

ды через аппарат обработки воды ультразвуковым полем происходит увеличение концентрации центров кристаллизации. Микроанализ частиц твердой фазы показал, что в этом случае частицы мельче, а концентрация их больше, чем при раздельной обработке воды этими полями. А образующиеся крупные частицы накипеобразователей осаждаются на катодах аппарата обработки воды электрическим полем.

Выводы

Антинакипная водоподготовка с помощью физических полей (электрическое, магнитное и ультразвуковое поля) является наиболее экологи-

чески безопасным способом водоподготовки и позволяет эффективно защищать водогрейное оборудование от накипи.

Наибольший противонакипный эффект водоподготовки с применением физических полей достигается при воздействии электрического поля.

Противонакипный эффект водоподготовки в системах теплоснабжения повышается при совместном воздействии физических полей на обрабатываемую воду. Наибольшую защиту водогрейного оборудования от накипи обеспечивает совместная обработка воды ультразвуковым и электрическим полями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ушаков Г.В. Защита тепловых сетей от отложений накипи // Вестник КузГТУ. 2000. №1. С. 57-60.
2. Юрчевский Е.Б. Современное отечественное водоподготовительное оборудование для обессоливания и умягчения воды на ТЭС // Теплоэнергетика. 2002. №3. С. 62-67.
3. Седлов А.С., Шищенко В.В., Ильина Н.П. Промышленное освоение и унификация малоотходной технологии термохимического умягчения и обессоливания воды // Теплоэнергетика. 2001. №3. С. 28-33.
4. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. - Киев: Наук.думка, 1991. 542 с.
5. Гульков А.Н. Применение магнитной обработки воды. - М.: Энергия, 1990. 179 с.
6. Тебенихин Е.Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. - М.: Энергия, 1977. 312 с.
7. Неведров А.В., Трясунов Б.Г., Ушаков Г.В. Обработка воды электрическим полем для защиты поверхностей водогрейного оборудования от накипи // Вестн. КузГТУ. 2002. №3. С. 66-68.

УДК 621.187.12

А.В. Неведров, Г.А. Солодов, А.В. Папин

БЕЗРЕАГЕНТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Анализ причин аварий при эксплуатации водогрейного оборудования в системах теплоснабжения показал, что одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций является отложение накипи на стенках этого оборудования. Ликвидация аварий требует больших материальных и трудовых затрат. В результате аварий население и промышленные предприятия могут остаться без тепла и горячей воды на длительный срок.

Для защиты водогрейного оборудования от накипи воду перед использованием подвергают водоподготовке, с целью снижения ее накипеобразующей способности. За счет снижения накипеобразования методами водоподготовки повышается безопасность и эффективность работы водогрейного оборудо-

вания.

Существует несколько методов водоподготовки для снижения накипеобразующей способности воды: ионообменное умягчение воды, реагентное умягчение воды, умягчение воды электродиализом, ингибирование солей жесткости, обработка воды физическими полями (электрическим, магнитным и ультразвуковым полем).

В России, как и в подавляющем большинстве других стран, наиболее распространенным способом водоподготовки для тепловых сетей является ионообменное умягчение воды [1]. Этот способ водоподготовки позволяет значительно снизить содержание солей жесткости в воде. Однако этот метод имеет существенные недостатки: 1) большие капитальные вложения и эксплуатационные

затраты; 2) образование сточных вод, в которых содержатся хлориды кальция, магния, натрия и другие химические соединения в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые. Эти сточные воды, попадая в водоемы, наносят им большой ущерб.

В последнее время постоянно повышаются требования контролирующих органов к качеству сбросных вод. Поэтому проявляется все больший интерес к безреагентным методам обработки воды (обработка воды электрическим, магнитным, ультразвуковым полями). Эти методы не связаны с применением химических реагентов, не требуют больших затрат на водоподготовку, исключают загрязнение водоемов, являются экологически безопасными и позволяют защитить водогрей-

ное оборудование от накипи [2].

С целью выявления эффективности антинакипной обработки воды каждым физическим полем был проведен ряд исследований. В работе использовали установку, изображенную на рис.1.

Исследования проводились на воде, имеющей общую жесткость 6,5 ммоль/л. Поверхность нагревательного элемента составляла $5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Скорость движения воды в трубках составляла 0,3 м/с. Исходная вода из термостата по трубкам подавалась в аппараты для обработки физическими полями. Из аппаратов вода поступала в нагревательную ячейку со съемным электрическим нагревательным элементом. Из ячейки горячая вода поступала обратно в термостат, но перед термостатом отбиралось 20 % об. воды. Такое же количество исходной воды (20 % об.) добавлялось в термостат. Температура воды перед котлом поддерживалась в пределах 60-65°C, а после котла в пределах 90-95°C.

