

ОПЫТ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

О.В.Жаднов, заместитель главного инженера, ООО «Нижегородтеплогаз», г. Нижний Новгород (окончание, начало в № 5, 2007)

Комплексонатная водоподготовка. В настоящее время в нашей стране методы антинакипной и антикоррозионной обработки сетевой воды, основанные на дозировании различных химических реагентов (в т.ч. фосфорсодержащих комплексонов), уже потеряли статус чего-то необычного, экстраординарного. Проведены НИОКР, налажено серийное производство реагентов и дозирующих систем, имеются производственные и инжиниринговые фирмы, осуществляющие квалифицированный подбор реагентов и внедрение соответствующих водно-химических режимов (ВХР) на объектах теплоэнергетики.

Замечательно, что все большее применение на объектах теплоснабжения находят комплексоны комбинированного действия, обеспечивающие одновременно противонакипный и антикоррозионный эффект (ОЭДФ-Зп, ЗФЦ-Жз, композиция ККФ, реагенты серии «Аква-М» и др.). Комплексоновые технологии водоподготовки для тепловых сетей, при условии экспериментального подтверждения их эффективности на конкретном объекте, имеют очевидные преимущества перед традиционными (Na-катионирование, деаэрация):

- резко упрощается эксплуатация;
- снижаются затраты на подготовку воды (при небольшой величине подпитки);
- снижается загрязнение окружающей среды;
- присутствует эффект отмывки ранее скопившихся отложений;
- процесс дозирования легко автоматизировать.

Последнее обстоятельство особенно важно для современных автоматизированных котельных, работающих без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Вместе с тем, внедрение комплексонатных технологий на объектах коммунальной теплоэнергетики имеет ряд ограничений и сопряжено с определенными сложностями для теплоснабжающей организации.

1. Судя по публикациям в научно-технических изданиях, еще окончательно не раскрыты физико-химические механизмы ингибирования накипеобразования и процессов коррозии углеродистой стали в воде в присутствии комплексонов. Вследствие отсутствия полного теоретического описания разработаны только общие рекомендации по применению тех или иных реагентов, тогда как число факторов, характеризующих условия и влияющих на результат их применения в различных энергосистемах, весьма велико. В первую очередь это: марка применяемого реагента (композиции) и его концентрация, химический состав обрабатываемой воды, концентрация растворенных коррозионно-активных газов, объем подпитки, температура теплоносителя и поверхности нагрева, наличие и состав отложений на внутренних поверхностях защищаемого оборудования и трубопроводов и т.д. Поэтому эффективность этих технологий в конкретных системах теплоснабжения в обязательном порядке должна проходить экспериментальную проверку. Организацией, осуществляющей внедрение комплексоновых технологий на энергообъектах, должны выполняться сначала лабораторные исследования, затем натурные пусконаладочные и эксплуатационные испытания. По результатам этой работы должны разрабатываться конкретные рекомендации и составляться режимные карты по эксплуатации установок дозирования и ведению ВХР котельного оборудования и теплосетей. Данные работы требуют привлечения высококвалифицированных, как правило, иногородних специалистов и стоят не дешево.

2. При серьезном подходе рано или поздно возникает необходимость приобретения специфического лабораторного оборудования для осуществления химико-аналитического контроля концентрации комплексона в теплоносителе и проведения эксплуатационных испытаний, а также найма и обучения собственных специалистов техническому обслуживанию установок дозирования и ведению ВХР. На первом этапе внедрения (1-2 года), а также для небольших организаций это не обязательно, поскольку данные работы целесообразнее поручить специализирован-

ной организации. В условиях рыночных отношений иногда возникают неприятные коллизии во взаимоотношениях владельца энергообъекта и специализированной организации, осуществляющей поставку и внедрение комплексоновой во-доподготовки. Будучи заинтересованы в бесконечном сервисном обслуживании своих технологий и установок, они не раскрывают химический состав поставляемых реагентов-комплексонов (присутствует только торговая марка), неохотно предоставляют методики химконтроля и запасные части к установкам дозирования. Указанные обстоятельства должны учитываться при выборе поставщиков реагентов, технологий и оборудования комплексонатной водоподготовки.

3. В одноконтурных водогрейных котельных с жаротрубными котлами целесообразность применения комплексонов для защиты котлов от накипи и теплосетей от коррозии вызывает очень серьезные сомнения. Опасным фактором здесь является возможность скопления в нижней части корпуса котла большого количества шламовых отложений, осаждающихся из сетевой воды в результате отмывки ранее скопившихся отложений во внутренних системах отопления (ВСО) и тепловых сетях. Автору статьи известен случай, произошедший на одной из котельных в г. Нижнем Новгороде в 1998 г., когда по этой

причине вышли из строя три котла «ВК-21» через 1,5 года эксплуатации (повреждение передней трубной доски и части дымогарных труб).

4. В системах отопления с открытым водоразбором и системах ГВС применение комплексонов может оказаться экономически не выгодным и малоэффективным. Во-первых, требуется очень большой расход реагентов. Во-вторых, как показал опыт работы нашей организации, скорость коррозии трубопроводов напрямую зависит от кратности обмена воды в системе (отношение расхода подпитки к объему системы теплоснабжения). Ведь, если в закрытых системах теплоснабжения нормативная подпитка согласно ПТЭ не должна превышать 0,25%/ч (фактическая может достигать 1%/ч и более), то для систем отопления с открытым водоразбором на ГВС эта величина составляет 2-5%/ч, а в системах ГВС - 30-50%/ч! Кроме того, допустимая концентрация реагента в системах с непосредственным водоразбором на ГВС ограничена санитарными нормами (например, для ОЭДФ-Zn - 5 мг/л, ЗФЦ-Жз - 1 мг/л), что может оказаться недостаточным для эффективной защиты от коррозии и накипи. Поэтому в системах с большим водоразбором применение комплексонов требует особенно тщательного исследования и технико-экономического обоснования.

5. В случае, когда новая отопительная котельная устанавливается взамен старой и работает на ветхий жилфонд, теплоснабжающей организации необходимо готовиться к тому, что дозирование комплексонов будет способствовать отмывке ветхих сетей и ВСО зданий. Вследствие этого в котельную с сетевой водой поступит большой поток загрязнений (продукты коррозии железа, нерастворимые карбонаты, глина, мелкий песок и др.), что приведет к интенсивному загрязнению скоростных фильтров, теплообменников и котлов. Как показывает наш опыт, данный процесс может длиться годами. Ниже, на рис. 5, показана типичная динамика изменения прозрачности сетевой воды на котельных г. Дзержинска для 4-х отопительных сезонов с 2003 по 2007 гг. (год пуска котельных - 2001; начало дозирования комплексона ОЭДФ-Zn - 2002 г.; концентрация 2-5 мг/л). Нетрудно видеть, что наблюдается четкая тенденция улучшения качества сетевой воды с течением времени. Конечно, данная тенденция является не только результатом внедрения комплексонов. Свой вклад вносят такие процессы, как стабилизация гидравлического режима теплосетей, качество подготовки жилфонда к отопительному сезону, снижение аварийности, работа систем фильтрации сетевой воды от механических примесей. По нашим оценкам продолжительность периода, в течение которого в основном завершается отмывка системы от ранее скопившихся загрязнений, составляет 3-6 лет.

