

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.182.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНГИБИТОРОВ
ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Магистерская диссертация на соискание
академической степени магистра теплоэнергетики
по специальности 6N0717 - ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Павлодар 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Допущен к защите:

Зав.кафедрой теплоэнергетики и металлургии,
д.т.н., профессор _____ А.С. Никифоров

Магистерская диссертация

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНГИБИТОРОВ
ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Специальность 6N0717 - ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Магистрант _____ С.П. Харченко

Научный руководитель,
д.т.н., профессор _____ А.И. Глазырин

Павлодар 2011

РЕФЕРАТ

Диссертация магистра теплоэнергетики, 63 с., 19 рис., 4 табл., 42 источника.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНГИБИТОРОВ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Объектом исследования являются Экибастузская ТЭЦ и система теплоснабжения города Сарань

Цель работы состоит в исследовании методов использования ингибиторов отложений ИОМС и ОЭДФ-Zn при работе систем теплоснабжения.

Рассмотрены физико-химические закономерности процессов коррозии и накипеобразования, влияние комплексонов на коррозионные процессы и процессы образования отложений в теплоэнергетическом оборудовании; механизм действия и характеристики ингибиторов накипеобразования и коррозии; обобщен опыт применения ингибиторов ИОМС и ОЭДФ-Zn для обработки подпиточной воды систем теплоснабжения, разработана схема подготовки подпиточной воды котельной ОАО «Сараньрезинотехника» позволяющая вести водно-химический режим безнакипным и с минимальной скоростью коррозии.

Содержание

	Введение	4
1	Способы снижения интенсивности образования отложений и скорости коррозии в системах теплоснабжения	7
2	Подготовки подпиточной воды тепловых сетей методом ионного обмена	9
3	Комплексный водно-химический режим	13
3.1	Физико-химические закономерности процессов накипеобразования	13
3.2	Влияние комплексонов на процессы образования отложений в теплоэнергетическом оборудовании	16
3.3	Физико-химические закономерности коррозионных процессов	18
3.4	Влияние комплексонов на коррозионные процессы	20
4	Механизм действия ингибиторов отложения солей	24
5	Характеристики основных применяемых ингибиторов	29
6	Применение ОЭДФ-Zn в системах теплоснабжения	36
7	Использование ингибиторов солеотложения для обработки воды тепловых сетей г.Экибастуза	40
7.1	Схема подготовки подпиточной воды теплосети г. Экибастуза	40
7.2	Использование ИОМС для обработки подпиточной воды тепловых сетей г. Экибастуза	44
8	Использование ингибиторов отложений для подготовки добавочной воды системы теплоснабжения г.Сарань	49
8.1	Принципиальная схема водогрейной котельной ОАО «Сараньрезинотехника»	49
8.2	Традиционная схема подготовки подпиточной воды котельной ОАО «Сараньрезинотехника» методом ионного обмена	49
8.3	Оценка эффективности схемы подготовки добавочной воды тепловой сети г. Сарани	53
8.4	Применение ингибиторов солеотложений для подготовки подпиточной воды тепловой сети г.Сарань	54
8.5	Разработка схемы ведения безкапипного водно-химического режима	56
	Выводы	59
	Список использованных источников	60

Введение

Актуальность работы. Необходимость проведения энергосберегающих мероприятий и внедрения ресурсосберегающих технологий в системах теплоснабжения является актуальной задачей сегодняшнего дня.

Сегодня в Казахстане действуют 42 системы центрального теплоснабжения, в которых задействованы 38 ТЭЦ и 28 крупных районных котельных. Более 50% теплотрасс Казахстана имеют возраст более 20 лет. Протяженность казахстанских магистральных и распределительных тепловых сетей превышает 7000 километров, а внутриквартальных тепловых и сетей от мелких котельных, по оценкам экспертов, достигает 15 тысяч километров [3].

Существующие системы теплоснабжения Казахстана характеризуются высокой повреждаемостью оборудования, одной из причин которых является не удовлетворительное качество подготовки добавочной воды.

Для обеспечения безаварийной работы котлов и другого теплоэнергетического оборудования систем теплоснабжения содержание примесей в воде не должно превышать предельных значений. Нормы примесей в водах станций и систем теплоснабжения указаны в "Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей" [1]. Борьба с накипеобразованием — основная задача, решаемая в процессе водоподготовки в теплоэнергетических системах, так как загрязнение поверхностей теплообменного оборудования отложениями минеральных солей приводит к снижению эффективности работы оборудования, а зачастую и выходу его из строя.

В процессе эксплуатации систем теплоснабжения и горячего водоснабжения, водогрейных котлов низкого давления при нагреве воды может достигаться пересыщение воды солями, в первую очередь карбонатом кальция, что приводит к образованию накипи на теплообменных поверхностях [2].

При высокой коррозионной агрессивности воды накопление соединений железа в воде определяет образование на теплообменных поверхностях железоокисных отложений. Наличие накипи и отложений приводит к ухудшению теплообмена, уменьшению эффективности работы оборудования, в ряде случаев к перегреву труб котлов, к экономическим потерям [4].

Отложения солей, кристаллизующихся в теплоносителе (воде) и образующих накипи на теплопередающих поверхностях (теплообменники, котлы) являются одной из главных причин снижения экономичности и эффективности работы оборудования, а зачастую и повышения его аварийности. Образование накипи на теплопередающих поверхностях приводит к значительному уменьшению теплопередачи. По статистике слой накипи в 1 мм снижает теплопередачу на 10%. Это ведет к эквивалентному перерасходу потребляемого энергоносителя [5].

В соответствии с "Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей" [1] и "Правилами устройства и безопасной эксплуатации

паровых и водогрейных котлов" [5] водно-химический режим должен обеспечивать работу оборудования повреждений его элементов и снижения экономичности, вызванных коррозией внутренних поверхностей, а также без образования накипи и шлама.

При появлении накипи в водоводяных теплообменниках для поддержания температуры нагреваемой воды приходится увеличить расход или температуру греющей воды, что приводит к дополнительным затратам. Энергетические потери возрастают и в пароводяных теплообменниках.

Совершенствование методов водоподготовки и водно-химических режимов является необходимым условием дальнейшего повышения надежности и экономичности работы систем теплоснабжения.

Цель работы – исследование методов использования ингибиторов ИОМС и ОЭДФ-Zn при работе систем теплоснабжения.

Основные научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:

- изучено влияния ингибитора отложений ИОМС на содержание железа в сетевой воде тепловой сети;
- обобщен опыт использования ингибиторов ОЭДФ-Zn и ИОМС;

Научная новизна работы:

При ведении водно-химических режимов с использованием ингибиторов отложений ИОМС и ОЭДФ-Zn даны рекомендации использовать пониженную дозировку реагента. Это позволит не отмывать поверхности оборудования от существующей накипи до металла и защитить металл от коррозионного воздействия.

При увеличении концентрации реагента вводимого в обрабатываемую воду возникают проблемы, связанные с образованием отложений из труднорастворимых продуктов его взаимодействия с катионами, находящимися в воде.

В данной работе разработана схема, позволяющая выводить часть образующихся взвешенных веществ из цикла системы теплоснабжения. Предлагаемая схема может быть использована при работе систем теплоснабжения малого объема.

Апробация работы. Основные материалы и результаты магистерской работы докладывались и обсуждались на Всероссийской научно-практической конференции «Теплофизические основы энергетических технологий» Томск (2010), Международной научно-практической конференции «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплоэлектротехнологиях» (Омск, 2010). Под руководством автора были подготовлены студенческие работы, которые докладывались и обсуждались на XXXVI и XXXVI I научно-практических конференциях МАН РК «Интеграция образования и науки – шаг в будущее» (ИнЕУ, 2010, 2011)

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми разделов, выводов. Материалы диссертации изложены на 63 страницах компьютерного текста, содержат 4 таблицы, 19 рисунков, список использованных источников из 42 наименований.

1 Способы снижения интенсивности образования отложений и скорости коррозии в системах теплоснабжения

Надежная работа тепловых сетей и связанных с ней подогревателей сетевой воды и водогрейных котлов может быть обеспечена только при соблюдении норм водно-химического режима [4]. Прежде всего, недопустимо восполнение потерь сетевой воды необработанной водой, т.к. это может привести к

образованию кальциевых отложений на теплопередающих поверхностях и развитию коррозионных процессов [10].

На рисунке 1.1 приведена схема подготовки сетевой воды в централизованных системах теплоснабжения. Данная схема может быть применена как для подготовки воды в водогрейных котельных, так и на ТЭЦ. При подготовке воды по данной схеме на ТЭЦ в качестве пикового источника тепла может использоваться так водогрейный котел, так и пиковый сетевой подогреватель.

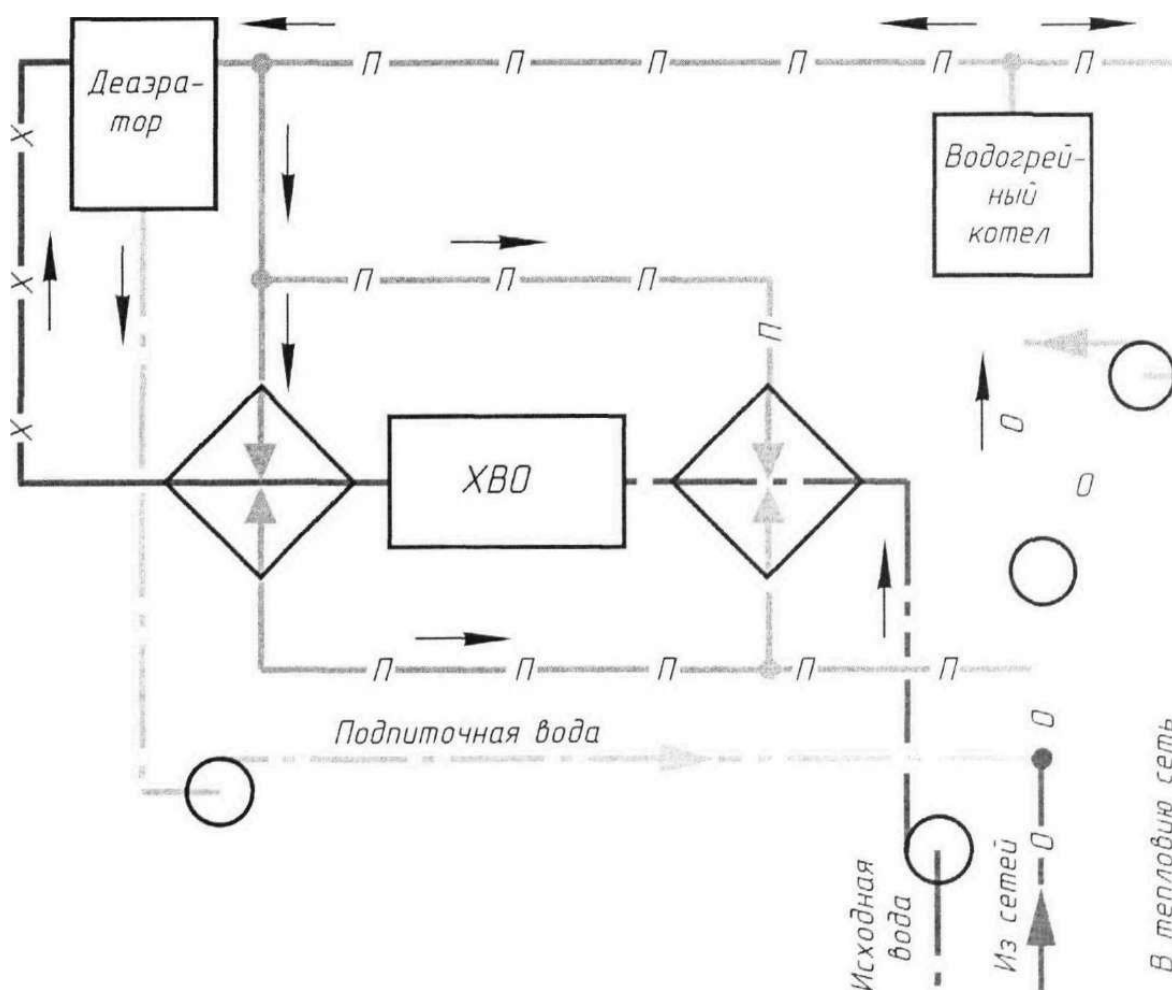


Рисунок 1.1

Подогреватели сетевой воды имеют большие поверхности теплообмена. В качестве конструкционных материалов для изготовления подогревателей могут использоваться углеродистая сталь и латунь.

Для подготовки подпиточной воды в тепловых сетях используются различные методы, направленные на поддержание качества воды в соответствии с нормами ПТЭ [1]. Основным показателем качества сетевой воды считается значение карбонатного индекса I_k (мг-экв/дм), под которым понимают произведение общей щелочности на кальциевую жесткость воды. В

таблице 1.1 приведены значения карбонатного индекса для водогрейных котлов в соответствии с нормами ПТЭ [1].

Таблица 1.1

Нормативные значения I_k при нагреве сетевой воды в водогрейных котлах в зависимости от pH сетевой воды

Температура нагрева сетевой воды, °С	I_k (мг-экв/дм ³) ² при значениях pH			
	Не выше 8,5	8,51 -8,8	8,81 -9,2	Выше 9,2
70-100	3,2	2,3	1,8	1,5
101-120	2,0	1,5	1,2	1,0
121-140	1,5	1,2	1,0	0,7
141-150	1,2	1,0	0,8	0,5
151-200	0,8	0,7	0,5	0,3

Для предотвращения образования различного рода отложений на поверхностях теплообменного оборудования систем теплоснабжения разработано большое количество методов, реализуемых воздействием на рабочие жидкости или теплообменные поверхности. Наиболее перспективными методами предотвращения накипеобразования являются физико-химические и в первую очередь — обработка воды соединениями на основе комплексонов. При стабилизационной обработке воды с помощью ингибиторов солеотложений, в подпиточную воду вводятся химикаты, препятствующие образованию накипи.

Как известно, в исходной воде содержится большое количество растворенных минеральных солей, газов, органических примесей и др., все они крайне отрицательно влияют на состояние водогрейного оборудования, вызывая интенсивную коррозию и образуя отложения в виде накипи, которая в свою очередь нарушает гидрорежим котла, теплообмен и т.п. [10]. В целях предотвращения этих нежелательных воздействий используют специальные методы для обработки воды.

2 Подготовка подпиточной воды тепловых сетей методом ионного обмена

Наиболее полно современные требования к качеству сетевой и подпиточной воды централизованных систем теплоснабжения изложены в ПТЭ [1]. В сетевой воде свободная угольная кислота должна отсутствовать; значение pH для открытых систем теплоснабжения от 8,3 до 9,0; закрытых — от 8,3 до 9,5; содержание соединений железа - 0,3 или 0,5 мг/дм³ соответственно для

открытых и закрытых систем; содержание растворенного кислорода - не более 20 мг/дм³; количество взвешенных веществ - не более 5 мг/дм³; содержание нефтепродуктов соответственно 0,1 или 1,0 для открытых и закрытых систем теплоснабжения. По согласованию с санитарными органами содержание соединений железа в открытых системах теплоснабжения допускается 0,5 мг/дм³.

Качество воды для подпитки закрытых тепловых сетей должно удовлетворять следующим нормам: свободная угольная кислота должна отсутствовать; значение pH - от 8,3 до 9,5; содержание растворенного кислорода - не более 50 мг/дм³; количество взвешенных веществ - не более 5 мг/дм³; содержание нефтепродуктов - не более 1,0 мг/дм³. Качество подпиточной воды открытых систем теплоснабжения (с непосредственным водоразбором) должно удовлетворять действующим нормам для питьевой воды. Значение pH должно быть в диапазоне от 8,3 до 9,0.

Вода, предназначенная для технологических процессов, часто не соответствует нормам и требованиям и содержит растворенные соли, механические и органические примеси, а также кислород и углекислый газ. Это приводит к образованию накипи и отложений, коррозии, как в теплоэнергетическом оборудовании, так и во всей системе теплоснабжения.

Для удовлетворения требований к качеству воды возникает необходимость специальной физико-химической обработки природной воды - химводоподготовки.

Химводоподготовка призвана улучшить качества воды до норм, обеспечивающих безаварийную эксплуатацию оборудования и включает следующие технологические стадии обработки воды:

- а) освобождение воды от взвешенных, органических веществ и коллоидных примесей;
- б) умягчение;
- в) удаление из воды агрессивных газов O₂ и CO₂;
- г) коррекционная обработка.

Температура воды в тепловых сетях колеблется от 70 до 150°C. Основным накипеобразователем в тепловых сетях является карбонат кальция CaCO₃. Для снижения коррозионной активности воды, при подготовке подпиточной воды тепловых сетей, как правило, используют такие методы, как одноступенчатое нагрий-катионирование, известкование, подкисление серной кислотой для снижения щелочности, умягчение в H-катионитовых фильтрах с «голодной» регенерацией [6].

При высокой загрязненности исходной воды взвешенными и коллоидными веществами вода предварительно подвергается коагуляции и фильтрации в механических фильтрах. После водоподготовки вода для предупреждения коррозии металла должна проходить деаэрацию.

Для удаления минеральных солей используются ионообменные фильтры, в которых происходит замещение катионов накипеобразующих элементов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} на катионы Na^+ или H^+ , т.е. происходит удаление солей жесткости из исходной воды. В зависимости от качества исходной воды для приготовления подпиточной воды тепловых сетей требуется применение Na-катионирования в несколько ступеней, либо "голодное" водород-катионирование с буферными фильтрами.