Обработка воды магнитным полем осуществлялась при напряженности магнитного поля $5 \cdot 10^4$ А/м. Плотность электрического тока изменялась в пределах 3,5-14 А/м². Частота импульсов ультразвукового поля составляла 20-40 Гц.

Количество накипи, выделившейся на поверхности нагревательного элемента, определялось весовым методом. Через определенные промежутки времени работы установки проводилось взвешивание нагревательного элемента, и по разности масс нагревательного элемента двух последовательных измерений определялась масса накипи, образовавшейся за данный промежуток времени.

Затем был определен противонакипный эффект обработки воды физическими полями. Полученные результаты представлены в табл.1.

Из табл.1 видно, что наибольший противонакипный эффект достигается при обработке

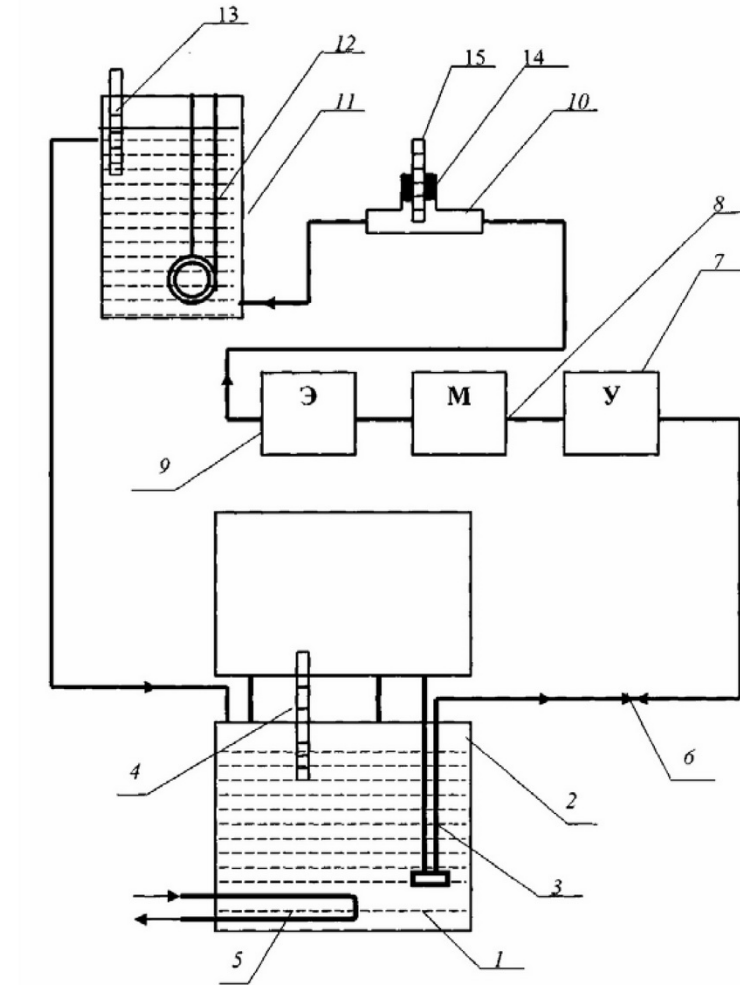


Рис.1. Схема лабораторной установки антинакипной обработки воды: 1 – исследуемая вода; 2 – термостат; 3 – насос; 4, 13, 15 – термометры; 5 – U-образная трубка для охлаждающей воды; 6 – вентиль; 7, 8, 9 – аппараты для обработки воды ультразвуковым, магнитным и электрическим полями соответственно; 10 – стеклянный тройник; 11 – нагревательная ячейка; 12 – электрический нагревательный элемент; 14 – резиновая пробка

воды электрическим полем.

Для защиты водогрейного оборудования от накипи в системах теплоснабжения были разработаны установки антинакипной обработки воды электрическим полем. Схема установки антинакипной обработки воды электрическим полем в системе теплоснабжения представлена на рис. 2.

Установка антинакипной обработки воды электрическим полем состоит из антинакипного аппарата и источника постоянного тока. Аппарат устанавливается в системах теплоснабжения на линии возвратной сетевой воды перед водогрейными

котлами или водяными подогревателями (бойлерами).

