

Опыт оптимальной организации водно-химического режима отопительных котельных малой и средней мощности

*О.В. Жаднов, заместитель главного инженера,
ООО «Нижегородтеплогаз», г. Нижний Новгород*

Повременный российский рынок оборудования и материалов для объектов коммунальной теплоэнергетики насыщен предложениями от различных отечественных и зарубежных производителей: есть хорошие котлы, отличные горелки, замечательные теплообменники, насосы, трубопроводные системы, водоподготовка, автоматика и даже комплектные блочно-модульные котельные заводского изготовления.

Однако нередко случаи, когда созданные на основе добротного и качественного оборудования системы теплоснабжения работают плохо -ненадежно и неэффективно. Встречаются совсем уж вопиющие ситуации, когда потребители тепла замерзают после замены старой котельной на новую; современные высокоэффективные котлоагрегаты выходят из строя после 1-2 отопительных сезонов; водоподготовка вместо защиты от накипи и коррозии наносит вред оборудованию; новые пластинчатые теплообменники загрязняются быстрее старых - кожухотрубных; новые, как правило - высокоскоростные, насосы выходят из строя гораздо чаще старых - тихоходных; дорогостоящие системы автоматического регулирования фактически не используются и т.д. При внимательном рассмотрении причины подобного положения дел могут обнаруживаться на всех этапах жизни системы теплоснабжения: исходные данные (задание) на проектирование, проект, строительно-монтажные работы (СМР), пуско-наладка, эксплуатация; а также во всех ее звеньях: котельная, тепловая сеть (ТС), потребители тепла.

Причем специфика функционирования объектов теплоснабжения такова, что большая часть ошибок и недочетов проектировщиков и монтажников обнаруживаются в лучшем случае - на этапе пуско-наладки, а в худшем - на 1 -2 году эксплуатации. К этому времени деньги за оборудование, проект и СМР уже давно заплачены, котельная сдана надзорным и инспектирующим органам, а доказать вину недобросовестных разработчиков или строителей в плохой работе системы теплоснабжения практически невозможно. В результате эксплуатационный персонал остается один на один со всеми проблемами и вынужден решать их самостоятельно. Как показывает практика, значительная доля причин, вызывающих ненадежную и неэффективную работу котельного оборудования и трубопроводов ТС, лежит в плоскости водоподготовки и водно-химического режима (ВХР). В настоящей статье даны рекомендации по оптимизации технологических схем, водоподготовки и ВХР водогрейных отопительных котельных, основанные на 7-летнем опыте ООО «Нижегородтеплогаз» в разработке, строительстве и эксплуатации более 50 систем теплоснабжения от газовых отопительных котельных коммунального комплекса гг. Дзержинск и Сергач Нижегородской области.

Задачи и методы ВХР отопительных котельных

Можно отметить следующие характерные причины неудовлетворительного качества котловой и сетевой воды на многих отопительных котельных:

превышение норм качества исходной водопроводной воды (высокая жесткость, повышенное содержание соединений железа и др.);

вынос загрязнений (продукты коррозии железа, глина, песок) из внутренних систем отопления (ВСО) зданий и трубопроводов ТС в начальный период и в процессе отопительного сезона (ОС) из-за несоблюдения технических требований по содержанию и подготовке ВСО к ОС, аварийных отключений зданий со сливом теплоносителя;

отсутствие, неисправность, неправильная эксплуатация, работа в непроектных режимах систем химводоочистки (ХВО) и деаэрации; незаконный водоразбор сетевой воды жителями;

сверхнормативные утечки в ветхих ТС и ВСО. Задача обеспечения надежной, безопасной и

эффективной работы оборудования и трубопроводов всех звеньев системы теплоснабжения в течение расчетного ресурса без повреждения их элементов вследствие отложения накипи, шлама и коррозии металла должна решаться за счет следующих основных методов:

внедрение эффективных водоподготовительных установок и мероприятий по ВХР котлов, оборудования и ТС; применение рациональных технологических схем котельных; применение материалов, устойчивых к коррозии и накипеобразованию.

Одноконтурная или двухконтурная схема?

Несмотря на относительную простоту технологических процессов, в секторе водогрейных отопительных котельных небольшой мощности (до 20 МВт) встречается большое многообразие технологических (тепловых) схем котельных. Не обсуждая в рамках данной статьи их достоинства и недостатки, заметим, что все схемы подразделяются на две группы: одноконтурные и двухконтурные по отоплению.