Схемы включения натрий- и водород-катионитовых фильтров с «голодной» регенерацией приведены на рисунках 2.1 и 2.2

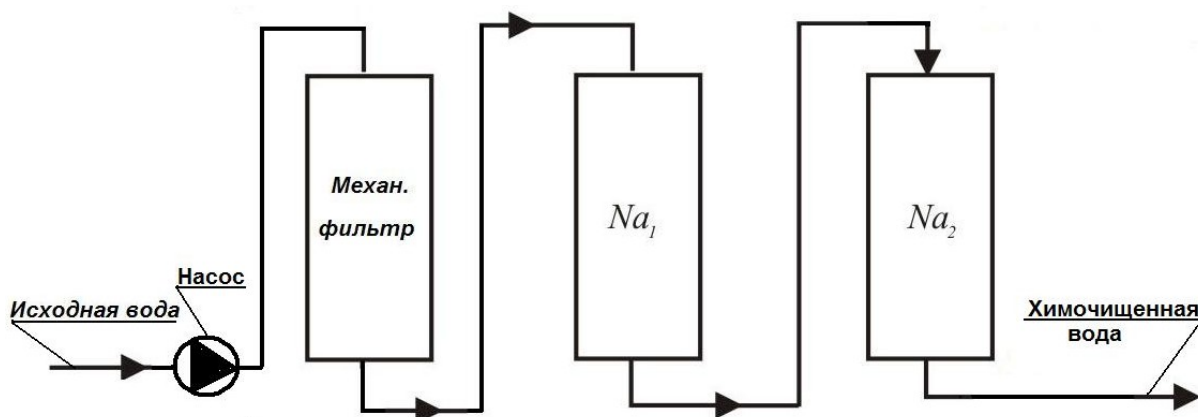


Рисунок 2.1 Принципиальная схема водоподготовительной установки с Na-катионитовыми фильтрами

При натрий-катионировании происходит удаление только ионов кальция и магния, при водород-катионировании помимо катионов кальция и магния, удаляются также катионы натрия, калия, при этом изменяется щелочность воды. При умягчении воды на ионообменных фильтрах происходит снижение жесткости химически очищенной воды по сравнению с исходной до 600-1200 раз.

Регенерация Na-катионитовых фильтров осуществляется раствором поваренной соли NaCl , а H-катионитовых фильтров с «голодной» регенерацией - серной кислотой. Это приводит к образованию большого количества сточных вод.

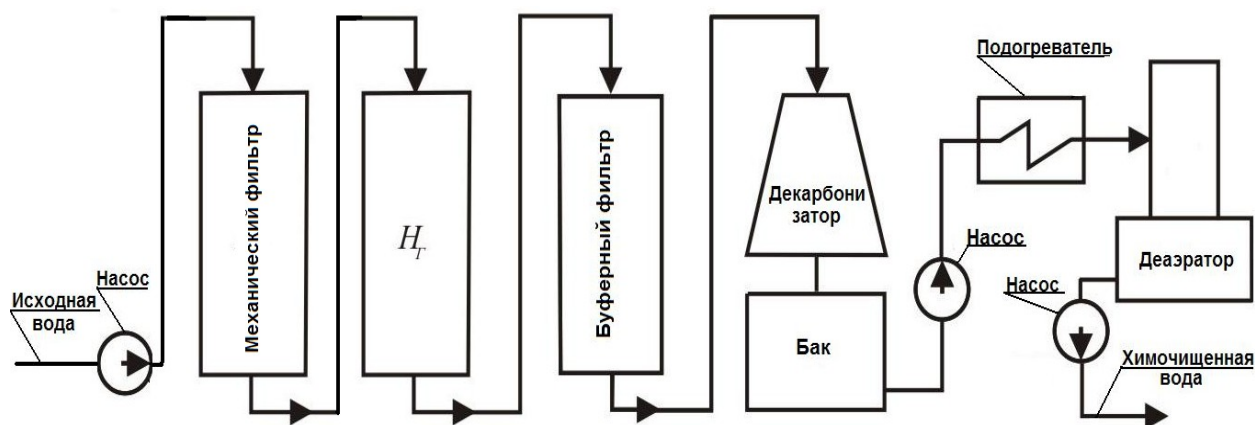


Рисунок 2.2 Принципиальная схема водоподготовительной установки по схеме: предочистка, водород-катионирование, буферные фильтры, декарбонизация, деаэрация

При работе водоподготовительных установок выполняется большое количество химических анализов.

Основными недостатками использования ионообменных фильтров для подготовки подпиточной воды теплосети являются [8]:

- громоздкость оборудования;
- высокая стоимость оборудования;
- большой объем сточных вод;
- высокие энергозатраты на эксплуатацию;
- «проскоки» жесткости;
- значительные потери ионообменных материалов при работе фильтра;
- коррозия оборудования.

К недостаткам умягчения воды на натрий-катионитовых фильтрах относятся так же потребление в больших количествах соли, расход воды на собственные нужды химводоочистки и загрязнение водоемов сточными водами, содержащими хлориды в высоких концентрациях. При умягчении воды на водород-катионитовых фильтрах требуется значительный расход кислоты. Следует отметить, что нейтрализация и утилизация засоленных и кислых сточных вод ТЭС является одной из экологических проблем [9]. В настоящее время затраты на реализацию различных предложений по обработке и утилизации стоков зачастую превышают стоимость самой водоподготовки.

Данный способ водоподготовки получил значительное распространение и широко использовался в теплоэнергетических системах в XX в. Как следствие, катионитовые и сульфугольные фильтры часто встречаются в котельных промышленного и жилищно-коммунального назначения. Однако из-за дороговизны и громоздкости оборудования, трудоёмкости процесса и постоянного загрязнения окружающей среды отработанными регенерирующими

растворами в настоящее время описанный способ борьбы с накипеобразованием следует считать устаревшим, а его применение - нежелательным.

Сегодняшнее состояние экономики и окружающей среды диктует применение альтернативных умягчению экологически чистых, дешевых технологических решений при подготовке подпиточной воды тепловых систем [11].

3 Комплексный водно-химический режим

Задачей водно-химического режима теплоэнергетических систем является предотвращение или снижение интенсивности коррозии и накипеобразования до допустимых пределов.

3.1 Физико-химические закономерности процессов накипеобразования

Процессы образования осадков происходят в теплоэнергетических системах когда в процессе функционирования системы раствор труднорастворимых примесей, присутствующих в воде, становится пересыщенным, а также если в системе имеются центры кристаллизации труднорастворимых соединений.

Пересыщение воды труднорастворимыми примесями может быть вызвано:

- уменьшением растворимости малорастворимых соединений при повышении параметров теплоносителя;
- протеканием химических реакций с образованием труднорастворимых соединений;
- повышением концентрации малорастворимых соединений вследствие упаривания воды в процессе работы теплоэнергетических систем (парогенераторных установок).

К числу малорастворимых соединений, растворимость которых уменьшается при повышении температуры воды, относятся щёлочноземельных металлов, в частности, сульфат кальция CaSO_4 и карбонат кальция CaCO_3 . Зависимости растворимости CaSO_4 и CaCO_3 от температуры воды показаны на рисунке 3.1 При наличии в подпиточной воде примесей CaSO_4 и CaCO_3 в виде ненасыщенного раствора при нагревании воды раствор этих соединений может стать пересыщенным, и растворённые соединения могут выпадать в осадок. Особенно сильно уменьшается растворимость CaSO_4 при температуре воды более 200°C .

Основной причиной образования отложений в системах теплоснабжения и в энергетическом оборудовании при температуре воды до 200°C является термический распад солей жесткости



Термический распад протекает при температурах выше 50°C и с ростом температуры скорость этих реакций быстро возрастает. Концентрация CaCO_3 и MgCO_3 в водном растворе повышается и когда концентрация этих солей превысит их растворимость при данной температуре, раствор становится пересыщенным и вследствие этого карбонаты кальция и магния могут выпадать в осадок в том случае, если в системе присутствуют центры кристаллизации.

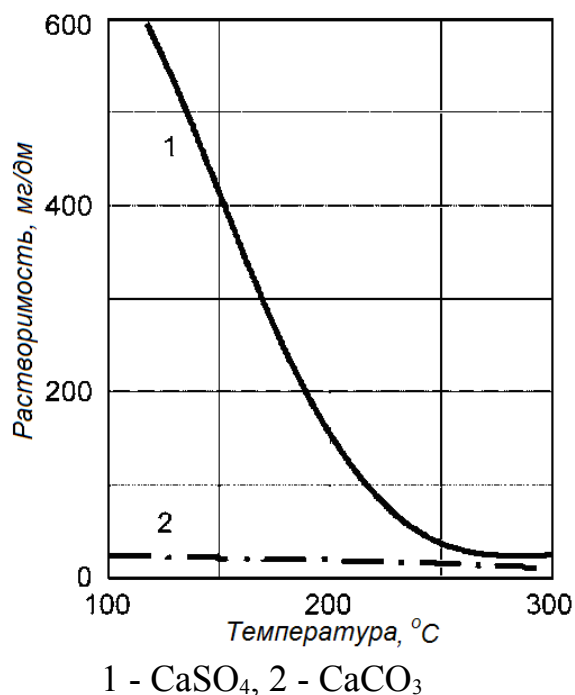


Рисунок 3.1 Зависимость растворимости в воде труднорастворимых соединений кальция от температуры [8]

Условием образования осадка является наличие в системе центров кристаллизации. Центры кристаллизации необходимы для снижения потенциального барьера начала кристаллизации. В отсутствие центров кристаллизации раствор может значительное время оставаться стабильным, несмотря на значительное пересыщение. Центрами кристаллизации могут служить любые неоднородности среды или поверхности, как то: неоднородности химического состава, инородные частицы, заострённые углы и заусенцы, значительные градиенты температуры, давления.

Осадки, образующиеся в теплоэнергетическом оборудовании при его работе, подразделяются на накипи и шламы. Деление осадков на накипи и шламы имеет эмпирический характер. При этом вещества одного и того же химического состава могут образовывать осадки как в виде накипей, так и в виде шламов, в зависимости от условий образования осадка. Под действием тех или иных физико-химических факторов накипь может подвергаться дезинтеграции, отделяться от поверхности оборудования и превращаться в шлам. Напротив, в застойных зонах под действием силы тяжести или инерционных (центробежной или кориолисовой) сил шлам может скапливаться, уплотняться и превращаться в слой накипи.

Процесс первичного накипеобразования происходит на поверхностях оборудования, омываемых водой, пересыщенной труднорастворимыми примесями, в случае, если на поверхности имеются центры кристаллизации в

виде структурных неоднородностей металла (сварных швов, вкраплений посторонних материалов, границ зёрен металла). Вследствие этого кристаллы накипи оказываются прочно сцепленными с поверхностью, и постепенно формируется прочно удерживающийся на поверхности слой первичной накипи.

Процесс вторичного накипеобразования начинается в зонах, где скорость потока воды мала и шлам собирается в пристенной зоне (как то: в нижних коллекторах котлов, глухих участках трубопроводов, резких расширениях, поворотах и проч.). Если при этом слой шлама омывается потоком воды, пересыщенной труднорастворимыми соединениями, то эти последние кристаллизуются в слое шлама и образуют мостики, соединяющие частицы шлама между собой и с поверхностью теплоэнергетического оборудования. В результате образуется связный, сцепленный с поверхностью оборудования осадок - вторичная накипь.

Вредное влияние накипи на работу теплоэнергетических систем определяется следующими факторами:

- слой накипи сужает просвет труб и каналов и создаёт дополнительное сопротивление движению воды;
- накипь снижает коэффициент теплопередачи через поверхность, на которой она образуется, а это препятствует нормальной работе теплоэнергетического оборудования и влечёт за собой перегрев поверхностей нагрева котлов и большие потери тепла с уходящими газами;
- под слоем накипи может происходить накопление примесей, вызывающих ускоренную коррозию металла.

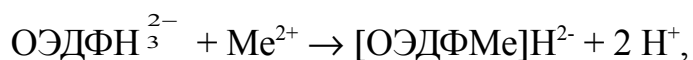
Предотвращение накипеобразования возможно за счёт:

- снижения концентрации труднорастворимых солей ниже величины их растворимости при наиболее высокой температуре воды, возможной в данной теплоэнергетической системе, путём их удаления или перевода в растворимую форму;
- преобразования осадка труднорастворимых солей из формы накипи в форму шлама с последующим удалением шлама в дренаж.

Снижение концентрации труднорастворимых солей осуществляют путём ионного обмена - замены катионов щёлочноземельных металлов (кальция и магния) на катионы натрия или водорода. Однако из-за дороговизны и громоздкости оборудования, трудоёмкости процесса и постоянного загрязнения окружающей среды отработанными регенерирующими растворами в настоящее время описанный способ борьбы с накипеобразованием следует считать устаревшим, а его применение - нежелательным.

3.2 Влияние комплексонов на процессы образования отложений в теплоэнергетическом оборудовании

Снижение концентрации труднорастворимых солей без удаления из водной среды соответствующих ионов возможно путём перевода этих ионов в хорошо растворимые соединения. Так оксиэтилидендифосфонатанион взаимодействует с катионами кальция и магния с образованием хорошо растворимых в воде комплексных соединений хелатной структуры



где Me = Ca, Mg. Данные соединения более устойчивы, чем карбонаты кальция и магния, поэтому равновесие



сильно смещено вправо. Следовательно, при введении в водную среду ОЭДФК или других комплексонов концентрация труднорастворимых соединений щёлочноземельных металлов (в первую очередь, карбонатов кальция и магния) снижается и снижается интенсивность накипеобразования. Однако для того, чтобы таким путём значительно снизить интенсивность накипеобразования, необходимо вводить комплексон в количествах, соизмеримых со стехиометрическими. Так, например, ОЭДФК потребовалось бы вводить из расчёта около 100 мг/дм³ на каждый мг-экв/дм³ жёсткости воды. Очевидно, что столь значительные добавки ОЭДФК или других комплексонов требуют больших затрат и могут привести к ускоренной коррозии теплоэнергетического оборудования.

Высокая экономичность комплексонного водно-химического режима и его высокая эффективность в отношении ингибирования как коррозии, так и накипеобразования, объясняется тем, что небольшие количества производных фосфоновой кислоты (0,005 ... 0,02 от стехиометрических количеств) изменяют механизм кристаллизации труднорастворимых солей щёлочноземельных металлов, препятствуя образованию накипи и преобразуя осадки в форму тонкодисперсного шлама, не склонного к вторичному накипеобразованию. Поэтому введение в воду теплоэнергетических систем небольших количеств производных фосфоновой кислоты позволяет перевести осадки труднорастворимых соединений в форму шлама.

Получающийся в этом случае шлам присутствует в воде в виде тонкодисперсной взвеси, легко удаляемой из системы. В открытых тепловых сетях (системах ГВС) удаление труднорастворимых соединений происходит в процессе нормального водоразбора. В этом случае концентрация труднорастворимых соединений в горячей воде такая же, как и в подпиточной воде.

Из закрытых систем теплоснабжения труднорастворимые соединения удаляются с неизбежными утечками воды через неплотности системы.

Труднорастворимые соединения из паровых котлов выводятся с непрерывной или периодической продувкой.

При правильном выборе комплексона и его надлежащей дозировке накипь в теплоэнергетической системе не образуется.

Комплексонный водно-химический режим может являться как бесшламовым, так и шламовым в зависимости от карбонатного индекса воды, температуры и дозировки комплексона. Карбонатным индексом I_K , $(\text{мг-экв/дм}^3)^2$ называется произведение кальциевой жёсткости воды $Ж_{Ca}$, мг-экв/дм^3 , на её щёлочность по метиловому оранжевому $Щ_{MO}$, мг-экв/дм^3 :

$$I_K = Ж_{Ca} Щ_{MO}.$$

В случае применения ОЭДФК и её производных определить является ли комплексонный водно-химический режим бесшламовым или шламовым, можно с достаточной для инженерной практики точностью по номограммам, приведённым на рисунке 3.2 [9].

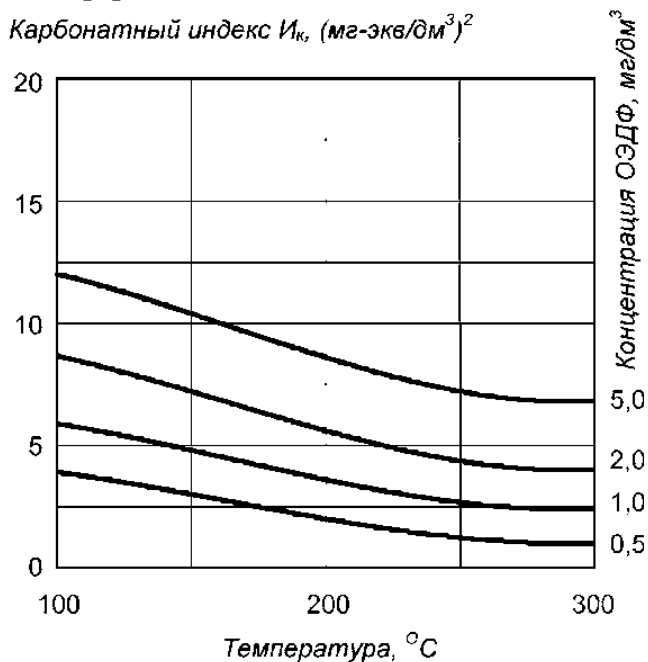


Рисунок 3.2 Номограмма для определения областей шламового и бесшламового водно-химического режима при обработке воды ОЭДФК и препаратами на ее основе

При использовании ОЭДФК не в чистом виде, а виде комплексных соединений или солей, концентрацию комплексона следует пересчитать в эквивалентную концентрацию ОЭДФК по формулам:

$$S_{\text{ОЭДФК}} = S_K \frac{206}{M_K},$$

где $S_{\text{ОЭДФК}}$ – эквивалентная концентрация ОЭДФК, мг/дм³;

$S_{\text{К}}$ – фактическая концентрация комплексона, мг/дм³;

$M_{\text{К}}$ – молекулярная масса комплексона.

Для каждой величины концентрации комплексона соответствующая кривая на каждой номограмме делит поле «температура - карбонатный индекс» на две области. Ниже кривой лежит область бесшламовых водно-химических режимов, а выше кривой - область шламовых водно-химических режимов.

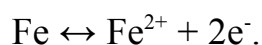
Применение комплексонного водно-химического режима рекомендовано в интервале значений карбонатного индекса воды 0 ... 8 (мг-экв/дм³)² [9]. Однако авторы успешно обеспечивали безнакипный комплексонный водно-химический режим систем ГВС при значении карбонатного индекса воды до 24 (мг-экв/дм³)² [11, 12]. Отсюда можно сделать вывод о возможности ведения комплексонного водно-химического режима при весьма больших величинах карбонатного индекса воды. На практике рекомендуется в каждом конкретном случае провести экспериментальную проверку ингибирующей способности комплексона по отношению к составу примесей воды, используемой в данном случае, и подобрать оптимальную концентрацию комплексона, обеспечивающую необходимый водно-химический режим.