6. В современных дозирующих системах процесс дозирования обычно состоит из двух стадий: создание первоначальной заданной концентрации реагента в теплоносителе и поддержание этой концентрации введением дозы реагентов пропорционально расходу подпитки. Возникает ошибочное мнение, что можно обойтись без химических анализов концентрации реагента, если процесс дозирования хорошо налажен и автоматизирован. Наш опыт показывает, что нельзя. Во-первых, точное пропорциональное дозирование в течение всего отопительного периода обеспечить не просто (выход из строя установок дозирования; шлакование насоса-дозатора и реагентопроводов осадками, выпадающими из раствора реагента; подпитка системы помимо водосчетчика дозаторной установки). Во-вторых, присутствует эффект адсорбции комплексонов на взвешенных частицах продуктов коррозии железа, а также внутренних поверхностях трубопроводов и отопительных систем зданий по всему тракту теплосети. В наших опытах концентрация реагента в пробах из обратного трубопровода теплосети, измеренная фотоколориметрическим методом, обычно была в 2-4 раза ниже концентрации, рассчитанной как отношение массы введенного реагента к объему подпиточной воды. Поэтому, если ставится задача поддержания заданной концентрации в обратном трубопроводе сети, например 5 мг/л,

по весовым соотношениям необходимо дозировать не менее 10 мг/л без учета расхода реагента на создание первоначальной концентрации. Наряду с адсорбцией присутствует и обратный эффект - десорбции реагента, т.е. если дозирование внезапно прекращается, падение концентрации происходит очень медленно и не пропорционально продувке системы. В некоторых наших опытах приходилось ждать целый отопительный сезон, чтобы полностью избавить систему от реагента, за это время вода в системе «обменивалась» 20 раз.

7. При выборе марки реагента-комплексона необходимо, кроме подтверждения его эффективности, обращать внимание на цену и потребительские качества продукта. Например, один и тот же реагент ОЭДФ-Zn может поставляться в виде 40%-го раствора в пластмассовой таре и в виде кристаллического порошка 100% концентрации. Причем жидкий реагент может выпадать в осадок при хранении и при низких температурах. При разведении реагента до рабочей концентрации (10%) может требоваться подогрев воды до 50-60 °С. Если реагент склонен к образованию осадка, в расходных емкостях должны предусматриваться мешалки для периодического перемешивания раствора. Наилучшими потребительскими свойствами, на наш взгляд, обладает порошкообразный реагент, т.к. он удобен в транспортировке, хранении и обращении с ним. Однако, порошкообразный ОЭДФ-Zn несколько дороже.

Эксплуатационные испытания комплексонов. На нашем предприятии непрерывно и целенаправленно ведется работа по подбору наиболее эффективных реагентов-комплексонов и их оптимальных концентраций для обеспечения максимальной защиты тепловых сетей и оборудования котельных от внутренней коррозии и накипи. Дозирование комплексона (в настоящее время это ОЭДФ-Zn, г. Ростов-на-Дону) ведется в контур теплосети отопления на 21 котельной в г. Дзержинске и 8 котельных в г. Сергач. Суммарная установленная мощность котельных - 207 МВт, протяженность тепловых сетей - 50,5 км в 2-трубном исчислении, максимальный диаметр Ду=350 мм. Все котельные двухконтурные, теплосети подпитываются недеаэрированной водой из городского водопровода. Показатели качества исходной воды представлены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели качества исходной воды.

Город	Ж _{общ.} , мг-экв/л	Ж _{карб.} , мг-экв/л	Щ _{общ.} , мг-экв/л	Сульфаты, мг/л	Хлориды, мг/л	pH	Железо общ., мг/л	Растворенный O ₂ , мг/л
Дзержинск	3,5-5,5	3,0-4,5	1,0-3,3	95-275	15-32	6,4-7,3	0,3-2,4	8-11
Сергач	10-19	5,6-8,3	5,7-8,4	163-500	50-81	7,3-7,8	0,14-0,45	8-11

Исходная водопроводная вода в г. Дзержинске имеет отрицательный индекс стабильности, т.е. является коррозионно-агрессивной при невысокой склонности к накипеобразованию. В г. Сергач наоборот - исходная и сетевая вода имеют высокую жесткость, что обуславливает ее склонность к накипеобразованию (индекс стабильности положительный) и сравнительно низкую коррозионную агрессивность. Как видно из табл. 2, в обоих городах исходная вода имеет нестабильный химический состав, зависящий от местонахождения котельной (точки подключения к водопроводной сети), сезона, текущего режима работы водопроводной сети и водоочистных сооружений и других факторов. Показатели качества сетевой воды, циркулирующей в системах теплоснабжения, как правило, существенно хуже по содержанию железа и взвешенных веществ, и особенно нестабильны в начальный период (1-2 месяца) отопительного сезона вследствие выноса большого количества загрязнений из ВСО.

Основная цель применения комплексонов в г. Дзержинске - защита тепловых сетей от внутренней коррозии, в г. Сергач - предупреждение образования карбонатной накипи в пластинчатых теплообменниках и коррозии теплосетей.

Для достижения указанных целей с 2004 г. на ряде котельных г. Дзержинска регулярно проводятся коррозионные испытания. Определение скорости коррозии производится гравиметрическим методом, предусматривающим установку на перемычке между подающим и обратным трубопроводами сетевой воды образцов-свидетелей (3 образца цилиндрической формы массой ~100 г, материал - сталь 3) на срок около 30 суток, с последующей оценкой интенсивности коррозии по потере массы образцов.

Полученные данные об интенсивности коррозионных процессов в системах теплоснабжения г. Дзержинска представлены в табл. 3. Поскольку изначально ставилась задача выбора марки реагента и фирмы-поставщика, нами испытывались различные комплексоны: ОЭДФ-Zn («Экоэнерго», «Химпром», «Аква-Хим»); НТФ-Zn; «Аква-М». При этом их сравнительную эффективность предполагалось определять при одинаковых концентрациях (НТФ-Zn - 1 мг/л, остальные - 5 мг/л). Однако, вследствие ряда объективных факторов, неизбежно присутствующих на реальных объектах теплоснабжения (нестабильность химического состава сетевой воды, подпитки, невозможность за короткий период времени изменять концентрацию реагента в системе и осуществлять замену реагента, аварийные ситуации на сетях и отказы систем дозирования), в результате испытаний нам не удалось получить убедительных доказательств преимущества того или иного реагента. Зато в ходе испытаний были получены интересные 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.

