

# Магнитные и электронные ингибиторы накипи

К.т.н. С.А. Федоров, директор, ООО «Манометр-Терма», г. Москва

## Типы устройств, эффективность работы

Аппараты, в которых вода обрабатывается с помощью электромагнитных полей, активно используются в настоящее время в самых разных отраслях. В статье рассматриваются устройства, предотвращающие осаждение накипи на внутренних поверхностях систем.

Использование жесткой воды в системах отопления и ГВС приводит к давно известным проблемам. При увеличении температуры, снижении давления или изменении величины рН, выпадающий на стенки твердый осадок снижает теплопередачу (теплопроводность накипи примерно в 400 раз меньше теплопроводности меди) и увеличивает гидравлическое сопротивление. Жесткая вода плохо намыливается и может вызывать неприятные ощущения. В большинстве случаев появление осадка связано с присутствием в воде солей кальция и магния, в виде бикарбонатов. При увеличении температуры, например, бикарбонат кальция, распадается на карбонат, углекислый газ и воду:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  оседает при этом на стенках в виде твердого трудно растворимого слоя. После обработки в магнитном или переменном электромагнитном поле большая часть карбонатов начинает осаждаться в виде взвеси в воде, а не на стенках. Поскольку концентрация солей кальция и магния при обработке не меняется, общая жесткость воды также не изменяется и название «умягчители» для этих аппаратов можно использовать только условно.

Активное использование магнитных аппаратов для обработки воды началось с середины двадцатого века, после того как в 1945 г. бельгийский инженер Веймайерен получил патент на способ защиты паровых котлов от накипеобразования с помощью магнитного поля. Способ оказался настолько простым, что аппараты такого типа производятся с тех пор практически без изменений во многих странах мира. В качестве источников магнитного поля при этом используются как постоянные магниты, так и электрический ток. Около десяти лет назад, после разработки новых более мощных и стабильных магнитов, аппараты такого типа стали еще более привлекательными.

С середины 1990-х гг. были разработаны и успешно используются принципиально новые, более эффективные аппараты, так называемые

«электронные умягчители» или электронные преобразователи воды (water conditioners). В данных устройствах для обработки воды применяются переменные электромагнитные поля, охватывающие всю или большую часть системы (классическим представителем являются аппараты Water King).

Несколько лет назад начато производство аппаратов нового типа, в которых в результате электролиза в разрядной камере с помощью импульсного электрического поля высокой напряженности получается взвесь микрокристаллов карбоната кальция (например, аппараты Biostat). Затем эта взвесь, попадая в систему и находясь там постоянно, является центром осаждения накипи.

Несмотря на большое количество исследований, в настоящее время не существует единой точки зрения на процессы, происходящие в аппаратах. При всем многообразии описаний механизмов действия этих устройств, можно считать общепринятым, что при обработке воды в ней образуются центры осаждения накипи, на которых кристаллизуется карбонат кальция или магния при изменении температуры и давления. Из этого следует, что электромагнитные устройства не предотвращают образование осадка, а процесс происходит в объеме воды, вместо выпадения его на поверхности нагревателя или стенок системы.

Во всех случаях накипь образуется в виде взвеси, которая частично выпадает в осадок и должна периодически выводиться из циркуляционного контура, например, с помощью сепараторов.

В настоящее время признано, что в аппаратах могут использоваться следующие механизмы образования центров осаждения [1]:

- электролитическое растворение цинка и образование молекул карбоната цинка, имеющих схожую с карбонатом кальция структуру (в аппаратах с магнитным полем);
- образование молекул карбоната железа;
- образование микрокристаллов карбоната кальция.

Ситуация с оценкой эффективности применения выглядит не лучше исследования механизмов. Доказательства зачастую сводятся к алгоритму: применил – стало лучше. В Германии существуют стандарты оценки эффективности работы таких устройств. В соответствии с немецким стандартом W 512 аппараты обрабатывают в течение 21 сут. воду, подающуюся с определенной скоростью в установку с нагревателем. Одновременно тести-

руется два одинаковых аппарата на двух одинаковых установках. Параллельно, на той же воде, работают две аналогичные установки без обработки воды [2]. Эффективность оценивается по величине параметра  $F$ , определяемого по формуле:  $F = (M_{\text{необр.}} - M_{\text{обр.}}) / M_{\text{необр.}}$ , где  $M_{\text{необр.}}$ ,  $M_{\text{обр.}}$  – средняя масса ионов кальция и магния, осевших на стенках нагревателя в установках соответственно без обработки и с обработкой аппаратами.

