

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ТРУДА

УДК 621.18.12

А.В. Неведров, А.В. Папин, Г.В. Ушаков

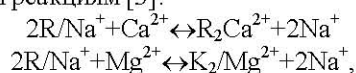
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УСТАНОВОК АНТИНАКИПНОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

В водогрейном оборудовании систем теплоснабжения в результате физико-химических процессов, протекающих в водной среде, на поверхностях нагрева образуются отложения накипи, которая снижает коэффициент теплопередачи, а, следовательно, мощность, теплопроизводительность и эффективность работы теплофикационного оборудования. Отложение накипи на поверхностях котлов вызывает перерасход топлива, увеличение продуктов сгорания топлива. Металл труб под слоем накипи перегревается и деформируется, что может привести к возникновению аварийных ситуаций. Кроме того, накипь отлагается на трубопроводах теплотрасс и вызывает ухудшение гидродинамического режима тепловых сетей [1].

Для предотвращения образования накипи подпиточную воду из природных источников, используемую для восполнения потерь воды в системах теплоснабжения, подвергают предварительной антинакипной обработке.

В России в подавляющем большинстве случаев антинакипная обработка подпиточной воды осуществляется методом умягчения воды на ионообменных фильтрах [2]. Для умягчения воды наряду с натрий-катионированием используется и водород-натрий-катионирование.

При Na-катионировании воду пропускают через слой катионита, находящегося в исходном состоянии в Na-форме. При этом процессе происходит удаление из воды ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в обмен на эквивалентное количество ионов Na^+ согласно следующим реакциям [3]:



где R обозначает комплекс матрицы и функциональной группы без обменного иона (его принято считать одновалентным).

Из приведенных реакций видно, что анионный состав воды при Na-катионировании остается постоянным, поэтому и суммарная концентрация анионов, участвующих в этом процессе также остается постоянной [4]. Однако массовая концентрация катионов в растворе несколько возрастает, поскольку эквивалентная масса иона натрия выше эквивалентных масс ионов кальция и магния. Так, при обмене ионов кальция на ионы натрия содержание воды возрастает в 46/40 раз, поскольку

ку вместо одного сорбированного иона Ca^{2+} в раствор поступают два иона Na^+ . Тот же пересчет при сорбции ионов магния даст увеличение содержания в 46/24 раза.

Таким образом, содержание Na-катионированной воды несколько выше содержания исходной. Поскольку при Na-катионировании не происходит изменения анионного состава примесей воды, щелочность ее не изменяется. Остаточная жесткость фильтрата определяется условиями регенерации катионита и в лучшем случае составляет не более 5 мкг-экв/л.

Процесс умягчения при Na-катионировании заканчивается при допустимом значении жесткости фильтрата или при наступлении проскока жесткости.

Регенерация истощенного катионита производится пропусканием через него раствора поваренной соли. Реакцию регенерации катионита раствором NaCl можно записать в следующей форме

$$\begin{aligned} R_2/\text{Ca}^{2+} + n\text{Na}^+ &\leftrightarrow 2R/\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + (n-2)\text{Na}^+ \\ R_2/\text{Mg}^{2+} + n\text{Na}^+ &\leftrightarrow 2R/\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+} + (n-2)\text{Na}^+, \end{aligned}$$

где n – избыток NaCl против его стехиометрического количества.

Так как для регенерации используются технические реагенты, содержащие посторонние примеси (в нашем случае Ca^{2+} и Mg^{2+}), то хорошо отрегенировать фильтр не удастся. Кроме того, качество регенерации существенно зависит от проявления так называемого противоионного эффекта. При ограниченном расходе соли на регенерацию лучше будут отрегенированы участки слоя катионита, встречающиеся со свежим раствором. По мере прохождения раствора вглубь слоя условия регенерации будут ухудшаться вследствие повышения концентрации ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в регенерационном растворе и его обеднения по ионам Na^+ . Это явление носит название противоионного эффекта. Такой эффект возникает в процессе умягчения исходной воды.

