

## Особенности водоподготовки паровых и водогрейных котельных Часть 2

### Особенности водоподготовки паровых котлов

Системы с паровым котлом – в инженерном отношении очень сложная система, где испарение воды процесс безостановочный, и необходима постоянная подпитка подготовленной водой. Оставшиеся примеси из подпиточной воды постепенно накапливаются в котле и увеличивают в ней уровень отложений. Поэтому необходима регулярная продувка оборудования, которая может сопровождаться приостановкой работы котла и дополнительными расходами топлива. Чтобы снизить частоту продувок, к подпиточной воде предъявляются повышенные требования.



При работе парового котла непрерывно накапливаются соледержащие вещества, вследствие упаривания воды. Так как в паре соли не присутствуют, то все они остаются в котловой воде. Соледержание может достигнуть критического значения, когда происходит вспенивание воды и резкое снижение качества пара. Но при этом, в процессе роста рабочего давления котла значительно снижается величина порогового соледержания. Поэтому для котлов с высокими рабочими давлениями необходима чрезвычайно тонкая очистка подпиточной воды, и для контроля вводятся 2 дополнительных параметра:

- Электропроводность воды, для оценки общей минерализации воды;
- Содержание некоторых видов солей.

Для примера помещена таблица предельных параметров качества подпиточной и котловой воды для паровых котлов по Приложению № 3 «Правил промышленной безопасности производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

Есть определённые нормативы качества питательной воды для котлов с системой естественной и многократной принудительной циркуляции с паропроизводительностью в пределах 0,7 т/час для высоконапорных котлов парогазовых установок:

Показатель	Рабочее давление		
	4 МПа	10 МПа	14 МПа
Общая жесткость	5 мкг-экв/кг	3 мкг-экв/кг	7 мкг-экв/кг
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe)*	50 мкг/кг	30 мкг/кг	20 мкг/кг
Содержание растворенного кислорода	20 мкг/кг	10 мкг/кг	10 мкг/кг
Значение pH при 25°C	9,1 ±0,2	9,1 ±0,1	9,1 ±0,1
Условное соледержание (в пересчете на NaCl)**	Не нормируется	300 мкг/кг	200 мкг/кг
Удельная электрическая проводимость при 25°C**	Не нормируется	2 мкСм/см	1,5 мкСм/см
Содержание нефтепродуктов	1,0 мг/кг	0,3 мг/кг	0,3 мг/кг

\* – допускается превышение норматива на 50% при работе на природном газе,

\*\* – контролируется один из этих показателей.



На входе системы помещается механический фильтр для промывки водной среды обратным током. Фильтр отсеивает механические примеси. Для снижения содержания в воде железа и марганца устанавливается система обезжелезивания. Уровень содержания железа и жесткости воды производится специальным аналитическим прибором.

Дозирующая станция по сигналу водосчётчиков осуществляет подачу окислителя пропорционально величине потока воды. Продукты окисления железа и марганца собираются в осадочном фильтре. Дозирующей станцией могут подаваться реагенты различного назначения: кислородосвязывающие вещества с катализаторами, стабилизаторы остаточной жесткости, корректоры pH, поэтому такие устройства используются на разных стадиях процесса водоподготовки.

Для решения проблемы солесодержания котловой воды для установок небольшой производительности или при достаточно больших объёмах возвращаемого конденсата вода смягчается методом натрий-катионирования через специальную установку.

Существенными недостатками при этом является появление большого объёма экологически вредных отходов, требующих спецразрешений на утилизацию, а также дорогих реагентов.

В котельных с высоким рабочим давлением пара и повышенным использованием подпиточной «вспомогательной» воды с высокой степенью очистки и деминерализации применяются установки обратного осмоса, позволяющие получить воду практически любой чистоты.

Такое оборудование применяют в парогазовых энергетических установках, котлах сверхкритического давления и т.п. При этом необходимо наличие вспомогательной безнапорной емкости и питательной насосной станции.

Для получения водной среды с заданными характеристиками используют мембраны с различной пропускной способностью. После установки обратного осмоса производится корректировка параметров воды до необходимых уровней в отношении pH, солесодержания и содержания растворенных газов. Дозированные добавки кислородосвязывающих веществ и ингибиторов коррозии решают ситуацию только в установках относительно небольших размеров и производительности. По мере возрастания рабочего давления котла ужесточаются требования к содержанию в воде растворенного кислорода. В таких случаях применяются установки термической дегазации или деаэрации атмосферного или вакуумного типа. Остаточная концентрация газов в воде после таких мер практически ничтожна. После окончательной корректировки химсостава и pH воды путем дозирования реагентов, процесс водоподготовки для паровых котлов можно считать законченным.



