-35.137-00 для</p>
878.2023-АСУ ТП.СП					Лист
					21

энергоблокировок). Ниже перечислены основные технологические блокировки/защиты и условия, при которых они срабатывают, а также действия автоматики в ответ:

- **Блокировка по отсутствию горения (потухание пламени):** Если во время работы котла пламя горелки гаснет не по команде, то датчик пламени потеряет сигнал. Спустя 1 секунду срабатывает защита «Потухание факела». Автоматика немедленно закрывает все газовые клапаны – **аварийный останов котла**. Одновременно включается дутьевой вентилятор на продувку топki для удаления несгоревшего газа (продувка после аварии, обычно ~5 мин). Сигнализация: «Аварийное погасание пламени котла ВК-п». Повторный автоматический пуск, как правило, *не выполняется* – котел блокируется до выяснения причин (необходимо вручную квитировать аварию).
- **Защита по недопустимому повышению температуры воды на выходе:** Если температура теплоносителя из котла превысит максимально допустимое значение 150 °С, то срабатывает датчик максимальной температуры. Он действует на **отключение горелок** – аварийно закрываются газовые клапаны, котел отключается. Далее включается сигнализация «Перегрев котла». Котел останется заблокирован до сброса.
- **Защита по падению расхода воды через котел:** Эта блокировка крайне важна для водогрейного котла – отсутствие протока может привести к вскипанию воды в котле и его разрыву. Реализуется через датчик расхода. Если расход снижается ниже минимально допустимого или останавливается, немедленно отключаются горелки данного котла – **останов котла по расходу**. Сигнал «Нет циркуляции через котел» приводит к закрытию газовых клапанов и включению аварийной продувки (как при погасании). Одновременно должны сработать блокировки, не дающие включиться горелкам, пока проток не восстановится. После остановки по такому аварийному сигналу нужно сначала восстановить циркуляцию, квитировать блокировку, и только затем производить повторный розжиг.
- **Защита по давлению газа на горелке:** Имеются два уровня: минимальное давление газа и максимальное. Минимальное – если давление газа упало ниже установок, это значит, что нет гарантии устойчивого пламени. Срабатывает блокировка «Недопустимо низкое давление газа» – отключение горелок (аварийный останов). Максимальное – если давление газа перед горелкой выросло выше уставки (например, редуктор вышел из строя и газ давит сильнее 500 мбар), то срабатывает отсечка «повышенное давление газа» – котел также отключается.
- **Защита по давлению воздуха перед горелкой:** При падении давления воздуха ниже допустимого срабатывает защита «недостаточное давление воздуха» – идет команда на

Име. № подл.	Подп. и дата	Взамен име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	допустимого или останавливается, немедленно отключаются горелки данного котла – останов котла по расходу . Сигнал «Нет циркуляции через котел» приводит к закрытию газовых клапанов и включению аварийной продувки (как при погасании). Одновременно должны сработать блокировки, не дающие включиться горелкам, пока проток не восстановится. После остановки по такому аварийному сигналу нужно сначала восстановить циркуляцию, квитировать блокировку, и только затем производить повторный розжиг.											
					• Защита по давлению газа на горелке: Имеются два уровня: минимальное давление газа и максимальное. Минимальное – если давление газа упало ниже установок, это значит, что нет гарантии устойчивого пламени. Срабатывает блокировка «Недопустимо низкое давление газа» – отключение горелок (аварийный останов). Максимальное – если давление газа перед горелкой выросло выше уставки (например, редуктор вышел из строя и газ давит сильнее 500 мбар), то срабатывает отсечка «повышенное давление газа» – котел также отключается.											
					• Защита по давлению воздуха перед горелкой: При падении давления воздуха ниже допустимого срабатывает защита «недостаточное давление воздуха» – идет команда на											
										878.2023-АСУ ТП.СП					Лист	
															22	
					Изм. Лист № докум. Подп. Дата											

закрытие газовых клапанов, чтобы не допустить поступления газа без воздуха. Обратная ситуация – слишком высокое давление воздуха – не опасна сама по себе, но может погасить пламя; фактически, пламя погаснет, и сработает защита по пламени.