В России для загрузки ионообменных фильтров водоподготовительных установок предприятий тепловой энергетики ежегодно приобретается 6-7 тыс.т отечественных и 2,2-2,8 тыс.т импортных ионообменных смол. Для регенерации фильтрующей загрузки ионообменных фильтров предприятий тепловой энергетики в год расходу-

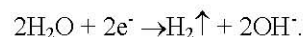
ется около 240 тыс.т поваренной соли, 150 тыс.т серной кислоты, 80 тыс.т едкого натра [2]. Поскольку эксплуатационные расходы реагентов на регенерацию ионитов в 2-4 раза превышают стехиометрическое количество, большая часть этих реагентов в виде жидких стоков оказывается в прилегающих поверхностных водоемах, оказывает вредное воздействие на них, ухудшает экологическую обстановку, повышает экологическую опасность водоподготовительных установок. Известные методы решения проблемы отработанных регенерационных растворов требуют больших капитальных и эксплуатационных затрат.

Анализ научно-технической литературы показал, что безреагентные методы антинакипной водоподготовки (воздействие на сетевую воду магнитным, ультразвуковым или электрическим полем) не требуют громоздких сооружений, наличия химических лабораторий контроля состава сетевой воды, а самое главное не используют химические реагенты. В результате исключается образование не утилизируемых отходов и сточных вод, а как следствие этого загрязнение водоемов. Все это в конечном счете повышает экологическую безопасность предприятий тепловой энергетики. Среди безреагентных методов антинакипной водоподготовки наибольшую степень защиты водогрейного оборудования от накипи обеспечивает обработка воды электрическим полем [1].

Сущность метода заключается в выделении из циркуляционной воды микрокристаллов накипеобразующих веществ при пропускании воды между электродами, на которые подается постоянный электрический ток. Базируется метод электрообработки на представлениях об электрохимическом механизме осаждения накипи на теплопередающие поверхности. Считают, что горячая поверхность теплообменника и охлаждающая ее вода приобретают под действием разности температур электрическую разность потенциалов: термо-ЭДС. Под ее воздействием и происходит преимущест-

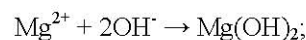
венное осаждение заряженных частиц накипеобразующих веществ на поверхность теплообмена.

Снижение накипеобразования при электрообработке воды объясняется тем, что укрупнение накипеобразующих частиц резко уменьшает их способность к адгезии на стенках теплообменников. Процесс коагуляции протекает под действием продуктов электролиза воды, количество которых пропорционально дозе электричества. Основной реакцией на катоде является разложение воды с выделением газообразного водорода и ионов гидроксидов

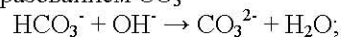


При этом в прикатодном пространстве происходят следующие взаимодействия [5]:

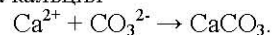
- гидроксильных анионов с катионами магния с образованием малорастворимого гидроксида магния



- гидроксильных анионов с бикарбонатами с образованием CO_3^{2-}



- взаимодействие карбонат-аниона с катионом кальция с образованием практически нерастворимого карбоната кальция



Конечным результатом всех этих процессов является удаление из воды некоторого количества катионов кальция и магния путем перевода их в малорастворимые соединения и выделения из водной фазы в твердом виде.

В лабораторных условиях были проведены исследования влияния обработки воды электрическим полем на уменьшение накипеобразования на поверхности водогрейного оборудования в системах теплоснабжения. Исследования проводились на артезианской воде, имеющей следующие характеристики: общая жесткость – 6,2 мг-экв/л; содержание катионов кальция – 4,1 мг-экв/л; pH воды – 8,2. Количество подпиточной воды составляло 20 % сетевой. Плотность электрического то-