Критерий рекомендуемости  $F > 0,8$  прошли единицы из нескольких десятков тестируемых аппаратов. В частности, аппараты последнего типа с пульсирующим электрическим полем на много превысили этот порог.

### Магнитные аппараты с постоянным магнитным полем

Аппараты представляют собой трубку с фланцевыми присоединениями с магнитами или катушками снаружи либо внутри [3]. Вдоль источника магнитного поля внутри трубы протекает вода. Многочисленные публикации сходятся на том, что доминирующим механизмом работы большей части магнитных аппаратов является процесс гальванической коррозии, при котором в воду попадают так называемые вторичные продукты. Для эффективной гальванической коррозии эти устройства имеют вставки из специального металла (часто используется цинк), либо подходящий металл может находиться внутри самой системы (например, ионы железа). Наиболее эффективные аппараты используют процесс растворения цинка. При прохождении потока воды через магнитное поле генерирующаяся при этом ЭДС переводит ионы цинка в раствор и происходит процесс коррозии. Цинк и молекулы карбоната цинка могут выступать в определенных обстоятельствах как ингибитор осаждения накипи, связывая карбонат кальция и предотвращая его осаждение на поверхности (рис. 1).

Поверхность металла в воде достаточно быстро покрывается слоем осадков, а процесс коррозии сильно зависит от примесей, поэтому эффект обработки воды может резко и иногда неконтролируемо падать задолго до того, как растворится весь цинк. По этой причине магнитные устройства такого типа имеют относительно короткий срок жизни, а эффективность обработки может существенно снизиться в течение нескольких месяцев.

Известно, что мощные магниты с большой напряженностью магнитного поля могут быть ингибиторами осаждения накипи без использования цинка, и применение таких аппаратов с появлением новых постоянных магнитов в последнее время расширилось, но механизм их работы недостаточно изучен.

Серьезным недостатком магнитных систем является зависимость эффективности их работы от скорости потока, т.к. ЭДС пропорцио-



Рис. 1. Магнитные аппараты.

нальна скорости. При замедлении потока теплоносителя или остановке течения аппараты этого типа не защищают от образования накипи, поэтому обработка резко меняющихся потоков воды магнитными аппаратами неэффективна. Такими потоками могут быть, например, потоки подпитки систем ГВС.

Нужно также учитывать, что после обработки магнитами вода недолго сохраняет защитные свойства (в среднем до двух суток), поэтому обработка воды на входе в закрытую систему (система с небольшими потерями или расходами воды) часто не имеет смысла. Зона обработки воды в таких аппаратах невелика и ограничена участком вблизи магнитов ниже по потоку. Большим недостатком является также эффект налипания железосодержащих примесей в области расположения магнитов. Необходимо периодически осматривать и чистить аппараты.

При обработке магнитными устройствами воды в циркуляционных контурах, нужно иметь в виду, что эффект во многом теряется при прохождении воды через насосы. Нужно учитывать, что величина магнитного поля постоянных магнитов со временем снижается, а скорость изменений зависит в основном от типа магнита и температурных режимов работы систем.

### Электронные радиочастотные аппараты

Аппараты этого типа состоят из блоков управления и катушек и генерируют токи переменной частоты и амплитуды. Катушки надеваются на трубы системы, и от них в воде распространяются электромагнитные волны, которые взаимодействуя с ионами примесей, по одной из версий, образуют ионные кластеры. Кластеры в свою очередь являются центрами осаждения карбоната кальция в воде, предотвращая появление осадка на стенках. Электромагнитные