- **Блокировка по разрежению в топке (тяге):** Если котел испытывает недостаточную тягу – например, вентиляторы дали сбой или дымоход заслонен – давление в топке повысится. Может быть датчик разрежения: если значение выходит из диапазона, котел остановится. Также опосредованно это контролируется: при плохой тяге обычно растет СО в дыме, но быстрее подхватит датчик пламени/воздуха.
- **Безопасность газового тракта:** Газовый блок горелки включает два последовательных электромагнитных клапана-отсекателя. Их алгоритм: оба клапана открыты = подача газа в горелку. При любой аварии или отсутствии питания они автоматически закрываются (нормально закрытые, по пружине, чтоб отсечь газ). Также между ними есть свеча для продувки газопровода.
- **Блокировка «питание отключено»:** Если вдруг пропало электропитание котла/шкафа – горелка естественно погаснет, клапаны закроются. После возвращения питания котел не запустится сам (будет в блокировке, требуя перезапуска).
- **Другие блокировки:** Например, блокировка по “пожар в котельной” – если сработала пожарная сигнализация в помещении, котлы должны отключиться. Блокировка «задвижка на выходе котла закрыта» – по концевiku, не даст горелке включиться, если выходная задвижка котла не открыта (иначе нет циркуляции). Блокировка «насос котловой отключен» – аналогично. Все эти межвращающие связи вписываются в общую схему: котел пускается только при всех положительных условиях, и отключается, если что-то жизненно важное выходит из строя.

Действия автоматики при аварии: Рассмотрим полный цикл на примере: происходит аварийное погасание пламени на котле ВК-3. Автоматика:

1. Мгновенно закрывает клапаны газа горелок ВК-3.
2. Выдает команду «Аварийный останов котла ВК-3» – на схеме это мы видим как переход в состояние аварийного останова.
3. Включает продувку топки: вентиляторы котла ВК-3 на максимум 5 минут.
4. Блокирует повторный пуск – зажигается сигнал «Авария котла ВК-3, заблокировано».
5. Передает сигнал на верхний уровень – чтобы каскадный регулятор, если необходимо, увеличил нагрузку на остальных котлах компенсируя потерю одного (если, конечно, оставшиеся котлы имели резерв мощности). В противном случае

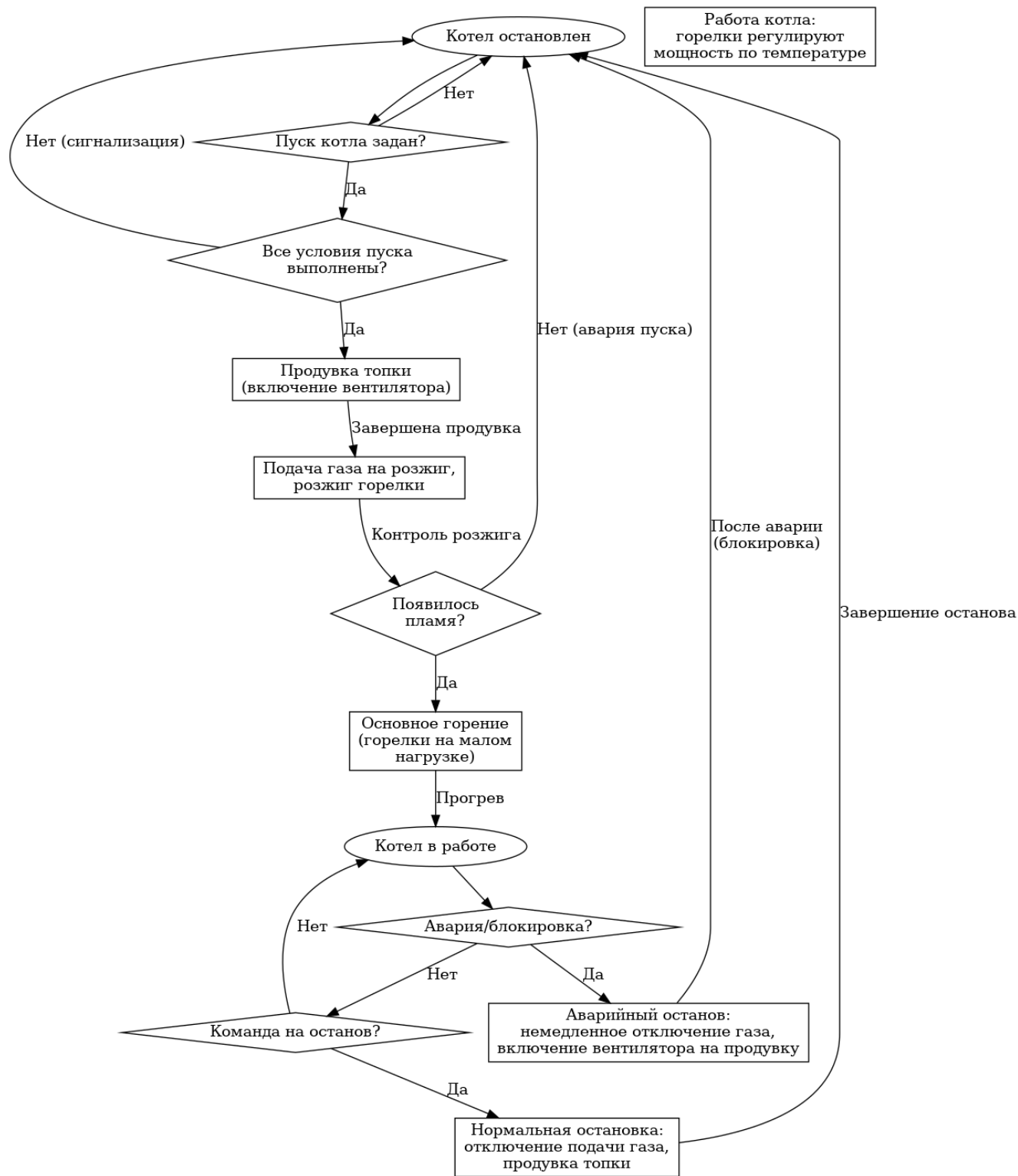
[illegible]