3.3 Физико-химические закономерности коррозионных процессов

Коррозия основных элементов теплоэнергетического оборудования и трубопроводов систем теплоснабжения является следствием электрохимических процессов. Разрушение стали происходит как вследствие взаимодействия с водой, так и с ионами, образующимися при электролитической диссоциации растворённых в воде веществ.

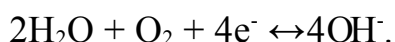
Электрохимический процесс коррозии включает анодный и катодный процессы.

Анодный процесс - растворение железа в воде описывается уравнением



Важную роль в процессе растворения играют присутствующие в воде анионы, в том числе SO_4^{2-} , Cl^- , OH^- .

Катодный процесс - восстановление кислорода в нейтральных и щелочных средах протекает по реакции



Кислород интенсивно расходуется в процессе коррозии, причем на 1 г кислорода растворяется в общем случае 3,5 г железа.

Схема протекания электрохимических процессов коррозии железа в водной среде показаны на рисунке 3.3.

Исследованиями, проведенными в ВТИ [13], установлено, что жидкость внутри язвы имеет кислую реакцию, несмотря на щелочную реакцию сетевой воды.

Под воздействием благоприятных факторов, таких как высокая температура, присутствие в воде агрессивных газов O_2 и CO_2 , низкое значение pH, повышенное содержание сульфатов, хлоридов, железа и др., язвы интенсивно развиваются и переходят в свищи.

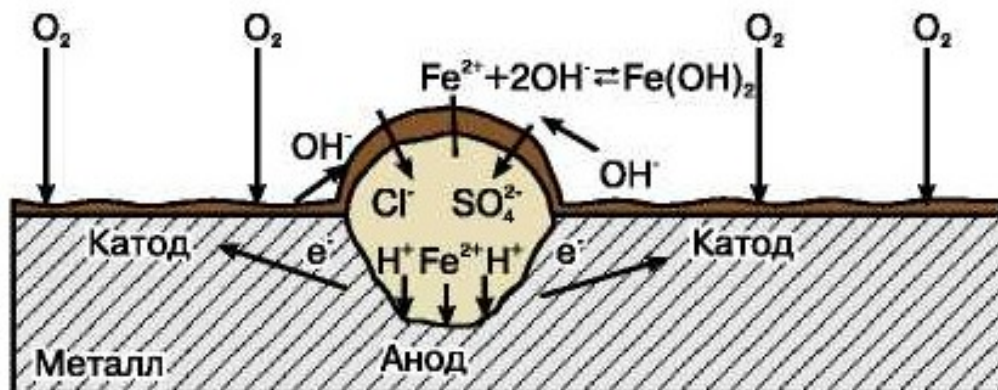


Рисунок 3.3 Схема протекания электрохимических процессов коррозии железа в водной среде

В соответствии с «Правилами технической эксплуатации» [1], вода систем теплоснабжения должна иметь слабощелочную реакцию. В этих условиях коррозия железа протекает с катодным контролем, причём интенсивность процесса коррозии определяется скоростью диффузии кислорода к поверхности металла.

Предельно допустимая концентрация кислорода ограничена нормативно-технической документацией [1, 2] и составляет для тепловых сетей не более 50 мг/дм^3 . Снизить концентрацию кислорода в воде можно путем проведения деаэрации, либо путем химического обескислороживания.

Толщина гидродинамического пограничного слоя $\delta_{\text{г}}$ определяется

$$\delta_{\text{г}} = \frac{d}{Sh},$$

где d - характерный линейный размер, м;

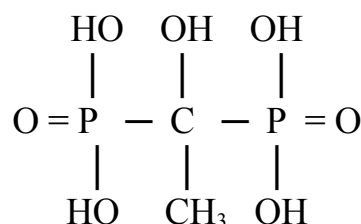
Sh - безразмерная величина, называемая критерием Шервуда и характеризующая гидродинамический режим.

С уменьшением скорости воды в трубопроводах уменьшается и скорость коррозии металла. Однако при этом происходит уменьшение теплоотдачи от металлической стенки к воде, что может привести к перегреву металла.

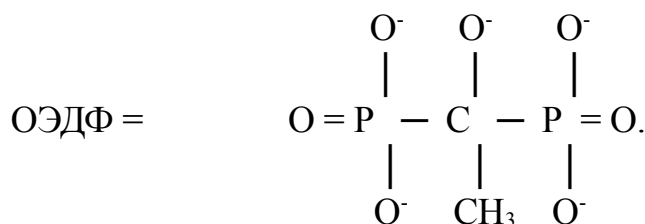
Поэтому для того, чтобы одновременно добиться большого диффузионного сопротивления и малого теплового сопротивления плёнки, необходимо стремиться к получению плёнок с высокой плотностью. Это достигается, если плёнка формируется из веществ с большой молекулярной массой, плотной кристаллической решёткой и малой пористостью. Защитная плёнка должна прочно сцепляться с поверхностью металла. Все эти условия могут быть выполнены, если плёнка содержит комплексные соединения металлов с большой атомной массой (железа, меди, цинка).

3.4 Влияние комплексонов на коррозионные процессы

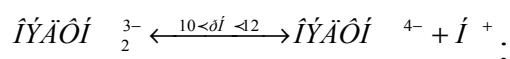
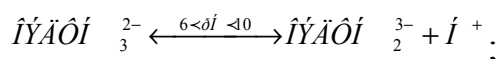
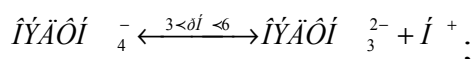
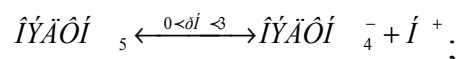
В качестве комплексонов при работе систем теплоснабжения используются производные оксиэтилидендифосфоновой кислоты. Оксиэтилидендифосфоновая кислота имеет формулу

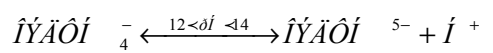


и может быть представлена в виде ОЭДФН₅, где

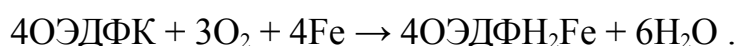
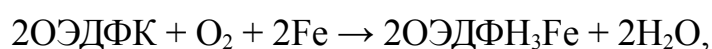


В водной среде ОЭДФК диссоциирует в зависимости от pH:

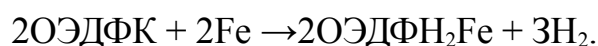




Растворы ОЭДФК имеют кислую реакцию. Присутствующие в них ионы H^+ нейтрализуют гидроксил-ионы OH^- , смещая равновесие вправо и ускоряя тем самым кислородную деполяризацию. При $\text{pH} < 4$ протекает водородная деполяризация. Оба эти процесса ускоряют коррозию железа, которое переходит в раствор в виде ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . Ионы железа вступают в реакцию с оксиэтилендифосфонат-ионами. Суммарный процесс коррозии железа в нейтральной и слабокислой водной среде в присутствии ОЭДФК может быть описан уравнениями

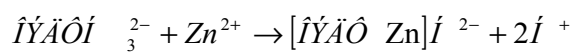


Коррозия железа в кислых водных средах в присутствии ОЭДФК происходит по следующим уравнениям

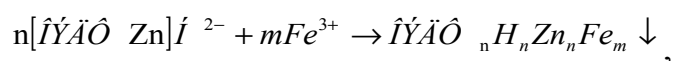
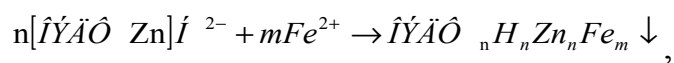


Введение оксиэтилендифосфоновой кислоты ОЭДФК в чистую воду ускоряет процесс коррозии железа и стали [9].

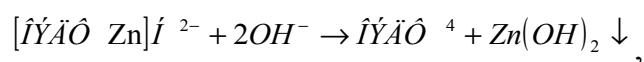
Совершенно иная картина наблюдается в случае, когда наряду с ОЭДФК в водном растворе присутствуют многозарядные катионы металла, как то: меди, цинка, кальция, магния и проч. Когда в водной среде присутствуют ОЭДФК и ионы цинка оксиэтилендифосфонат-анион взаимодействует с катионами цинка по уравнению



с образованием комплексного аниона оксиэтилендифосфона-тоцинката $[\text{OEDP} \cdot \text{Zn}]^{2-}$ остающегося в растворе. При нейтральной или щелочной реакции водной среды в приповерхностном слое содержатся ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} (на анодных участках) и OH^- (на катодных участках). Установлено [13], что в приповерхностном слое анодных участков оксиэтилендифосфона-тоцинкат-анионы реагируют с катионами железа, образуя прочные гетерометаллические полиядерные комплексы с полимерной структурой:



практически нерастворимые в воде. В приповерхностном слое катодных участков оксиэтилидендифосфонатоцинкат-анионы вступают в обменную реакцию с гидроксил-анионами



с образованием устойчивого и практически нерастворимого в воде гидроксида цинка. Указанные нерастворимые соединения образуют на поверхности металла плотную, прочную тонкую плёнку, защищающую металл от коррозии.

ОЭДФК в присутствии катионов цинка замедляет процесс коррозии железа и сплавов на его основе. Имеющиеся сведения о влиянии добавок ОЭДФК в чистом виде [9] и ОЭДФК в сочетании с соединениями цинка подтверждают эти выводы (рисунок 3.4)



1 – ОЭДФК; 2 – ОЭДФНЗнNa₂

Рисунок 3.4 – Зависимость относительной интенсивности коррозии углеродистой стали в нейтральной среде от концентрации ингибиторов [9]

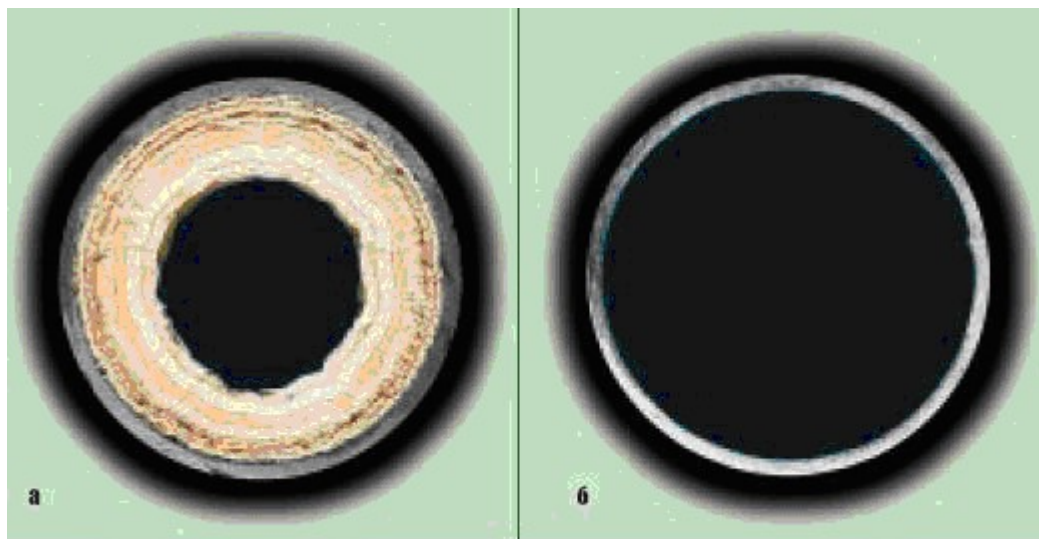
В чистой воде, не содержащей ионов кальция и магния, комплексоны на основе производных фосфоновой кислоты слабо ингибируют коррозию железа за счёт торможения анодного процесса. При этом в интервале концентрации комплексона от 0 до 50 мг/дм³ (в пересчёте на PO₃H₂) за счёт торможения анодного процесса удаётся снизить скорость коррозии на величину до 30%. При

более высокой концентрации комплексона скорость коррозии возрастает за счёт ускорения катодного процесса. Поэтому, если возникает необходимость ведения комплексонного водно-химического режима в условиях низкой общей жёсткости воды ($J_0 < 2$ мг-экв/дм³), что бывает при использовании природно-мягкой или умягчённой воды, необходимо использовать для коррекционной обработки воды препараты, содержащие многозарядные катионы металлов, например, оксиэтилидендифосфонатоцинкат натрия. В том случае, если вода имеет существенную жёсткость ($J_0 > 2$ мг-экв/дм³), введение препаратов ОЭДФК, НТФК или их натриевых солей в концентрациях не более 100 мг/дм³ позволяет значительно (на 80 ... 95%) снизить скорость коррозии за счёт торможения как анодного, так и катодного процессов образующейся защитной плёнки.

4 Механизм действия ингибиторов отложения солей

Соли жесткости имеют малую растворимость в воде, поэтому незначительное повышение концентрации этих солей над предельной по растворимости приводит к их кристаллизации. Причиной кристаллизации могут служить наличие нерастворимых соединений в воде, перемешивание, повышение температуры.

При нагреве воды в процессе работы системы теплоснабжения происходит термический распад присутствующих в ней гидрокарбонат-ионов с образованием карбонат-ионов. Карбонат-ионы, взаимодействуя с присутствующими в избытке ионами кальция, образуют зародыши кристаллов карбоната кальция. На поверхности зародышей осаждаются все новые карбонат-ионы и ионы кальция, вследствие чего образуются кристаллы карбоната кальция, в котором часто присутствует карбонат магния в виде твердого раствора замещения. Осаждаясь на стенках теплотехнического оборудования, эти кристаллы срастаются, образуя накипь (рисунок 4.1, а) [14].



а - по истечении двух лет работы на воде жесткостью 8 до 12 мг-экв/дм³;
б – через шесть месяцев после обработки воды ингибитором ИОМС-1.

Рисунок 4.1 Разрез внутриквартального 89 мм трубопровода горячего водоснабжения

Ввод ингибиторов отложений солей в воду влияет на индукционный период процесса кристаллизации, т.е. период образования зародышей кристаллической формы.

Механизм ингибирования кристаллизации солей в присутствии комплексонов мало изучен. Однако считается, что образование кристаллического вещества из раствора происходит в несколько стадий:

1 стадия – возникновение зародышей. Под зародышами понимают минимальное количество новой фазы, способное к самостоятельному существованию;

2 стадия – рост зародышей до критического размера, после чего зародыш становится устойчивым. На этой стадии зародыши могут самопроизвольно растворяться;

3 стадия – дальнейший рост зародышей или собственно кристаллизация. Причем, если величина кристаллов не превышает 10^{-8} м, то образуется, как правило, коллоидная система, то есть мы имеем дело с пересыщенным, но достаточно стабильным раствором. Если кристаллы растут далее, то возможно образование осадка или шлама в растворе.

Основным компонентом, обеспечивающим противонакипную активность всех рассматриваемых ингибиторов, являются **органوفосфонаты** - соли органических фосфоновых кислот. При введении органوفосфонатов в воду, содержащую ионы кальция, магния и других металлов они образуют весьма прочные химические соединения - комплексы. Во многие современные

ингибиторы органофосфонаты входят уже в виде комплексов с переходными металлами, главным образом с цинком. Комплексы органофосфонатов адсорбируются (осаждаются) на поверхности зародышей кристаллов карбоната кальция, препятствуя дальнейшей кристаллизации карбоната кальция. Поэтому при введении в воду 1-10 г/м³ органофосфонатов накипь не образуется даже при нагревании очень жесткой воды (рисунок 4.1, б) [14].

Комплексы органофосфонатов способны адсорбироваться не только на поверхности зародышей кристаллов, но и на металлических поверхностях. Образующаяся тонкая пленка затрудняет доступ кислорода к поверхности металла, вследствие чего скорость коррозии металла снижается. Однако наиболее эффективную защиту металла от коррозии обеспечивают ингибиторы на основе **комплексов органических фосфоновых кислот** с цинком и некоторыми другими металлами, которые были разработаны и внедрены в практику профессором Ю.И. Кузнецовым. В приповерхностном слое металла эти соединения способны распадаться с образованием нерастворимых соединений гидроксида цинка, а также комплексов сложной структуры, в которых участвует много атомов цинка и железа. В результате этого образуется тонкая, плотная, прочно сцепленная с металлом пленка, защищающая металл от коррозии. Степень защиты металла от коррозии при использовании таких ингибиторов может достигать 98%.

Современные препараты на основе **органофосфонатов** не только ингибируют солеотложения и коррозию, но и постепенно разрушают застарелые отложения накипи и продуктов коррозии. Это объясняется образованием в порах накипи поверхностных адсорбционных слоев органофосфонатов, структура и свойства (например, коэффициент температурного расширения) которых отличаются от структуры кристаллов накипи. Возникающие при эксплуатации системы отопления колебания и градиенты температуры приводят к расклиниванию кристаллических сростков накипи. В результате накипь разрушается, превращаясь в тонкую взвесь, легко удаляемую из системы. Поэтому при введении препаратов, содержащих органофосфонаты, в системы отопления с большим количеством застарелых отложений накипи и продуктов коррозии, необходимо регулярно спускать отстой из фильтров и грязевиков, установленных в нижних точках системы. Спуск отстоя следует производить, в зависимости от количества отложений, 1-2 раза в сутки, из расчета подпитки системы чистой, обработанной ингибитором, водой в количестве 0,25-1% водного объема системы в час. Необходимо отметить, что при повышении концентрации ингибитора свыше 10-20 г/м³ накипь разрушается с образованием весьма грубых взвесей, способных забить узкие места системы отопления. Поэтому передозировка ингибитора в этом случае грозит засорением системы.

Изучение процессов кристаллизации показывает, что ввод ингибитора, например НТФ, не влияет на скорость роста центра кристаллизации, но влияет на образование новых центров кристаллизации. Установлено, что введение ОЭДФ ингибирует кристаллизацию CaCO_3 изменяя форму кристалла до округлой. Возможен процесс адсорбции, приводящий к снижению поверхностного натяжения на границе зародыш-раствор.

Применение только ингибиторов отложений солей часто приводит к коррозии оборудования, величина которой зависит от дозы ингибитора и температуры среды, от состава воды и величины рН. На практике желательно использовать композиции, обладающие комплексным действием (дополнительно вводятся триполифосфат, динатрийфосфат, т.е. соли фосфорной кислоты).