Аппарат представляет собой герметично закрытую емкость, в которой смонтирована система плоских электродов, на ко-

Таблица 1. Противонакипные эффекты обработки воды физическими полями

Способ обработки	Противонакипный эффект, %
Магнитное поле	54
Электрическое поле	72
Ультразвуковое поле	58

торые подается напряжение постоянного тока [3]. Корпус аппарата и катоды изготовлены из углеродистой стали, а аноды из графита.

Циркуляционную воду пропускают через антинакипный аппарат, на электроды которого подают от источника постоянного тока разность потенциалов большую, чем термо-ЭДС. Благодаря этому на электродах осаждается практически вся накипь, которая осела бы в водогрейном оборудовании [4]. Поскольку величина термо-ЭДС очень мала, то достаточно небольшого напряжения, чтобы достичь высокого эффекта предотвращения накипеобразования в водогрейном оборудовании.

Опыт практической эксплуатации установок стабилизационной обработки воды электрическим полем на котельных Кемеровской области

Таблица 2. Противонакипные эффекты обработки воды

Способ обработки	Противонакипный эффект, % масс.
Ультразвуковое поле – магнитное поле – электрическое поле	89,7
Магнитное поле – ультразвуковое поле – электрическое поле	87,3
Электрическое поле – магнитное поле – ультразвуковое поле	88,8
Электрическое поле – ультразвуковое поле – магнитное поле	89,2
Ультразвуковое поле – электрическое поле – магнитное поле	87,8
Магнитное поле – электрическое поле – ультразвуковое поле	88,3

показал, что в результате антинакипной обработки оборотной воды достигнуты следующие результаты:

- прекратилось забивание кипятельных труб отложениями накипи, сократилось количество

прогаров кипятельных труб котлов. В результате этого повысилась безопасность водогрейного оборудования.

- в результате снижения слоя накипи повысилась теплопроизводительность водогрейного оборудования примерно на 25 %, снизились расход топлива и количество продуктов сгорания топлива на 6 %. Прекратился сброс вредных сточных вод в водоем. В конечном итоге эти факторы повысили эффективность работы водогрейного оборудования и экологическую безопасность предприятий.

- увеличился срок службы котлов примерно в 1,5 раза, сократилось количество работ по ремонту и замене кипятельных и экранных труб. Улучшились условия работы тепловых сетей, уменьшилось количество внеплановых ремонтов тепловых сетей.

Но одна только стабилизационная обработка сетевой и подпиточной воды электрическим полем не обеспечивает полную защиту теплофикационного оборудования от накипи. Поэтому необходимо искать способы повышения противонакипного эффекта обработки воды электрическим полем.

Для решения данной задачи были проведены исследования по изучению совместного воздействия физических полей на процесс накипеобразования в

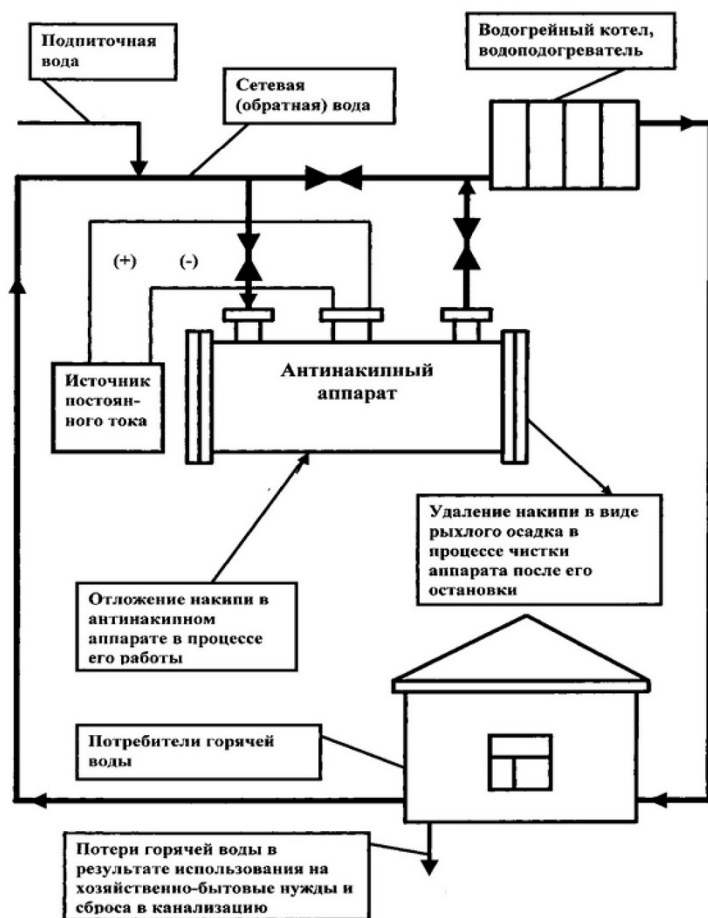


Рис.2. Схема установки антинакипной обработки воды электрическим полем в системе теплоснабжения

