

ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТРАНСЗВУКОВЫХ АППАРАТОВ

Н.А. Новопашина, Г.И. Титов

Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

В статье рассматриваются некоторые проблемы, возникающие при получении горячей воды для технологических нужд, отопления и вентиляции при использовании аппаратов ТСА.

Ключевые слова: технические проблемы, аппараты ТСА, углекислый газ, коррозия, гидравлические удары.

В настоящее время наиболее распространенным способом поддержания теплового режима в помещениях является выработка горячей воды на источниках тепла и широкой сети теплоснабжения. Экономическая эффективность эксплуатации источников тепла (котельных установок, теплообменников и т. д.) зависит от количества сжигаемого топлива, электрической энергии и т. д. В условиях резкого возрастания цен на энергоносители и удорожания всех видов энергии необходимо производить перестройку производственной деятельности, применяя новые энергосберегающие технологии.

Одним из вариантов новых энергосберегающих технологий является создание трансзвукового струйно-форсуночного аппарата ТСА. Аппарат ТСА является теплообменным аппаратом контактного типа, в котором осуществляется нагрев воды или другой жидкости за счет тепла насыщенного водяного пара [1]. Аппарат может работать в двух режимах: «бойлер», когда перекачивание жидкости осуществляется насосом, и «насос-бойлер», когда используется энергия пара для перекачивания жидкости. При этом давление перекачиваемой воды на выходе из аппарата может значительно превышать ее давление на входе, в результате чего аппарат может работать как насос.

Аппараты ТСА практически можно встроить в любую существующую тепло-технологическую систему, имеющую самые различные значения расчетных параметров (температур и давлений), т. к. расчет его проточной части выполняется по индивидуальным заказам. Аппараты ТСА запроектированы и изготовлены таким образом, что могут устойчиво работать во всем диапазоне расчетных параметров.

Внедрение этих аппаратов на объектах страны позволило получить значительную экономию энергоресурсов на данных предприятиях.

В зависимости от требуемого расхода перекачиваемой воды и тепловой нагрузки существуют шесть типоразмеров аппаратов диаметром от 25 до 100 мм, производительностью от 0,25 до 8,0 Гкал/час.

Трансзвуковые струйно-форсуночные аппараты ТСА могут устанавливаться для производства горячей воды для нужд отопления и горячего водоснабжения отдельных зданий и целых районов, для приготовления технологической воды непосредственно на источниках тепла и практически везде, где необходимо нагревать жидкость и где есть насыщенный или перегретый водяной пар.

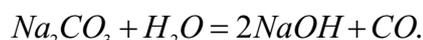
*Надежда Андреевна Новопашина – к.т.н., доцент.
Геннадий Иванович Титов – профессор.*

В качестве исходной воды для паровых котлов чаще всего используется вода из хозяйственно-питьевого водопровода. Но питательная вода для паровых котлов должна быть умягченной.

Наиболее простой способ умягчения исходной воды для паровых котлов производится в катионитных фильтрах по схеме двухступенчатого Na-катионирования. Для интенсификации обменной способности фильтра исходную воду нагревают до температуры ~ 25 °С. В результате фильтрации воды через Na-катионитные фильтры щелочность обработанной воды остается равной щелочности исходной воды, а карбонатная жесткость исходной воды уменьшается и не превышает 0,02 мг-экв/кг. Катионы Ca и Mg замещаются на катионы Na с образованием бикарбоната натрия $NaHCO_3$. При температуре 60 °С начинается разложение бикарбоната натрия на карбонат натрия, углекислый газ и воду, а затем карбонат натрия в воде разлагается на щелочь NaOH и CO_2 :



и затем



Карбонат натрия – это твердое вещество Na_2CO_3 , которое в растворе существует только в виде ионов Na^+ и CO_3^{2-} . Учитывая это, можно считать, что количество анионов CO_3^{2-} в питательной и котловой воде пренебрежимо мало и его можно не учитывать.

Умягченная вода нагревается перед деаэратором в теплообменниках до температуры не менее 60 °С (температуры, при которой начинается разложение бикарбоната натрия) и поступает в деаэратор атмосферного типа, где нагревается до температуры ~ 100 °С. В связи с тем, что с повышением температуры воды растворимость газов в воде уменьшается, а при температуре кипения она равна практически нулю, все растворенные в воде и образовавшиеся при разложении бикарбоната натрия газы удаляются в барботажном деаэраторе.