Стабилизирующее действие ингибиторов солеотложений зависит от химического состава воды, концентрации ингибитора, условий работы системы и колеблется от нескольких минут до нескольких суток. Концентрацию ингибитора следует выбирать минимально необходимой, с тем, чтобы при поступлении воды в отстойник системы обеспечения более полный вывод карбоната кальция в шлам. В отстойнике заканчивается стабилизирующее действие ингибитора. В качестве отстойника может быть принята емкость, где скорость воды значительно снижается. Лучшим вариантом следует считать использование в качестве **отстойника емкости загруженной золой от сжигания угля**, на которой сорбируется карбонат кальция и ингибитор солеотложений. Через отстойник может пропускаться только часть циркулирующей воды (около 10-15 %) в постоянном режиме или же подается часть воды периодически через фильтр. Вода очищенная в фильтре может и должна подаваться обратно в систему циркуляции. При таком режиме работы расход ингибитора отложения солей повышается на величину, требуемую для очищаемой воды на фильтре.

При обработке воды ингибиторами солеотложений поверхности нагрева очищаются от отложений солей, поэтому следует следить за скоростью коррозии металла, особенно в теплообменном оборудовании, где локально имеем повышение температуры металла труб.

Скорость равномерной коррозии металла 0,1 мм/год считается допустимой для оборотной системы охлаждения. Для систем теплоснабжения скорость коррозии оборудования, в котором отсутствуют отложения должна проверяться и оговариваться отдельно.

Следует обратить внимание на то, что использование различных ингибиторов солеотложений рекомендуется при жесткости воды от 7 до 7,5 мг-экв/кг. Такого качества воды для подпитки тепловых сетей в энергетике нет. Качество воды нормируется карбонатным индексом (произведение кальциевой жесткости на общую щелочность подпиточной или сетевой воды). В любом случае жесткость воды не может превышать 2-2,5 мг-экв/кг, следовательно, доза

ингибитора солевых отложений будет на уровне от 1 до 2 мг/кг, при которой процессы коррозии минимальны. Однако в зоне нагрева воды теплосети, на трубах бойлеров и особенно водогрейных котлов, температура воды может повышаться до 170 и 190 °С. При таких температурах идет достаточно интенсивно гидролиз ингибиторов солевых отложений и образование при этом фосфоновых кислот, что повлечет местную коррозию металла труб.

В производственном объединении «Химпром» (г. Кемерово), в тепловых сетях дозировали ингибитор солевых отложений ОЭДФК при концентрациях от 0,3 до 0,5 мг/кг. Жесткость исходной воды не превышала 1,5 мг-экв/кг. До ввода ингибитора вся система отопления была занесена отложениями, толщина которых (в трубках системы) была на уровне от 2 до 5 мм. Бойлера, в которых нагревается вода теплосети, имели отложения толщиной от 4 до 6 мм. Ингибитор солевых отложений вводили в воду в течение 1,5 месяца. Обработку воды ингибитором прекратили в связи с образованием множества свищей на трубках систем отопления. В период обработки вода в системе практически постоянно была мутная, имелись взвешенные вещества. Дозировали ОЭДФК насосом, лопасти которого через 1,5 месяца сильно прокорродировали.

Трубы тепловых сетей также были прокорродированы. В период дозировки ОЭДФК выполняли отмычку системы «на ходу» при температурах воды до 95 °С. По стечению обстоятельств в системе циркуляции имеющей трубопроводы на 50 мм не демонтировали после реконструкции всей системы отопления трубопровод диаметром 500 мм и длиной около 20 м. В этом трубопроводе, как в емкости-отстойнике, собрались отмытые отложения. Этот трубопровод практически весь был забит. При отсутствии этого трубопровода отложения отмытые в трубопроводах системы отопления диаметром 50 мм должны были осесть в нагревательных приборах, т.к. скорость движения теплоносителя в них значительно ниже чем в трубах.

5 Характеристики основных применяемых ингибиторов

В настоящее время наиболее широко используются в теплоэнергетике следующие комплексные соединения:

1. ИОМС – Ингибитор отложения минеральных солей.
2. ИДА - Иминодиуксусная кислота.
3. НТА - Нитрилтриуксусная кислота.
4. ЭДТА - Этилендиаминтетрауксусная кислота.
5. ДТПА - Диэтиленetriаминпентоуксусная кислота.
6. ТТГА - Триэтилентетрааминогексауксусная кислота.
7. ЭДТА - Этилендиаминтетрауксусная кислота.
8. ОЭДФ - Оксиэтилидендифосфовая кислота.
9. Zn-ОЭДФ - Оксиэтилидендифосфовая кислота с цинковым комплексом.
10. Zn-НТФ - Нитрилтрифосфовая кислота с цинковым комплексом.
11. НТФ - Нитрилтрифосфовая кислота.
12. СК-110 - Водный раствор на основе фосфанатов.

13. ПАФ-13А - Полиаминометиленфосфоновая кислота (водный раствор)

14. МА (ОЭДФ –МА) - Гидрооксиэтилидендифосфоновая кислота.

15. Реагент АФОН 200-60А - 1-гидроксиэтилидендифосфоновая кислота, водный раствор;

16. Ингибитор коррозии и солеотложения АФОН 230 -23А - Цинковый комплекс динатриевой соли 1-гидроксиэтилидендифосфоновой кислоты; (1-Гидроксиэтилиден) дифосфонат натрия комплекс с цинком; Гидроксиэтилидендифосфоновой кислоты цинк-динатриевая соль;

17. Реагент ПАФ-13А марки А - Натриевые соли полиамипометилен фосфоновых кислот;

Указанные ингибиторы являются реагентами Российского производства, и имеют сертификат соответствия. Применение фосфонатов в системах теплоснабжения открытого типа и горячего водоснабжения (ГВС) ограничивается их санитарно-гигиеническими свойствами. Предельно допустимые концентрации (ПДК) фосфанатов в питьевой воде определяются в соответствии с заключениями государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Предельно допустимые концентрации фосфонатов в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования устанавливаются в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водоснабжения".

В последние годы для защиты от накипеобразования водогрейных котлов и сетевых подогревателей широко используют органические фосфорсодержащие антинакипины: ОЭДФ, ПАФ-13А, ИОМС неорганический антинакипин - полифосфат натрия, и другие ингибиторы [15, 16].

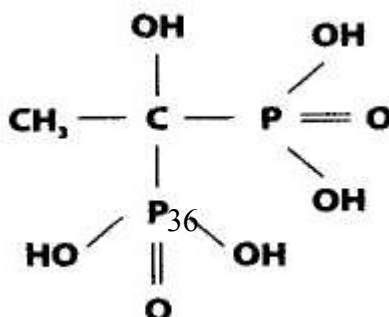
Оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) предотвращает накипеобразование в теплообменных аппаратах при карбонатной жесткости воды до 7,5 мг-экв/кг. В зависимости от значения карбонатной жесткости доза ОЭДФК колеблется от 0,25 до 2,0 мг-экв/кг. Обладая комплексообразующими свойствами, расход ОЭДФК по сравнению с обработкой воды неорганическими полифосфатами снижается в 5-10 раз. Это связано с допустимым повышением коэффициента упаривания и соответствующим снижением подпитки и продувки системы циркуляции воды.

ОЭДФК относится к классу дифосфоновых кислот, обладающих высокой комплексообразующей способностью и стойкостью к гидролизу.

Химическая формула ОЭДФК - $C_2H_8O_7P_2$.

Структурная

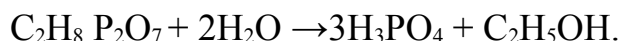
формула:



Оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) представляет собой белый кристаллический порошок с сероватым или бежевым оттенком, с растворимостью в воде до 60 г на 100 г воды при комнатной температуре. Температура плавления 198-199 °С. Массовая доля основного вещества в высушенном продукте не менее 97%, массовая доля железа 0,02%, массовая доля потерь при высушивании не более 4,2 %.

В растворах пересыщенных по карбонату кальция ОЭДФК образует прочный комплекс с ионами кальция Ca^{2+} с константой устойчивости $\text{pK}=15,99$. В виде тетракальцевого комплекса ОЭДФК сорбируется поверхностью ранее образовавшихся кристаллов и образующихся зародышей кристаллов карбоната кальция и препятствуют их направленному росту и агломерации. Отсутствие активных центров кристаллизации за счет блокирования поверхности кристаллов обеспечивает поддержание раствора в пересыщенном состоянии без выделения накипи.

Гидравлическое разложение ОЭДФК наблюдается только при температуре 200 °С с образованием кислоты и этанола



В условиях низких температур коррозионно-агрессивные свойства воды по отношению к стали, цветным металлам и сплавам практически не меняется. С ростом температуры происходит гидравлическое разложение ОЭДФК с образованием кислоты, поэтому коррозионное воздействие на металл повышается.

В практике работы тепловых сетей ввод ОЭДФК в пределах 0,5 мг/кг при жесткости подпиточной воды на уровне до 1,5-2 мг-экв/кг считается допустимым. Это позволяет при температурах до 100 °С не бояться выпадения в осадок солей жесткости. Величина рН остается практически на прежнем уровне. Карбонатная жесткость воды циркулирующей в тепловой сети может повыситься, однако жесткость будет находиться в виде соединений тетракальцевого комплекса.

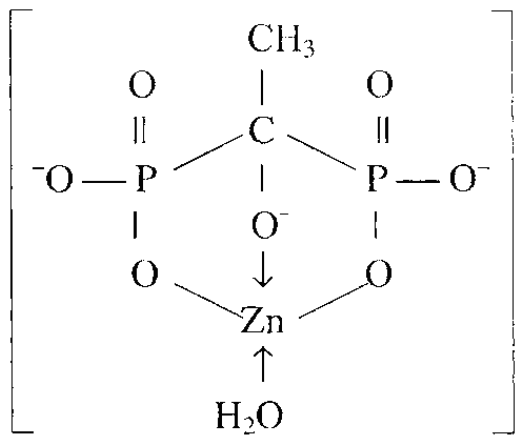
ОЭДФК применяют в качестве ингибиторов накипеобразования и коррозии в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения в тех случаях, когда необходимо не только предотвратить образование новых отложений, но и осуществить постепенную очистку системы от уже имеющихся отложений.

Защитное действие фосфонатов, как ингибиторов коррозии, усиливается в присутствии ионов металлов Zn, Cd, Mn, Ni, Co. Академией коммунального хозяйства РФ показана высокая эффективность цинкового комплекса ОЭДФ для ингибирования коррозии оборудования систем горячего водоснабжения.

ОЭДФ-Zn – Цинковый комплекс оксиэтилидендифосфоновой кислоты (1-гидрокси этилидендифосфоната 4-цинк динатриевая соль).

Химическая формула $[C_2H_3O_7P_2Zn]HNa_2 \cdot H_2O$.

Структурная формула ОЭДФ-Zn:



Цинковый комплекс ОЭДФ - представляет собой 23-25% водный раствор цинкового комплекса натриевой соли оксиэтилидендифосфоновой кислоты, диспергатора, неорганической кислоты и ингибитора коррозии цветных металлов. Данный комплексонат разрешен к применению в хозяйственно-питьевом и хозяйственно-бытовом водоиспользовании (холодной и горячей воде) дозой до 5 мг/л (10 г/м³). Концентрация комплексоната в подпиточной и сетевой воде рассчитывается как разность между общим содержанием иона PO_4 - в подпиточной и сетевой воде и содержанием этого иона в водопроводной воде. В закрытых системах теплоснабжения концентрация комплексоната ненормируется.

Внешний вид - Прозрачная жидкость (возможна легкая опалесценция). Водородный показатель (pH) при 20°C от 6,5 до 7,5. Содержание механических примесей отсутствует. Содержание комплексообразователя не менее 20 %. Плотность при температуре 20 °C от 1,15 до 1,25 г/см³

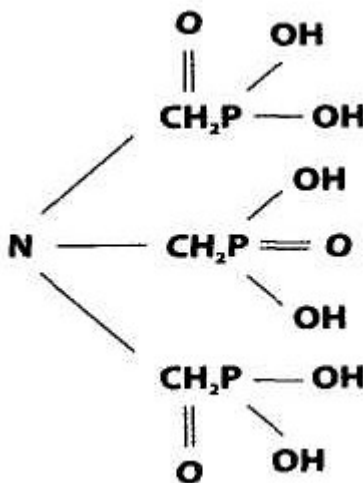
ОЭДФ-Zn является активным ингибитором коррозии и накипеобразования [9]. С ростом концентрации до 30 мг/дм³ степень защиты возрастает. При концентрации 30 мг/дм³ степень защиты от коррозии углеродистой стали в нейтральных средах составляет не менее 81 %, а степень ингибирования кристаллизации труднорастворимых солей щелочноземельных металлов – около 99 %. Дальнейшее повышение концентрации не приводит к существенному повышению степени защиты.

Оксиэтилидендифосфonatoцинкат применяется в качестве ингибитора коррозии и накипеобразования в теплоэнергетических системах различного назначения. Высокая термическая устойчивость **ОЭДФ-Zn** позволяет применять этот препарат для ведения комплексонного водно-химического режима паровых котлов низкого давления.

Нитрилотриметилфосфовая кислота (НТФ-кислота) относится к фосфоросодержащим комплексонам. Данный комплексонат разрешен к применению в хозяйственно-питьевом и хозяйственно-бытовом водоиспользовании (холодной и горячей воде) дозой до 5 мг/л. В закрытых системах теплоснабжения допускается содержание комплексоната в количестве не более 50 мг/л.

Формула химическая $C_3H_{12}NO_9P_3$

Структурная формула НТФ:



Плотность при температуре 20 °С 1,33 г/см³. Разлагается при температуре 200 °С.

НТФ хорошо растворим в воде. ПДК в воде водоемов хозяйственно-питьевого пользования — 1 мг/кг,

рыбохозяйственного пользования — 0,05 мг/кг.

Введение небольших количеств НТФК в водную среду замедляет коррозию железа и сплавов на его основе вследствие торможения анодного процесса [9]. НТФК применяют для ведения комплексонного водно-химического режима парогенераторных установок низкого давления. Введение НТФК в воду систем теплоснабжения и ГВС оправдано только тогда, когда необходимо удалить существующие отложения накипи и продуктов коррозии.

НТФ-Zn - Цинковый комплекс НТФ (нитрилотриметиленфосфонато — цинк натриевая соль) — представляет собой 21-23 % водный раствор.

НТФ - Zn - Цинковый комплекс НТФ - товарный продукт, представляет собой 21 — 23 % водный раствор. Данный комплексонат разрешен к применению в воде хозяйственно-питьевого и хозяйственно-бытового водопользования (холодной и горячей воде) дозой до 1 мг/л (в закрытых системах теплоснабжения, питательной воде паровых котлов, концентрация комплексоната не нормируется).

Ингибитор отложений минеральных солей ИОМС-1 - новая модификация ИОМС, водный раствор натриевых солей нитрилиметилфосфоновой кислоты (НТФ) и фосфорилированных полиаминов, содержащий не менее 25% действующего вещества. Химическая формула: $N[CH_2PO(OH)_2]_3$. Водный раствор имеет плотность 1,3 г/см³, pH от 5,5 до 5,7 и температуру кипения 105 °С, температура замерзания - 10 °С. Суммарное содержание фосфитов и фосфатов - не более 3% по весу.

ИОМС-1 – ингибитор накипеобразования в трубопроводах и теплообменном оборудовании, а также системах охлаждения при жесткости воды до 7 мг-экв/кг.

Комплексообразующая способность (показатель пассивации):

- по карбонату кальция, мг $CaCO_3$ / 1г ИОМС-1, не менее 150.

- по сульфату кальция, мг $CaSO_4$ / 1г ИОМС-1, не менее 150.

Показатель активности водородных ионов водного раствора 5,5 - 7,5 (pH). Плотность 1,30 – 1,41 г/см³.

Водный раствор натриевых солей аминотриэтилфосфоновых кислот, преимущественно нитрилотриметилфосфоновой кислоты (НТФ кислоты), однородная жидкость от бесцветного до желто-зеленого цвета. Для использования в качестве комплексообразующего реагента, антинакипинов промышленного назначения, в системах теплоснабжения для обработки воды, используемой для питания водогрейных котлов в энергетике и промышленности, в оборотных системах охлаждения. Рекомендован к применению на энергопредприятиях, в системах централизованного горячего водоснабжения в коммунальном хозяйстве.

ПДК в воде хозяйственно-питьевого водоснабжения - 4 мг/дм³. При использовании ИОМС можно достичь эффективности ингибирования солеотложений по сульфату кальция не выше 98% а по карбонату кальция - 95%. Тем не менее, из практики известно, что при высокой карбонатной жесткости воды ИОМС не обеспечит надежную защиту котлов и бойлеров от накипных образований. Этот реагент применяют чаще всего для подготовки воды, используемой в водогрейных котлах, температурный режим которых не превышает 95 °С.

ПАФ 13А - водный раствор моноватриевой соли полиэтиленполиамин - N - метилфосфоновой кислоты. Химическая формула $R^2N[(CH_2)^2NR]^nR$, где $R=CH_2P(O)(OH)(ONa)$ и $n=1-3$. Массовая доля основного вещества от 25 до 28%. Это жидкость светло-коричневого цвета с pH от 4 до 6, плотность от 1,3 до 1,35 г/см. Ингибирующая активность ПАФ 13А к карбонатам кальция - не менее 65%. Возможно применение этого препарата в системах горячего водоснабжения при температурном режиме до 120-130 °С. ПДК - 5 мг/дм³, возможно применение в закрытых и открытых системах водоснабжения. К недостаткам можно отнести суммарное содержание в нем фосфитов и фосфатов - до 15% по весу.

АМИНАТ - Технические условия на препарат объединяют четыре марки, три из которых -А, -К, и -ОД относятся к числу ингибиторов солеотложений, а четвертая - Д - эффективный отмывочный препарат.

АМИНАТ - А - базовый препарат, композиция водных растворов натриевых солей метилиминодиметилфосфоновой (МИДФ) и нитрилотриметилфосфоновой кислот (НТФ). Является аналогом ИОМС, но обладает более высокой реакционной способностью. Суммарное содержание фосфитов и фосфатов - не более 1-3% по весу. ПДК в воде - 4 мг/дм³. Препарат применяют при нагреве воды - в котлах до 130°C, а бойлерах до 150°C.

АМИНАТ - К - в процессе изготовления реагента химический состав АМИНАТа- К корректируется в зависимости от состава воды, т.е. его технологические свойства изменяют для конкретного заказчика.