Для испытаний специально выбирались котельные с различной величиной подпитки в диапазоне 0,2-2,7%/ч (большая величина подпитки на котельных № 61 и 64 объясняется несанкционированным взбором сетевой воды жителями). При анализе полученных результатов не учитывались различия в химическом составе воды на котельных в период испытаний. Для удобства анализа все данные в табл. 3 разбиты на четыре блока:

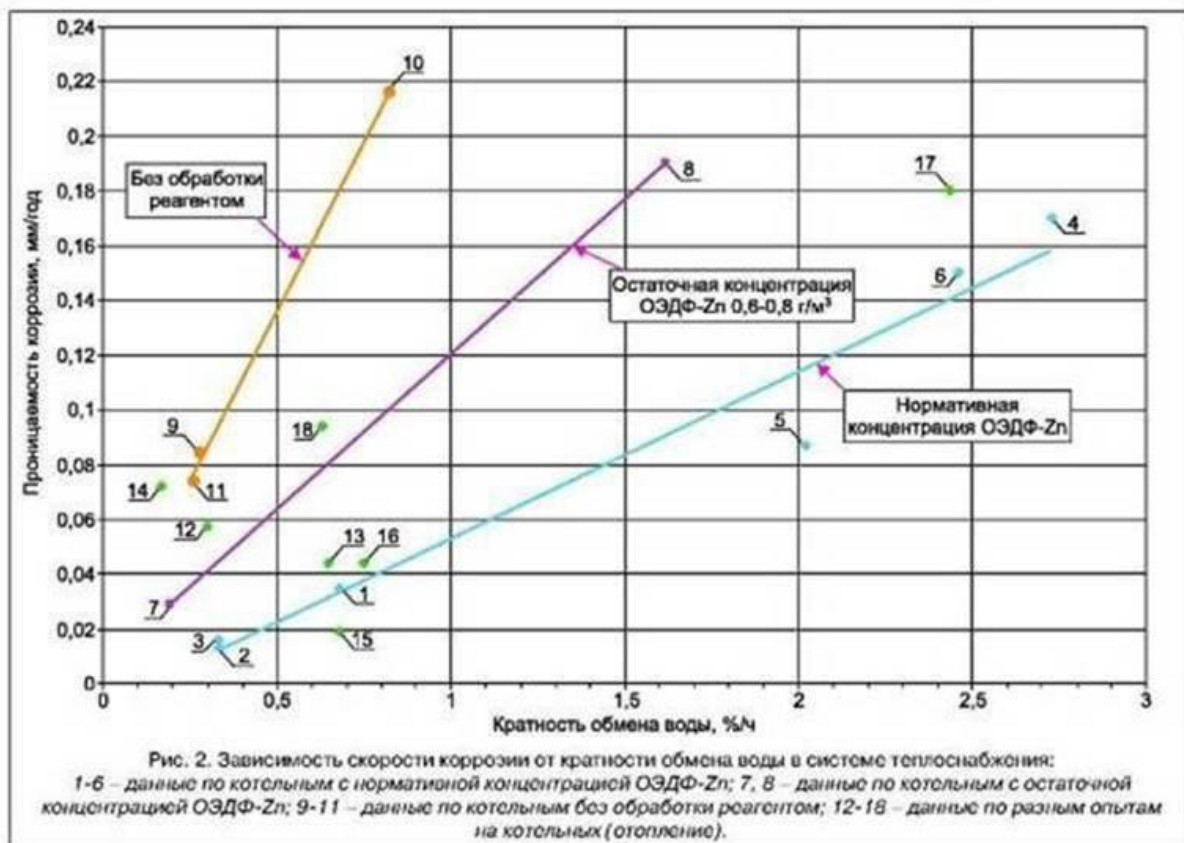
- нормативная концентрация (ОЭДФ-Zn концентрация 3-8 мг/л, без учета производителя);
- остаточная концентрация (ОЭДФ-Zn концентрация 0,5-0,8 мг/л, без учета производителя);
- без обработки реагентом;
- разные опыты (разные реагенты и концентрации в системах отопления и ГВС).

Таблица 3. Результаты коррозионных испытаний в системах теплоснабжения г. Дзержинска (2004-2007 гг.).

№ котельной	Тепловая сеть	Марка реагента	Время экспозиции, сут.	Объем подпитки, %/час	Средняя концентрация $J_{обд}$ в сети, г/м ³	Средняя концентрация реагента, г/м ³	Скорость коррозии		Степень торможения коррозии, %
							г/м ² -сут.	мм/год	
Нормативная концентрация ОЭДФ-Zn									
1	отопление	ОЭДФ-Zn (Э)	34	0,68	4,51	3,06	0,74	0,035	80,6
42	отопление	ОЭДФ-Zn (А-Х)	34	0,33	1,46	5,03	0,30	0,014	85,1
42	отопление	ОЭДФ-Zn (Х)	14	0,33	1,79	5,64	0,35	0,016	83,0
61	отопление	ОЭДФ-Zn (А-Х)	32	2,73	3,73	4,21	3,66	0,170	75,2
64	отопление	ОЭДФ-Zn (Э)	25	2,02	2,03	4,82	1,86	0,087	83,0
64	отопление	ОЭДФ-Zn (Э)	28	2,46	1,91	8,79	3,20	0,150	75,8
Остаточная концентрация ОЭДФ-Zn									
29	отопление	ОЭДФ-Zn (Э)	41	0,19	2,41	0,79	0,62	0,029	51,1
64	отопление	ОЭДФ-Zn (Э)	20	1,62	0,86	0,59	4,06	0,190	53,9
Без обработки реагентом									
45	отопление	без реагента	53	0,28	1,08	0	1,82	0,084	-3,0
54				0,83	0,60	0	4,61	0,216	0,5
58				0,26	2,19	0	1,57	0,074	3,4
Разные опыты (отопление)									
15	отопление	АКВА-М88Ц (А-Х)	34	0,30	1,16	2,90	1,22	0,057	34,1
15	отопление	АКВА-М (А-Х)	64	0,65	н.д.	5,00	0,94	0,044	74,5
29	отопление	АКВА-М (А-Х)	43	0,17	2,12	3,97	1,58	0,072	-32,3
1	отопление	НТФ-Zn (Э)	36	0,68	4,39	1,37	0,42	0,019	89,5
1	отопление		26	0,75	3,64	0,62	0,94	0,044	77,7
64	отопление	ОЭДФ-Zn (А-Х)	32	2,44	1,32	1,65	3,73	0,176	71,3
31	отопление	Следы ОЭДФ-Zn (Э)	53	0,63	2,88	0,12	2,03	0,094	44,0
Разные опыты (ГВС)									
1	ГВС	ОЭДФ-Zn (А-Х)	18	34,16	3,14	6,26	15,04	0,7	
15	ГВС	АКВА-М1 (А-Х)	40	43,39	3,20	2,85	19,85	0,92	
15	ГВС	без реагента	33	43,39	н.д.	0	13,33	0,62	
33	ГВС	без реагента	40	47,07	1,72	0	4,96	0,23	

Примечание: Э – «Экоэнерго»; А-Х – «Аква-Хим»; Х – «Химпром».