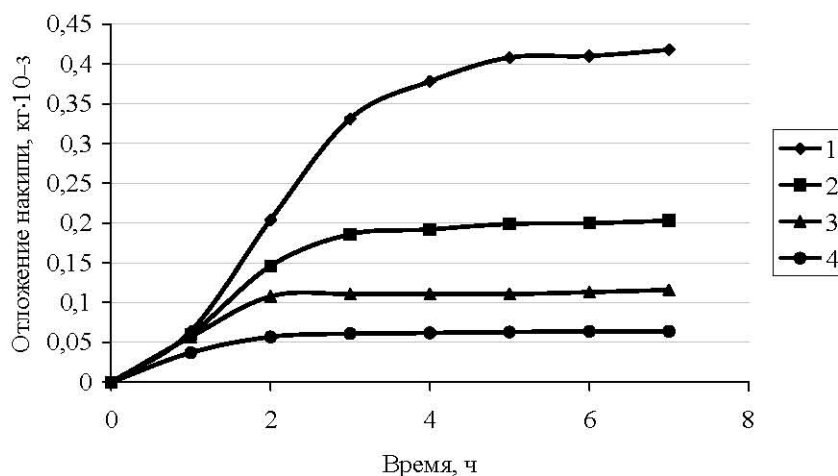


Рис. 1. Отложение накипи на нагревательном элементе при обработке воды электрическим полем: 1 – без обработки воды электрическим полем (контрольный опыт); 2, 3, 4 – с обработкой воды электрическим полем при плотностях тока соответственно 7, 14, 28 А/м²

ка изменялась в интервале от 7 до 28 А/м². При проведении эксперимента через определенные промежутки времени весовым методом определялось количество накипи, отложившейся на поверхности нагревательного элемента при каждом способе обработки воды. Полученные результаты представлены на рис. 1.

На основании полученных экспериментальных данных в дальнейшем определялся противонакипный эффект обработки воды электрическим полем. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Противонакипный эффект обработки воды электрическим полем

Плотность тока, А/м ²	Противонакипный эффект, %
7	51,4
14	72,8
28	84,7

Очевидно, что с увеличением плотности тока возрастает противонакипный эффект обработки воды электрическим полем.

Учитывая тот факт, что при обработке воды электрическим полем и ионообменном умягчении воды механизм воздействия на частицы накипеобразователей отличается, в дальнейшем были проведены исследования по изучению совместной антинакипной обработки воды этими методами.

Исследования проводились на воде, имеющей те же характеристики, что и при изучении воздействия на накипеобразование обработки воды электрическим полем. Сначала были изучены периоды работы Na-катионитовых фильтров до момента достижения жесткости умягченной воды значения 0,7 мг-экв/л без учета предварительной обработки исходной подпиточной воды электрическим полем. Линейная скорость движения подпиточной воды через колонку с Na-катионитовым фильтром равнялась 15 м/ч. Затем изучалась эффективность работы Na-катионитовых фильтров с учетом предварительной обработки подпиточной воды в антинакипном аппарате электрическим полем при плотностях тока от 7 до 28 А/м². В ходе эксперимента фиксировалось время достижения жесткости умягченной воды значения 0,7 мг-экв/л. Полу-

ченные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Период достижения жесткости умягченной воды значения 0,7 мг-экв/л при разных плотностях тока

Плотность тока, А/м ²	Время, мин
без обработки электрическим полем	14
7	19
14	21
28	24

Здесь видно, что предварительная обработка подпиточной воды электрическим полем способствует увеличению времени работы ионообменных фильтров без регенерации, а, следовательно, и количество умягченной ими воды будет увеличиваться. Причем, чем больше значение плотности электрического тока, тем большее время ионообменный фильтр может работать без регенерации, а значит, тем меньше потребуется реагентов на их регенерацию, что приведет к сокращению объема вредных сточных вод от установок антинакипной водоподготовки. Максимальное увеличение времени работы ионообменных фильтров без регенерации достигается при плотности тока 28 А/м² и составляет 71,5 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что предварительная обработка подпиточной воды электрическим полем в системах антинакипной водоподготовки с использованием ионообменных фильтров позволяет увеличить межрегенерационный период работы фильтров. С увеличением плотности тока межрегенерационный период возрастает. Совместная антинакипная обработка подпиточной воды электрическим полем и на ионообменных фильтрах позволит повысить эффективность водоподготовительных установок, сократить расход реагентов на регенерацию фильтров, уменьшить объем загрязненных сточных вод, сбрасываемых в водоемы, а значит, и повысить экологическую безопасность предприятий тепловой энергетики в целом.

Работа выполнена при поддержке гранта Губернатора Кемеровской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Неведров, А. В.* Сравнительный анализ физических методов обработки воды для уменьшения накипеобразования / А. В. Неведров, Г. В. Ушаков // Теплоэнергетика. 2003. – № 11. – С. 62-64.
2. *Юрчевский, Е. Б.* Современное отечественное водоподготовительное оборудование для обессоливания и умягчения воды на ТЭС // Теплоэнергетика. 2002. – № 3. С. – 62-67.
3. *Котылов, А. С.* Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие / Под ред. В. М. Лавыгина, В. Ф. Очкова. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 356 с.
4. *Лапотышкина, Н. П.* Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей / Н. П. Лапотышкина, Р. П. Сазонов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 289 с.
5. *Ушаков, Г. В.* Антинакипная обработка сетевой воды электрическим полем в тепловых сетях // Теплоэнергетика. 2008. – № 7. – С. 32-35.