АМИНАТ - ОД обладает наиболее высокой реакционной способностью среди препаратов марок -А и -К. Суммарное содержание фосфитов и фосфатов - не более 1% по весу. Его оправдано применять при жесткости воды до 10 мг-экв/дм³

Ингибиторы солеотложения солей в последние годы применяются в странах СНГ довольно широко. Имеется опыт применения ингибиторов солеотложения солей и в Казахстане. Однако результаты использования ингибиторов в производстве не однозначные. Это можно частично отнести за счет не соблюдения технологии обработки воды, а также использования ингибиторов отложения солей в условиях высоких температур.

6 Применение ОЭДФ-Zn в системах теплоснабжения

Цинковый комплекс оксиэтилидендифосфоновой кислоты ОЭДФ-Zn является активным ингибитором коррозии и накипеобразования. Высокая эффективность комплексонного водно-химического режима как фактора обеспечения надежной и экономичной работы теплоэнергетических систем подтверждается практическим опытом эксплуатации различных промышленных и жилищно-коммунальных теплоэнергетических систем, накопленный самыми различными организациями.

Представляют интерес результаты внедрения ингибитора накипеобразования и коррозии ОЭДФ-Zn на Ростовской ТЭЦ-2, действующей уже не один год. При дозировании ОЭДФ-Zn в сетевую воду первоначальная концентрация реагента в сетевой воды системы теплоснабжения составляла 0,15 мг/л, затем была плавно увеличена до 2 мг/л, и даже до 2,5 мг/л.

Зависимость скорости коррозии индикаторов, установленных в теплосети, от концентрации ОЭДФ-Zn представлена рисунке 6.1 [17].

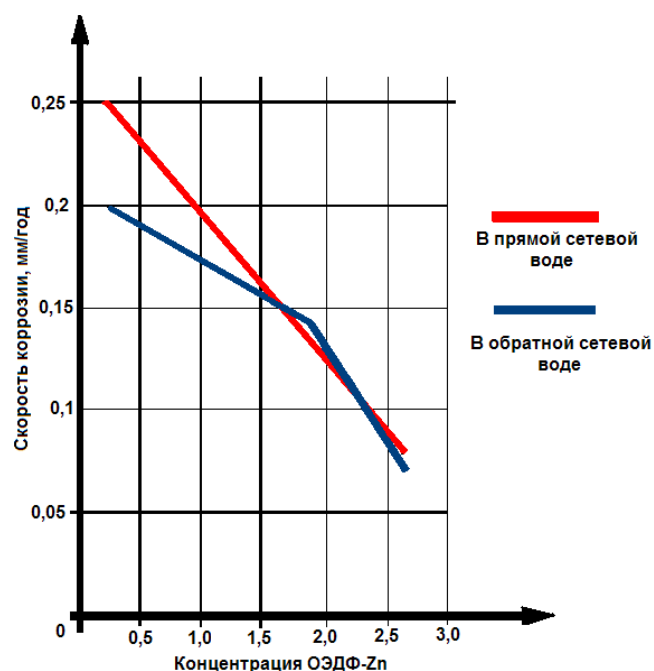


Рисунок 6.1 Зависимость скорости коррозии трубопроводов тепловой сети, от концентрации ОЭДФ-Zn

В первый и даже второй отопительный сезон, с начала внедрения обработки теплоносителя ОЭДФ-Zn, агрессивность сетевой воды почти не изменялась. А в третий отопительный сезон произошло значительное уменьшение ее коррозионной активности: средняя скорость коррозии в подающем трубопроводе снизилась до 0,094 мм в год (в 2,07 раза), а в обратном трубопроводе – до 0,1 мм в год (в 1,54 раза), что связано с увеличением концентрации ОЭДФ-Zn по тракту теплосети сначала до 2,0, а затем до 2,5 мг/л.

В результате обработки сетевой воды ингибитором накипеобразования и коррозии ОЭДФ-Zn произошла частичная отмывка внутримдомовой системы теплоснабжения Ростовской ТЭЦ-2 от ранее образовавшихся отложений, удалено до 80 % ранее образовавшихся отложений, образование новых отложений и новых коррозионных отложений не зафиксировано. Было зафиксировано снижение содержания железа в сетевой воде, а также значительно сократилась продолжительность отмывкисистемы теплоснабжения и горячего водоснабжения от соединений железа (рисунок 6.2) [18]. Так при норме по ПТЭ [1] продолжительность отмывки системы теплоснабжения от соединений железа составляет 14 суток, в первый год длительность отмывки составляла от 20 до 30 суток, при содержании железа 0,8 – 1,3 мг/л. А в последующие годы - от 3 до 5 суток, со снижением содержания железа в период отмывки в сетевой воде до 0,4-0,75 мг/л.

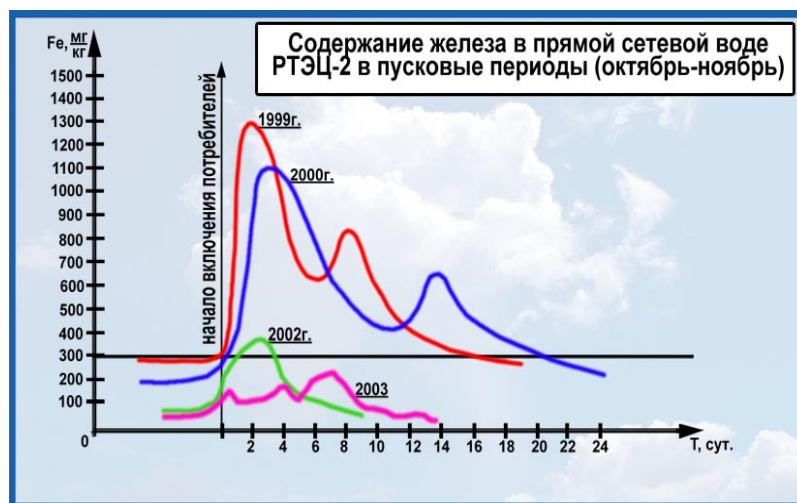


Рисунок 6.2 Содержание железа в прямой сетевой воде Ростовской ТЭЦ в пусковой период (октябрь-ноябрь)

В ходе испытаний на системах теплоснабжения г. Дзержинска были получены сведения о зависимости скорости коррозии от объема подпитки системы (кратности обмена воды в системе, %/ч) при различных концентрациях реагента ОЭДФ-Zn, а также при отсутствии дозирования. По результатам испытаний построены графические зависимости скорости коррозии от объема подпитки системы при двух характерных значениях концентрации ОЭДФ-Zn и без обработки воды (рисунок 6.3) [19].

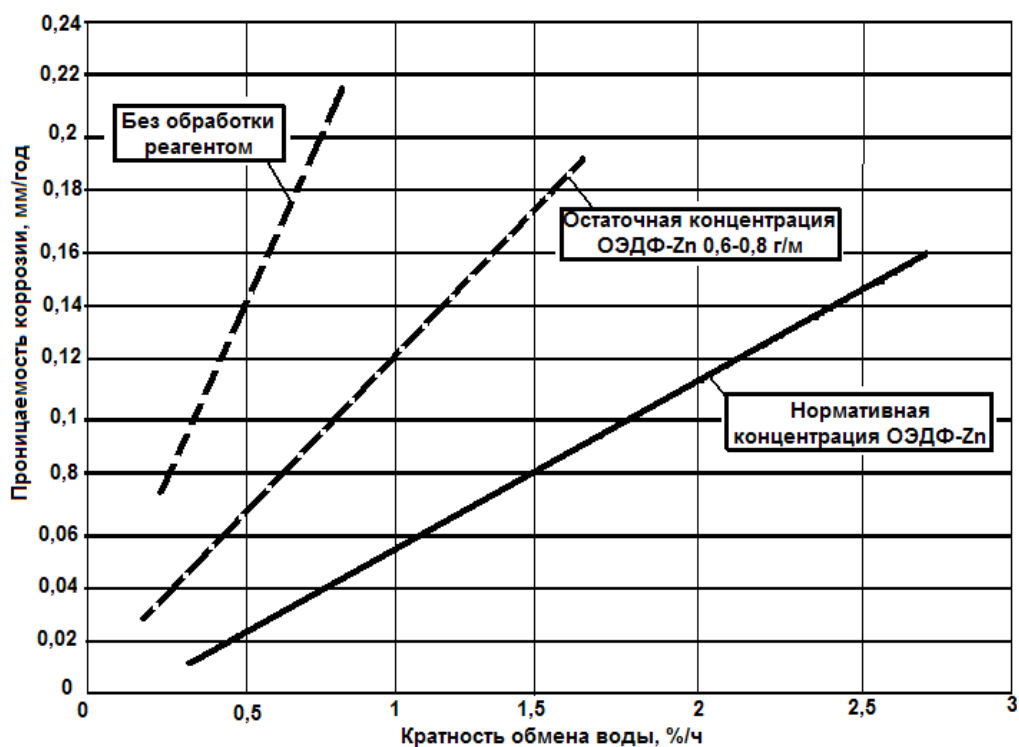


Рисунок 6.3 Зависимости скорости коррозии от кратности обмена воды в системе теплоснабжения

В испытаниях участвовали котельные с различной величиной подпитки в диапазоне от 0,2 до 2,7 %/ч.

В исследованном диапазоне величин подпитки и концентраций реагента ОЭДФ-Zn зависимость скорости коррозии от кратности обмена воды в системе имеет практически линейный характер. Скорость коррозии увеличивается с ростом подпитки, поскольку приток кислорода и других коррозионно-активных факторов в систему главным образом осуществляется с подпиточной водой, а также при уменьшении концентрации комплексона.

При объемах подпитки на уровне нормы ПТЭ (ниже 0,25%/ч) скорость равномерной коррозии в обследованных системах теплоснабжения г. Дзержинска даже без обработки комплексом невелика - на уровне 0,05-0,08 мм/год. Из этого следует вывод, что самый верный и общедоступный способ борьбы с внутренней коррозией теплотрасс в закрытых системах отопления - это минимизация утечек.

При использовании ОЭДФ-Zn в качестве реагента для коррекционной обработки подпиточной воды Кировской районной котельной г. Омска концентрация реагента составляла 1,2 мг/дм³. При повышении концентрации ОЭДФ-Zn до 3-5 мг/дм³ в подогревателях химочищенной воды и охладителе деаэрированной воды через месяц после начала дозирования появились отложения, связанные с образованием труднорастворимых соединений. При концентрации реагента 1,5-2,0 мг/дм³ через два месяца после начала дозирования в четырехходовом теплообменнике ПХСВ в начале трубок отложения отсутствовали, в конце второго хода образовывались отложения толщиной около 3 мм [20].

На занос труб бойлеров при использовании ОЭДФ-Zn указывают и другие авторы [21, 22, 23, 24, 25]. Для предотвращения заноса оборудования систем теплоснабжения необходимо подбирать правильную концентрацию комплексона для каждого энергопредприятия с учетом местных условий.

Помимо эффективной защиты стального оборудования от коррозии цинковый комплекс оксиэтилидендифосфоновой кислоты ОЭДФ-Zn предотвращает образование отложений минеральных солей на поверхностях технологического оборудования. Благодаря этому данный ингибитор является универсальным и может иметь весьма широкую область применения в энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве для защиты теплотехнического оборудования и трубопроводов.

7 Использование ингибиторов солеотложения для обработки воды тепловых сетей г.Экибастуза

Основным параметром, в соответствии с Правилами технической эксплуатации [1], характеризующим накипеобразующую способность воды, является величина карбонатного индекса. Карбонатный индекс I_K - это предельное значение произведения общей щелочности и кальциевой жесткости воды в $(\text{мг-экв/дм}^3)^2$, при превышении которого протекает карбонатное накипеобразование с интенсивностью более $0,1 \text{ г / (м}^2 \text{ ч)}$.

Для исходной воды Экибастузской ТЭЦ величина карбонатного индекса составляет $2,4 (\text{мг- экв/дм}^3)^2$. При использовании ингибиторов солеотложения, таких как ИОМС, область их применения ограничена величиной карбонатного индекса до $18 (\text{мг-экв/дм}^3)^2$ [21]. Можно рассчитывать на эффективное применение ингибиторов солеотложения.

Для коррекционной обработки подпиточной воды теплосети г.Экибастуза использовался ИОМС

7.1 Схема подготовки подпиточной воды теплосети г. Экибастуза

На ТЭЦ г. Экибастуза для подготовки подпиточной воды теплосети для удаления минеральных солей используются ионитные фильтры.

ТЭЦ является единственным и основным источником теплоснабжения города Экибастуза.

Общая проектная тепловая мощность станции составляет 868 Гкал или 1010 МВт. На станции установлено четыре паровых котла БКЗ-75-39 ФБ-паропроизводительностью 75 т/ч каждый, пять водогрейных котлов КВТК-100 производительностью 419 ГДж/ч каждый. Установленная тепловая мощность станции составляет 3235 ГДж/ч. Располагаемая тепловая мощность составляет 2900 Гкал/ч.

В связи с тем, что на Экибастузской ТЭЦ на момент проведения испытаний были демонтированы турбины, весь выработанный пар использовался на теплоснабжение города и на собственные нужды.

Сетевая вода на станции готовится по двум контурам. В первом контуре сетевая вода греется в паровой части котельной. Во втором контуре подогрев сетевой воды осуществляется в водогрейной котельной ТЭЦ. Подготовка подпиточной воды осуществляется по схеме одноступенчатого натрий-катионирования, деаэрирования.

Схема подготовки подпиточной воды паровой части ТЭЦ представлена на рисунке 7.1.

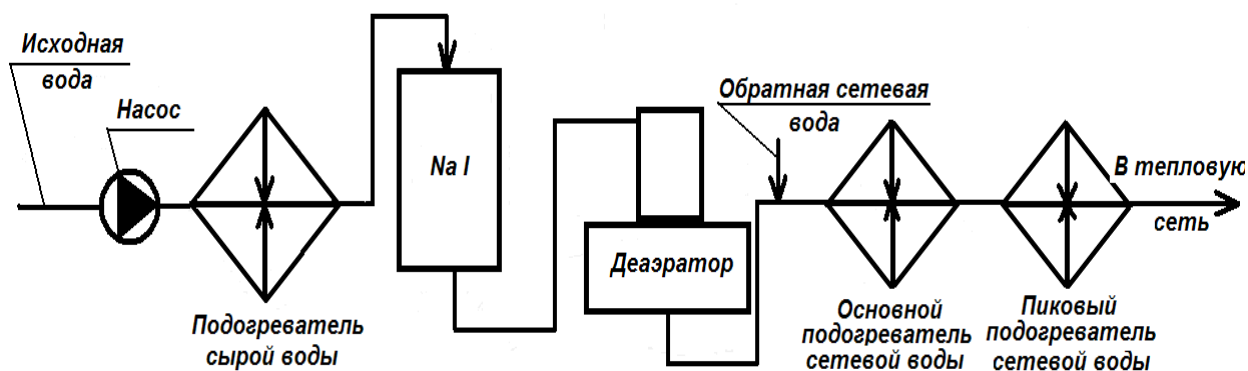


Рисунок 7.1 Схема подготовки подпиточной воды в паровой части Экибастузской ТЭЦ

После процесса парообразования, полученный в парогенераторе перегретый пар ($t_{п.п}^0 = 445^{\circ}\text{C}$; $P_{п} = 39 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$) поступает в сборный паропровод. Со сборного

паропровода пар распределяется на редукционно-охладительные установки (РОУ).

На станции установлены четыре РОУ-39-0,2 и четыре РОУ-39-15. Пар пройдя через РОУ сбрасывает давление соответственно до $P = 0,2 \frac{\text{еа} \tilde{n}}{\tilde{n}^2}$ и до $P = 15 \frac{\text{еа} \tilde{n}}{\tilde{n}^2}$. Также за счет впрыска в РОУ происходит понижение температуры пара до 300 °С. Пар с давлением $0,2 \frac{\text{еа} \tilde{n}}{\tilde{n}^2}$ подается на основные подогреватели сетевой воды ПСВ-500-3-23. На станции установлено четыре ПСВ-500-3-23, которые служат для подогрева сетевой воды.

Часть пара с давлением $15 \frac{\text{еа} \tilde{n}}{\tilde{n}^2}$ подается на пиковые подогреватели сетевой воды ПСВ-500-15-23. На станции установлено три ПСВ-500-15-23, которые также служат для подогрева сетевой воды.

Схема работы пиковых и основных подогревателей сетевой воды – каскадная и параллельная, как по пару так и по сетевой воде, т.е в зависимости от несущей паровой нагрузки используется та или иная схема.

Отработанный пар с подогревателей сетевой воды в виде конденсата за счет теплофикационных насосов ТКН-125/55 перекачиваются в деаэраторы. Теплофикационных насосов установлено шесть.

На станции установлено три деаэратора атмосферного типа. Давление в деаэраторе поддерживается постоянное 0,12 МПа и температура 104 °С. Производительность деаэратора 200 т/ч. В деаэраторы заведены конденсаты со всех подогревателей и подведен мятый пар для деаэрации. Также в ДСА-200 происходит постоянная подпитка с химводоподготовки для восполнения потерь питательной воды.

Подача питательной воды с деаэраторов происходит по средствам питательных электронасосов типа ПЭ-150-63 в количестве семи штук. Производительность электронасоса 150 т/ч, давлением 63 метров водяного столба. Питательные электронасосы перекачивают питательную воду через подогреватели высокого давления ПВ-60-4 в котел.

Подогревателей высокого давления поверхностного типа установлено пять $t_{\text{пв}}^0 = 140^\circ\text{C}$, $P_{\text{пв}} = 60 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$. После подогревателя высокого давления подогретая питательная вода по трубопроводам подается на паровой котел.

Для перекачки сетевой воды на станции установлены 17 сетевых насосов типа СЭ-1250-14 производительностью $Q = 1250$ т/ч и давлением 140 м.в.ст.

Теплофикационная установка главного корпуса ТЭЦ связана с центральным тепловым распределительным пунктом № 2, двумя трубопроводами обратной сетевой воды диаметром 800 или 1000 мм и двумя трубопроводами прямой сетевой воды тем же диаметром.

Водогрейная котельная оборудована котлами типа КВТК-100-150. Схема подготовки подпиточной воды водогрейной котельной ТЭЦ показана на рисунке 7.2.