теплофикационном оборудовании предприятий тепловой энергетики.

Было изучено влияние на накипеобразование совместной обработки воды тремя физическими полями в различных их последовательностях. Эксперименты проводились при выше описанных условиях для обработки воды одним физическим полем.

На основании экспериментальных данных был определен противонакипный эффект обработки воды совместно тремя физическими полями. Полученные результаты представлены в табл.2.

Данные табл.2 показывают, что наибольший противонакипный эффект при обработке воды физическими полями был получен при совместном воздействии ультразвукового, электрического и магнитного полей в следующей последовательности: ультразвуковое поле – магнитное поле – электрическое поле. Этому соответствует наибольший противонакипный эффект, который равен 89,7 %.

Предполагается, что повышение противонакипного эффекта в условиях совместного воздействия нескольких физических полей на процесс накипеобразования является прямым следствием суммарного воздей-

ствия, сопровождающегося увеличением концентрации центров кристаллизации. При обработке воды в последовательности: ультразвуковое поле – магнитное поле – электрическое поле происходит следующий процесс. При прохождении воды через аппараты обработки воды ультразвуковым полем и магнитным полем происходит увеличение концентрации центров кристаллизации. Микроанализ частиц твердой фазы показал, что в этом случае частицы мельче, а концентрация их больше, чем при отдельной обработке воды этими полями. А образующиеся крупные частицы накипеобразователей осаждаются на катодах аппарата обработки воды электрическим полем.

Выводы

Безреагентные методы водоподготовки являются самыми экологически безопасными. Эти методы позволяют отказаться от применения химикатов. Применение этих методов исключает загрязнение окружающей среды вредными стоками водоподготовительных установок.

При обработке воды индивидуальными физическими полями (магнитным, ультразвуковым и электрическим полями) наибольшую защиту водогрейного оборудования от накипи

при оптимальных условиях обеспечивает обработка воды электрическим полем. В этом случае противонакипный эффект водоподготовки достигает 72 %.

Внедрение установок стабилизационной обработки воды на предприятиях теплоэнергетики Кемеровской области позволило повысить безопасность водогрейного оборудования, увеличить его теплопроизводительность на 25 %, снизить расход топлива на 6 %, увеличить срок службы котлов в 1,5 раза, сократить сброс вредных сточных вод в водоемы.

Разработаны способы увеличения противонакипного эффекта обработки воды безреагентными методами и за счет этого повышения безопасности и эффективности водогрейного оборудования в системах теплоснабжения. Установлено, что совместная обработка воды несколькими физическими полями повышает противонакипный эффект. При комплексной обработке воды наибольший противонакипный эффект дает совместная обработка воды в следующей последовательности: ультразвуковое поле – магнитное поле – электрическое поле. Он составляет 89,7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрчевский Е.Б. Современное отечественное водоподготовительное оборудование для обессоливания и умягчения воды на ТЭС // Теплоэнергетика. 2002. №3. С. 62-67.
2. Тебенихин Е.Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. - М.: Энергия, 1977. 312 с.
3. Неведров А.В., Трясунов Б.Г., Ушаков Г.В. Обработка воды электрическим полем для защиты поверхностей водогрейного оборудования от накипи // Вестн.КузГТУ. 2002. №3. С. 66-68.
4. Неведров А.В., Ушаков Г.В. Сравнительный анализ физических методов обработки воды для уменьшения накипеобразования // Теплоэнергетика. 2003. №11. С. 62-64.

□ Авторы статей:

Неведров
Александр Викторович
– канд. техн. наук, доц. каф.
химической технологии твердого
топлива и экологии.

Солодов
Геннадий Афанасьевич
– докт. техн. наук, проф., зав. каф.
химической технологии твердого
топлива и экологии.

Папин
Андрей Владимирович
– канд. техн. наук, доц. каф.
химической технологии твердого
топлива и экологии.