

Тенденция к внедрению новых технологий в жилищно-коммунальной и промышленной энергетике развивается, главным образом, «снизу». Ее основной движущей силой становится желание энергетиков сэкономить на оборудовании, расходных материалах, трудозатратах. Одно из мероприятий, позволяющих добиться значительной экономии, — внедрение так называемой комплексной водоподготовки — дозирования в воду систем отопления и ГВС ингибиторов накипеобразования на основе комплексонов.

Авторы Ф.Ф. ЧАУСОВ, к.х.н., С.С. САВИНСКИЙ, к.ф.-м.н., Р.М. ЗАКИРОВА, С.П. КУЗЬКИНА, И.С. КАЗАНЦЕВА, Удмуртский государственный университет

ПРИЧИНА АВАРИИ – «Комплексон»

Введение

К внедрению любой новой технологии эксплуатационники всегда относятся с некоторым недоверием. Когда речь идет о противонакипной и противокоррозионной обработке воды, вопрос о том, не обернется ли экономия на водоподготовке выходом из строя котлов и многократно большими издержками на их ремонт, становится основным.

Применительно к обработке воды комплексонными препаратами этот вопрос дискутировался не раз [1–4], в том числе и на страницах журнала «С.О.К.» [5–7]. И все-таки во всех цитированных источниках он обсуждался, чаще всего, с «кабинетных» позиций, порой не без личных амбиций.

В этой статье мы рассмотрим конкретный случай — аварию, произошедшую в одной из котельных, одной из причин которой, как это будет доказано ниже, стало использование комплексона.

На этом примере мы попробуем дать рекомендации для специалистов-проектировщиков, наладчиков и эксплуатационников, как не допустить подобного результата при внедрении инновационных технологий водоподготовки.

Авария

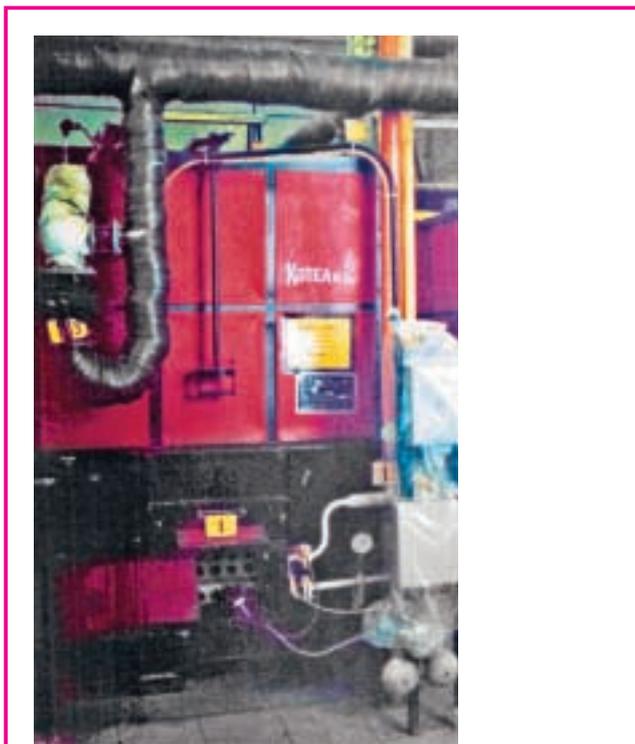
Летом 2004 г. в с. Мостовое Сарапульского района Удмуртской Республики была проведена комплексная реконструкция отопительной котельной ЖКХ с переводом на газ в качестве основного топлива. Заказчик работ — МП ЖКХ «Мостовинское», а проектировщик и генеральный подрядчик — ГУП «Территориальное производственное объединение ЖКХ Удмуртской Республики» (ТПО ЖКХ УР).

В котельной были смонтированы три новых водогрейных котла, работающих на газе, — два КВ-1,0Гс (заводские номера 109 и 110) и один КВ-0,63Гс (заводской номер 111). Котлы серии КВ (рис. 1), разработанные и выпускаемые ТПО ЖКХ УР, отличаются рядом неоспоримых достоинств: простой и надежной конструкцией, высоким КПД, возможностью агрегатирования с топками, работающими на различных видах топлива.