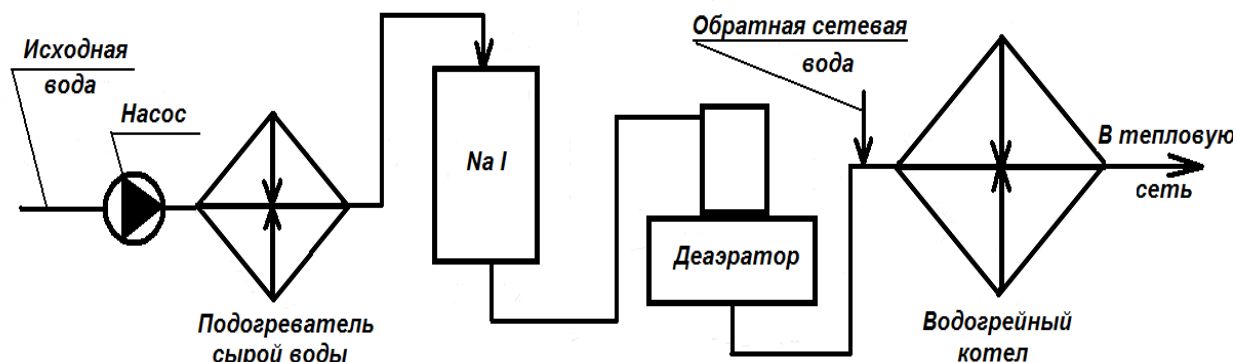


Рисунок 7.2 - Схема подготовки подпиточной воды в водогрейной котельной Экибастузской ТЭЦ

Отпуск тепла с сетевой водой потребителю выполняется по графику 150/70 °С. Подпитка теплосети производится химически очищенной водой. Перед подачей на химическую очистку сырая вода греется в подогревателях сырой воды. Химочищенная вода поступает в вакуумную деаэрационную этажерку, где деаэрируется в вакуумном деаэраторе типа ДВ-800. Подпиточная вода сливается в аккумуляторные баки и оттуда подается тремя подпиточными насосами в линии обратной сетевой воды диаметром 800 и 1000 мм теплофикационной установки.

Максимальная температура в водогрейных котлах составляет 170 °С, максимальная температура в теплообменниках 122 °С.

Система теплоснабжения – закрытая, двухтрубная.

В летний период система работает с температурой сетевой воды до 75°С; в отопительный период температура сетевой воды может достигать 130 °С. В отопительный период кратковременно может достигать 135 °С.

Водоснабжение станции осуществляется из водохранилища канала «Иртыш-Караганда» им. Сатпаева по одному водоводу питьевой воды и одному водоводу технической воды. Теплоцентраль имеет два запаса питьевой воды емкостью на 6000 м³. Существующая химводоочистка полностью обеспечивает подготовку воды для работы котлов и тепловых сетей. Цех располагает четырьмя емкостями по 3000 м³ каждый для создания запаса воды для подпитки теплосети. Среднечасовая подпитка в отопительный период составляет 300 т/ч.

Состав исходной воды приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Состав исходной воды Экибастузской ТЭЦ

Вода	Показатель качества воды					
	мг-экв/дм ³				(мг-экв/дм ³) ²	рН
	Ж _{ОБЩ}	Ж _{Са}	Ж _{Са,доп}	Щ _{ОБЩ}	И _К	
Исходная	2,0	1,6	2,1	1,5	2,4	7,9

Состав подпиточной воды приведен в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Состав подпиточной воды тепловых сетей г. Экибастуза

Наименование химического элемента	Водовод Иртыш-Караганда
Жесткость общая Ж _{ОБЩ} , мг-экв/л	2,0
Ca ²⁺ , мг/л	29
Mg ²⁺ , мг/л	8

Продолжение таблицы 7.2

Наименование химического элемента	Водовод Иртыш-Караганда
Щелочность, мг-экв/л	1,6
HCO ₃ ⁻ , мг-экв/л	1,5
NO ₃ ²⁻	1,3-3,14
Fe ²⁺ + Fe ³⁺ , мг/л	0,3-0,4
SiO ₂ , мг/л	1,5-4
Электропроводимость, МкСм/см	260

На станции водоподготовительная установка подпитки тепловой сети запроектирована по схеме: исходная вода - механическая фильтрация – натрий-катионирование (одна ступень). Подготовка питательной воды проводится по схеме двухступенчатого натрий-катионирования.

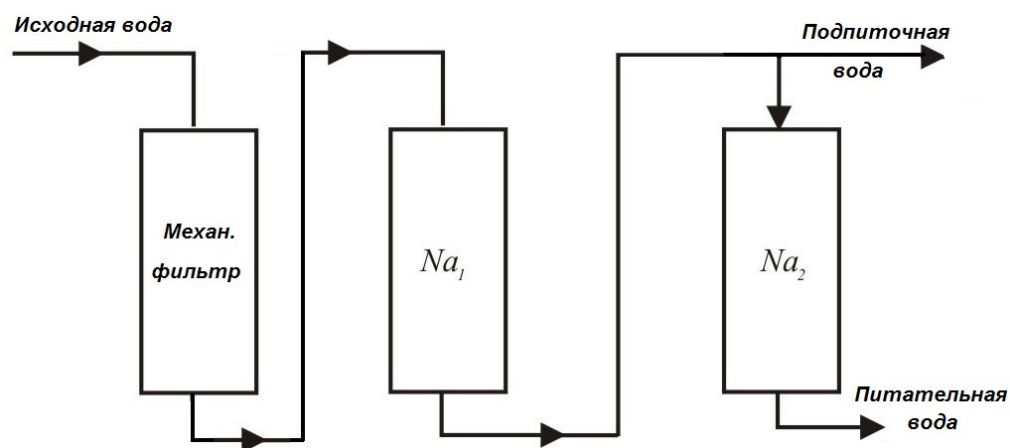


Рисунок 7.3 Схема водоподготовительной установки Экибастузской ТЭЦ

7.2 Использование ИОМС для обработки подпиточной воды тепловых сетей г. Экибастуза

Для выявления возможности и технологической целесообразности подготовки подпиточной и сетевой воды системы теплоснабжения, водогрейных котлов, питательной воды паровых котлов методом стабилизационной обработки комплексонатами период с марта 1993г. по октябрь 1993 г. на Экибастузской ТЭЦ проводилась дозирование ингибитора солеотложения ИОМС в подпиточную воду тепловых сетей.

ИОМС дозировался на всас насосов сырой воды, после чего вода поступала на натрий-катионитный фильтры, деаэратор, а затем направлялась в систему теплоснабжения в обратный трубопровод перед сетевыми насосами (рисунок 7.4).

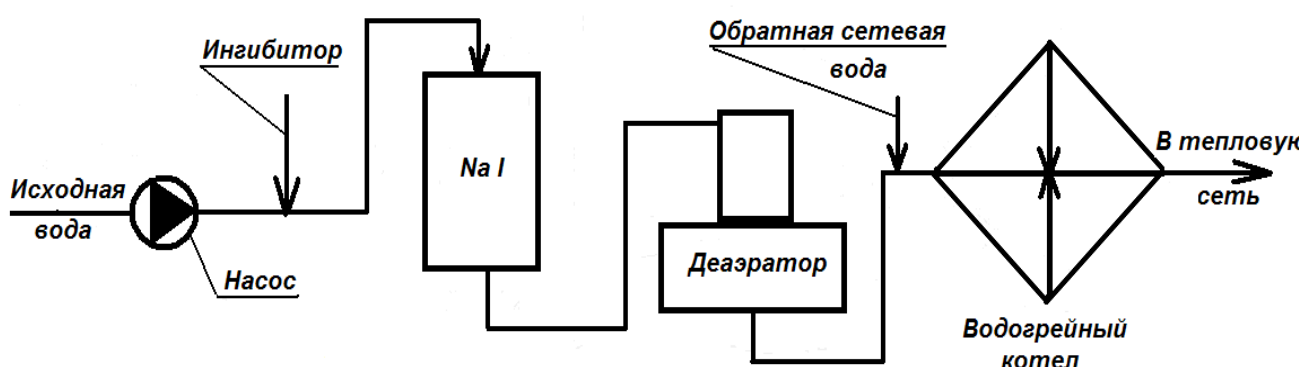


Рисунок 7.4 Схема подготовки подпиточной воды с вводом ингибитора

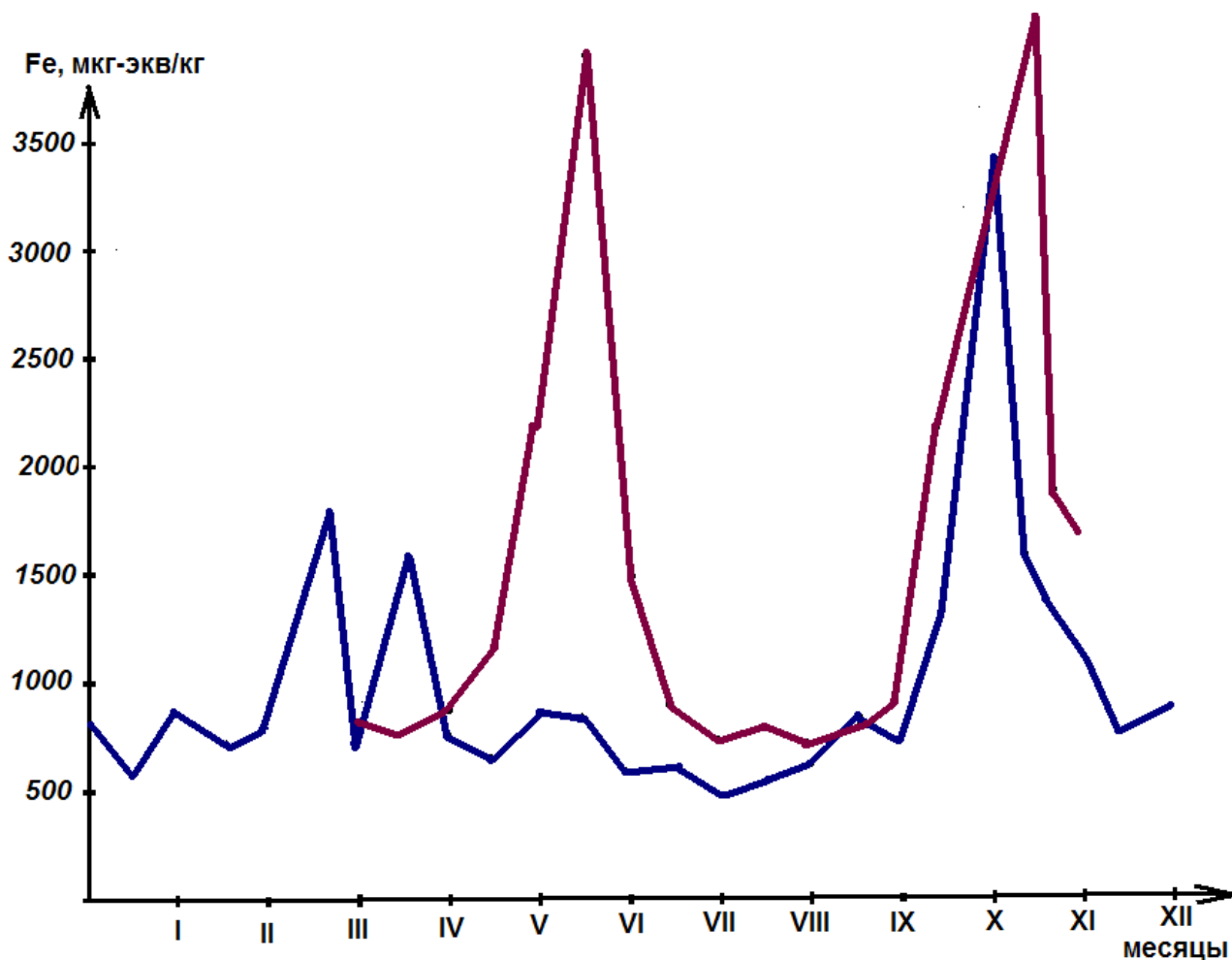
Нормы дозировки ИОМСа в зависимости от температуры нагрева воды для водогрейных котлов типа КВТМ-100 были определены опытным путем при различных режимах работы в соответствии с диспетчерским графиком.

Пробы воды отбирались на входе в водогрейный котел и выходе воды из него. В пробах определялись следующие показатели: содержание железа, рассчитывался карбонатный индекс.

В связи с тем, что в зависимости от времени года температура воды в тепловой сети изменяется от 75 °С до 130 °С испытания ингибитора ИОМС проводились в указанном диапазоне температур.

Концентрация ИОМСа в воде перед котлами колебалась на уровне от 0,8 до 2,0 и даже до 4,32 мк/кг, в основном же поддерживалась концентрация ИОМСа перед котлом на уровне от 1 до 1,5 мк/кг. При обработке воды ИОМСом контролировали собственно концентрацию комплексона, содержание солей жесткости (не постоянно) и постоянно содержание железа перед котлом, за котлом и в обратной сетевой воде.

Для сравнения приведены графики по содержанию железа в воде на входе и выходе из водогрейного котла. График на рисунке 7.5 показывает содержание железа без дозировки в воду ИОМСа, данные за годы предшествующие вводу ингибитора, и с вводом ИОМСа.



1 – содержание железа в водогрейных котлах при подготовке воды методом ионного обмена; 2 – содержание железа в воде при дозировании ИОМСа

Рисунок 7.5 – Содержание железа в водогрейных котлах Экибастузской ТЭЦ при подготовке воды методом ионного обмена и при дозировке ИОМСа

Из графика видно, что содержание железа в воде тепловой сети до ввода ИОМСА в основном находится на уровне 600-800 мкг/кг и редко превышает 1000 мкг/кг, достигая 1720 и 1620 мкг/кг. Эти анализы приведены по данным дневной лаборатории, которая выполняет их один, два раза в месяц. Общая картина, учитывая большое количество анализов, вполне очевидна. В период пуска тепловых сетей в работу, т.е. в первые месяц, полтора содержание железа повышается значительно до 1300-1600 мкг/кг и даже до 3400 мкг/кг. Однако через определенное время работы тепловых сетей, когда от рыхлых отложений отмоются поверхности нагрева котлов и бойлеров, а также поверхности трубопроводов и нагревательных приборов абонентов, содержание железа приходит близко к норме, т.е. к показателям, которые поддерживаются в период обычной эксплуатации сетей.

График на рисунке 7.5, б дает несколько иную картину. ИОМС начали вводить в обрабатываемую воду 29 марта 1993 г. В первый месяц содержание

железа в воде, как перед котлами, так и после них было близко к эксплуатационным данным. А начиная с мая 1993 г. содержание железа в воде стало значительно повышаться. Особенно эти данные отличались в июне месяце, повышаясь от 1200 до 1400 мкг/кг, периодически до 2040 и даже до 4400 мкг/кг.

В начале отопительного сезона, когда к тепловым сетям стали подключать дополнительных потребителей содержание железа в воде повысилось. Данные анализов показывают повышение содержания железа до 2000 и даже до 4800 мкг/кг. Это объясняется отмывкой отложений с поверхностей нагревательных приборов систем отопления, трубопроводов тепловых сетей и поверхностей нагрева водогрейных котлов. После окончания отмывки, т.е. прекращения ввода ИОМСа, содержание железа в сетевой воде снизилось до общедостигнутых при эксплуатации величин.

Значительное повышение содержания железа в сетевой воде после ввода ИОМСа может иметь следующее объяснение.

С началом ввода ингибитора солеотложений ИОМСа жесткость сетевой воды уже через неделю повышалась до 800 мкг-экв/кг. И соответственно через две недели жесткость сетевой воды повысилась до 1000 и даже 1400 мкг-экв/кг. В начале мая жесткость сетевой воды перед котлом и за котлом повысилась до 2600 мкг-экв/кг. В середине июня по данным лаборатории жесткость сетевой воды составляла 3200 мкг-экв/кг. К сожалению, жесткость воды, определяемая персоналом дневной лаборатории, регулярно проверялась только в первые недели эксперимента.

С повышением жесткости воды, величина отложений этих солей на поверхностях нагрева котлов и сетевых подогревателей, в трубопроводах тепловых сетей и в отопительных приборах абонентских установок уменьшилась. Из отложений на поверхностях приборов соли жесткости частично перешли в сетевую воду, что вполне объяснимо с точки зрения механизма действия комплексонов на отложения. В процессе отмывки из отложений одна из составляющих жесткости перешла в воду, это привело к тому, что разрыхлившиеся отложения, состоящие из оксидов железа, кремниевых составляющих и других, также перешли в воду. Эксплуатационный персонал визуально часто наблюдал изменение оттенка воды, сетевая вода приобретала коричневый оттенок. В воде содержались взвешенные вещества. Однако лаборатория не производила замеры содержания взвешенных веществ в воде.

В процессе отмывки вводились малые концентрации комплексообразующих веществ, в частности ИОМСа, поэтому отложения до металла не отмывались. Железо в сетевой воде появлялось не за счет коррозии основного металла, а за счет отмывки его из слоя отложений.

Состояние поверхностей нагрева котлоагрегатов несколько улучшилось, но все же удельная загрязненность большинства образцов труб выше нормы. Ингибирующие свойства реагента недостаточны для снижения скорости образования отложений. Вероятно это связано с низкой термической устойчивостью ИОМС.

По организации ввода ИОМСа в воду теплосети однозначных положительных результатов в других энергосистемах нет, однако при определенных условиях ввод его в тепловую сеть следует признать целесообразным.

8 Использование ингибиторов отложений для подготовки добавочной воды системы теплоснабжения г.Сарань

8.1 Принципиальная схема водогрейной котельной ОАО «Сараньрезинотехника»

Источником теплоснабжения г. Сарань Карагандинской области является водогрейная котельная завода резинотехнических изделий ОАО «Сараньрезинотехника».

На территории завода расположена котельная, состоящая из паровой и водогрейной части. Водогрейная котельная покрывает теплофикационные нужды предприятия и города.

Химически очищенная вода после фильтров ХВО последовательно проходит через охладитель подпиточной воды и подогреватель химочищенной воды, в котором греется паром с давлением 6 кгс/см^2 поступающим с РОУ из паровой части котельной и направляется в бак запаса подпиточной воды.

Подогрев сетевой воды происходит в подогревателе сетевой воды. Нагрев воды осуществляется паром с давлением 14 кгс/см^2 . Вторая ступень подогрева – водогрейный котел типа КВТК-100-150. В котельной установлено два водогрейных котла. Необходимо отметить, что расчетные параметры работы котельной отличаются от действительных. Котлы КВТК-100-150 в номинальном режиме должны греть сетевую воду до 95°C . Однако в эксплуатации максимальная температура подогрева сетевой воды составляет $78-80^\circ\text{C}$.