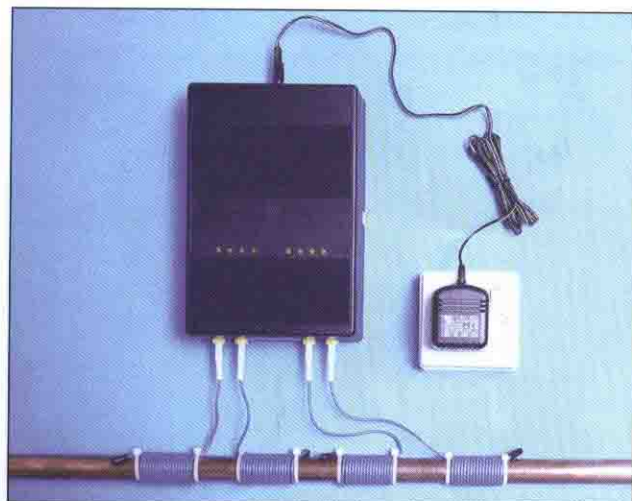


Рис. 2. Электронные радиочастотные аппараты.

волны распространяются далеко за пределы расположения катушек, давая возможность защитить от отложений либо всю систему, либо наиболее важные ее части (рис. 2).

В настоящее время производится довольно много устройств такого класса, отличающихся конструкцией и эффективностью. В отличие от магнитных аппаратов, переменное электромагнитное поле не вызывает коррозии и образования вторичных продуктов в воде. В наиболее современных и эффективных аппаратах сигналы формируются с помощью программируемых микропроцессоров. Можно отметить три параметра, определяющих эффективность применения электронных устройств:

- спектр и последовательность чередования сигналов;
- общая мощность сигнала;
- способ передачи сигналов.

Сигнал от аппарата в воду передается тремя способами. В большинстве случаев ток от блока управления течет через катушки, оба полюса которых присоединяются к аппарату. В некоторых устройствах используются ферритовые кольца, усиливающие магнитную компоненту волн. В третьем случае используются открытые катушки, а к аппарату присоединяется только один полюс каждой катушки.

Преимущество последнего метода заключается в том, что одна или несколько катушек могут быть подсоединены к трубе или нагревателю, от чего эффективность обработки возрастает многократно.

Поскольку эффект обработки не зависит от скорости течения воды, статическая вода обрабатывается также, как и вода в потоке. Эффект применения электронных ингибиторов усиливает непрерывность обработки, т.к. электронные аппараты должны работать постоянно.

Сигнал передается симметрично в обе стороны, плавно уменьшаясь при удалении от ис-

точника. При правильном выборе типоразмера аппарата и места его установки, мощности сигнала хватает для обработки воды во всей системе или в большей ее части.

Грамотное размещение аппаратов в системе напрямую влияет на эффективность их применения. Электронные аппараты устанавливаются максимально близко к устройству нагрева или месту, которое нужно защитить от образования накипи. Это зачастую означает, что они монтируются на линии подпитки в том помещении, где находится котел или нагреватель. В циркуляционных контурах, например в системе охлаждения с градирней или системах отопления, электронные аппараты лучше устанавливать ниже по течению от насосов, как можно ближе к нагревателям или местам перепада давления. В этом случае нет необходимости в обработке воды подпитки.

Потоки воды, проходящие через насосы, частично теряют эффект обработки, поэтому аппараты должны устанавливаться на выходе из бустерных и циркуляционных насосов. Открытые баки воды (над водой находится слой воздуха) или разрывы потока воды обычно являются препятствием для прохождения сигнала. Эту проблему можно решить, установив аппарат на выходе из бака, т.е. обратный сигнал будет обрабатывать воду в баке. Если это невозможно, в аппаратах с открытыми катушками проблему воздушного зазора можно решить, установив аппарат на линии подачи и заземлив один из проводов катушки на корпус бака. Обычно эффективность работы электронных аппаратов возрастает при увеличении концентрации железа в воде и скорости потока.

Число моделей электронных аппаратов, производимых в разных странах, растет довольно быстро. В некоторых случаях сдерживающим фактором их применения является необходимость подачи напряжения питания. Однако очевидным являются их достоинства: они компактны, намного эффективней, не требуют врезок, расходных материалов и сервисного обслуживания, почти не потребляют энергии.