Для предотвращения накипеобразования и коррозии в котлах и тепловых сетях проектировщиками было принято решение об использовании одной из самых дешевых установок комплексонной обработки воды «Комплексон-6», закупленной у ООО «Дикма» (г. Тверь) в комплекте с 50 л расходного материала — 22%-го водного раствора нитрилотриметилфосфonatoцинката натрия производства ООО «Экоэнерго» (г. Ростов-на-Дону). Пуск и наладку установки «Комплексон-6» и водного режима котлов выполняли специалисты ТПО ЖКХ УР.

Отопительный сезон 2004–2005 гг. котельная отработала без нареканий, за исключением нестабильной работы установки «Комплексон-6».

Во время подготовки к отопительному сезону 2005–2006 гг. были проведены гидравлические испытания котлов давлением 0,6 МПа (6 кгс/см²). Течей при этом обнаружено не было. При пробной растопке котлов в сентябре 2005 г. оператор котельной обратил внимание на поступление воды в топку одного из котлов КВ-1,0Гс и дал сигнал к аварийной остановке. Аналогично с небольшим временным интервалом вышел из строя и второй котел того же типа. ▴



■ Рис. 1. Котел КВ 1,0Гс производства ТПО ЖКХ УР

Из протокола осмотра котельной:

«...Трубы задних экранов, противлежащие амбразуры газовой горелки, в обоих котлах забиты твердым бело-серым веществом, предположительно, накипью. Дефектные фрагменты труб извлечены. В стенках экранных труб котла 109 с огневой стороны имеется перфорация размером 60×3 см. В стенках экранных труб котла 110 с огневой стороны имеются множественные перфорации размерами 1×1–1×2 см. Взамен вышедших из строя экранных труб установлены новые трубы Ø57×3 мм. Образцы экранных труб котла 109 вместе с находящимся внутри них бело-серым веществом изъяты для исследования...».

Очевидно, что только бдительность оператора котельной позволила предотвратить аварию и обеспечить бесперебойный отопительный сезон 2005–2006 гг. в с. Мостовое.

Изъятые образцы экранных труб (рис. 2) подвергли всестороннему исследованию.

Первой задачей исследования было определение температуры металла трубы, при которой произошел ее разрыв. Для этого была снята обзорная дифрактограмма участка металла трубы на рентгеновском дифрактометре ДРОН-6 в $CoK\alpha$ -излучении с длиной волны 1,79 Å (рис. 3). Обращает на себя внимание необычное соотношение интенсивности рассеяния рентгеновских лучей различными оксидами железа: дифракционные линии вюстита FeO намного превосходят по интенсивности линии магнетита Fe_3O_4 , несмотря на то, что, обладая сходной группой симметрии $m\bar{3}m$, они должны иметь близкие структурные факторы. Следовательно, количество вюстита FeO на поверхности металла значительно превосходит количество магнетита Fe_3O_4 . Это нехарактерно для окисления стали экранных труб и позволяет сделать вывод, что при температуре металла в момент разрыва трубы вюстит FeO был термодинамически более устойчив, чем магнетит Fe_3O_4 . В литературе [8–10] показано, что при нагревании железа на воздухе вюстит образуется при температуре выше 848 K (575°C). Получается, что экранная труба водогрейного котла, работающего по графику 95/70°C, была раска-

лена до такой (или более высокой) температуры? Такой вывод парадоксален для котлостроителей. Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть его, было проведено прямое исследование кристаллической структуры металла трубы путем съемки дифрактограммы на отражение от плоскости (112) α -железа в интервале углов