Для теплоснабжения города помимо водогрейной котельной расположенной на территории предприятия используются пять пиковых котельных расположенных в микрорайонах. Пиковые котельные расположены на территории города и осуществляют догрев воды до 95°C . Котельная ОАО «Сараньрезинотехника» является источником подпиточной воды для системы теплоснабжения.

8.2 Традиционная схема подготовки подпиточной воды котельной ОАО «Сараньрезинотехника» методом ионного обмена

В качестве исходной воды в котельной используется вода артезианской скважины. Химический состав воды приведен в таблице 8.1.

Таблица 8.1
Химический состав исходной воды

Компоненты	Величина
Жесткость общая, мг-экв/л	6,6
Щелочность общая, мг-экв/л	4,74
Жесткость кальциевая, мг-экв/л	4,1
Жесткость магниевая, мг-экв/л	2,5
Хлориды, мг-экв/кг	2,54
Окисляемость, мгО/л	1,25
Сухой остаток, мг/л	646
Нитриты, мг/л	-
Сульфаты, мг-экв/кг	3,54
Величина pH	7,3-7,68
Na ⁺ , мг-экв/кг	4,28
HCO ₃ ⁻ , мг-экв/кг	4,1

Водоподготовительная установка работает по схеме параллельное водород-натрий катионирование, декарбонизация, натрий катионирование II ступень. Схема подготовки подпиточной воды котельной ОАО «Сараньрезинотехника» методом ионного обмена показана на рисунке 8.1.

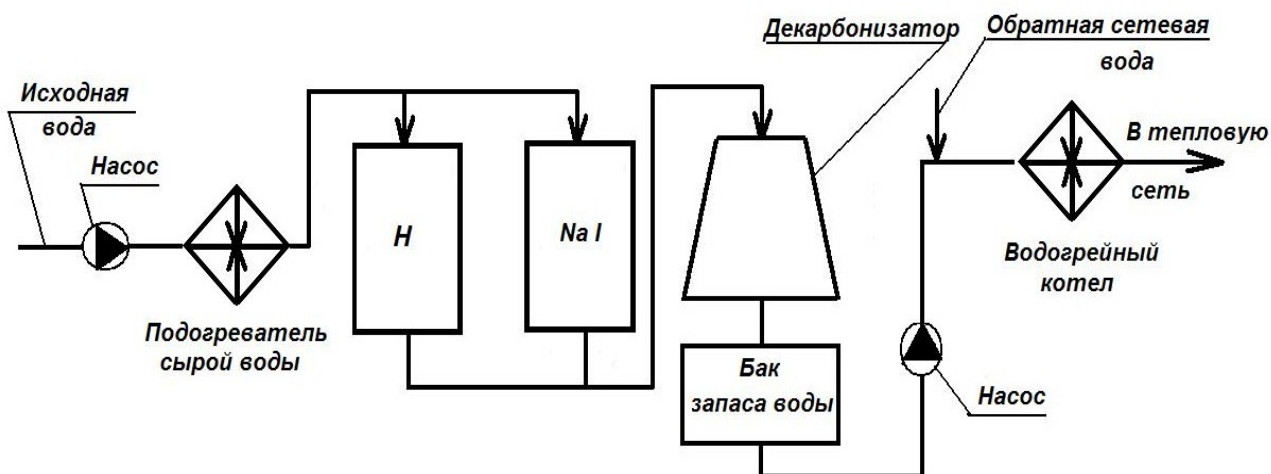


Рисунок 8.1 Схема подготовки подпиточной воды котельной ОАО «Сараньрезинотехника» методом ионного обмена

Общая производительность установки (без учета собственных нужд ХВО) – 520 т/ч, в том числе для подпитки паровых котлов – 200-250 т/ч и для подпитки тепловой сети – 300 т/ч.

При параллельном водород-натрий катионировании исходную воду разделяют на два потока, каждый из которых пропускают через водород- или

натрий-катионитные фильтры. Кислая водород-катионированная вода смешивается со щелочной натрий-катионированной водой, при этом происходят нейтрализация щелочной воды, выходящей из натрий-катионитных фильтров. Регулируя производительность этих двух групп фильтров получают в результате смешения на гребенке двух потоков, умягченную воду с остаточной щелочностью 600-700 мкг-экв/л. Частично умягченную воду, после первой ступени умягчения направляют в декарбонизатор, для удаления из нее свободной углекислоты, часть декарбонизированной воды направляется на натрий-катионитный фильтры II ступени, в которых происходит умягчение воды до остаточной жесткости 0,01 мг-экв/л. Глубокоумягченная вода используется для подпитки паровых котлов. Часть декарбонизированной воды используется для подпитки теплосети.

В соответствии с нормами качества подпиточной воды для тепловых сетей [2] карбонатная жесткость подпиточной сетевой вода должна быть не более 0,7 мг-экв/л, величина рН в пределах 7,0-6,5. По данным работы водоподготовительной установки карбонатная жесткость подпиточной сетевой воды после первой ступени водород-натрий катионирования составляет в среднем 0,268 мг-экв/л величина рН не превышает 7,3. Карбонатный индекс подпиточной сетевой воды составляет $\text{Щ} \cdot \text{Ж}_{\text{общ}} = 0,177$ мг-экв/л. Большая глубина умягчения подпиточной вода теплосети при параллельном водород-натрий катионировании и не высокая величина рН приводит к значительному перерасходу реагентов при регенерации фильтров, увеличению кислых и соленых стоков, повышению процессов коррозии теплосети.

В схеме параллельного водород-натрий катионирования установлены пять водород-катионитных фильтров, четыре натрий-катионитных фильтра I ступени, четыре натрий-катионитных фильтра II ступени, один фильтр гидроперегрузки, два декарбонизатора. Установлены фильтры диаметром 3000 мм, высота загрузки катионита на фильтрах составляет 1,5-2,0 м при общей высоте фильтра 5460 мм.

Регенерация истощенного водород-катионита осуществляется путем фильтрования через слой катионита 1-1,5 % раствора серной кислоты при скорости 8-10 м/ч. Расход 100 % серной кислоты на регенерацию катионита одного водород-катионитного фильтра составляет 994 кг (1050 кг технической кислоты) при удельном расходе кислоты 100 г/г-экв. Кислые сточные воды сбрасываются в открытый дренажный канал, при этом происходит испарение кислоты в цехе, что приводит к ухудшению экологической обстановки. Из дренажного канала кислые стоки поступают в ливневую канализацию. В цехе необходимо осуществлять нейтрализацию кислых стоков, для этой цели смонтирован бак объемом 400 м³.

Натрий-катионитный фильтр I ступени отключают на регенерацию при повышении жесткости фильтрата до 1000 мкг-экв/л. Регенерация истощенного слоя катионита проводится 6-8 % раствором поваренной соли. Расход соли на регенерацию 1008 кг,

Натрий-катионитные фильтры II ступени отключают на регенерацию при жесткости фильтрата 20 мкг-экв/л. Расход соли на регенерацию 2016 кг. Регенерация истощенного слоя катионита проводится двумя порциями соли с отмывкой катионита после пропуска порции соли (1008 кг). Концентрация раствора соли первой порции - 5-8 %, второй порции от 10-12 % до 14 %. Отмывку катионита после пропуска первой порции соли ведут до жесткости 100-200 мкг-экв/л, после пропуска второй порции соли - до жесткости 5 мкг-экв/л.

Снизить расход поваренной соли на 25 % на регенерацию натрий-катионитных фильтров возможно при повторном использовании регенерационного раствора на фильтре-утилизаторе или при совместных регенерациях фильтров I и II ступени. Это позволит также снизить количество соленых стоков и расход воды на собственные нужды, за счет повторного использования отмывочных вод.

Технология очистки добавочной воды для подпитки котлов и тепловых сетей предусматривает очистку воды пропуском 50 % ее через натрий-катионитные фильтры первой ступени и 50 % через водород-катионитные фильтры. Затем всю очищенную воду пропускают через общий декарбонизатор. Оттуда часть воды подается непосредственно на подпитку тепловых сетей, а часть воды подается на натрий-катионитные фильтры II ступени с пропуском ее, через деаэратор для подпитки котлов. Для подпитки тепловых сетей требуется вода с жесткостью 0,7 мг-экв/л, в то же время вода после I ступени очистки имеет жесткость 0,2-0,3 мг-экв/л. Вода "переочищена", что повышает ее коррозионную способность учитывая, что подпиточная вода не проходит стадию деаэрации - удаления углекислоты и кислорода. Кроме того, стоимость "переочищенной" воды выше стоимости воды в соответствии с требованиями [2].

Необходимо после первой ступени иметь жесткость вода на уровне 0,7 мг-экв/л, что позволит работать более экономично, сократит частично коррозионные процессы из-за отложений солей жесткости на поверхностях труб. При этом фильтроцикл натрий-катионитных фильтров II ступени снизится, однако общие расходы соли не возрастут, что связано с сокращением количества регенераций фильтров I ступени;

В схеме отсутствует деаэратор подпитки тепловых сетей, что не позволяет удалять кислород и углекислоту, при этом повышается коррозия тепловых сетей. Не выдерживается величина рН воды, поступающей на подпитку

тепловых сетей из-за наличия углекислоты, это увеличивает скорость роста отложений на поверхностях нагрева водогрейных котлов и бойлеров

8.3 Оценка эффективности схемы подготовки добавочной воды тепловой сети г. Сарани

По данным [26,27,28] коррозионная активность воды после Na-катионитных фильтров несколько увеличивается по сравнению с коррозионной активностью исходной воды. Кроме того, в реальных условиях эксплуатации неминуемы «проскоки» солей жесткости, это приводит к постепенному отложению накипи и продуктов коррозии в котлах и другом теплопередающем оборудовании, а также к снижению коэффициента теплопередачи. Ионообменные способы подготовки воды, в частности параллельное водород-натрий катионирование не обеспечивает условий, препятствующих коррозионным процессам и образованию отложений на поверхностях нагрева водогрейного оборудования.

Технология очистки добавочной воды для подпитки котлов и тепловых сетей котельной ОАО «Сараньрезинотехника» предусматривает очистку воды пропуском 50 % ее через натрий-катионитные фильтры первой ступени и 50 % через водород-катионитные фильтры. Затем всю очищенную воду пропускают через общий декарбонизатор. Оттуда часть воды подается непосредственно на подпитку тепловых сетей, а часть воды подается на натрий-катионитные фильтры II ступени с пропуском ее, через деаэратор для подпитки котлов. Для подпитки тепловых сетей требуется вода с жесткостью 0,7 мг-экв/л, в то же время вода после I ступени очистки имеет жесткость 0,2-0,3 мг-экв/л. Вода "переочищена", что повышает ее коррозионную способность учитывая, что подпиточная вода не проходит стадию деаэрации - удаления углекислоты и кислорода. Кроме того, стоимость "переочищенной" воды выше стоимости воды в соответствии с требованиями [2].

В схеме отсутствует деаэратор подпитки тепловых сетей, что не позволяет удалять кислород и углекислоту, при этом повышается коррозия тепловых сетей. Не выдерживается величина pH воды, поступающей на подпитку тепловых сетей из-за наличия углекислоты, это увеличивает скорость роста отложений на поверхностях нагрева водогрейных котлов и бойлеров

К недостаткам использования катионитных фильтров для подготовки добавочной воды теплосети можно отнести:

- высокая стоимость основного оборудования;
- громоздкость, трудоемкость монтажа и наладки;
- значительные энергозатраты при эксплуатации;
- нестабильность в работе;
- значительные затраты на содержание реагентного хозяйства, ремонт оборудования;

- большие потери ионообменных смол при взрыхлении фильтров;
- значительный объем сточных вод;

К недостаткам умягчения воды на натрий-катионитовых фильтрах относятся так же потребление в больших количествах соли, большой расход воды на собственные нужды химводоочистки и загрязнение водоемов сточными водами, содержащими хлориды в высоких концентрациях.

Задачи организации водно-химического режима тепловых сетей и водоподготовки основном сводятся к предупреждению коррозии оборудования, шламо- и накипеобразования. Необходимые для этого методы обработки воды и способы ведения водного режима выбираются в соответствии с действующими нормативно-техническими документами и рекомендациями организаций и предприятий разработчиков новых эффективных методов подготовки подпиточной воды тепловых сетей и методов организации их водного режима.

Для подготовки подпиточной воды тепловых сетей рекомендуется использовать альтернативные методы, в частности, с использованием комплексонов.

8.4 Применение ингибиторов солеотложений для подготовки подпиточной воды тепловой сети г. Сарань

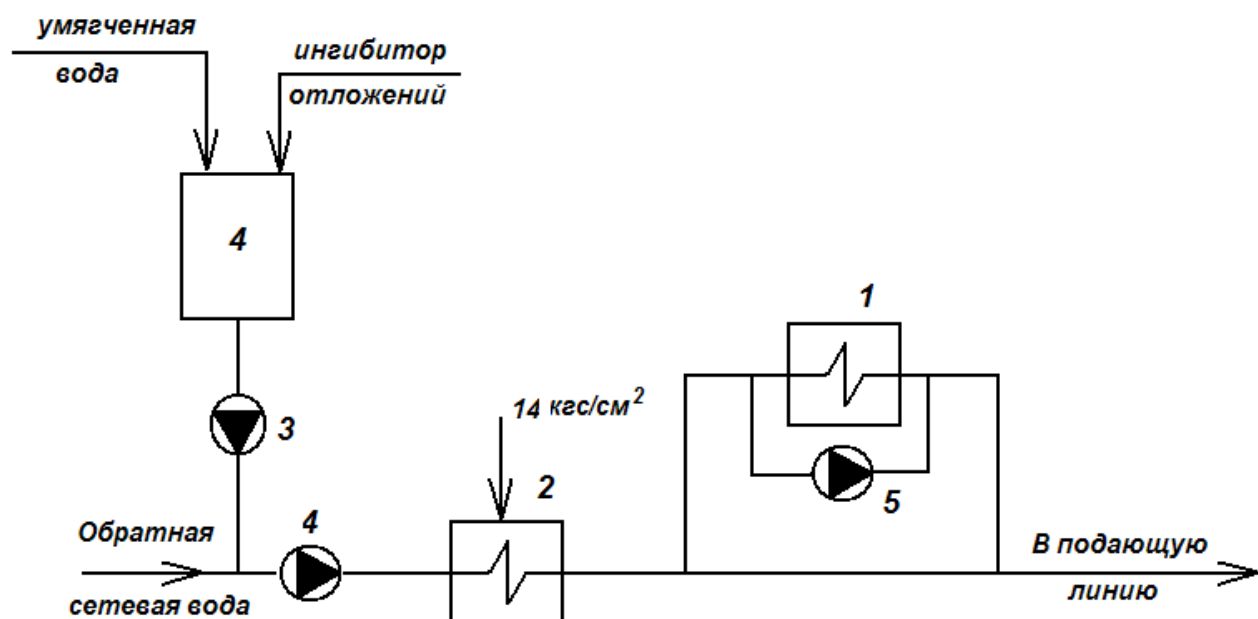
Альтернативным методом подготовки добавочной воды может быть применение ингибиторов отложений.

Применение ингибиторов коррозии целесообразно при высокой агрессивности воды. Особенностью системы подготовки добавочной воды котельной ОАО «Сараньрезинотехника» является отсутствие деаэрация.

Область применения ингибиторов отложения существенно ограничена накипеобразующими свойствами воды и теплотехническими характеристиками оборудования. Эффективное действие фосфонатов возможно только при отсутствии кипения. На котельной ОАО «Сараньрезинотехника» максимальная температура воды на входе в тепловую сеть, по эксплуатационным данным, не превышает 85 °С.

Для внедрения альтернативного метода подготовки подпиточной воды системы теплоснабжения необходимо изменить схему подготовки воды. Умягчение вода на параллельных водород-натрий катионитных фильтрах проводить до остаточной жесткости 0,8 мг-экв/л. Для снижения жесткости до требуемых значений 0,7 мг-экв/л [1, 2] необходимо вводить в воду ингибиторы отложений. В качестве ингибиторов отложений для использования в котельной ОАО «Сараньрезинотехника» рекомендуется ИОМС и ОЭДФ-Zn.

Дозировать реагенты возможно в бак запаса подпиточной воды имеющийся на станции. Вода из бака запаса подпиточными насосами будет подаваться на всас сетевых насосов. Схема ввода реагентов показана на рисунке 8.2.



1 – Водогрейный котел, 2 – пароводяной подогреватель сетевой воды, 3 – подпиточный насос, 4- сетевой насос, 5 – циркуляционный насос

Рисунок 8.2 Схема ввода ингибиторов отложений в добавочную воду системы теплоснабжения г. Сарань

Необходимая концентрация (доза) ингибиторов зависит от накипеобразующей способности воды. Накипеобразующая способность воды и необходимая концентрация ингибитора отложений растет с увеличением значения карбонатного индекса воды, температуры воды и значения pH [25].

Нормы дозирования ИОМСа определяются из величины эффективной концентрации ингибитора ИОМС в зависимости от температуры подогрева воды. Эффективная концентрация ИОМСа в сетевой воде при величине карбонатного индекса $I_k = 19,4 \text{ (мг-экв/дм}^3)^2$ и максимальной температуре воды 85°C должна быть **1,8-2 мг/дм³** [10,15].

При использовании ингибитора коррозии и накипеобразования эффективная концентрация ОЭДФ-Zn в сетевой воде должна быть **7,5 - 8 мг/дм³** [10].

При повышенных концентрациях ОЭДФ-Zn, ИОМС в теплообменниках через определенное время после начала дозирования появляются отложения, связанные с образованием труднорастворимых соединений. При дозировании в обрабатываемую воду концентрации ингибиторов ниже эффективной наблюдалась меньшая степень ингибирования карбонатных отложений, отложения «недоотмывались». В трубопроводах присутствовала тонкая пленка отложений. Наличие тонкой пленки отложений способствует снижению

коррозионных процессов в трубопроводах и не были зафиксированы случаи повреждения металла трубопроводов.