## Особенности водоподготовки водогрейных котлов

Для обеспечения большого ресурса и безаварийной работы водогрейных котлов при разработке и проектировании котельного оборудования, кроме технических характеристик оборудования, необходимо также иметь отчетливое представление о следующих параметрах воды источника питания котельной:

- жесткость,
- содержание железа,
- присутствие нефтепродуктов,
- уровень растворенного кислорода,
- уровень pH.

Система водоподготовки котла обеспечивает изменение исходных параметров до необходимых показателей, оговариваемых Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности. В качестве примера приводится таблица из Приложения №3 «Правил промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

Нормативы качества подпиточной и сетевой воды для водогрейных котлов (за исключением установленных на тепловых станциях и тепловых электростанциях):

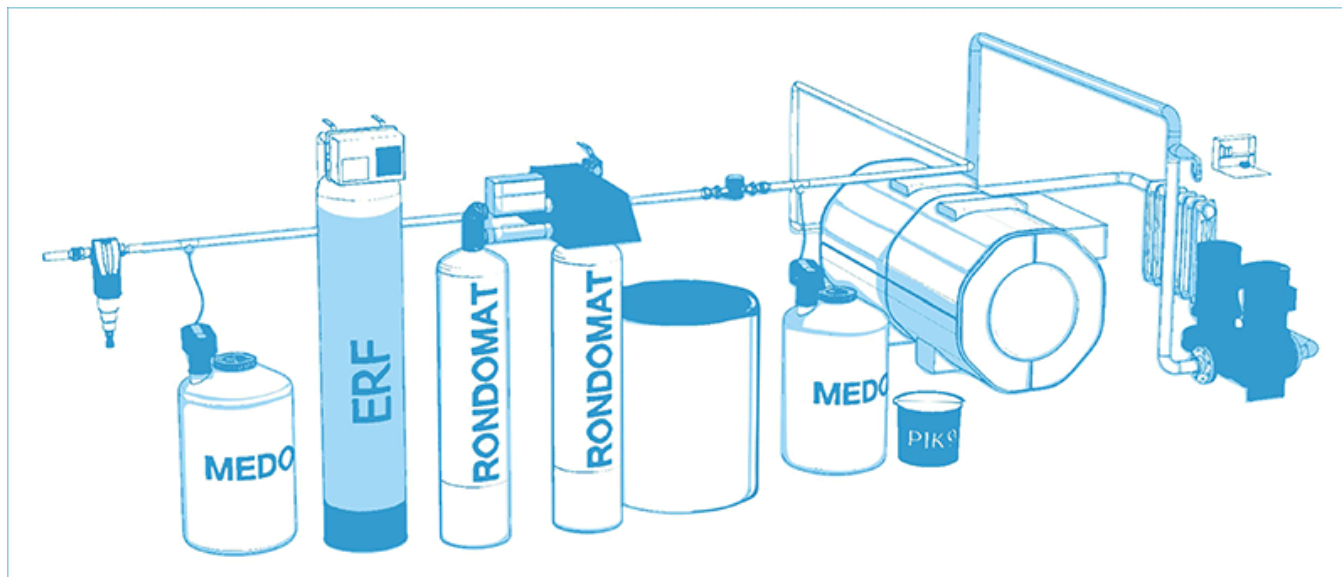
Показатель	Система теплоснабжения						
	Открытая			Закрытая			
	Температура сетевой воды						
	115°C	150°C	200°C	115°C	150°C	200°C	
Прозрачность по шрифту	<40 см	<40 см	<40 см	<30 см	<30 см	<30 см	
Карбонатная жесткость, мкг-экв/кг*	pH≤8,5	800/700	750/600	375/300	800/700	750/600	375/300
	pH>8,5	Не допускается			По расчету		
Содержание растворенного кислорода	50 мкг/кг	30 мкг/кг	20 мкг/кг	50 мкг/кг	30 мкг/кг	20 мкг/кг	
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe)*	300 мкг/кг	300/250 мкг/кг	250/200 мкг/кг	600/500 мкг/кг	500/400 мкг/кг	375/300 мкг/кг	
Значение pH при 25°C**	От 7,0 до 8,5			От 7,0 до 11,0			
Содержание нефтепродуктов	1,0 мг/кг						

\* – в числителе – для котлов на твердом топливе, в знаменателе – на жидком и газообразном.