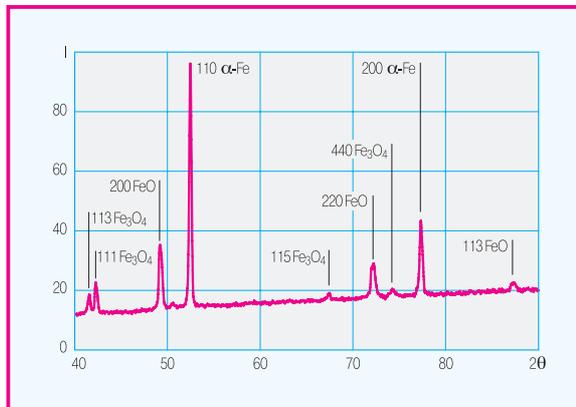
Вульфа-Брэгга $2T = 98–102^\circ$. Наблюдающийся (рис. 4) характер расщепления дублета свидетельствует о нагреве стали до температур высокого отпуска (550–600°C). Наконец, для полной уверенности в причинах аварии была проведена съемка образца металла трубы на установке УРС-2,0 фотометодом в рентгеновской камере РКД. Полученная рентгенограмма приведена на рис. 5.

Пунктирно-точечный характер дифракционных линий убедительно свидетельствует о протекании процесса рекристаллизации металла. Картина характерна для стадии первичной рекристаллизации, которая еще не закончилась, т.е. металл подвергнут высокому отпуску. Т.о., нагрев металла экранных труб до температур 575–600°C можно считать неопровержимо доказанным.

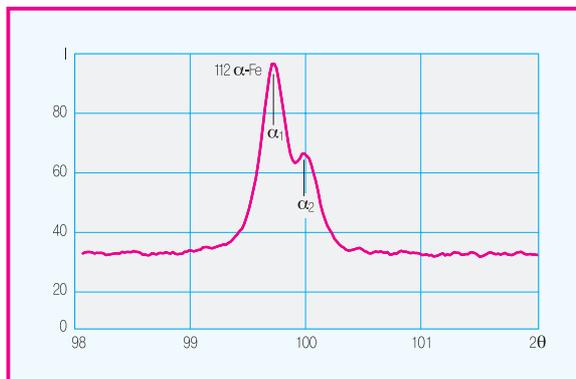
Причину этого, как и объяснение тому, что разгерметизация котла не была замечена при гидравлических испытаниях, дал осмотр поперечного сечения экранных труб: оно оказалось полностью (на 100% площади!) забито тем самым бело-серым веществом, местами еще с желтым оттенком (рис. 6). Пробы вещества были подвергнуты рентгенофазовому анализу на рентгеновском дифрактометре «ДРОН-6» в $CoK\alpha$ -излучении с длиной волны 1,79 Å. Полученная и однозначно индцированная рентгенограмма (рис. 7) позволяет утверждать, что трубы забиты практически чистым кальцитом-карбонатом кальция с формулой $CaCO_3$ и группой симметрии $R\bar{3}c$. Образование такого количества кальцита в экранных трубах котла дает основание сделать вывод: противонакипной обработки воды либо нет, либо (если она есть формально) система водоподготовки не работоспособна. ▀



■ Рис. 2. Образцы экранных труб с перфорацией (разрывом) заполненных внутри бело-серым веществом



■ Рис. 3. Дифрактограмма с поверхности металла трубы в месте разрыва



■ Рис. 4. Дифрактограмма металла трубы на больших углах Вульфа-Брэгга (характер расщепления дублета свидетельствует о нагреве стали до температур высокого отпуска (550–600°C))

Заключение специалистов:

«Причиной аварии котлов стал перегрев поверхности нагрева экранных труб до температуры 575–600°C, вызванный образованием отложений накипи (кальцита) по всему сечению труб из-за использования неработоспособной системы водоподготовки».

Что же, последуем совету Отто фон Бисмарка учиться на чужих ошибках. Тем более, что авария в котельной с. Мостовое стала следствием замечательного созвездия очень поучительных ошибок.

Использование ненадлежащего дозирующего устройства

Движимые благородной идеей экономии государственных средств, проектировщики ТПО ЖКХ УР приняли решение об установке в котельной наиболее дешевого из имевшихся на тот момент в продаже устройств дозирования реагентов — «Комплексон-6» (рис. 8). О проверенной веками народной мудрости «скупой платит дважды» забыли.