### Аппараты с импульсным электрическим полем

В аппаратах третьего типа вода обрабатывается электрическим разрядом при протекании через разрядную камеру прибора. Пульсирующее электрическое поле, создаваемое между анодом и катодом в разрядной камере, приводит к образованию устойчивых микрокристаллов карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ , которые, постоянно оставаясь в воде в виде нерастворимой взвеси, сами становятся центром осаждения известняка. Возникающая при этом проблема, куда девать нарастающие на электродах кристаллы карбоната, на сегодняшний день решена только

тремя производителями в Германии. Два из них используют сменные картриджи, третий использует в качестве катода металлическую щетку, в котором микропроцессорный блок управления задает продолжительность и амплитуду импульсов в соответствии с сигналами контактного счетчика воды. Щетка (катод) периодически вращается с помощью электропривода, а специальная скоба очищает электрод от осевших кристаллов (в ручном или автоматическом режимах).

Согласно проведенным тестам аппараты данного типа имеют наивысшую эффективность защиты от отложений. Образовавшиеся при обработке микрокристаллы постоянно находятся в воде во взвешенном состоянии. В отличие от электронных устройств, работа этих аппаратов не зависит от времени, наличия и места установки баков и насосов, разрыва потока, длины контура. Оптимальное место инсталляции – линия подпитки. Нет необходимости устанавливать их в циркуляционных контурах для постоянной обработки потоков. Таким образом, сложную систему с несколькими контурами может обслуживать один аппарат. При необходимости обработки больших потоков подпитки аппараты можно устанавливать параллельно. Но аппараты этого типа дороже электронных аналогов и имеют относительно небольшую производительность.

Работа практически всех типов рассмотренных аппаратов может сопровождаться растворением, размягчением и отслаиванием старых отложений накипи. В работе [4] описывается эффективный процесс очистки бойлера от отложений, во время которого старые слои накипи трескались и отваливались большими кусками. Не рассматривая механизмы и эффективность этих процессов, нужно учитывать, что на на-

чальных стадиях работы аппаратов возможно ухудшение качества воды и появление большого количества шлама. Для удаления грязи из циркуляционного контура рекомендуется применение сепараторов.

### Заключение

Нужно признать, что из-за большого количества производимых аппаратов и труднопонимаемых механизмов работы, их популярность на рынке зачастую определяется ценой, традициями или рекламой, вне зависимости от эффективности, надежности или экономичности. Относительная простота производства и сложность оценки эффективности привела к появлению на рынке множества разных моделей. Экзотические описания принципа действия многих из них не подтверждены никакими научными работами и не выдерживают критики даже с точки зрения школьного курса. Поэтому крупные потребители зачастую вынуждены проверять эффективность работы устройств самостоятельно, но сделать это квалифицированно и объективно в условиях реальных и сложных объектов довольно проблематично. Тем не менее, по данным фирмы Lifescience электромагнитные аппараты для обработки воды используют уже около 40% котельных США, Германии и Японии.

### Литература

1. J. Seccombe, *Water conditions under Part L «Heating, Venting and Plumbing»*, January, 2006, United Kingdom.
2. Стандарт W 512 – [www.waterking.co.uk](http://www.waterking.co.uk).
3. Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. *Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей*. М.: Энергоиздат, 1982, 200 с.
4. *Descaling without acids*, BSEE, vol. 25, № 2, October 2001, United Kingdom.

**В издательстве «Новости теплоснабжения»  
вышла книга Орлова М.Е., Шарапова В.И.**

### **«Технологии обеспечения пиковой нагрузки систем теплоснабжения».**

В книге приведены сведения о конструкциях пиковых водогрейных котлов и пиковых сетевых подогревателей, их технические и технико-экономические характеристики, схемы теплоисточников, их режимы работы, методы расчета. Рассмотрены причины неэффективной работы оборудования. Представлены технические решения, которые позволяют повысить надежность, экономичность и экологическую безопасность пиковых теплоисточников.

Книга предназначена для инженерно-технических и научных работников, занимающихся эксплуатацией и проектированием систем теплоснабжения и теплогенерирующих установок, а также студентов теплоэнергетических специальностей вузов.

**По вопросам приобретения обращаться  
в издательство «Новости теплоснабжения»  
по телефону: (495) 741-20-28, электронная почта: info@ntsn.ru**