□ Авторы статьи:

Неведров
Александр Викторович,
канд. техн. наук, доцент каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ. Email: nevedrov1978@rambler.ru;

Папин
Андрей Владимирович
канд. техн. наук, доцент каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ. Email: papinandrey@rambler.ru;

Ушаков
Геннадий Викторович,
канд. техн. наук, доцент каф. химической технологии твердого топлива и экологии КузГТУ.. Тел. 8-23-618-04-4.

УДК 658.5:614.8

В.И. Дмитрук

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА КЕМЕРОВСКОГО ОАО «АЗОТ»

5 ноября 2011 года исполняется 55 лет со дня выпуска первой продукции Кемеровским ОАО «АЗОТ» (в 1956 г. Ново-Кемеровский химический комбинат). Несмотря на солидный возраст предприятия руководство уделяет особое внимание не только состоянию производственных фондов и технических устройств, но и работе с персоналом по вопросам культуры производства и безопасности, столь значимой для взрывопожароопасных и химически опасных производств. С этой целью на внедрена и поддерживается в рабочем состоянии и постоянно совершенствуется интегрированная система менеджмента, включающая системы менеджмента качества (СМК), экологического менеджмента (СЭМ), менеджмента производственной безопасности и охраны труда (ПБ и ОТ).

СМК и СЭМ внедрены и сертифицированы в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9001:2008 и ISO 14001:2004, а система управления ПБ и ОТ в настоящее время развивается с целью полного соответствия международному стандарту OHSAS 18001:2007 и дальнейшей сертификации независимым международным сертифицирующим органом.

Особым показателем социальной ответственности предприятия является успешно функционирующая система экологического менеджмента. Внедрение таковой в 2008 г. и реализация комплекса природоохранных мероприятий позволила КАО «Азот» уже к 2010 г. достичь значительных результатов. За последние 20 лет уровень выбросов предприятия в атмосферу снизился втрое, а в общем объеме выбросов в атмосферу города доля КАО «Азот» составляет 4 %. Вместе с тем, предприятие продолжает постоянную работу над снижением негативного воздействия химического производства на окружающую среду.

КАО «Азот» ежегодно разрабатывает Целевую программу «Регулирование качества окружающей среды», содержащую план природоохранных мероприятий, систематизированных в подпрограммы. Для реализации политики и достижения целей СЭМ:

- выделены виды деятельности, которые оказывают/ могут оказать воздействие на окру-

жающую среду (экологические аспекты и риски);

- определены значимые экологические аспекты, т.е. те аспекты, которые оказывают значительное воздействие на окружающую среду;

- разработаны цели, задачи и мероприятия, позволяющие сократить воздействие на ОС значимыми экологическими аспектами;

- проводится постоянное обучение персонала по СЭМ по обращению с отходами и законодательным требованиям в области охраны окружающей среды;

- определен порядок обеспечения доступа к применимым законодательным и другим требованиям, в связи с этим сформирован «Реестр законодательных и других требований в области охраны окружающей среды КАО «Азот»;

- проводится информирование заинтересованных сторон с экологическими требованиями предприятия путем внесения дополнений к договорам в виде Приложений.

Для минимизации воздействия на ОС на предприятии ведется работа по внедрению мероприятий, направленных на повышение уровня полезного использования природных ресурсов, на сокращение выбросов загрязняющих веществ, снижение отходов. Соблюдается приоритетность планируемых и реализуемых мер по предупреждению воздействий на окружающую среду, персонал и население перед мерами по ликвидации последствий такого воздействия.

Ведется работа по вовлечению каждого работника предприятия и подрядных организаций, осуществляющих деятельность на территории предприятия, в деятельность по управлению экологическими аспектами и рисками, путем систематического обучения, информирования.

Так важнейшей задачей на 2012 г. является строительство установки ультрафиолетового обеззараживания сточных вод, сбрасываемых в реку Томь (в 2011 завершено проектирование установки).

На предприятии:

- работают пылегазоулавливающие установки (ПГУ);