Из протокола осмотра котельной:

«...Устройство имеет вид шкафа синего цвета, с открывающейся верхней частью, внутри которой расположены оголенные токоведущие части и ряд контактов. Устройство соединено с электрической сетью 220 В. Другим проводом, с оголенными контактами, оно соединено со счетчиком воды крыльчатого типа на подпиточном трубопроводе... По истечении нескольких месяцев работы данного устройства в его работе стали наблюдаться перебои, характер которых позволяет предположить, что их причиной стало нарушение электрических контактов. Данная причина нашла свое подтверждение в том, что многие контакты внутри устройства не пропаяны, не зажаты под винт, а держатся лишь на механическом сцеплении проводков. Имеющиеся же отдельные пайки не покрыты цапонлаком или иной изоляцией... Копия технического описания и инструкции к устройству изъята для камерального исследования...».

Судя по отсутствию каких-либо выходных данных в «Техническом описании и инструкции» к «Автоматической системе дозирования реагентов «Комплексон-6» [11], авторы этого произведения пожелали остаться неизвестными.

На стр. 4 мы обнаруживаем п. 3.5, который поднимает завету над тайной о необходимом количестве реагента, при помощи которого якобы можно избежать образования накипи. Таблица, приведенная в этом пункте, должна быть увековечена, как непревзойденный образец технологии заморачивания мозгов потребителям (табл. 1).

НИКОГДА не пользуйтесь этой таблицей!

таб. 1

Водородный показатель, рН	Щелочность исходной воды, мг-экв/дм ³				
	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8
	Концентрация препарата «ОЭДФ-Цинк» в сетевой воде, мг/дм ³				
6–7	0,9	1,4	2	3,5	5
7–8	2	3,5	4	5	6
8–9	4	5	6	8	10



Рис. 5. Рентгенограмма металла трубы (точный характер дифракционных линий свидетельствует о развитой рекристаллизации металла, характерной для условий высокого отпуска (550–600°C))



Рис. 6. Поперечное сечение экранных труб котла полностью забито отложениями накипи

Если действовать, как большинство монтажников и наладчиков, руководствуясь принципом: «я сделал все, как в инструкции, остальные вопросы не ко мне», то котельная, налаженная по этой таблице, обречена. Глядя более внимательно, можно заметить, что в этой таблице учтены такие факторы, как щелочность и рН исходной воды... А где же жесткость? Содержание тех самых кальция и магния, выпадение солей которых мы должны предотвратить?! Не говоря уже о таких мелочах, как ионная сила раствора или какая-нибудь никчемная температура, которая, между прочим, в уравнение для константы адсорбции входит в экспоненте.

Все специалисты, серьезно и успешно занимающиеся внедрением реагентной водоподготовки [1, 2, 3, 6, 7], ▲

споря между собой, сходятся в одном: никакая таблица не может быть руководством к действию при наладке водно-химического режима. Предназначение этих таблиц — лишь отправная точка для лабораторных исследований.

На стр. 6 обнаруживаем п. 6.2, который гласит:

«Если... дозировка уменьшилась более, чем на 30%, то это означает что в клапана попала грязь и они «не держат»...».

Далее следует подробное описание, как нужно подгонять и шлифовать клапана в условиях котельной, не забывая пользоваться увеличительной линзой. Однако что-то здесь не так, чувствуется противоречие здравому смыслу... Стоп! Вот оно, преступление против логики! Согласно инструкции, все это надо проделать в том случае (и, заметьте, только в этом!), если дозировка уменьшилась более чем на 30%. А если устройство недодает реагента на 25%, 29,9% или даже ровно на 30%, ничего делать не надо?! Продолжайте медитировать на ритмичное мигание светодиодов. Штатная возможность недодозировки на 30% заложена в конструкцию устройства его создателями — вероятно, специалистами, имеющими «свое суждение» об ингибировании солеотложений.