теплопроизводительность снизится, и возможно недогрев сети – оператор должен принять решение о включении резервного котла.

6. Оператор слышит сигнал, видит «Котел 3 – авария по пламени». Он должен подойти к панели, квитировать (подтвердить получение) – звук прекращается, но лампа аварии продолжает мигать, пока не будет устранено.
7. Оператор осматривает котел, выясняет причину (например, обнаруживает, что давление газа просело из-за сработки аварийного отключения на газопроводе). Он сначала устраняет причину (восстановить газоснабжение), затем переводит переключатель «Разрешение пуска» или нажимает кнопку «Сброс аварии».
8. После сброса блокировки автомата разрешает повторный розжиг.

Между котловая блокировка: Часто вводится правило, что нельзя отключать последний работающий котловой насос или закрывать коллектор, пока котлы горят – это учтено в блокировках насосов и задвижек. И наоборот, при останове всех котлов можно отключить насосы после некоторой задержки охлаждения.

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



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

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

Перечень сокращений

Сокращение	Расшифровка
АСУТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
АРМ	Автоматизированное рабочее место
ЧРП	Частотно-регулируемый привод
PID	Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор
НАБ	Насосная станция аккумуляторных баков
ППН	Подпиточные насосы теплосети
НСВ	Насосы сырой воды
НРВ	Насосы рабочей воды
ППНК	Подпиточные насосы котлового контура
ТЗ	Техническое задание
ГОСТ	Государственный стандарт
ПТЭ	Правила технической эксплуатации
СО	Сборник отраслевых стандартов / стандарт организации (контекстно – стандарт организации)
СТО	Стандарт организации
РД	Руководящий документ

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

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

Перечень терминов

Термин	Расшифровка
Тепловая нагрузка	Количество тепловой энергии, передаваемой в единицу времени (характеризует производительность котла)
КПД	Коэффициент полезного действия, отношение полезной тепловой мощности к подведённой теплоте топлива
Датчик сухого хода	Датчик, фиксирующий отсутствие потока воды для защиты насосов от работы без жидкости
Уставка	Заданное оператором или системой значение регулируемого параметра (давление, уровень, температура и др.)
Регулирующий клапан	Исполнительный механизм для изменения расхода среды по сигналу регулятора
Расходомер	Прибор для измерения расхода жидкости или газа
Деаэратор	Установка для удаления растворённых газов (в первую очередь кислорода и углекислого газа) из воды
Вакуумная деаэрация	Процесс дегазации воды за счёт снижения давления, при котором газы выделяются при более низких температурах
Эжектор	Устройство, использующее энергию струи жидкости или пара для создания разрежения и перемещения газа или жидкости
Сигнализация	Система индикации и звуковых/световых оповещений о срабатывании защит, аварий или отклонении параметров
Блокировка	Алгоритм или устройство, запрещающее включение оборудования при опасных или ненормальных условиях
Аварийная защита	Автоматическая система, отключающая оборудование при возникновении опасных ситуаций
Обратная котловая вода	Вода, возвращающаяся из теплосети или теплообменника в котёл
Прямая котловая вода	Нагретая вода, выходящая из котла и подающаяся в теплосеть
Температурный график	Зависимость температуры теплоносителя (прямой и обратной воды) от температуры наружного воздуха
Продувка топки	Процесс удаления остаточных газов из топки котла воздухом перед розжигом
Розжиг	Процесс зажигания пламени в горелке котла
Факел	Горящее пламя в топке котла, подтверждающее наличие горения
Предохранительный клапан	Устройство для автоматического сброса избыточного давления

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

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

Лист регистрации изменений

[illegible]

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

					878.2023-АСУ ТП.СП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28