В барботажном деаэраторе разлагается до 60% бикарбоната натрия $NaHCO_3$, остальные 40% разлагаются в барабане котла с образованием углекислого газа и щелочи NaOH. Двуокись углерода CO_2 улетучивается вместе с водяным паром и подается на паровую гребенку.

Водяной пар подается в трансзвуковой струйно-форсуночный аппарат и с помощью его – в систему теплоснабжения или отопления. В аппаратах ТСА он смешивается с водой. В результате кислотность сетевой воды постепенно увеличивается за счет реакции диссоциации



Если есть растворенная соль этой кислоты (например $NaHCO_3$), то она диссоциирует не полностью и концентрация ионов HCO_3^{2-} равна концентрации этой соли. Если концентрация соли гораздо больше концентрации кислоты (H_2CO_3), то концентрация ионов водорода (H) мала и показатель PH таким образом изменяется мало.

Двуокись углерода CO_2 частично растворяется в воде с получением небольших

количество угольной кислоты H_2CO_3 , образующейся в результате обратимой реакции



Равновесие этой реакции сдвинуто влево, поэтому в угольную кислоту превращается небольшое количество CO_2 .

Известно, что с увеличением концентрации CO_2 в воде уменьшается показатель pH воды и одновременно при этом уменьшается концентрация ионов $[HCO_3^-]$. На рис. 1 показано изменение долей концентрации анионов CO_2 , $[HCO_3^-]$ и $[CO_3^{2-}]$ в зависимости от изменения показателя воды pH [2].

Согласно уравнению Хендерсона – Хассельбальха, показатель pH воды зависит от соотношения ионов HCO_3^- / CO_2 .

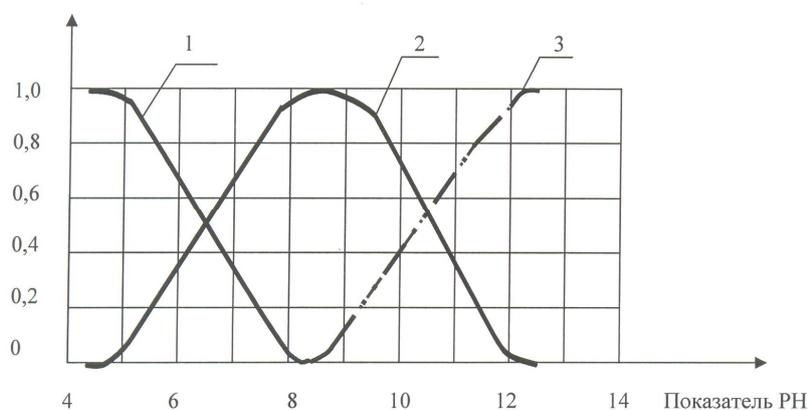


Рис. 1. Изменение долей концентрации анионов CO_2 – кривая 1, HCO_3^- – кривая 2 и CO_3^{2-} – кривая 3 при изменении показателя pH

Как видно из рис. 1, снижение показателя воды pH обуславливается увеличением концентрации анионов $[CO_2^{-2}]$ и уменьшением концентрации анионов $[HCO_3^-]$.

Учитывая, что концентрация ионов $[HCO_3^-]$ в воде ничтожно мала, минимальным значением показателя воды pH при наличии растворенных в ней анионов $[CO_2^{-2}]$ можно считать величину, равную 4,5.

Температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети в течение года колеблется. Максимальная температура в подающем трубопроводе тепловой сети может достигать 150 °С, а давление соответственно 0,6 МПа. В системах отопления жилых домов температура достигает 95 °С и давление соответственно 0,6 МПа.