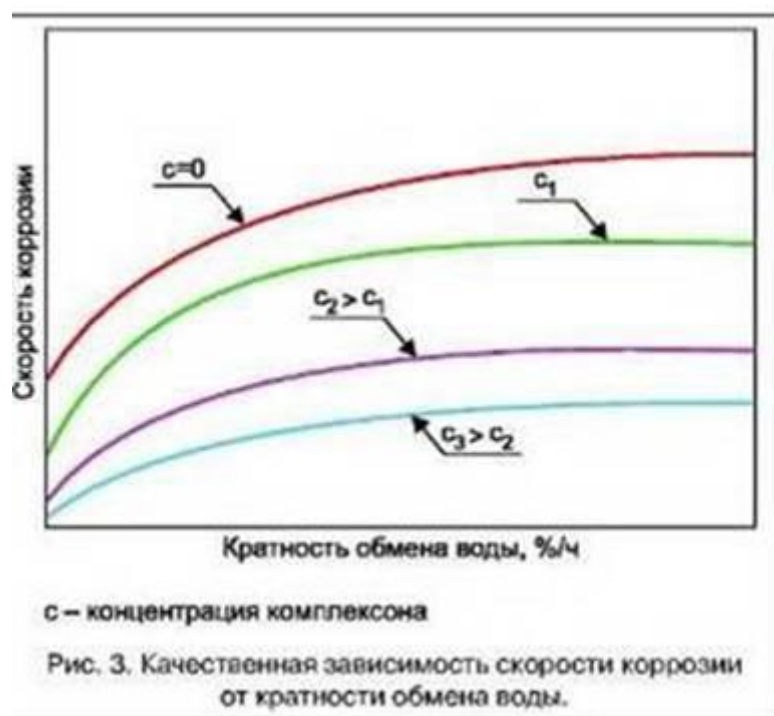
На основании данных табл. 3 для систем отопления построены приближенные графические зависимости (рис. 2) скорости коррозии от объема подпитки системы при двух характерных значениях концентрации ОЭДФ-Zn и без обработки. На поле графика нанесены также точечные значения (зеленые точки), полученные для других реагентов в разных опытах.



В результате анализа полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. При ограниченной подпитке теплосети (до 0,75%/ч) и концентрации реагентов 1 -5 мг/л практически для всех исследованных комплексонов получены значения скорости коррозии образцов не более 0,05 мм/год, что соответствует 4 баллу коррозионной стойкости (0,01-0,05 мм/год) по 10-балльной шкале согласно ГОСТ 5272-50 и группе «Стойкие». По сравнению с системами, в которых сетевая вода не обрабатывалась комплексон-ом, при сопоставимых величинах подпитки скорость коррозии снижена в 5-7 раз. Это свидетельствует о весьма эффективном антикоррозионном воздействии комплексонов на стальные трубопроводы теплосетей.

2. В исследованном диапазоне величин подпитки и концентраций реагента (ОЭДФ-Zn) зависимость скорости коррозии от кратности обмена воды в системе имеет практически линейный характер. Как и следовало ожидать, скорость коррозии увеличивается с ростом подпитки, поскольку приток кислорода и других коррозион-но-активных факторов в систему главным образом осуществляется с подпиточной водой, а также при уменьшении концентрации комплексона. Теоретически данная зависимость должна иметь вид, показанный на рис. 3.



Необходимо отметить, что при объемах подпитки на уровне нормы ПТЭ (ниже 0,25%/ч) скорость равномерной коррозии в обследованных системах теплоснабжения г. Дзержинска даже без обработки комплексона 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, круглогодичное поддержание избыточного давления воды во всех точках системы.

3. Параметр «степень торможения коррозии» в табл. 3 рассчитан с учетом полученной методом линейной аппроксимации функциональной зависимости скорости коррозии от объема подпитки в системах без обработки реагентом, по формуле: $\frac{Ю_0 - (Пбез\ обр - Пс\ обр)}{Пбез\ обр}$, %, где $Пбез\ обр$ - проникаемость коррозии (мм/год) в системе соответственно без обработки и с обработкой реагентом при одинаковой кратности обмена воды в системе.

Такой подход позволяет сопоставлять «чистый» эффект от применения реагента в системах с разной подпиткой. Нетрудно видеть, что практически во всех опытах с нормативной концентрацией различных комплексонов степень торможения коррозии находится на уровне 75-85%.

4. Интересные результаты получены для реагента ЗФЦ-Жз. При гораздо меньших концентрациях (0,6-1,4 мг/л) скорость коррозии примерно такая же, как при концентрации ОЭДФ-Zn - 3-5 мг/л. Поскольку стоимость этих реагентов примерно одинакова, применение НТФ-Zη в закрытых системах теплоснабжения может оказаться существенно более выгодным.

5. В процессе испытаний практически во всех системах наблюдалась довольно высокая и непостоянная концентрация железа в сетевой воде в пределах 1 -5 мг/л. Какой-либо закономерности здесь выявить не удалось. Хотя этот параметр, безусловно, влияет на эффективность антикоррозионного действия комплексонов, поскольку на частицах окислов железа бес-

полезно адсорбируется большое количество комплексона и расход реагента увеличивается [7]. Эффект снижения содержания железа в сетевой воде вследствие применения комплексонов, как показал наш опыт, можно обнаружить только в долговременном плане (см. например рис. 4). Причины известны: непредсказуемый вынос загрязнений из ВСО, нестабильное качество исходной воды.

6. В условиях подпитки исходной не деаэрированной водой интересно было бы сравнить концентрацию кислорода в обратном трубопроводе систем с дозированием комплексона и без дозирования при различной величине подпитки. Специально мы такой анализ не проводили. Отдельные замеры показывают, что концентрация кислорода в обратном трубопроводе теплосетей отопления и ГВС находится на уровне 65-270 мкг/л.

7. Проведенные нами опыты в системах ГВС показали отрицательный антикоррозионный эффект от применения комплексонов. По-видимому, это обусловлено высокой скоростью обмена воды в этих системах (30-50%/ч) и плохим перемешиванием реагента при дозировании насосом-дозатором в систему ГВС без аккумуляторного бака. Точная причина интенсификации коррозии образцов нами не установлена.

Подытоживая вышесказанное необходимо отметить, что на эксплуатируемых нами тепловых сетях отопления в г. Дзержинске с момента постройки (в 2001 г. производилась 100%-ая перекладка сетей от 20 котельных), т.е. за 6 лет, практически не было случаев выхода трубопроводов из строя вследствие внутренней коррозии.

Борьба с загрязнением теплообменников. Опыт и применяемые нами методы борьбы с загрязнением пластинчатых теплообменников (ПТО) подробно рассмотрены в работе [2].

На протяжении 4 лет, начиная с 2003 г., нами осуществляется дозирование комплексонов в системы теплоснабжения г. Сергач с целью предотвращения образования в них карбонатно-кальциевых отложений и защиты тепловых сетей от внутренней коррозии. С 2003-2005 гг. дозировался реагент «Аква-М», после - ОЭДФ-Zn. В результате, число чисток и химпромывок теплообменников с каждым годом сокращалось от 3-4 за сезон до 0 в отопительном периоде 2006-2007 г. Такой результат был достигнут благодаря усилиям эксплуатационного персонала: точному поддержанию концентрации реагента в системе 4-6 мг/л, сокращению утечек из сетей, безотказной работе установок дозирования.

Если ранее (2002-2003 гг.) на многих котельных в г. Дзержинск нам приходилось чистить ПТО практически ежемесячно, то сегодня количество химпромывок на 1 отопительный теплообменник за сезон сокращено до 1,1. Важно отметить, что в летний период химпромывки теплообменников мы стараемся не проводить, поскольку пик их загрязнения окислами железа приходится на пусковой период. Соответственно, массовые химпромывки ПТО у нас происходят в ноябре-декабре. В период пуска систем отопления, до сильных морозов, желательно работать при одном включенном теплообменнике из двух установленных (для сохранения гидравлики должен предусматриваться байпасный трубопровод), тогда промывать придется только один ПТО.

С помощью разработанного нами в сотрудничестве с ООО «Реал-Информ» (г. Нижний Новгород) прибора СМЗТ-05 на предприятии налажен постоянный мониторинг загрязненности более 60 пластинчатых теплообменников отопления и ГВС. Он предназначен для определения степени загрязненности поверхности нагрева водо-водяных теплообменных аппаратов отложениями накипи, продуктов коррозии и пр.