Поэтому к котельной рекомендуется ингибиторы отложений дозировать в концентрации на 40 % ниже эффективной [41]. При вводе ингибитора отложений ИОМС, для безаварийной работы системы теплоснабжения, рекомендуемая доза реагента должна составлять 1,2 мг/дм³. При использовании ОЭДФ-Zn доза реагента должна составлять 4,8 мг/дм³.

Не смотря на то, что при одной и той же концентрации основного вещества ИОМС менее эффективен, чем ОЭДФ-Zn оба эти ингибитора могут быть рекомендованы к применению в системах теплоснабжения.

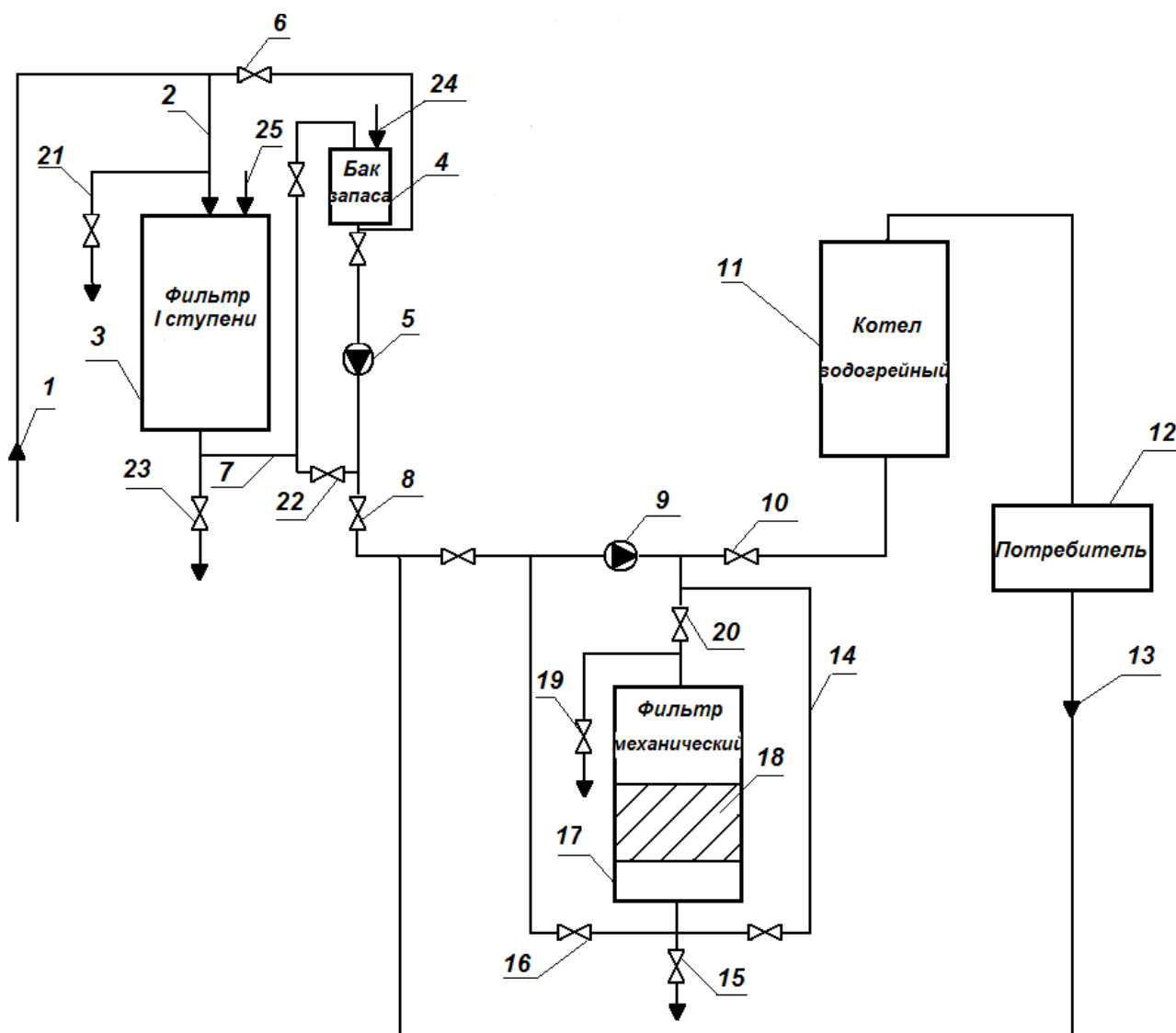
8.5 Разработка схемы ведения безкапипного водно-химического режима

При увеличении концентрации реагента возникают проблемы, связанные с образованием отложений из труднорастворимых продуктов его взаимодействия с катионами, находящимися в воде.

Существуют рекомендации о необходимости частичной отмывки воды циркулирующей в тепловой сети. Для безопасной работы системы теплоснабжения отмывку рекомендуется направлять от 5 до 10 % от циркулирующей в тепловой сети воды.

На основании данных по использования ингибиторов отложений ИОМС и ОЭДФ-Zn для водогрейной котельной ОАО «Сараньрезинотехника» разработана схема для проведения отмывки сетевой воды [40,41]. Схема приведена на рисунке 8.3.

В период эксплуатации тепловых сетей по трубопроводу 1, 2 вода подается непосредственно на фильтры первой ступени, откуда умягченная вода по трубопроводу 7 и 22 поступает в бак приготовления реагентов 4 **объемом 2-5 м³** и подпиточным насосом 5 направляется на всас сетевого насоса 9. Бак запаса подпиточной воды 4 и подпиточный насос 5, обеспечивают подачу реагентов при эксплуатации тепловых сетей. В баке 4 растворяют ингибитор отложения ОДФZn. Подпиточный насос 5 включают только при отсутствии воды в системе водоснабжения объекта или при подаче реагентов с систему теплоснабжения, которая осуществляется периодически. В условиях эксплуатации умягченная вода подается по трубопроводу 7 на всас сетевого насоса 9. Предусматривается подача исходной воды в бак запаса 4 по трубопроводу 2. Взрыхление натрий катионитового фильтра осуществляется по линии 7 подпиточным насосом 5.



1 - подача исходной воды из напорного трубопровода артезианского колодца, 2 - подача исходной воды через натрий-катионитовый фильтр в подпиточный бак, 3 - натрий-катионитовый фильтр, 4 - подпиточный бак объемом 3-5 м³, 5 - подпиточный насос, 6 - резервный трубопровод подачи исходной воды непосредственно на всас сетевого насоса, 7 - трубопровод взрыхляющей воды натрий катионитового фильтра, 8 - всасывающий трубопровод сетевого насоса, 9 - сетевой насос, 10 - вентиль на напорной линии сетевого насоса, 11- водогрейный котел, 12 - потребитель воды теплосети, 13 - обратный трубопровод воды теплосети, 14 - трубопровод взрыхляющей воды механического фильтра, 15 - нижний дренаж механического фильтра, 16 - подача очищенной воды тепловых сетей на всас сетевого насоса, 17 - механический фильтр для удаления взвешенных частиц из воды тепловых сетей, 18 - загрузка механического фильтра (антрацит), 19 – верхний дренаж механического фильтра, 20 - трубопровод подачи воды тепловых сетей на механический фильтр, 21 - верхний дренаж натрий-катионитового фильтра, 22 - трубопровод подачи умягченной воды в подпиточный бак, 23- нижний дренаж натрий-катионитового фильтра, 24 – подача ингибитора отложения, 25 - подача соли для регенерации катионита натрий-катионитового фильтра.

Рисунок 8.3 [41]

Соль для регенерации подается через воронку 25 при открытии вентиля, которые смонтированы в верхней части натрий катионитового фильтра.

Для удаления взвешенных веществ из воды тепловых сетей часть (около 5-10 %) проходит очистку в механическом фильтре 17, загруженном антрацитом 18. Вода теплосети под давлением сетевого насоса 9 подается в механический фильтр по трубопроводу 20 и, пройдя очистку, по линии 16 поступает на всас сетевого насоса 9 обратно в тепловую сеть. Периодически, для удаления уловленных взвешенных веществ, загрузка механического фильтра 18 взрыхляется водой теплосети из трубопровода 14 проходя через фильтр 17 со сбросом взрыхляющей воды через верхний дренаж фильтра 19.

Периодичность взрыхления устанавливается при наладке установки в период эксплуатации. На установке следует смонтировать манометры на всасе и напоре сетевого насоса, а также на линии 16, возврата очищенной воды за механическим фильтром 17, по давлению которых определяется необходимость проведения взрыхления механического фильтра.

Предлагаемая схема разработана для закрытой системы теплоснабжения. Карбонатный индекс добавочной воды котельной г. Сарани 19,4 (мг-экв/кг)². Рекомендуемые реагенты - ОЭДФ-Zn и ИОМС.

Данная схема позволяет выводить из циркулирующей в системе теплоснабжения воды взвешанные вещества, продукты ингибирования солей жесткости. Механический фильтр, установленный для улавливания отложений, необходимо загружать антрацитом. При контакте с антрацитом сетевой воды идет интенсивное разрушение карбонатных отложений с выделением взвешанных веществ на основе солей жесткости.

Предлагаемая схема может работать в различных режимах:

- режим с частичным отключением химводоочистки подпиточной воды (т.е. режим, в котором один поток подпиточной воды проходит химводоочистку, а другой поток подпиточной воды обрабатывается только ингибитором отложений; в дальнейшем эти потоки объединяются);
- режим с полным отключением химводоочистки (умягчения, декарбонизации и т.п.) подпиточной воды;
- режим с временным отключением химводоочистки подпиточной воды на период летних низких температур сетевой воды

Разработанная схема подготовки подпиточной воды котельной АО «Сараньрезинотехника» позволяет вести водно-химический режим работы оборудования безнакипным и с минимальной скоростью коррозии.

Выводы

В диссертационной работе выполнены исследования по использованию ингибиторов отложений ИОМС, обобщен опыт использования ОЭДФ-Zn в системах теплоснабжения.

Опыт использования ОЭДФ-Zn и ИОМС показывает, что эти реагенты предотвращают не только кальциево-карбонатное накипеобразование, но и частично железо-оксидное. Не смотря на то, что при одной и той же концентрации основного вещества ИОМС менее эффективен, чем ОЭДФ-Zn оба эти ингибитора могут быть рекомендованы к применению в системах теплоснабжения Республики Казахстан.

При увеличении концентрации реагента вводимого в обрабатываемую воду возникают проблемы, связанные с образованием отложений из труднорастворимых продуктов его взаимодействия с катионами, находящимися в воде.

В данной работе разработана схема, позволяющая выводить часть образующихся взвешенных веществ из цикла системы теплоснабжения, что позволит вести водно-химический режим безнакипным и с минимальной скоростью коррозии металла оборудования. Предлагаемая схема может быть использована при работе систем теплоснабжения малого объема.

Список использованных источников

1. Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей РК - Астана, 2004.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Астана, 2009.
3. Трофимов Г. Актуальный проблемы энергетической отрасли Республики Казахстан // Энергетика. 2003. № 3 (34). С 3.
4. Методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей (РД 34.37. 506-88). — М.: Союзтехэнерго, 1989.
5. Жданов О.В. Накипь и проблемы теплоэнергетики// Новости теплоснабжения. 2006. №4 (68). С. 15-16.
6. Копылов А. С., Лавыгин В. М., Очков В. Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МЭИ. 2003.
7. Белан Ф.И., Сутоцкий Г.П. Водоподготовка промышленных котельных. - М.: Энергия. 1969. - 328 с.
8. Водный режим тепловых электростанций /Под ред. Маргуловой Т.Х. – М.: Энергоиздат, 1982. - 264 с.
9. Чаусов Ф.Ф., Раевская Г.А. Комплексный водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров. Практическое руководство / Под ред. С.М. Решетникова и М.А. Плетнева. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика, 2002. – 235 с.
10. Методические рекомендации по применению антинакипинов и ингибиторов коррозии ОЭДФК, АФОН 200-60А, АФОН 230-23А, ПАФ-13А, ИОМС-1 и их аналогов, проверенных и сертифицированных на РАО «КЭС Россия», на энергопредприятиях. СО 34.37.536-2004. – Ростов на Дону: Комплекс, 2004.
11. Балабан-Ирменин Ю.В. О влиянии органических веществ, содержащихся в воде на ингибирование накипеобразования с помощью органофосфатов // Новости теплоснабжения. 2009. № 12. С. 26-28 .
12. Ковальчук А.П. О применении комплексонатов для антикоррозионной противонакипной обработки питательной и подпиточной воды в системах паро-теплоснабжения и горячего водоснабжения // Новости теплоснабжения. 2000. № 1. С. 35 -36.
13. Балабан-Ирменин Ю.В., Ершов Н.С., Липовских В.М. и др. Влияние неоднородности поверхности трубопроводов на внутреннюю коррозию в теплосети // Электрические станции. 1990. № 5. С. 37-42.
14. Чаусов Ф. Ф., Раевская Г. А., Плетнев М. А. Применение ингибиторов солеотложений и коррозии в системах отопления// Сантехника,

отопление, кондиционирование. 2003. № 9. С. 12 - 15.

15. Методические указания по коррекционной обработке питательной воды паровых котлов, подпиточной воды систем теплоснабжения водогрейных котлов комплексонатами ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn. МУ 1-321-03. - Ростов-на-Дону: Комплекс, 2003.

16. Методические указания по стабилизационной обработке подпиточной воды систем теплоснабжения водогрейных котлов комплексонатами ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn. МУ 1-322-03. - Ростов-на-Дону: Комплекс, 2003.

17. Ковальчук А.П. Результаты применения ингибитора накипеобразования и коррозии ОЭДФ-цинк в системе теплоснабжения Ростовской ТЭЦ-2 // Энергетик. 2004. № 10. С. 48.

18. Ковальчук А.П. О применении комплексонатов для антикоррозионной и противонакипной обработки питательной и подпиточной воды в системах паротеплоснабжения и горячего водоснабжения // Новости теплоснабжения. 2000. №1. С. 32-35.

19. Жданов О.В. Опыт оптимальной организации водно-химического режима отопительных котельных малой и средней мощности // Новости теплоснабжения. 2007. № 5. С. 27 - 34.

20. Цуканова Т.В. Использование комплексных соединений при подготовке добавочной воды для оптимизации водно-химического режима водогрейных котлов и систем теплоснабжения. Автореф. дисс. канд. техн. наук. - М.: МЭИ, 2007. – 20.

21. Балабан-Ирменин Ю.В., Рубашов А.М., Думнов В.П. Проблемы внедрения антинакипинов в системах теплоснабжения // Промышленная энергетика. 1996. № 4. С. 11-13.

22. Балабан-Ирменин Ю.В., Рубашов А.М., Тарасов С.Г. Некоторые проблемы внедрения фосфатов-антинакипинов // Промышленная энергетика. 2004. № 1. С. 29-34.

23. Чаусов Ф. Ф., Раевская Г. А., Плетнев М. А. Общие указания по внедрению комплексонного водно-химического режима // Новости теплоснабжения. 2003. № 10. С. 21-24.

24. Потапов С. А., Дрикер Б. Н., Цирульникова Н. В. О применении цинкового комплекса ОЭДФ в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения// Энергосбережение и водоподготовка. 2004. № 3. С. 57 — 60.

25. Мацько Т.В. Теория и практика применения комплексонатов для оптимизации водно-химического режима котлов низких и средних параметров и систем теплоснабжения // Новости теплоснабжения, 2006. № 5 (69). С. 49 – 51

26. Потапов С.А., Меламед А.М., Нефедова Н.А., Торопцев К.М.. Композиция ККФ - эффективный ингибитор коррозии систем теплоснабжения (из опыта применения в г. Зеленодольске) // Энергосбережение в Республике

Татарстан. 2001. № 2 (3). С. 38-39.

27. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1999.

28. Балабан-Ирменин Ю.В. Особенности процессов коррозии металлов трубопроводов в воде тепловых сетей // Энергосбережение и водоподготовка. 2003. № 3. С. 20-26.

29. Потапов С. А. Предотвращение накипеобразования и коррозии в системах теплоснабжения при работе на жесткой недеаэрированной воде, стабилизированной Композицией ККФ //Новости теплоснабжения. 2002. №3(19). С. 40-43.

30. Федосеев Б.С., Балабан-Ирменин Ю.В. Обобщение опыта применения фосфоновых соединений для обработки подпиточной воды в тепловых сетях // Энергетик. 1994. № 5. С. 17-18.

31. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1999.

32. РД 24.031.120-91 Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля.

33. Чаусов Ф. Ф., Плетнёв М. А., Казанцева И. С. Опыт применения комплексной обработки воды в системе горячего водоснабжения города Можга // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2004. № 3. С.26 - 28.

34. Чаусов Ф. Ф. Эффективный способ защиты стального оборудования инженерных сетей от коррозии // Экология и промышленность России. 2009. № 2. С. 36 – 40.

35. Плетнев М.А., Чаусов Ф.Ф. Опыт использования ингибиторов коррозии и накипеобразования для защиты оборудования и коммуникаций на объектах малой энергетики //

36. Ковалева Н.Е., Рудакова Г.Я. Теория и практика применения комплексонов для обработки вода // Новости теплоснабжения. 2002. № 8 (24). С. 43-45.

37. Балабан-Ирменин Ю.В. Особенности процессов коррозии металлов трубопроводов в воде тепловых сетей // Энергосбережение и водоподготовка. 2003. № 3. С. 20-26.

38. Чаусов Ф. Ф. Эффективность фосфонатоцинкатных ингибиторов солеотложений и коррозии. Сравнительные лабораторные исследования // Экология и промышленность России. 2008. Сентябрь.

39. Ковалева Н.Е., Рудакова Г.Я. Теория и практика применения комплексонов для обработки воды. – Новости теплоснабжения, 2002, № 3.

40. Харченко С.П., Глазырин В.А. Об использовании комплексообразующих реагентов в закрытых системах теплоснабжения // Энергосбережение в теплоэлектроэнергетике и теплоэлектротехнологиях: матер. Междунар. науч.-практ. конф.:/ Омский государственный технический университет. – Омск, 2010. – С. 171 – 173.

41. Харченко С.П., Глазырин А.И. О водно-химическом режиме тепловых сетей //Теплофизические основы энергетических технологий:сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2010. С. 220 -222.

42. Высокоэкономичная технология предотвращения накипеобразования и коррозии в системах теплоснабжения.// С.А. Потапов. – Энергосбережение в Республике Татарстан, 2001, № 1, с. 41-43.