В одноконтурных котельных в котлах и ТС циркулирует один и тот же теплоноситель - сетевая вода, в двухконтурных - котловой контур отделен от ТС через теплообменники поверхностного типа (рисунок).

подавляющая часть водогрейных отопительных котельных в России - одноконтурные, котельные с двухконтурной схемой появились и получили широкое распространение сравнительно недавно (вторая половина 1990-х гг.). Их распространению предшествовало появление на отечественном рынке малогабаритных пластинчатых теплообменников (ПТО) и водогрейных котлов жаротрубно-газотрубной конструкции, что вовсе не случайно.

ПТО благодаря своим малым габаритам могут размещаться на небольших площадях, что крайне актуально для блочно-модульных котельных и при реконструкции существующих одноконтурных котельных в двухконтурные.

Опыта эксплуатации котельных с водогрейными жаротрубными котлами до 1990-х гг. в нашей стране практически не существовало, поскольку такие котлы (по непонятным причинам) не выпускались отечественной промышленностью. После того, как начались

закупки жаротрубных котлов за границей, и ряд отечественных котлостроительных заводов срочно наладили их выпуск, котлы данного типа начали активно устанавливаться на строящихся и реконструируемых объектах малой теплоэнергетики вместо стальных водотрубных и морально устаревших чугунно-секционных котлов. Причем, согласно сложившемуся стереотипу и в целях экономии, при проектировании в основном применялась одноконтурная схема. А поскольку низкое качество сетевой воды, отсутствие или нерабочее состояние водоподготовки на коммунальных отопительных котельных - это типичное явление, значительное количество новых жаротрубных котлов очень быстро вышло из строя из-за отложения накипи на трубах, трубных досках и скопления шлама в нижней части корпуса котла. Причина более высокой аварийности жаротрубных котлов при работе на жесткой и загрязненной сетевой воде, по сравнению с водотрубными и чугунно-секционными котлами, очевидна - это низкая скорость воды в межтрубном пространстве (естественная циркуляция), наличие застойных зон. При отсутствии налаженного химического контроля загрязнение поверхности нагрева водотрубного котла можно обнаружить по увеличению гидравлического сопротивления, жаротрубного - только путем вскрытия и визуального осмотра.

Таким образом, распространение двухконтурных котельных, несмотря на их более высокую стоимость по сравнению с одноконтурными, обусловлено стремлением проектировщиков и эксплуатационников защитить котлы и оборудование котельной от негативного воздействия теплоносителя сетевого контура, соответствие которого нормам качества котловой воды для водогрейных котлов в реальных условиях эксплуатации обеспечить весьма затруднительно.

Учитывая вышеизложенное, можно примерно определить область применения одноконтурной и двухконтурной схем при строительстве и реконструкции отопительных котельных (таблица).

К вышесказанному необходимо добавить, что для котельных мощностью 20 МВт и выше применение двухконтурных схем часто становится неоправданным из экономических соображений (высокая стоимость теплообменников и другого дополнительного оборудования), впрочем, этой границей обычно исчерпывается и диапазон применения котлов жаротрубной конструкции.

Водоподготовка и ВХР котлового контура двухконтурных котельных

При двухконтурной схеме первоначальное заполнение котлового контура должно производиться химочищенной умягченной водой (допускается - не деаэрированной). При этом не обязательно иметь на котельной стационарную установку ХВО, достаточно

Таблица. Применение одноконтурной и двухконтурной схем при строительстве и реконструкции котельных.

Характеристика системы теплоснабжения	Типы котлов в новой (реконструируемой) котельной	
	жаротрубные	водотрубные
Автономная котельная для теплоснабжения одного или нескольких новых зданий	О	О
Тепловые сети (ТС) и внутренние системы отопления (ВСО) выполнены из материалов, устойчивых к коррозии (полимерные трубы, алюминиевые радиаторы)	О	О
ТС и ВСО стальные, находятся в исправном техническом состоянии, на старой котельной качество сетевой воды соответствовало норме	О или Д	О
ТС и ВСО стальные, находятся в ветхом состоянии, на старой котельной не работала ХВО и деаэрация, гидравлический режим теплосетей не налажен, опрессовка, промывка и другие мероприятия по подготовке внутренних систем отопления к отопительному сезону долгое время не проводились	Д	Д или О

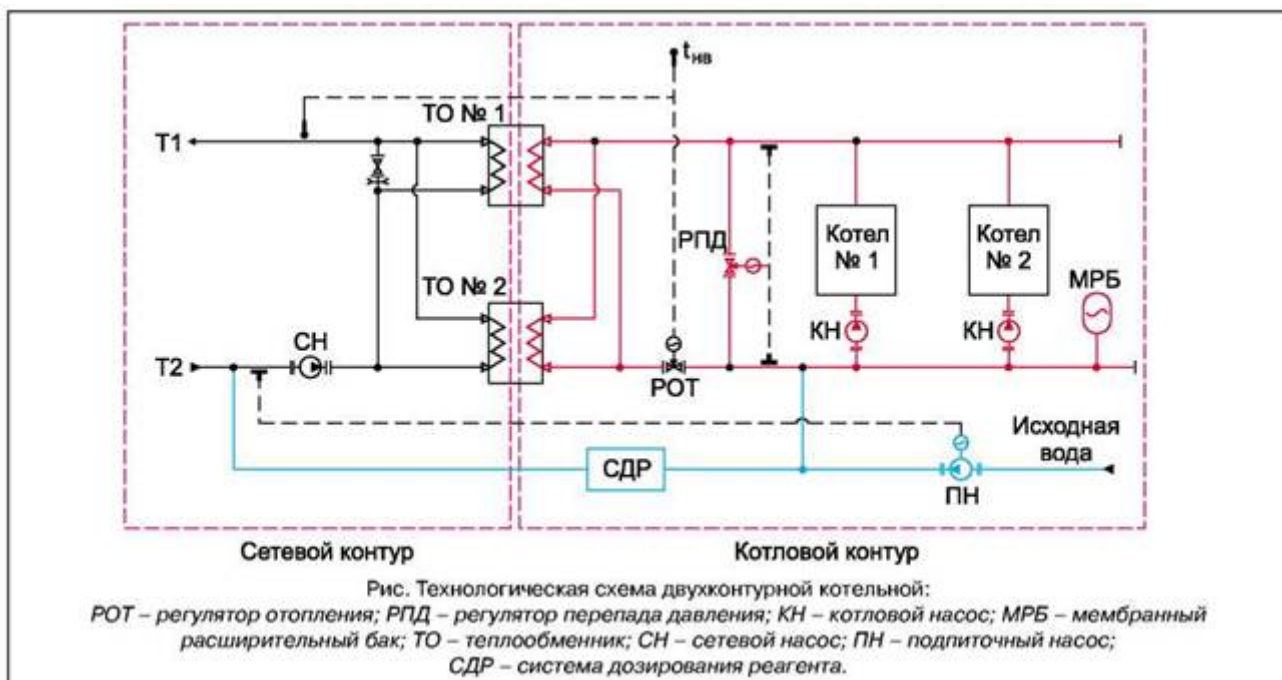
Примечание: О – одноконтурная; Д – двухконтурная.

передвижной. Как показывает практика, при исправной работе всех систем котлового контура подпитка практически не требуется, что обеспечивает отсутствие накипеобразования и коррозии на поверхностях нагрева котлов. Возьму на себя смелость утверждать, что первостепенное значение здесь имеет даже не качество воды, использованной при первоначальном заполнении котлового контура, а ее незаменимость в процессе эксплуатации. Простой расчет показывает, что, например, при заполнении контура емкостью 20 м³ не умягченной водопроводной водой питьевого качества с карбонатной жесткостью 6,0 г-экв/м³ на поверхности нагрева котлов максимально может образоваться 6 кг накипи (в расчете на CaCO₃), что эквивалентно толщине ее слоя порядка 0,015 мм.

Нормы качества котловой воды жаротрубных котлов. В последнее время, по мере накопления опыта эксплуатации жаротрубно-газотрубных водогрейных котлов в нашей стране, появились публикации, в которых конструкторы и эксплуатационники жаротрубных котлов бьют тревогу. Смысл опасений сводится к следующему.

Норма жесткости котловой воды для водогрейных котлов с температурой нагрева воды до 115 ОС (700 мкг-экв/л), установленная «Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» изначально для водотрубных котлов (жаротрубные промышленностью не выпускались), неприменима для современных жаротрубных, которые имеют ряд принципиальных отличий от водотрубных: плотность теплового потока к жаровой трубе и поворотной камере в 3-4 раза выше (засчет этого значительно снижены габариты и масса котлов);

естественная циркуляция воды в котле (в водотрубных котлах скорость воды в десятки раз выше (>1,0 м/с)); на поверхности жаровых труб, поворотной камеры, а также газотрубных пучков в местах их крепления на трубной доске первой поворотной камеры наблюдается пристенное кипение, интенсивность которого резко увеличивается при эксплуатации котлов с давлением ниже рабочего (для котлов с максимальной температурой нагрева воды до 115 ОС рабочее давление обычно составляет 6-8 кгс/см²).



«Наличие кипения на поверхности труб, с одной стороны, обеспечивает их надежное охлаждение, с другой - способствует накипеобразованию при наличии в котловой воде солей жесткости. Как показали расчеты котла КВ-Г-4,0-115Н один миллиметр накипи при высоких тепловых потоках в жаровой трубе увеличивает температуру стенки на 100-120 ОС. При толщине накипи 3 мм и более температура металла достигает уже 500 ОС и более, при этом углеродистая сталь теряет свою прочность, на жаровых трубах появляются вздутия, трубные решетки поворотной камеры коробятся, а трубы газотрубных пучков перегорают [1]».

На основании расчетов и практического опыта для обеспечения безнакипного режима работы котла в [1] рекомендуется ужесточить норму жесткости котловой воды для водогрейных жаротрубных котлов, установив ее как для паровых котлов - 15-20 мкг-экв/л, а при эксплуатации котлов с давлением на уровне 6,0 кгс/см² - возможно ограничиться жесткостью до 100 мкг-экв/л.

Опыт нашего предприятия полностью подтверждает необходимость ужесточения норм. На объектах ООО «Нижегородтеплогаз» в течение 6 отопительных сезонов безаварийно эксплуатируется более 70 современных жаротрубных котлов отечественных и зарубежных заводов-изготовителей. Все котельные - с двух - контурной схемой, разделение контуров осуществляется через пластинчатые теплообменники. Умягченная вода в котловые контуры была залита в 2001 -2002 гг. и с тех пор практически не заменялась. В 2002 г. указанием главного инженера установлена норма жесткости котловой воды для жаротрубных котлов - не более 200 мкг-экв/л. Фактическая жесткость котловой воды на объектах составляет 50-150 мкг-экв/л, давление в котлах в различных эксплуатационных режимах 3,5-8,0 кгс/см². Вода стабильна, имеет повышенный рН=8,5-9,5 и, как показал внутренний осмотр котлов, практически не образует отложений. Необходимо заметить, что ежегодных плановых внутренних осмотров жаротрубных котлов с полным сливом котловой воды мы не делаем, т.к. на предприятии налажен регулярный (1 раз в неделю) химконтроль качества исходной, сетевой и котловой воды. Вскрытие и визуальный осмотр поверхности нагрева жаровой трубы и дымогарных труб котла с водяной стороны производится выборочно (не более 2-3 котлов за сезон), если в течение ОС имели место случаи длительной работы отдельных котлов с жесткостью более 200 мкг-экв/л. Случаи превышения нормы жесткости котловой воды имели место в основном по причине неисправности (разрыва мембраны) мембранных расширительных баков (МРБ),

являющихся основным элементом системы компенсации температурных расширений теплоносителя котлового контура.

Требования к системе компенсации температурных расширений (СКТР) теплоносителя котлового контура. Как обеспечить незаменяемость воды в котловом контуре в процессе эксплуатации?

Для этого необходимо проанализировать причины, вследствие которых вода истекает из замкнутого контура, после чего требуется его подпитка (при отсутствии на котельной стационарной автоматической установки ХВО подпитка осуществляется водопроводной водой). Причины следующие: утечки из контура; слив при ремонтных работах; недостаточный объем или неисправность МРБ; неправильная эксплуатация СКТР и системы котлового контура в целом.

Утечки легко устранить, ремонтные работы неизбежны, поэтому рассмотрим вопросы правильной эксплуатации СКТР во взаимосвязи с конструкцией и режимами работы котлового контура.

Стабилизация давления и компенсация температурных расширений теплоносителя в котловом контуре обычно осуществляется закрытыми МРБ с эластичной мембраной, сделанной из специальной термостойкой резины. МРБ при помощи трубопровода непосредственно присоединяются к всасывающему коллектору циркуляционных насосов котлового контура (точка минимального давления).

Правильно функционирующая СКТР должна обеспечивать отсутствие потерь теплоносителя из внутреннего контура котельной (вследствие сброса воды через предохранительные клапаны котлов или вынужденного слива в дренаж вручную), обусловленных изменением давления в контуре при циклических колебаниях средней температуры котловой воды в пределах расчетных значений.

При кажущейся простоте задача подбора МРБ представляет значительный интерес. Минимальный расчетный объем МРБ ($V_{\text{ч}}$) определяется следующим образом:

$$V_{\text{расч}} = \Delta V / K_{\text{зап}}, \quad (1)$$

$$\Delta V = V_{\text{к}} [(\rho_{\text{хол}} / \rho_{\text{гор}}) - 1], \quad (2)$$

$$K_{\text{зап}} = (P_{\text{макс}} - P_{\text{нач}}) / (P_{\text{макс}} + 1), \quad (3)$$

где ΔV - приращение объема воды в контуре при изменении ее средней температуры от минимального ($T_{\text{хол}}$) до максимального ($T_{\text{гор}}$) расчетного значения, л; $K_{\text{зап}}$ - максимальный коэффициент заполнения объема МРБ водой при нормальном режиме работы котельной; $V_{\text{к}}$ - водяной объем котлового контура, л; $\rho_{\text{хол}}$, $\rho_{\text{гор}}$ - плотность воды соответственно при температуре $T_{\text{хол}}$, $T_{\text{гор}}$, кг/л; $P_{\text{макс}}$ - максимальное давление (избыточное) в контуре в точке подключения МРБ при нормальном режиме эксплуатации (для схемы, показанной на рис. 1, $P_{\text{макс}}$ определяется как разность рабочего давления котлов и заданного перепада давления на коллекторах котлов), кгс/см²; $P_{\text{нач}}$ - начальное давление (избыточное) воздуха в газовой полости МРБ (для максимального использования компенсирующей способности МРБ $P_{\text{нач}}$ должно быть равно статическому давлению в котловом контуре $P_{\text{ст}}$), кгс/см².

При выборе баков следует, прежде всего, руководствоваться не выбором фирмы-производителя и ценового диапазона, а назначением и условиями эксплуатации (рабочее давление корпуса бака, диапазон температур эксплуатации, эластичность и износостойкость мембраны при циклических нагрузках). Достаточно подробные рекомендации по выбору МРБ приведены в обзоре [3].

При определении объема МРБ по формулам (1-3) необходимо обращать внимание на полученный коэффициент заполнения МРБ водой, который не должен превышать некоторого максимально допустимого значения ($K_{доп_зап}$), определяемого свойствами мембраны данной модели бака (в процессе заполнения водой мембрана сначала полностью расправляется, затем несколько растягивается за счет своей эластичности). Именно превышение $K_{доп_зап}$ в условиях эксплуатации, по нашему мнению, является основной причиной довольно частых поломок МРБ с разрывом дорогостоящей мембраны (стоимость сменной мембраны для разборного бака емкостью 700-800 л составляет более 20 тыс. руб.).

На практике, для создания запаса прочности мембраны необходимо, чтобы фактический коэффициент заполнения МРБ не превышал:

$$K_{зап} = \Delta V / V_{факт} \leq 0,8 K_{зап}^{доп} \quad (4)$$

Поэтому, если рассчитанное по формуле (3) значение $K_{зап} \leq 0,8 K_{зап}^{доп}$, то в формулу (1) подставляется полученное значение, в противном случае $K_{зап}$ принимается равным $0,8 K_{доп_зап}$. К сожалению, большинство фирм-производителей МРБ прямо не указывают $K_{доп_зап}$ в сопроводительной технической документации на бак (необходимо специально запрашивать). По имеющейся у нас информации, допустимый коэффициент заполнения (коэффициент использования) $K^п$ для различных МРБ, применяемых в системах отопления, изменяется в пределах 0,5-0,7.

Если объем МРБ определен правильно, это само по себе не гарантирует исключения случаев повреждения мембран. Разрыв мембраны

может произойти при потере герметичности газовой полости бака, например, вследствие повреждения ниппеля для подкачки воздуха или постепенной диффузии газов через мембрану в водяную полость бака. Поэтому при эксплуатации необходимо периодически (примерно 1 раз в месяц) проверять начальное давление воздуха в каждом баке. Проверка может производиться двумя способами: с отключением и сливом воды из бака, а также без слива воды из бака - путем расхолаживания контура при закрытой подпитке до температуры, при которой давление воды в точке подключения баков упадет ниже $P_{нач}$. Второй способ предпочтительнее, т.к. не требует последующей подпитки контура.

Наладка СКТР заключается в создании стартовых условий для работы системы компенсации, а именно: в процессе первоначального прогрева контура необходимо при достижении минимальной расчетной средней температуры в контуре ($T_{хол}$) установить давление в контуре в точке подключения МРБ равное $P_{нач} + P_{ст}$. Для этого необходимо подпитать контур или слить часть воды в дренаж.

ВХР тепловых сетей и оборудования сетевого контура котельной

Деаэрация. Основным методом защиты стальных трубопроводов ТС от внутренней коррозии в настоящее время является деаэрация подпиточной воды в термических (атмосферных и вакуумных) противоточных деаэраторах. Несмотря на то, что технология

термической деаэрации достаточно хорошо отработана, создание эффективных деаэрационных установок (ДУ) для обработки подпиточной воды систем отопления и, в особенности, горячего водоснабжения на ЦТП и водогрейных отопительных котельных малой и средней мощности представляет собой довольно сложную технико-экономическую проблему. Существуют следующие трудности и ограничения:

1. ДУ, особенно вакуумные, сложны в наладке и эксплуатации (тепловые схемы ДУ по насыщенности оборудованием, средствами контроля и регулирования сравнимы с остальной котельной). Поэтому для их обслуживания требуется высококвалифицированный персонал и отлаженная система эксплуатации, которые зачастую отсутствуют на предприятиях коммунального комплекса.

2. В отопительных котельных, не имеющих паровой технологической нагрузки и мазутного хозяйства, присутствие паровых котлов не оправдано. Следовательно, в них возможно применение только вакуумных деаэраторов. Котлы в таких котельных обычно устанавливаются с низкими параметрами - максимальной температурой нагрева воды до 115 ОС (или даже 95 ОС).

Поэтому эксплуатация вакуумных деаэраторов здесь, как правило, осуществляется в наименее эффективном режиме - «холодной» деаэрации, т.е. без подачи греющего агента (пара или перегретой воды) в барботажную ступень. Однако известно, что при использовании серийных струйно-барботажных деаэраторов типа ДВ в таком режиме приемлемое качество деаэрации (концентрация кислорода ниже 50 мкг/кг, отсутствие свободной углекислоты) не обеспечивается в принципе [6]! Это в полной мере касается и применения вакуумных ДУ для подготовки горячей воды в ЦТП крупных закрытых систем централизованного теплоснабжения, где температура сетевой воды в летний и переходный период ОС не превышает 70 ОС.

3. Как показано в [5], даже при безупречной работе деаэрационных установок с низким остаточным содержанием кислорода - 20 мкг/кг, его концентрация в ТС (вследствие присосов атмосферного воздуха, аэрации воды в баках, проскоков недеаэрированной воды в аварийных режимах и т.п.) редко бывает ниже 50 мкг/кг. Такой концентрации кислорода в сочетании с содержащимися в природных водах сульфатами и хлоридами достаточно для возникновения отдельных очагов локальной коррозии стали трубопроводов ТС. Поэтому, согласно [4], деаэрацию необходимо дополнять коррекционной обработкой сетевой воды: повышением рН до 9,5-10, добавлением ингибиторов коррозии, что существенно усложняет водоподготовку. Особенно трудно себе представить дозирование подщелачивающего реагента, например NaOH, в систему ГВС на ЦТП или небольшой автоматической котельной.

Наибольшие сложности возникают при использовании серийных вакуумных деаэраторов типа ДВ для обработки воды систем ГВС. В этих установках деаэрация заведомо осуществляется в малоэффективном режиме «холодной» деаэрации, т.к. даже при наличии греющего агента в виде химочищенной перегретой котловой (или сетевой) воды экономически не оправдано смешивать эту воду с необработанной водой ГВС. Как уже отмечалось, в режиме «холодной» деаэрации полное удаление растворенного CO₂ не достигается в принципе, а более или менее удовлетворительная десорбция кислорода (до концентраций 50-100 мкг/кг) может обеспечиваться лишь в узком диапазоне нагрузок деаэратора - примерно 30-50% от номинальной [5]. Следовательно, для обеспечения стабильной работы ДУ в постоянном режиме нужны баки-аккумуляторы ГВС, которые

резко усложняют и удорожают установку. Помимо высокой стоимости их сооружения и эксплуатации они требуют отчуждения больших земельных участков, и, кроме того - являются источником вторичной аэрации деаэрированной воды кислородом воздуха. В итоге круг замыкается, и мы приходим примерно к следующей статистике: при отсутствии вакуумной деаэрации стальные оцинкованные трубы ГВС служат 3-5 лет, а при ее наличии - всего лишь 5-7 лет.

5. Вакуумные ДУ требуют много места для их размещения, колонки вакуумных деаэраторов и охладители выпара должны устанавливаться на высоте более 10 м от уровня воды в баке-аккумуляторе, для чего требуется строительство специальных этажерок, в результате - их техническое обслуживание и ремонт затруднены, оборудование подвергается атмосферному воздействию и т.д.

6. Вакуумные ДУ сложно автоматизируются, требуют точного поддержания определяющих параметров (температура и расход деаэрируемой воды, греющего агента, рабочей воды, выпара), вмешательства обслуживающего персонала при значительном изменении режима эксплуатации. Для получения устойчивого антикоррозионного эффекта необходима бесперебойная работа установки в течение всего года, должен быть налажен непрерывный контроль качества деаэрации (необходим автоматический кислородо-мер с функцией электронного самописца).

Таким образом, типовые вакуум-деаэрационные установки на основе деаэраторов ДВ плохо вписываются в «образ» современной отопительной котельной, которая представляется в виде компактного здания, плотно «упакованного» простым и надежным оборудованием, работающим в автоматическом режиме - без постоянного обслуживающего персонала.

К сожалению, компактных блочных ДУ, полностью пригодных для использования в небольших автоматических отопительных котельных, в настоящее время на российском рынке не представлено. Автору статьи известна лишь одна попытка - в начале 1990-х гг. ОАО «Нижегородский машиностроительный завод» удалось наладить выпуск блочной водоподготовительной установки (ВПУ) производительностью до 3

т/ч, которая совмещала в себе три функции: вакуумной деаэрации, системы дозирования реагента-антинакипина (ОЭДФ) и поддержания давления в ТС в автоматическом режиме. Указанными ВПУ в основном комплектовались мобильные теплоцентрали ТМА, производимые тем же заводом по программе конверсии. В установке использовалась струйная деаэрационная колонка вертикального типа (диаметр корпуса 480 мм, высота 1800 мм), размещенная непосредственно в котельной (отбор воды из колонки осуществлялся гидроэлеватором). В числе ее недостатков: ограниченная производительность, высокая сложность технологической схемы, морально устаревшая элементная база (громоздкие кожухотрубные теплообменники, запорная и регулирующая арматура, насосы), архаичная релейная автоматика. По отзывам наладчиков и эксплуатационников, данная установка могла устойчиво работать в диапазоне нагрузок 1-1,5 т/ч в полуавтоматическом режиме при условии грамотного обслуживания специализированным персоналом. Впоследствии завод прекратил выпуск этих установок, поскольку в ТМА было применено дозирование комплекса ОЭДФ-Zn, обеспечивающего антикоррозионный эффект.

В заключение хочется высказать собственное мнение в адрес широко рекламируемых как последнее чудо техники прямоточных струйных аппаратов «КВАРК» и «АВАКС». Крайне интересная полемика по данному вопросу развернулась между д.т.н., проф.

Ульяновского государственного технического университета Шаратовым В.И. и производителями новых конструкций деаэраторов на страницах журнала «Энергосбережение и водоподготовка» № 3, 4 за 2006 г.

Технико-экономическая целесообразность использования щелевых деаэраторов «КВАРК» в водогрейных отопительных котельных с низкими параметрами (до 115 ОС), особенно для ГВС, очень сомнительна по одной простой причине -указанные деаэраторы удаляют растворенный кислород до приемлемого уровня (ниже 50 мкг/кг) только при температуре нагрева воды свыше 100 ОС. Если речь идет о ГВС, то деаэрируемую воду надо сначала нагреть до 100 ОС, затем охладить до температуры 60 ОС, для чего нужны дорогостоящие теплообменники. Обойтись без бака-аккумулятора ГВС также не удастся, поскольку диапазон регулирования нагрузки деаэратора ДЩ (40-120% от номинальной) недостаточен для отслеживания суточных изменений водоразбора ГВС. С учетом вышеуказанных особенностей ДУ на основе деаэратора ДЩ получится очень сложная и дорогая, ее трудно автоматизировать.

По поводу печально известного изделия под названием «АВАКС» должен сообщить, что наше предприятие на собственном опыте убедилось в его полной неработоспособности как деаэратора. В 2003 г. мы, купившись на рекламу в авторитетных научно-технических изданиях, приобрели данный аппарат производительностью 20 т/ч. На него возлагались очень большие надежды, поскольку согласно паспортных данных деаэратор «АВАКС» практически не имел недостатков! Особенно подкупали малые габариты, низкая температура деаэрируемой воды (от 60 ОС) и возможность размещения на высоте 1 м от уровня воды в деаэраторном баке. На основе этих деаэраторов в принципе можно было бы создать мечту любого теплоэнергетика – типоряд блочных ДУ заводской готовности, достаточно простых и надежных для того, чтобы ими можно было комплектовать водогрейные отопительные котельные малой и средней мощности. Пробраз подобной установки нами был смонтирован на одной из котельных в г. Нижний Новгород. Установка предназначалась для обработки подпиточной воды систем ГВС и отопления. Проектом были учтены все требования завода-изготовителя деаэратора, предусматривалась полная автоматизация установки и возможность работы деаэратора в режиме рециркуляции.

Продолжавшиеся 1,5 года испытания «АВАКСа» оказались безуспешными. Испытания проводились во всем диапазоне нагрузок, при различных температурах воды (60-85 ОС) и давлении перед деаэратором. Вакуум перед эжектором поддерживался не менее 0,9 кгс/см². Определение остаточной концентрации кислорода осуществлялось двумя методами: автоматическим кислородомером МАРК-403/2 и химическим анализом (по метиленовому голубому). При исходной концентрации кислорода в холодной воде 8-10 мг/кг, на выходе из деаэратора мы получали минимум 1,5-3,5 мг/кг в зависимости от температуры воды. Неоднократно приезжавшие на объект представители завода-изготовителя не смогли дать вразумительных объяснений по поводу неработоспособности аппарата.

В начальный период испытаний «АВАКСа» произошел курьезный случай: в одной из первых серий опытов кислородомер стал устойчиво показывать желаемые 0,05 мг/кг и даже менее. После выяснилось, что импульсная линия к роботборнику (длина -5 м) была сделана из черной стальной трубы Ду15, а поскольку требуемый расход воды при работе кислородомера очень мал (0,3-0,6 л/мин), почти весь кислород по пути от деаэраторного бака к прибору расходовался на окисление стенок трубки. При этом общее время нахождения воды в трубке составляло всего лишь около 3 мин! Увеличив расход воды через импульсную линию в несколько раз (слив в дренаж перед кислородомером),

удалось обнаружить «обман». В последствии трубка была заменена на нержавеющую.

Последний опыт, поставивший жирный «крест» на нашем «АВАКСе», заключался в том, что мы его попросту демонтировали и на его место поставили отрезок стальной трубы подходящей конфигурации. Дросселирование осуществлялось задвижкой. Концентрация кислорода на выходе из деаэрационного бака при этом не изменилась!

Проанализировав полученные результаты и сопоставив их с таблицей растворимости кислорода в воде при различной температуре (при атмосферном давлении и температуре воды 60 ОС - это 4,7 мг/кг, при 80 ОС - 1,5 мг/кг) можно заключить, что «АВАКС» вообще не является деаэратором в общепринятом смысле слова, поскольку практически не удаляет кислород, находящийся в растворенном состоянии на субмолекулярном уровне. По сути он является лишь газоотделителем, т.е. организованно и весьма эффективно (за доли секунды) отделяет микропузырьки газа, выделившиеся в объеме воды после дросселирования ее через лопаточный завихритель, установленный на входе в аппарат. Простое нагревание воды, находящейся под избыточным давлением, и последующее ее дросселирование в открытый бак дает аналогичный эффект. Тем не менее, представляется целесообразным рассмотреть вопрос об использовании аппаратов данного типа перед термическим вакуумным деаэратором в качестве 1 ступени.

На основании вышеизложенного мы не можем рекомендовать деаэрацию в качестве основного метода защиты от внутренней коррозии ТС отопления и ГВС на отопительных котельных.

Литература

1. *Васильев А.В. Особенности водного режима при эксплуатации современных жаротрубных водогрейных котлов//Новости теплоснабжения. 2002. № 4. С. 50-52.*
2. *Жаднов О.В. Пластинчатые теплообменники -дело тонкое // Новости теплоснабжения. 2005. № 3. С. 39-53.*
3. *Захаренко-Березянская 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. *Шарапов В.И. Подготовка подпиточной воды систем теплоснабжения с применением вакуумных деаэраторов. - М.: Энергоатомиздат, 1996.*