Метод работы прибора основан на измерении 4-х температур теплоносителей (на входе/выходе аппарата по обоим потокам). На основании этих данных прибор вычисляет текущее значение относительного коэффициента теплопередачи загрязненного теплообменника по сравнению с чистым («степень чистоты» - в долях от 0 до 1), которое характеризует его текущее загрязнение. Измерения могут проводиться при произвольном режиме работы аппарата, т.е. результат вычислений незначительно зависит от расходов и температур теплообменивающихся сред.

Система мониторинга степени загрязненности теплообменников, основанная на применении разработанных приборов, позволяет эффективно решать различные задачи, возникающие в процессе эксплуатации источников теплоснабжения:

- получать информацию о текущем состоянии (степени загрязненности поверхности нагрева) всего парка теплообменного оборудования;
- прогнозировать граничную температуру наружного воздуха, ниже которой загрязненный теплообменник (для отопительных теплообменников) не позволит поддерживать температурный график в теплосети;
- рационально и своевременно организовывать химические промывки (чистки) теплообменного оборудования с учетом прогноза погодных условий, значимости объекта теплоснабжения и др. факторов, оценивать качество промывок;
- давать количественную оценку различным технологиям предупреждения накипеобразования (комплексная обработка воды, акустические противонакипные устройства и др.), а также методам химических, гидродинамических промывок оборудования, подбирать наиболее эффективные технологии в зависимости от конкретных условий эксплуатации и характера отложений.

Применение данного прибора в целом способствует поддержанию надежного и качественного теплоснабжения и ГВС потребителей.

Фильтрация сетевой воды. Для борьбы с загрязнением ПТО отложениями взвешенных веществ и продуктов коррозии, выносимых из внутренних систем зданий, на 8 котельных г. Дзержинска смонтированы установки фильтрации сетевой воды на базе стандартных осветлительных фильтров ФОВ-1,0 (загрузка - кварцевый песок) и инерционно-гравитационных грязевиков.

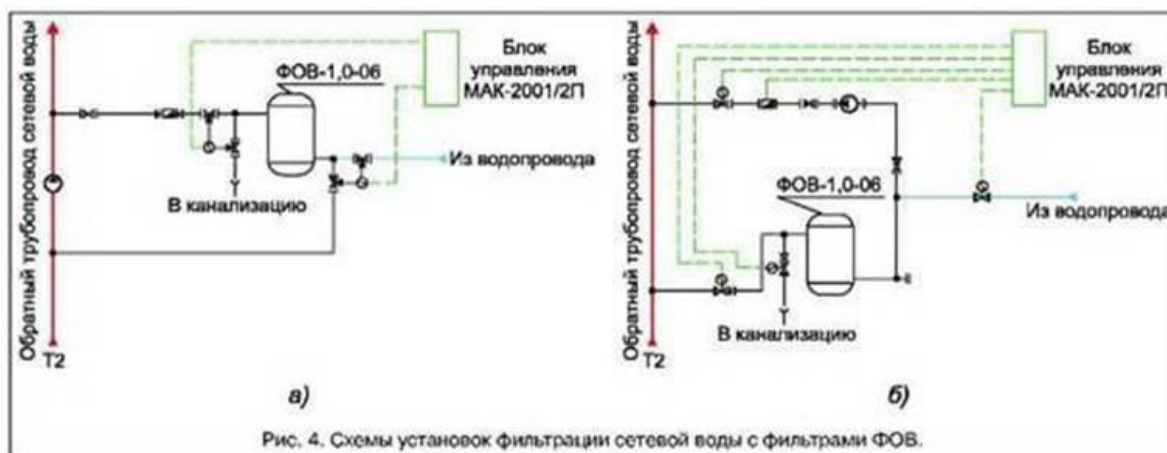


Рис. 4. Схемы установок фильтрации сетевой воды с фильтрами ФОВ.

На рис. 4 показаны применяемые нами схемы (а, б) установок фильтрации сетевой воды на базе фильтров ФОВ. Обрабатываемая сетевая вода поступает из обратного трубопровода сетевой воды

расходом 3-5% от расчетного расхода в теплосети. Управление режимами работы установок (пуск, фильтрация, взрыхляющая промывка) осуществляется в автоматическом режиме. Обслуживающий персонал периодически контролирует работу установки, измеряя прозрачность сетевой воды до и после фильтра. В пусковой период, когда сетевая вода содержит большое количество загрязнений, взрыхляющая промывка фильтра производится по программе с заданной периодичностью (1 раз в 2-3 суток). В дальнейшем, после просветления сетевой воды, промывка производится по мере необходимости - обычно не чаще 1 раза в месяц.

Схема (а) более предпочтительна, т.к. в ней существенно уменьшены капитальные затраты на обвязку фильтра: циркуляция осуществляется за счет перепада давления, создаваемого сетевыми насосами котельной; требуется только 2 исполнительных механизма типа МЭО для управления 4 запорными органами (шаровые краны оригинальным способом сгруппированы попарно, благодаря чему при работе МЭО один из них идет на закрытие, другой - на открытие).

Полимерные трубопроводы. Радикальное решение проблемы внутренней коррозии стальных трубопроводов ГВС, на наш взгляд, - это их замена на полимерные трубы.

Для строительства новых и перекладки существующих (стальных) теплотрасс отопления и ГВС бесканальной прокладки при ограниченных диаметрах труб и параметрах теплоносителя

($D_{\text{вн}} \leq 160 \text{ мм}$; $P_{\text{двб}} \leq 10 \text{ кгс/см}^2$; $T_{\text{двб}} \leq 95 \text{ }^\circ\text{C}$) нами применяются трубы из сшитого полиэтилена марки «Изопрофлекс». На участках надземной прокладки при температуре теплоносителя до 75 °С возможно применение полипропиленовых

труб «Рандом сополимер» в ППУ-изоляции в оболочке из оцинкованной стали.

Трубопроводные системы на основе полимерных труб обладают значительными преимуществами перед традиционными стальными трубами:

- срок службы 40-50 лет (стальные оцинкованные трубы ГВС служат 4-5 лет даже при наличии вакуумной деаэрации);
- не подвергаются коррозии, не засоряются и не зарастают в процессе эксплуатации, имеют низкое гидравлическое сопротивление;
- трубы - предварительно изолированные в ППУ-изоляции, что обуславливает незначительные тепловые потери (2-3%);
- трубы «Изопрофлекс» прокладываются бес-канально на небольшой глубине (~0,7 м);
- если на участке нет ответвлений, трубы «Изопрофлекс» укладываются в траншею длинными отрезками (до ~200 м) без стыковых соединений (разматываются с барабана);
- при прокладке трубы «Изопрофлекс» допускают изгиб в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Наше предприятие в полной мере оценило вышеуказанные преимущества полимерных труб, начав в мае 2005 г. (впервые в Нижегородской области) перекладку изношенных стальных внутриквартальных трубопроводов ГВС в г. Дзержинске.