В действительности, требуемая точность дозирования ингибиторов накипеобразования и коррозии в различных случаях, конечно, различна. Например, в работах [12–15] достаточно убедительно доказано, что при малой жесткости воды возможны достаточно широкие допуски на дозировку ингибиторов, а с повышением жесткости до 5 моль/м³ (10 мг-экв/дм³) поле допуска сузается почти до нуля.

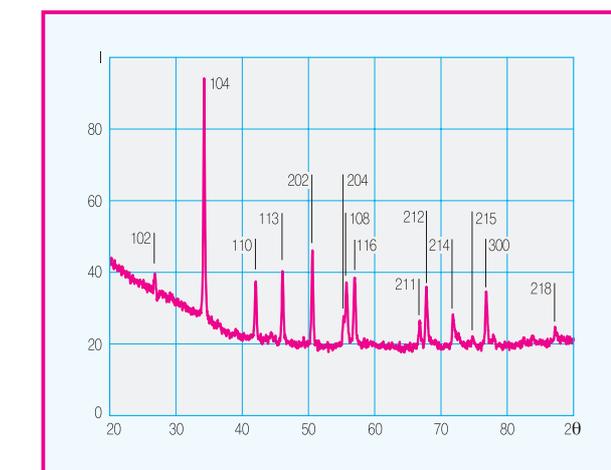


Рис. 7. Дифрактограмма вещества, наглухо забившего экранные трубы, полностью соответствует эталонной рентгенограмме кальцита

В с. Мостовое жесткость воды составляла 5–6 мг-экв/дм³, что гораздо ближе ко второму варианту, и такой «разгуляй» в дозировке реагента не мог не привести к беде.

И, наконец, еще об одной особенности всех без исключения дозирующих насосов, о которой хорошо знают все профессионалы-технологи. Какова бы ни была конструкция насоса, его подача на один ход зависит от развиваемого напора, а более конкретно — уменьшается с ростом напора. Серьезные фирмы (например, GRUNDFOS), поставляющие дозирующие насосы, прикладывают к каждому прибору график зависимости подачи на один ход от напора. Тщательно изучив все 11 страниц «Технического описания и инструкции», мы не обнаружили никаких подобных сведений, за исключением того, что подача на один ход насоса-дозатора составляет 0,6 см³. Поскольку о влиянии напора на объем подачи неизвестные авторы «Технического описания» скромно умалчивают, видимо, речь идет о подаче при атмосферном давлении. В действительности для впрыска реагента в линию подпитки на-

сос должен развить напор, не меньший, чем давление в подпиточной линии. О том, что давление в линии подпитки тепловой сети обычно составляет 0,3–0,6 МПа (3–6 кгс/см²), и подача на один ход насоса в этих условиях будет значительно меньше заявленной, в инструкции нет ни слова.

В заключение мы хотим подчеркнуть, что все сказанное выше — это не диффамация в адрес устройства «Комплексон-6» и, главное, его создателей. Вполне возможно, что в каком-то другом месте, в другом технологическом процессе эта система окажется оптимальной и даже незаменимой.

Проведение пусконаладочных работ

Работы по пуску и наладке установки дозирования реагентов «Комплексон-6» и водного режима водогрейных котлов выполнял инженер-наладчик ТПО ЖКХ УР Г.С. Арафалов [16]. Оговоримся в его защиту, он не воспользовался приведенной выше таблицей, указав на отсутствие в ней таких показателей, как жесткость и карбонатный индекс воды. Вместо этого наладчик обра-

тился к литературному источнику [1], где на стр. 72 обнаружил табл. 2.7, руководствуясь которой, решил, что оптимальная дозировка препарата должна быть равна 8,0 мг/дм³. К сожалению, при этом он не обратил внимания на то, что данная таблица составлена для чистой нитрилотриметилфосфоновой кислоты, в то время как в комплекте с устройством «Комплексон-6» поставляется нитрилотриметилфосфатаоцинкат натрия. По-видимому, при наладке вообще никто не обратил внимание на то, какой комплексонный препарат предполагается использовать: в одних строках отчета упоминается «цинковый комплексон НТФ», в других — просто НТФ. Различия в молекулярной массе и, соответственно, в необходимой дозировке этих веществ не были приняты во внимание.