\*\* – для теплосетей с использованием бойлеров, имеющих латунные трубки, для сетевой воды pH≤9,5.



Примерная структура системы водоподготовки для водогрейного котла



Входной фильтр с промывкой фильтрующего элемента предназначен для очистки воды от механических примесей (песок, окалина, т.п.). При необходимости осуществляется обезжелезивание воды путем дозирования окислителя (выполняется дозирующей станцией по сигналу датчиков расхода воды) и последующего осаждения окислов железа и марганца в фильтрах. Непрерывный контроль жесткости осуществляется автоматическим измерителем.

Следующая стадия – умягчение воды методом натрий-катионирования, в зависимости от режима работы котельной, установкой непрерывного или периодического действия.





Поскольку в водогрейных системах как правило нет необходимости в очень высокой степени очистки воды, установки обратного осмоса не применяются. Системы умягчения воды позволяют довести параметры воды до любого необходимого уровня, достаточно пропускать воду через такие установки несколько раз. В этой же системе наблюдается и самая высокая скорость водоподготовки. Дозирующие устройства на конечном этапе обеспечивают нужные значения параметров pH, солесодержание и содержание растворенного кислорода в воде. Реагенты обеспечивают подщелачивание воды, связывание остаточного кислорода и нужную жесткость.

### Применение датчиков в системах водоподготовки. Рекомендации

Следует отметить, что стандартной схемы водоподготовки не существует, так как требования заказчика индивидуальны и рассчитаны на определенные условия эксплуатации, индивидуальны местные условия эксплуатации, режимы и сезонность работы котельной, свойства исходной воды. Всё это делает очень широким выбор используемого дополнительного оборудования систем водоподготовки: оборудования для аэрации и дегазации воды, накопительных ёмкостей и насосных станций, статических смесителей, дозаторов специальных реагентов (ингибиторов, коагулянтов т.п.), различных фильтров и установок обратного осмоса. Поэтому здесь не рассматриваются многочисленные датчики чисто технологического предназначения – датчики уровня, температуры, расходомеры и другие, обеспечивающие работу этого оборудования. Описаны только датчики «аналитического» направления, позволяющие определять параметры котловой и питательной воды котельной установки.



Датчики компании NIVELCO позволяют в непрерывном режиме контролировать важнейшие параметры: уровень кислотности pH, содержание растворенного в воде кислорода, электропроводимость воды на любой стадии водоподготовки. Наиболее общие характеристики датчиков:

Назначение	Тип	Диапазон измерений	Погрешность измерений	Выходные сигналы	Температура/давление среды	Класс защиты
Датчик кислотности воды	pH <a href="#">AnaCONT LED</a> 	0...14 pH	0,1% изм. величины	Аналоговый 4...20 мА гальванически развязанный, Релейный 30В/1А, Последовательный интерфейс, HART-протокол	-10...+90°C/ 0,5...10 бар	IP67/68
Датчик измерения кислорода в воде	<a href="#">AnaCONT LED</a> 	0...20 ppm 0...10 ppm	±0,5%	Аналоговый 4...20 мА гальванически развязанный, Релейный 30В/1А, Последовательный интерфейс, HART-протокол	0...+50°C/ 0...1,0 бар	IP67/68
Датчик электропроводности воды	<a href="#">AnaCONT LCK</a> 	1...2000 мкСм/см	3%	Аналоговый 4...20 мА, Последовательный интерфейс, HART-протокол	-10...+70°C/ 0...16 бар	IP67/68
	<a href="#">CombiLyz AF14/AF15</a> 	14 поддиап. в пределах 0...1000 мкСм/см	≤1,5%	Аналоговый 4...20 мА, 2 релейных 30В/1А, Последовательный интерфейс, HART-протокол	-20...+140°C/ 0...25 бар	IP67/69K

### Как получить подробную информацию

Все нормы проектирования систем водоподготовки для котлов определены на законодательном уровне. Ознакомиться с ними можно в документации СНиП II-35-76 (документ актуализирован СП СНиП 89.13330.2012) «Котельные установки».

По этим нормативам режим работы котельного оборудования должен обеспечивать работу парового тракта, котла, теплового оборудования и тепловых сетей без отложения накипи и появления признаков коррозии на внутренних рабочих поверхностях.