В 2003 г. мы столкнулись с проблемой быстрого износа стальных трубопроводов тепловых сетей ГВС в г. Дзержинске вследствие внутренней кислородной коррозии. Большая часть стальных трубопроводов подземной (канальной и бесканальной) и надземной прокладки были проложены в 2001 г. в индустриальной ППУ-изоляции. При этом на котельных по проекту отсутствовали установки ХВО и деаэрации для систем ГВС. Уже через 1,5 года были отмечены первые случаи сквозных коррозионных повреждений труб (преимущественно в области продольного сварного шва). ППУ-изоляция лишь усилила масштаб повреждений, т.к. при возникновении микротечи (свища) очень быстро развивается наружная коррозия стальной трубы под слоем пенополиуретана. Кроме того, при наличии ППУ-изоляции резко затрудняется поиск и ликвидация утечек на теплотрассах - требуется большой объем раскопок и вырезка длинных участков труб (5-10 м).

Проведенный в 2003-2004 гг. мониторинг состояния стальных трубопроводов наружных теплотрасс ГВС от котельных г. Дзержинска показал необходимость их 100% замены. Таким образом, фактический срок службы стальных труб ГВС составил менее 3 лет!

Решение о применении именно трубопроводов из полимерных материалов пришло после тщательной проработки всех возможных вариантов. В ходе этой работы рассматривались и экспериментально проверялись различные способы защиты от коррозии стальных труб (деаэрация, дозирование комплексонов - ингибиторов коррозии и накипеобразования). В результате мы пришли к выводу, что качественное и надежное горячее водоснабжение потребителей от небольших квартальных котельных может быть обеспечено только путем замены стальных трубопроводов на трубопроводы из полимерных материалов.

Следуя данной стратегии в 2005-2006 гг. ООО «Нижегородтеплогаз» собственными силами осуществило проектирование, приобрело специализированное оборудование для монтажа полимерных труб и выполнило строительные-монтажные работы по перекладке 10278 м трубопроводов ГВС с применением труб «Изопрофлекс» и полипропилена. Нами использовались трубы различных диаметров: от 40 мм - на абонентских ответвлениях до 160 мм - на выводах из котельных.

В 2007 г. нами планируется замена около 5 км трубопроводов ГВС и отопления, с использованием для тепловых сетей отопления армированных труб «Изопрофлекс-А».

Экономическое соревнование со сталью полимерные трубопроводы также выигрывают. При диаметрах до 150 мм, если существует возможность бесканальной прокладки трубопроводов «Изопрофлекс» параллельно существующему каналу без его вскрытия и демонтажа старых труб, стоимость 1 м трассы «Изопрофлекс» даже дешевле, чем капремонт существующей стальной теплотрассы.

Физические методы предупреждения накипеобразования и коррозии. В последнее десятилетие широкое распространение получили нетрадиционные методы водоподготовки, основанные на воздействии на воду или защищаемое оборудование различных физических полей (магнитное, электрическое, акустическое и их комбинации).

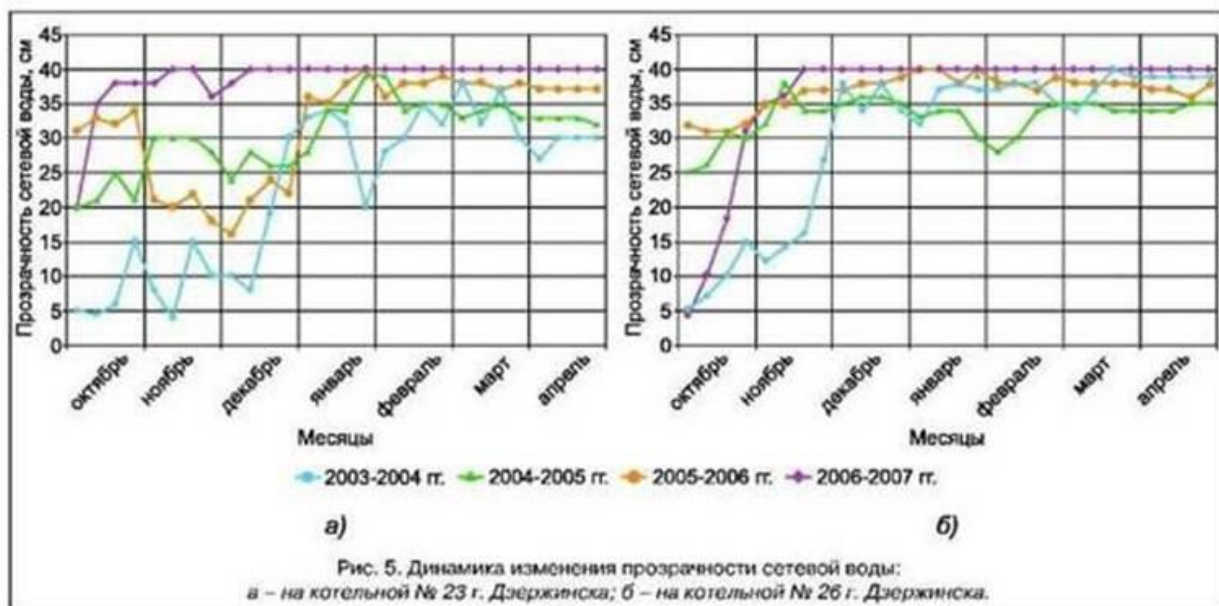
Все данные методы объединяют несколько общих черт:

- агрессивная реклама;
- полное или частичное отсутствие теоретического обоснования и описания;
- негарантированная воспроизводимость результатов, достигнутых на одном объекте, при переносе технологии на другой объект;
- высокая чувствительность к изменению теплогидравлических режимов работы защищаемого оборудования;
- высокая цена приобретения приборов и оборудования;
- минимальные (практические нулевые) эксплуатационные расходы.

Цена многих таких устройств на наш взгляд в разы превышает их реальную себестоимость, особенно при переходе из бытового сектора в производственный. Это настораживает. Создается впечатление, что в цену прибора производители заранее закладывают высокую вероятность возврата устройств по рекламациям.

Утверждения, что данные чудодейственные антинакипные аппараты широко распространены в странах Запада, должны восприниматься с поправкой на то, что в упомянутых индустриально развитых странах в водопроводных и тепловых трубах течет гораздо более чистая вода, а утечки из сетей зачастую не превышают нескольких граненых стаканов на город.

В этой связи следует рекомендовать эксплуатационникам: прежде, чем приобретать данные устройства, - предварительно проводить их эксплуатационные испытания на конкретных объектах, разумеется, без предоплаты.