На стр. 85–86 книги [1] наладчик мог бы обнаружить следующее руководство к действию: «Вполне точный и обоснованный выбор препаратов и их дозировки может быть сделан только в результате лабораторного исследования, а также расчета температурных и концентрационных полей в реальном теплоэнергетическом оборудовании. Поэтому внедрению комплексонного водно-химического режима в каждом конкретном случае должна предшествовать соответствующая научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа». Однако научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу может выполнить только соответствующая научная организация, при этом за работу ученым и конструкторам, естественно, надо платить, а ТПО ЖКХ УР неукоснительно стоит на страже государственных интересов — «экономика должна быть экономной!»

Как знают эксплуатационники, самый важный для практики раздел отчета о пусконаладочных работах — «Выводы и рекомендации». В рассматриваемом нами примере некоторые из них вызывают, мягко говоря, недоумение. Чего стоит, например, следующая рекомендация:

«Один раз в месяц осуществлять продувку котлов, открыв каждый продувочный вентиль не более, чем на 60 с».

На самом деле, при использовании для обработки воды комплексоновых препаратов происходит постепенное разрушение отложений накипи и продуктов коррозии по всей тепловой сети, поэтому периодическую продувку для удаления скапливающегося в котле шлама необходимо делать не реже одного раза в сутки, а крите-

рием качества продувки служит не время открытия вентиля, а прозрачность воды из линии продувки, которая должна соответствовать карте водно-химического режима котла. Однако именно этот, ключевой документ, регламентирующий водно-химический режим, в отчете вообще отсутствует!

В отчете указана и необходимость химического контроля один раз в три дня сетевой и подпиточной воды с определением жесткости, щелочности, содержания железа и комплексоната. Правда, ни одной методики анализа к отчету не прилагается, да и лаборатории в эксплуатирующей организации нет. Но главное — порядок соблюден.

В итоге представитель заказчика директор МУП ЖКХ «Мостовинское» (ныне уже не существующего) В.Г. Лысков и представитель

ТПО ЖКХ УР Г.С. Арафалов, ничтоже сумняшеся, подписали акт:

«...Работы по пуску и наладке установки дозирования реагентов «Комплексон-6» и водного режима водогрейных котлов в котельной с. Мостовое выполнены в полном объеме...».

И все-таки инженера-наладчика, как честного человека, терзали сомнения относительно работоспособности своего творения. Иначе как объяснить, что в отчет он включил последнюю, завершающую рекомендацию:

«...С целью исключения накипобразования теплосилового оборудования необходимо дополнительно к коррекционной обработке воды комплексоном использовать технологию умягчения воды в натрий-катионитовых фильтрах, т.е. необходимо приобрести и пустить в работу натрий-катионитовую установку...».

Иными словами: «А не плюнуть ли нам на этот «Комплексон-6» и сделать так, как делали наши отцы и деды?» Похоже, что это наиболее разумная мысль во всем отчете.

Эксплуатация

Помимо цитированных выше несуразностей, в отчете [16] приведены и вполне разумные **рекомендации**, например:

«...Контроль за работой насоса-дозатора осуществлять два раза в смену; записывать в журнале показания водосчетчика и уровень реагента один раз в смену, сведения о заправках установки «Комплексон-6» реагентом...».

Из протокола осмотра котельной:

«...В котельной с. Мостовое имеется журнал учета дозирования реагента за отопительный сезон 2004–2005 гг., который был вестен нерегулярно (6 записей за отопительный сезон)... В котельной с. Мостовое отсутствует журнал химического контроля, отсутствует оборудование для проведения химических анализов, необходимость которых отмечена в отчете о наладочных работах. Отсутствует персонал с квалификацией, необходимой для проведения этих анализов... Заключение:

1. Для предотвращения аварийных ситуаций в течение отопительного сезона необходимо провести химическую очистку котлов в эксплуатационном режиме реагентом ОЭДФК или НТФК.
2. Необходимо разработать научно обоснованный технологический режим докотловой противонакипной и противокоррозионной обработки воды.
3. Необходимо организовать контроль водно-химического режима котлов, включая комплектацию химлаборатории и обучение персонала.
4. Целесообразно заменить устройства докотловой обработки воды «Комплексон-6» на гидравлические устройства дозирования реагентов, например, типа «Импульс-2»...».