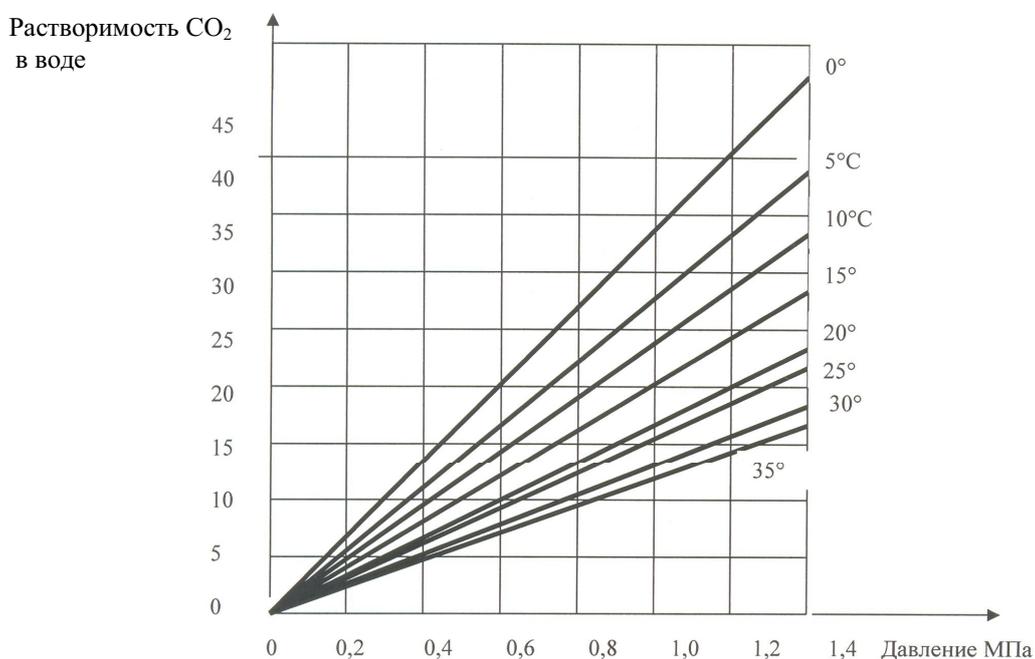
Растворимость CO_2 в воде и водных растворах в основном зависит от температуры и давления, но на степень растворимости влияют также концентрация минеральных веществ в растворе, степень дисперсности присутствующих в растворе коллоидов и т. д. При повышении температуры воды растворимость CO_2 уменьшается, а при повышении давления – увеличивается.

На рис. 2 представлено изменение растворимости CO_2 в воде при различных давлениях и температурах [2].

В последующем карбонат натрия под действием температуры и давления в барабане котла подвергается гидролизу с образованием едкого натра $NaOH$ и двуокиси углерода. В результате в котловой воде, несмотря на наличие непрерывной продувки, постепенно увеличивается концентрация гидратной щелочности (ионов OH) в виде едкого натра $NaOH$.

При увеличении щелочности до 20% появляется возможность вспенивания котловой воды и выброса ее с паром, поэтому производится периодическая продувка котла. Щелочная вода периодической продувки с высокой температурой (до $190\text{ }^\circ\text{C}$) сбрасывается в продувочный колодец.

При конденсации пара двуокись углерода CO_2 частично или полностью поглощается (в зависимости от концентрации в водяном паре), конденсат становится агрессивным и появляется угроза углекислотной коррозии трубопроводов.



Р и с . 2. Растворимость CO_2 в воде при различных давлениях и температурах

Согласно требованиям норм качества подпиточной и сетевой воды РД 34.37.504-83 допустимое значение показателя воды РН должно находиться в пределах 8,3-9,5 и содержание CO_2 не допускается.

При работе тепловой сети на внутренней поверхности трубы образуется оксидная пленка, препятствующая коррозии металла.

При повышении давления растворимость CO_2 уменьшается, количество свободного CO_2 соответственно увеличивается и появляется возможность углекислотной коррозии, т. к. защитные свойства пленки уменьшаются, а образование ее на внутренней поверхности трубы затрудняется.

Однако некоторые авторы утверждают, что в пределах $pH = 4\div 10$ скорость коррозии определяется только скоростью диффузии кислорода к поверхности металла и

в то же время наличие CO_2 в воде увеличивает скорость коррозии практически в полтора раза.

Зная значение показателя рН циркулирующей воды (N_1) и показателя рН конденсата водяного пара (N_2), можно определить величину показателя рН полученной смеси:

– при $N_1 < N_2$ расчет ведется по формуле

$$PH = 6,384 + \lg\left(\frac{N_1}{N_2 - N_1}\right);$$

– при $N_1 = N_2$

$$PH = \frac{6.384 + 10.328}{2} = 8.356;$$

– при $N_1 > N_2$

$$PH = 10,328 + \lg\left(\frac{N_1 - N_2}{2N_2 - N_1}\right).$$

Что касается усреднения рН смеси двух объемов V_1 и V_2 с рН₁ и рН₂ соответственно, то среднее значение показателя рН может быть определено по формуле

$$PH = -\lg\left(\frac{V_1 * 10^{-pH_1} + V_2 * 10^{-pH_2}}{V_1 + V_2}\right).$$

Авторы в составе инициативной группы устанавливали аппараты ТСА в Самаре с 1998 г. для обеспечения отопления и горячего водоснабжения потребителей.

Сначала было установлено 2 аппарата диаметром 25 мм для отопления промплощадки силикатного завода, расположенного по ул. Соколова в г. Самаре. Отопление промплощадки было паровое, и применение аппаратов ТСА позволило снизить потребление пара на отопление в 3,2 раза, а общий расход пара с учетом расхода пара на производство снизилось в 1,5 раза. После модернизации котельной аппараты продолжают работать, и никаких претензий на протяжении всех лет работы не было.

Результаты внедрения оказались обнадеживающими, и в тот же год четыре аппарата диаметром 80 мм общей мощностью 7,5 Гкал/час были встроены в тепловую схему котельной завода «Электроцит» в качестве мощности для отопления и обеспечения горячим водоснабжением в летнее время п. Красная Глинка в г. Самаре вместо установленного водогрейного котла КВГМ-20. В результате включения в работу парового котла и 4 аппаратов был получен экономический эффект в виде сокращения расхода топлива на 14,5%.

В 2000 г. 3 аппарата диаметром 80 мм, работающие в режиме «насос-бойлер», были встроены в тепловую сеть г. Камышина Волгоградской обл. общей мощностью 23 Гкал/час. Водяной пар подавался от городской ТЭЦ. Однако опыт внедрения оказался неудачным, т. к. через 3-4 часа работы аппаратов ощущались легкие гидравлические удары. Как показал анализ создавшейся ситуации, углекислый газ CO_2 частично растворялся в теплофикационной воде, а частично в газообразном состоянии скапливался в верхних точках сети, нарушая беспрепятственное прохождение воды и вызывая возникновение гидравлических ударов. Установка проработала один отопительный сезон и была демонтирована.

В 2005 г. аппараты ТСА были установлены на заводе масел и присадок в лаборатории №3 и №6, а также в цехе №39 для обеспечения отопления и вентиляции (в ла-
204

бораториях и в цехе система отопления и вентиляции ранее была подключена к централизованной системе теплоснабжения). Водяной пар подавался из заводского паропровода, а избыток воды в системе сбрасывался в конденсатопровод завода. Отзывов нет.

Для предотвращения коррозии внутренней поверхности трубопроводов исследовали два варианта нейтрализации:

- дозирование 3%-ного раствора едкого натра $NaOH$ в обратный трубопровод тепловой сети насосом-дозатором;
- подачу продувочной котловой воды в обратный трубопровод тепловой сети за счет собственного давления.

Была создана установка для дозирования раствора едкого натра $NaOH$ в обратный трубопровод тепловой сети насосом-дозатором. Исследования проводились при дозировании 5-, 4-, 3- и 2%-ного раствора $NaOH$ в обратный трубопровод тепловой сети. Наиболее точное поддержание $pH = 9$ обеспечивал 3%-ный раствор $NaOH$, т. е. такой вариант нейтрализации может быть применен.

Для определения возможности применения второго способа нейтрализации был произведен расчет.

В результате расчета установлено, что количества образовавшейся щелочи $NaOH$, уходящей с продувочной водой, достаточно, чтобы нейтрализовать выделяемое количество свободной углекислоты. Таким образом, вариант нейтрализации свободной углекислоты продувочной водой из котлов также имеет право на существование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Акользин П.А.* Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – М: Энергоиздат, 1992.
2. *Валабан-Ирменин Ю.В.* Изучение и предотвращение коррозии металла трубопроводов в воде тепловых сетей. Диссертация в виде монографии. – М.: ВТИ, 2002.
3. *Лапотышкина М.П., Сазонов Р.П.* Водоподготовка и водохимический режим тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 1998.
4. *Углич Г.Г., Ревы Р.У.* Коррозия и борьба с ней. – СПб: Химия, 1999.

Статья поступила в редакцию 11 апреля 2011 г.

UDC 621.182,176,627.32

PROBLEMS OCCURRING WHILE USING TRANSONIC DEVICES

N.A. Novopashina, G.I. Titov

Samara State Architectural University
194, Molodogvardeuskay st., Samara, 443001

This article describes some problems which occur when using of «TCA» devices for the production of hot water for the technological needs, heating and ventilation.

Keywords: *technical problems, «TCA» devices, Carbon dioxide, corrosion, water-hammer effects.*

*N.A. Novopashina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.
G.I. Titov – Professor.*