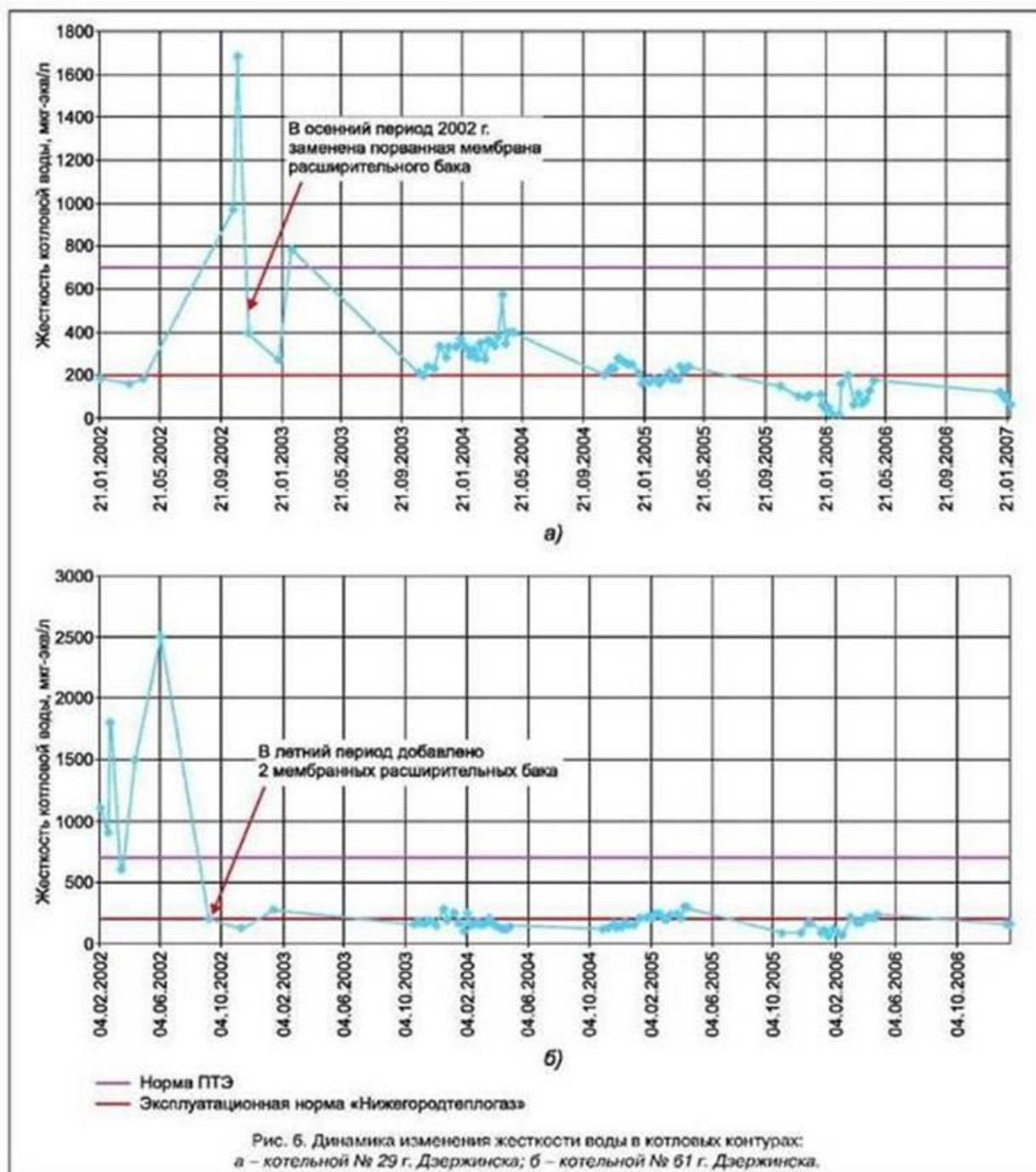


Организация химико-аналитического контроля основных показателей ВХР

На нашем предприятии организован эффективный лабораторный контроль качества исходной, сетевой и котловой воды. Отбор и анализ проб производится в полном объеме в соответствии с [8]. Вместе с тем, периодичность химико-аналитического контроля адаптирована к условиям конкретных объектов теплоснабжения, их рабочим параметрам и схемным решениям.

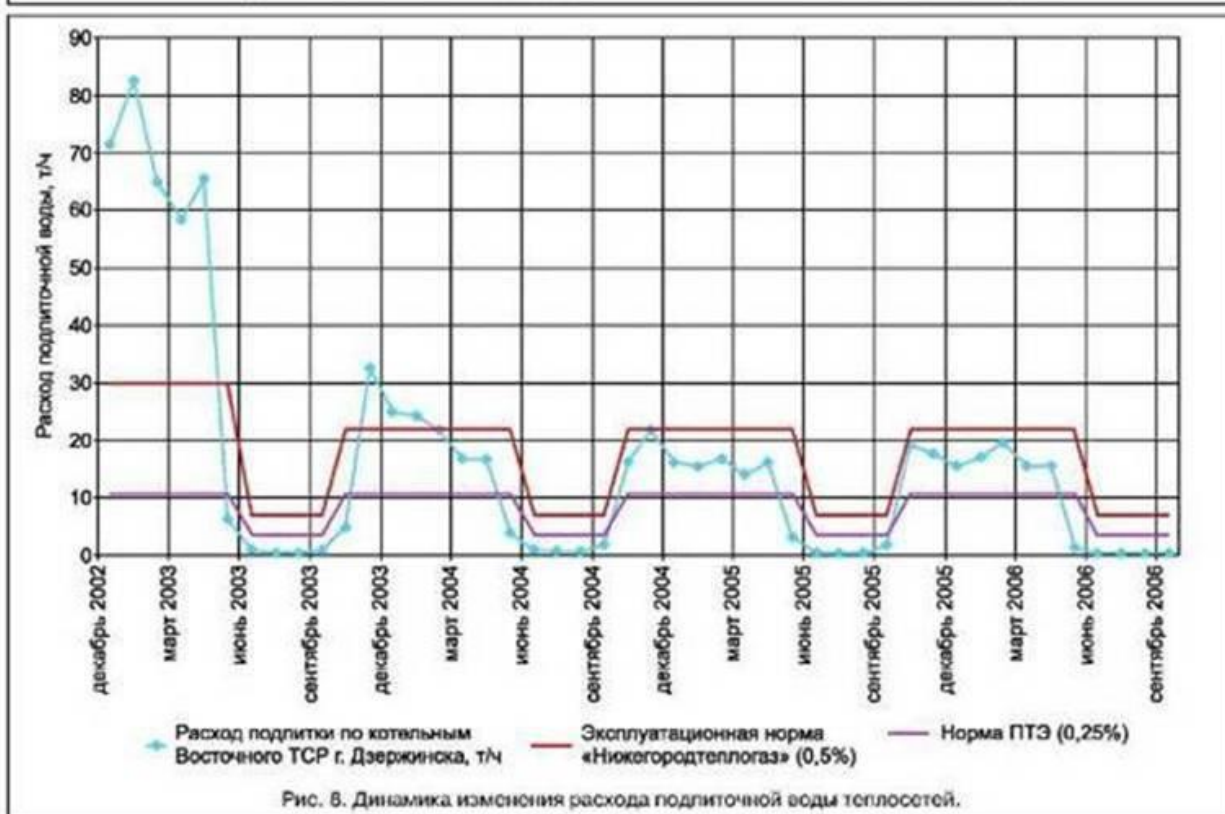
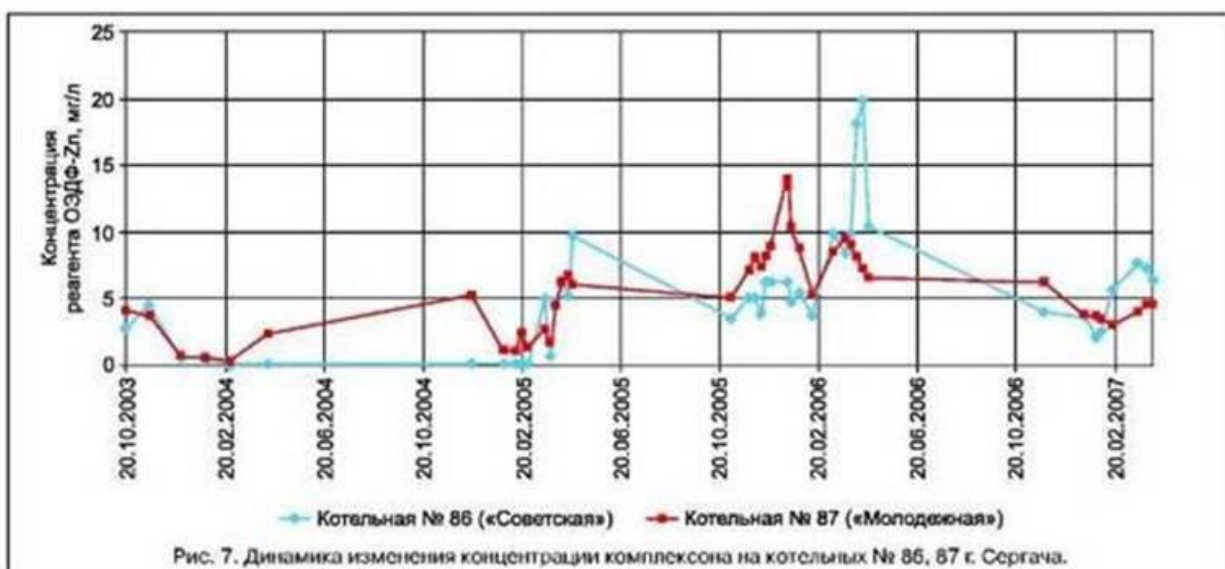
Для чего, например, ежедневно делать анализ жесткости, щелочности или содержания