Заключение вынесено, утверждено директором эксплуатирующей организации А.Ю. Поповым, прошел год, а вот и ныне там. Ни одно из противоаварийных мероприятий не выполнено. Видимо, регулярно латать котлы кому-то выгоднее, чем раз и навсегда наладить современную эффективную систему водоподготовки.



■ Рис. 8. Автоматическая система дозирования реагентов «Комплексон 6»

Что делать?

Какой вывод должны сделать проектировщики, монтажники и эксплуатационники систем теплоснабжения и ГВС из всего вышеизложенного? Может быть действительно комплексные технологии водоподготовки не оправдали себя, и пора вернуться к дедовским сульфугольным и натрий-катионитовым фильтрам?

Нет, конечно! Чтобы географически не удаляться от описанных фактов, скажем, что в том же Сарапульском районе УР, в котельной д. Соколовка, уже в течение трех лет безотказно работает система противонакипной обработки воды реагентом ОЭДФ при помощи автоматического дозирующего устройства «Импульс-2». В настоящее время ведется наладка системы противонакипной и противокоррозионной обработки воды оксиэтилендифосфатом натрия в котельной с. Мазунино, где смонтировано все то же дозирующее устройство «Импульс-2». Что же касается самого районного центра, г. Сарапула, то здесь уже пять центральных тепловых пунктов оснащены системами водоподготовки для систем ГВС на основе дозирующих устройств «Иж-25» и «Иж-25М». По отзывам главного инженера МКП «Энергоуправление г. Сарапула» В.Н. Монашева, на системах ГВС, где ведется обработка воды оксиэтилендифосфатом натрия с помощью этих дозирующих устройств, прекратилось накипеобразование в теплообменном оборудовании и благодаря снижению скорости коррозии значительно снизилась интенсивность прорывов теплотрасс.

Обработка воды комплексными препаратами прекрасно зарекомендовала себя не только в жилищно-коммунальной, но и в промышленной энергетике. **Из отзыва** директора по обслуживанию производства Вятско-Полянского машиностроительного завода «Молот» В.В. Тверякова:

«... Жесткость исходной воды составляет 8–9 мг-экв/дм³. Из рассмотренных вариантов мы выбрали технологию химической обработки воды комплексами на основе органических фосфонатов, в частности, ОЭДФК-Zn... Химобработка воды ОЭДФК-Zn решает сразу проблему образования накипи и язвенной коррозии трубопроводов ГВС, продлевая общий ресурс эксплуатации... Был выбран дозатор «Иж-25», разработанный ИХЛ УдГУ. Мы приобрели «Иж-25» в количестве 2 шт. и внедрили на двух тепловых пунктах ГВС. Контроль за концентрацией ОЭДФК-Zn в воде осуществляют химики лаборанты 1 раз в смену по упрощенной аналитической методике, согласно режимной карте, разработанной ИХЛ УдГУ... За период эксплуатации дозирующих устройств «Иж-25» можно отметить следующее:

1. Режим дозирования ОЭДФК-Zn устройствами «Иж-25» стабильный, о чем свидетельствуют контрольные замеры концентрации — в пределах 3–5 мг/дм³.
2. Перепад давления на входе и выходе пластинчатых теплообменников в течение года постоянный и составляет 0,1 кгс/см², т.е. отсутствует процесс образования накипи на поверхности пластин.
3. Снизилось примерно на 30% число аварийных прорывов на трубопроводах ГВС.
4. Дозирующее устройство «Иж-25» не требует постоянного обслуживания. Устройство простое в эксплуатации, не требующее дополнительных энергетических затрат.
5. С внедрением комплексной обработки воды ОЭДФК-Zn был достигнут годовой экономический эффект только на одном тепловом пункте 300 тыс. руб.».

Тем, кто хочет получить благодаря внедрению новой технологии не проблему, а положительный результат, следует с самого начала ответственно отнестись к выбору всего технологического процесса докотловой противонакипной и противокоррозионной обработки воды, включая выбор дозирующего оборудования и организации-разработчика технологического режима. Как это сделать, можно прочитать в публикациях [6, 7]. □

1. Чаусов Ф.Ф., Раевская Г.А. Комплексный водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров. РХД: Ижевск-Москва, 2002.
2. Дрикер Б.Н., Цирульникова Н.В. Рецензия на практическое руководство «Комплексный водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров» авторов Ф.Ф. Чаусова, Г.А. Раевской. — «Энергосбережение и водоподготовка», №4/2003.
3. О книге «Комплексный водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров» авторов Ф.Ф. Чаусова и Г.А. Раевской, рецензии на нее Б.Н. Дрикера и Н.В. Цирульниковой и ответе авторов на рецензию. — «Энергосбережение и водоподготовка», №4/2003.
4. Ремезов В.Н., Юрин В.М. Проблемы выбора новых технологий. — «ЖКХ», №3/2005.
5. Потапов С.А. Перевод систем теплоснабжения на подпитку жесткой недеаэрированной водой. — Журнал «С.О.К.», №6/2005.
6. Цирульникова Н.В. К вопросу стабилизационной обработки воды систем теплоснабжения ингибиторами солеотложений. — Журнал «С.О.К.», №10/2005.
7. Чаусов Ф.Ф. Применение ингибиторов солеотложений и коррозии. — Журнал «С.О.К.», №10/2005.
8. Рябухин А.Г., Тепляков Ю.Н., Пушкарева Т.А. Окисление железа в районе точки Шадрона. — Известия Челябинского научного центра, вып. 1/2001.
9. Рябухин А.Г., Тепляков Ю.Н., Гусева С.В. Окисление железа на воздухе при температуре 575±0,2°C (точка Шадрона). — Известия Челябинского научного центра, вып. 1/2003.
10. Рябухин А.Г., Тепляков Ю.Н. Взаимосвязь кинетических и термодинамических характеристик при окислении железа (тонкие пленки) в атмосфере воздуха при температурах 520–600°C. — Известия Челябинского научного центра, вып. 1/2003.
11. Техническое описание и инструкция по монтажу, включению в работу, обслуживанию и ремонту АСДР «Комплексон-6» для усредненного расхода воды 1,5 м³/ч системы ототопления с расходной емкостью 100 л.
12. Журавлев В.А., Чаусов Ф.Ф., Савинский С.С. Конкурентный рост кристаллической и аморфной фаз в водных растворах карбоната и нитрилотриметилфосфоната кальция. — Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. №5/2006.
13. Журавлев В.А., Чаусов Ф.Ф., Савинский С.С. Математическая модель конкурентного фазообразования в условиях адсорбционного ингибирования. — Препринт. Ижевск: Удмуртский ИЦ УрО РАН — УдГУ, 2004.
14. Чаусов Ф.Ф. Ингибирование роста кристаллов солей щелочноземельных металлов в водных растворах. Теория и техническое приложение. Автореф. дисс. к.х.н., Нижний Новгород, 2005.
15. Журавлев В.А., Чаусов Ф.Ф., Савинский С.С. Влияние фосфонатов на образование кристаллических и аморфных фаз карбоната кальция в водных растворах. — Журнал «С.О.К.», №7/2006.
16. Кореннов А.Н., Файзрахманов И.М., Арафалов Г.С. Технический отчет по пуску и наладке установок дозирования реагентов «Комплексон-6» и водного режима водогрейных котлов КВ-0,63Гс и КВ-1,0Гс в котельной МУП ЖКХ «Мостовинское» с. Мостовое Сарапульского района УР. Ижевск: ГУП ТПО ЖКХ УР, 2004.