кислорода в котловой, подпиточной и сетевой воде отопительной котельной с двухконтурной схемой при комплексоном водно-химическом режиме, если тепловая сеть фактически подпитывается азрированной водопроводной водой? Или если на котельной вообще отсутствует водоподготовка? Ведь повлиять на отклонение этих показателей от нормы мы все равно никак не можем. Поэтому, чем делать в огромном количестве бесполезные анализы, гораздо важнее направить силы и средства на внедрение эффективных методов подготовки воды.



Исходя из специфики эксплуатируемых нами источников теплоснабжения, оперативный контроль ВХР котлов и тепловых сетей производится всего-навсего по трем показателям: жесткость общая котловой воды, прозрачность сетевой воды (по шрифту), содержание комплексона в обратном трубопроводе теплосети. Периодичность - не реже 1 раза в неделю. Все остальные, положенные согласно РД анализы, выполняются 3-4 раза в сезон. В пусковой период, а также в случае существенных отклонений, периодичность контроля ВХР увеличивается.

По итогам работы в каждом отопительном сезоне производится оценка произошедших отклонений и динамики изменения основных показателей ВХР (рис. 5-8).



Выводы

1. Задача предупреждения повреждений оборудования отопительных котельных вследствие отложения накипи, шлама и коррозии металла должна решаться не только методами водоподготовки, но и за счет применения оптимальных технологических схем котельных, новых материалов. В тех случаях, если качество сетевой воды не может быть доведено до нормативного, целесообразно применение двухконтурных схем котельных.
2. Необходимо ужесточить нормы жесткости котловой воды водогрейных котлов жаротрубной конструкции. Вследствие ряда конструктивных особенностей, для обеспечения безнакипного режима работы этих котлов требуется поддерживать жесткость котловой воды на уровне 100 мкг-экв/л.
3. При проектировании и эксплуатации двух-контурных котельных должна грамотно и квалифицированно решаться задача компенсации температурных расширений теплоносителя котлового контура, т.к. от эффективности работы системы компенсации зависит качество воды и надежность работы оборудования котлового контура.
4. Современный уровень развития деаэра-ционной техники не позволяет рекомендовать вакуумную деаэрацию в качестве основного и единственного метода защиты тепловых сетей отопления и ГВС от внутренней коррозии, в особенности это касается небольших отопительных котельных и ЦТП.

5. На объектах малой теплоэнергетики следует шире применять технологии коррекционной и стабилизационной обработки воды на основе дозирования комплексонов, обеспечивающих противонакипный и антикоррозийный эффект. Эффективность комплексонов на каждом конкретном объекте должна проверяться путем проведения лабораторных исследований и эксплуатационных испытаний.

6. Коррозионные испытания, проведенные в системах теплоснабжения в г. Дзержинске и г. Сергач подтвердили высокую эффективность комплексонов ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn для защиты тепловых сетей отопления, подпитываемых водопроводной недеаэрированной водой, от внутренней коррозии. Установлена зависимость скорости коррозии от объема подпитки системы. Показано, что при объеме подпитки в пределах 0,75%/ч и нормативной концентрации реагентов (ОЭДФ-Zn - 3-5 мг/л; ЗФЦ-Жз - 1-2 мг/л) скорость коррозии не превышает 0,05 мм/год. По сравнению с системами без обработки комплексоном скорость коррозии снижена в 5-7 раз.

7. В результате дозирования комплексона (ОЭДФ-Zn - 4-6 мг/л) в системы теплоснабжения г. Сергач, подпитываемые артезианской недеаэрированной водой с Жобщ=10-20 мкг-экв/л, удалось практически отказаться от химических промывок пластинчатых теплообменников отопления в течение отопительного сезона.

8. Радикальным способом решения проблемы внутренней и наружной коррозии трубопроводов разводящих и квартальных тепловых сетей отопления и ГВС с низкими параметрами

теплоносителя ($D_{нар} \leq 160$ мм; $P_{раб} \leq 10$ кгс/см²; $T_{раб} \leq 95$ °С) является их замена на полимерные

трубы (сшитый полиэтилен, полипропилен).

9. Применение различных нетрадиционных (физических) методов водоподготовки следует приветствовать только после проверки их эффективности в различных эксплуатационных режимах на конкретных объектах.

10. В эксплуатационных предприятиях, занимающихся внедрением современных методов водоподготовки и ВХР следует иметь штат квалифицированных инженеров-химиков и лаборантов, создавать и оснащать химлаборатории для оперативного контроля качества теплоносителей и регистрации основных показателей ВХР котельного оборудования и тепловых сетей.

Литература

1. Васильев А.В. Особенности водного режима при эксплуатации современных жаротрубных водогрейных котлов // *Новости теплоснабжения*. 2002. № 4. С. 50-52.
2. Жадное О.В. Пластинчатые теплообменники - дело тонкое // *Новости теплоснабжения*. 2005. № 3. С. 39-53.
3. Захаренко-Березьянская Ю. Обзор рынка мембранных расширительных баков для систем отопления и ГВС // *Электронный журнал С.О.К.*, 26 января 2006 г. (www.c-o-k.com.ua).
4. Методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей. РД 34.37.506-88.
5. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1999.
6. Шаратов В. И. Подготовка подпиточной воды систем теплоснабжения с применением вакуумных деаэраторов. - М.: Энергоатомиздат, 1996.
7. Терехин С.Н., Маклакова В.П., Бихман Б.И., Дятлова Н.М., Кунянский В.М., Тыкман Г.М. Комплексонная стабилизация водоохлаждающих систем // *Защита металлов*. Т. 26. № 5. 1990.
8. РД 24.031.120-91 Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля.