

МРНТИ 45.03.05, 70.27.13

А.Д. Мехтиев¹ – основной автор, | ©
Е.Ж. Сарсикеев², М.К. Ибраев³, Е.Г. Нешина⁴,
А.Д. Алькина⁵, Е.Н. Биличенко⁶

 ¹Канд. техн. наук, асс.профессор, ²Канд. техн. наук, PhD,
³Д-р хим. наук, профессор, ⁴Магистр, заведующий кафедрой,
^{5,6}Магистр, ст. преподаватель

ORCID ¹<https://orcid.org/0000-0002-2633-3976>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7209-5024>,
³<https://orcid.org/0000-0003-0798-5562>, ⁴<https://orcid.org/0000-0002-8973-2958>,
⁵<https://orcid.org/0000-0003-4879-0593>, ⁶<https://orcid.org/0000-0001-5709-3576>

 ¹НИИ ТПУ, г. Томск, Россия
 ²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан, Казахстан
⁶Карагандинский технический университет, г. Караганда, Казахстан

@ ¹barton.kz@mail.ru, ²sarsikeev.ermek@yandex.ru, ³mkibr@mail.ru,
⁴l_neg@mail.ru, ⁵alika_1308@mail.ru, ⁶katefox_08@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НАКИПИ НА ПОВЕРХНОСТЯХ НАГРЕВА

Аннотация. Представлены результаты лабораторных исследований устройства для электромагнитной обработки воды. Установлено, что по данным анализа изменений физико-химического состава очищенной воды в промышленных условиях, можно сделать вывод, что при электромагнитной обработке воды: содержание таких параметров, как сульфаты и кальций, в очищенной воде увеличивается, а показатели, такие как железо и кислород, уменьшаются; не отмечено резких изменений в параметрах очищенной воды, таких как жесткость, щелочность, хлорид, магний и общая минерализация; в течение начального периода работы устройства электромагнитной подготовки воды наблюдается временное увеличение уровней твердости, щелочности, кальция и общей минерализации, что свидетельствует об эффективности данной обработки воды в масштабе времени.

Ключевые слова: степень жесткости воды, генератор электромагнитного поля, предотвращение образования накипи, эффективность работы теплоэнергетического оборудования, способы умягчения воды, процесс активизации центров кристаллизации.

 Мехтиев, А.Д. Использование генераторов электромагнитного поля для предотвращения образования накипи на поверхностях нагрева [Текст] / А.Д. Мехтиев, Е.Ж. Сарсикеев, М.К. Ибраев, Е.Г. Нешина, А.Д. Алькина, Е.Н. Биличенко // Механика и технологии / Научный журнал. – 2021. – №2(72). – С.94-105.

Введение. В центральном Казахстане существует проблема образования накипи на поверхностях нагрева теплообменных аппаратов и другого теплоэнергетического оборудования, что значительно снижает их КПД. Забор воды для подпитки системы теплоснабжения осуществляется из системы водоснабжения и, как показали практические наблюдения, на теплообменных поверхностях со временем образуется слой накипи, который

в свою очередь приводит к перерасходу топлива, потраченного на нагрев воды, а также влечет за собой преждевременный выход теплообменников и водонагревателей из строя. Для Карагандинской области использование воды с повышенными показателями жесткости, являются серьезной проблемой, которую приходится преодолевать при помощи химической обработки воды. Как сказано ранее, данная проблема с образованием накипи на поверхностях нагрева возникает при эксплуатации теплоэнергетического оборудования ТЭЦ, котельных и бытовых водонагревателей.

Целью работы является использование генераторов электромагнитного поля для предотвращения образования накипи на поверхностях нагрева и повышение эффективности теплообменных процессов теплоэнергетического оборудования путем поиска оптимальных параметров электромагнитного излучателя.

Условия и методы исследований. Проведенный анализ литературы [1] показал, что поля, создаваемые электромагнитами и постоянными магнитами способны влиять на растворимые соли жесткости и существенно ослаблять образование накипи, а также не только защищать теплообменные поверхности, но и очищать их от отложений. Соответственно, установив магнитный или электромагнитный активатор воды, можно произвести очистку элементов тепловой схемы от уже имеющихся отложений.

Известно, что образование накипи зависит от степени жесткости воды и содержания в ней солей кальция и магния (соли жесткости), параметром измерения является миллиграмм – в эквиваленте на литр (мг-экв/л). По классификации (для питьевой воды) при содержании солей жесткости менее 2 мг-экв/л вода считается "мягкой", от 2 до 4 мг-экв/л - нормальной, от 4 до 6 мг-экв/л - жесткой, а свыше 6 мг-экв/л - очень жесткой. При нагревании воды, содержащиеся в ней соли жесткости кристаллизуются, выпадая в виде накипи на поверхности нагрева, что вызывает не только перерасход топлива, но и является причиной 80 - 90% отказов водонагревательного оборудования. Поэтому к воде, подвергаемой нагреву в котлах, бойлерах и т.п., предъявляются на порядок более строгие требования по жесткости. Во многих промышленных процессах соли жесткости могут вступить в химическую реакцию, образовав нежелательные промежуточные продукты. Соли кальция и магния, находящиеся в неподготовленной воде, образуют твердые отложения (накипь, шлам, водный камень) на поверхности теплообменников и других теплоэнергетических установках, что снижает эффективность работы и приводит к потерям мощности оборудования. Отложения солей кальция и магния обладают малой теплопроводностью, из-за чего металл перегревается, размягчается и разрушается. Также отложение солей кальция и магния ведет к значительному сокращению сечения котловых труб и трубок теплообменников, что приводит к снижению эффективности работы тепловых агрегатов, а также может служить причиной возникновения аварийных ситуаций [1,2].

Решить проблему можно разными известными способами. Можно периодически очищать накипь, но данная процедура довольно трудоемкая и затратная. Также значительное количество средств уходит на закупку химикатов и материалов. Можно также использовать специальные фильтры для умягчения воды и снизить ее жесткость. По сравнению с процессом очистки посредством фильтра, удаление с помощью химикатов сильно проигрывает, что в цене, что по времени. Для смягчения воды можно

использовать магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами или электромагнитами [2].

Известно, что при толщине накипи на котловых трубах, трубках теплообменников или электронагревателей всего в один миллиметр, совокупность тепловых потерь, а значит и перерасход топлива в системе теплоснабжения достигает до 10 % [2]. На рисунке 1 приведена фотография теплообменных поверхностей с накипью и без. Образование накипи приводит не только к увеличению расхода энергии на нагрев воды, но и служит причиной выхода теплообменных аппаратов из строя, также проблема характерна и для электронагревателей бойлеров.

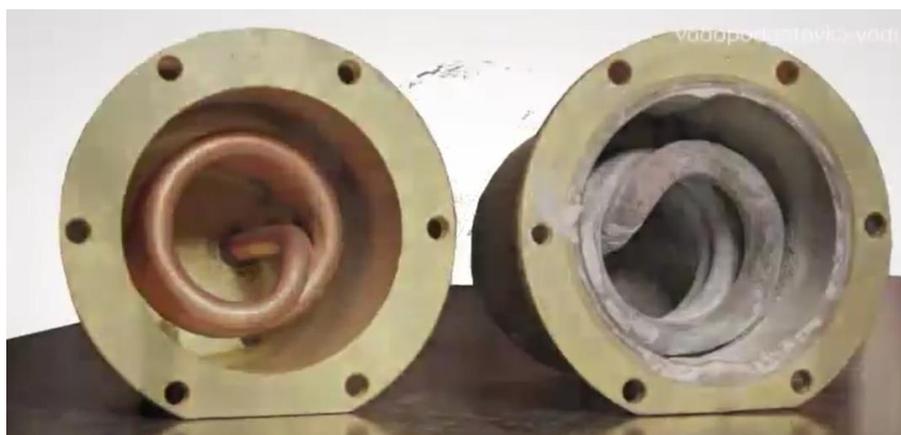


Рис. 1. Фотография теплообменных поверхностей с накипью и без

Наиболее востребованной и эффективной оказалась магнитная обработка воды в теплообменных устройствах и водонагревателях, чувствительных к накипи, например, к отложениям гидрокарбонатных (углекислые соли кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ при нагреве воды разлагающиеся на CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ с выделением CO_2), сульфатных (CaSO_4 , MgSO_4), хлоридных (MgSO_4 , MgCl_2) и в меньшей мере силикатных (SiO_3^{2-}) солей кальция, магния и железа [3].

В научной литературе [4] имеются экспериментальные данные, подтверждающие, что под влиянием магнитного и электромагнитного поля происходит временная деформация гидратных оболочек растворенных в воде ионов, а также изменяется их распределение между твердой и жидкой водной фазой. Предполагается, что воздействие магнитного поля на растворенные в воде ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и Fe^{3+} может быть также связано с генерированием в движущемся потоке воды слабого электрического тока или с пульсацией давления.

Перспективно использование магнитной обработки в водоподготовке для умягчения воды, поскольку ускорение процесса кристаллизации накипеобразующих солей в воде при магнитной обработке, приводит к значительному уменьшению концентраций растворенных в воде ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} за счет процесса кристаллизации и уменьшения размеров кристаллов, осаждающихся из нагреваемой воды, подвергнутой магнитной обработке. Для удаления из воды трудно осаждаемых тонких взвесей (мути) используется способность омагниченной воды изменять агрегатную устойчивость и ускорять коагуляцию (слипание и осаждение) взвешенных

частиц с последующим образованием мелкодисперсного осадка, что способствует извлечению из воды разного рода взвесей [4]. Омагничивание воды может применяться на водопроводных станциях при значительной мутности природных вод; аналогичная магнитная обработка промышленных стоков позволяет достаточно быстро и эффективно осаждать мелкодисперсные загрязнения [4].

Магнитная обработка не только предотвращает выпадение накипеобразующих солей из воды, но и значительно уменьшает отложения органических веществ, например, парафинов. Такая обработка оказывается полезной в нефтедобывающей промышленности при добыче высокопарафиновой нефти, причем эффекты магнитного поля возрастают, если нефть содержит воду [4].

Анализ характеристик и эффективности использования различных методов обработки воды при помощи электрических и постоянных магнитов, а также рассмотрение многочисленных конструкций устройств [1-18] позволили выявить следующие тенденции в разработке устройств:

- рабочее расстояние аппарата составляет несколько сантиметров. Этот разрыв часто забивается, снижая производительность устройства;
- обычно стремятся создать высокую напряженность магнитного поля в рабочих зазорах;
- вместе с многополярными устройствами, которые обеспечивают относительно длительное время пребывания обрабатываемой системы в полевых условиях, существуют также высокоэффективные однополярные устройства;
- появление новых конструкций магнитных устройств с вращающимся полем, со скрещенными магнитными полюсами и т.д.;
- отказ от регулирования магнитной индукции рабочих зазоров;
- более широкое использование устройств с постоянными магнитами (с точки зрения пропускной способности, эти устройства превосходят электромагнитные);
- повышение требований устойчивости;
- улучшение гидравлических характеристик оборудования (предпочтительным является оборудование с прямым потоком).

Влияние обработки магнитным полем на воду зависит от электромагнитных характеристик устройства и от свойств воды:

- индукция;
- поток воды;
- градиент напряжения в зазоре устройства;
- время воздействия магнитного поля;
- количество пересечений магнитного поля;
- концентрации соли;
- количество агрессивного углекислого газа.

Использование электромагнита для предотвращения образования накипи на поверхностях нагрева. Для исследования процессов, связанных с образованием накипи, разработан лабораторный стенд для отработки конструкции устройств для предотвращения накипи. Стенд состоит из кольцевого трубопровода с разъёмными муфтами и циркуляционного насоса, расход воды контролируется при помощи водомера, имеется два бака для перекачивания воды. Вода циркулирует в системе по замкнутому кольцу, проходя через участки, где установлены электромагнитные излучатели. Излучателями являются электромагнитные катушки различной

конфигурации с сердечником и без него. Катушки подключаются к источникам питания, генерирующим постоянный или переменный ток, причем есть возможность изменять его частоту и амплитуду колебаний. Визуализация формы импульсов осуществляется при помощи осциллографа. Также предполагалось, что магнитное поле полностью ограничено катушкой. Фактически, всегда есть определенная величина потока рассеяния, представленная магнитными силовыми линиями вокруг внешней стороны катушки, которая не способствует намагничиванию сердечника. Поток рассеяния обычно мал, если проницаемость магнитного сердечника относительно высока.

На практике проницаемость магнитного материала является функцией плотности потока в нем. Таким образом, вычисление может быть выполнено только для реального материала, если доступна кривая фактической намагниченности или, что более полезно, график зависимости проницаемости от напряжения.

При помощи цифрового мультиметра контролируются параметры тока и напряжения. Внешний вид стенда приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Лабораторный стенд для исследования электромагнитной обработки воды

Наконец, конструкция предполагает, что магнитный сердечник не намагничен до насыщения. Если бы это было так, плотность потока не могла бы быть увеличена в воздушном зазоре в этой конструкции, независимо от того, сколько тока прошло через катушку. Эти концепции более подробно описаны в следующих разделах, посвященных конкретным устройствам.

Обработка воды связана с воздействием сильного электромагнитного поля. Поток воды проходит между двумя источниками электромагнитного поля с каждой стороны входящей трубы, при этом создается однородное магнитное поле. Электромагнитная обработка воды не позволяет удалять кальций из воды, так как технически, это трудно. Генератор электромагнитного поля изменяет структуру образующихся отложений, делая их менее склонными к прилипанию к поверхностям.

Разработка устройства для предотвращения накипи. С помощью лабораторного стенда разработано устройство для защиты от накипи, которое содержит генератор импульсов и кольцевой ферритовый сердечник, на который намотан индуктор из эмалированного одножильного медного

проводника. Важным органом данной системы является электронный блок генерации импульсов, к которому присоединяется электромагнитный излучатель, при помощи клеммных соединителей. Блок питания установлен снаружи корпуса. Ферромагнитный излучатель с обмоткой устанавливается на вставке из диамагнитного материала (нержавеющая сталь, алюминий и т. д.). Так как трубопровод выполнен из полипропилена, данная вставка не требуется. Для удобства кольцевой сердечник (торр) распилен на две равные части и соединяется при помощи хомутного соединителя из нержавеющей стали. Сердечник замыкается и обхватывает трубопровод, при этом желательно иметь минимальный воздушный зазор. Возможно использование двух ферритовых кольцевых сердечников, на которые намотаны два индуктора, выполненные из одного эмалированного проводника или покрытого лаком. Две одинаковые индуктивные катушки работают в противофазе, генератор импульсов генерирует колебания с частотой 1 Гц и амплитудой 100 - 180 В. Две катушки показали большую эффективность обработки и очистки поверхности от накипи, но это сопряжено с более сложной конструкцией генератора импульсов. Одна катушка способна создавать колебания стенок трубопровода в пределах 15 метров, что позволяет разрушать отложения накипи на стенках трубопровода, но две катушки способны достичь резонанса и распространить вибрационное воздействие до 50 м. Что вполне достаточно для очистки котельного агрегата или теплообменника.

Устройство работает следующим образом, поток воды подается по трубопроводу 1 к его диамагнитной части 2, которая встроена в трубопровод 1. Трубопровод соединен с входом теплообменника. Таким образом, вставка, выполненная соосно, помещается в другую внешнюю и внутреннюю трубу из диамагнитного материала, что необходимо для предотвращения короткого замыкания электромагнитных силовых линий. Два ферромагнитных кольца 3 (цилиндрический ферритовый магнитопровод), изготовленные из сплава с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией насыщения, установлены снаружи трубы, на которой обмотки 4 расположены равномерно.

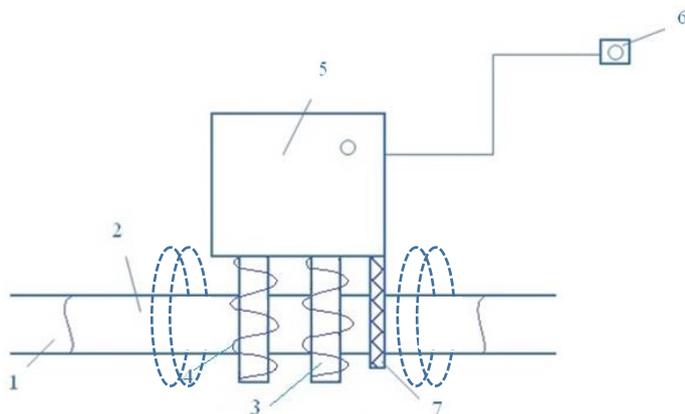


Рис. 3. Устройство для предотвращения образования накипи

Для облегчения установки ферромагнитные сердечники имеют монтажный разрыв и устанавливаются на диамагнитной части 2. После монтажа они снова замыкаются и образуют одну магнитную цепь. Катушки

подключены к электронному блоку (генератору импульсов) 5, который генерирует затухающие колебания с частотой 1 Гц. Генерируемое электромагнитное поле в поперечном сечении трубопровода с частотой 1 Гц, увеличивает КПД, за счет снижения потерь в индукторе, а форма импульса позволяет снизить энергопотребление устройства от источника энергии, к которому подключена вилка 6. Устройство питается от стандартной сети 220 В переменного тока. Электронный блок 5 (генератор импульсов) состоит из электромагнитного демпфера импульсов, с электрически изолированными проводами, подключенными к входным силовым клеммам, установленным на внешней стороне крышки, предотвращающая отложение солей на внутренней поверхности вставки близлежащих частей металлоконструкции и теплообменника. Устройство крепится к трубопроводу с помощью зажима 7.

В основе работы устройства предотвращения образования накипи, лежит процесс активизации центров кристаллизации под воздействием электромагнитного поля. Соответственно, образуются центры кристаллизации растворенных в воде солей жесткости, так как в воде присутствуют соли с дипольным моментом, отличным от дипольного момента молекулы воды. Время обработки воды составляет 5 - 10 с, если скорость воды в трубе составляет менее 0,1 м/с, эффект нарушается, и растворимые соли переходят в плохо растворимые соединения, что приводит к дополнительным затратам энергии и требует большой импульсной мощности из-за дополнительных потерь энергии для нагрева воды. Отмечено, что электромагнитное поле в значительно меньшей степени влияет на стоячую воду, соответственно для достижения эффекта необходимо обязательное условие: вода должна двигаться по трубопроводу. В диапазоне скоростей от 0,1 до 0,3 м/с наблюдается частичное осаждение солей жесткости. В этих условиях устройство работает с минимальной эффективностью. Генератор импульсов генерирует колебания с частотой 1 Гц с амплитудой 100 - 180 В, электромагнитное поле, возникающее в катушках, воздействует на воду, восстанавливает в воде карбонаты, ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} в 2-3 раза, щелочность уменьшается до 20%.

Увеличение частоты более 5 Гц увеличивает потери энергии и повышает выделение тепла в индукторе, соответственно вырастают затраты электроэнергии на обработку 1 м³ воды, при этом жесткость воды снижается только на 5-6%, что снижает эффективность работы устройства. Устройство потребляет около 0,2 кВт·ч энергии для обработки 1 м³ воды, генерируемые импульсы вызывают вибрации и позволяют производить очистку труб и теплообменников на расстоянии от 30 до 50 метров от места его установки.

Результаты исследований. С помощью стенда был проведен эксперимент, который заключался в практической апробации устройства для электромагнитной обработки воды. Для исследования использован лабораторный стенд, описанный ранее и приведенный на рисунке 2. Обработка проводилась в течение 1 часа в течение 29 дней, при температуре в помещении 23-25⁰С. Начало исследований 1 марта 2018 года, город Караганда. Было выполнено 29 измерений, коэффициент Стьюдента составил 0,975. Генератор импульсов генерирует колебания с частотой 1 Гц с амплитудой 100 В. В течение всего периода потеря воды составила 1,48 литра, которая была дополнена из водопровода, без предварительной обработки. Потеря воды в большей мере сопряжена с забором пробы воды для лабораторных исследований. Вода подавалась из бака ёмкостью 35 литров в трубопровод, проходила электромагнитный активатор и

возвращалась снова в бак. Трубопровод оснащен фильтром грубой очистки. Бак не закрывается крышкой и не имеет уплотнительных элементов для герметизации. Физико-химический анализ обработанной воды, проведенный в течение 29 дней показал общее изменение минерализации до и после электромагнитной обработки. На рисунке 4 представлена диаграмма изменения жесткости водопроводной воды до и после электромагнитной обработки.

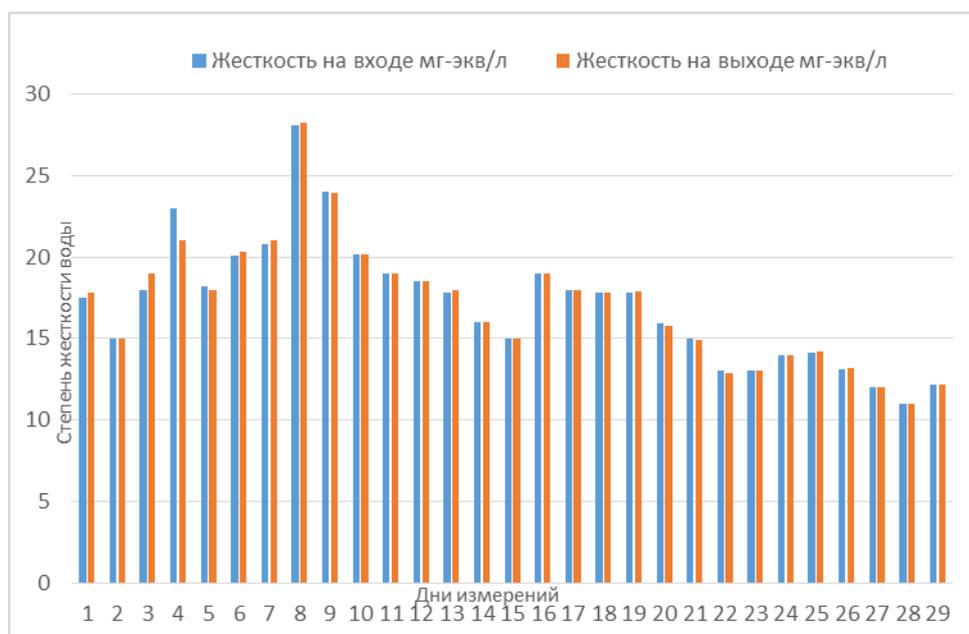


Рис. 4. Диаграмма изменения жесткости обрабатываемой воды

Большинство полученных значений показывают, что уровень жесткости после электромагнитной обработки воды значительно не изменяется. Тем не менее, следует отметить, что в начальный период электромагнитной обработки воды были зафиксированы максимальные изменения в разности жесткости воды до и после электромагнитного устройства для обработки.

В ходе анализа изменений физико-химического состава обработанной воды наблюдалось некоторое повышение уровня многих показателей воды, таких как сульфаты и кальций, в то время как показатели содержания железа и кислорода, снизились. На рисунке 5 показана диаграмма изменения содержания кислорода до и после электромагнитной очистки воды.

Снижение содержания кислорода можно объяснить тем, что в процессе электромагнитной обработки воды ионы металлов становятся более активными и реагируют с кислородом и образуют новые соединения. Следовательно, содержание свободного кислорода уменьшается.

Обобщая данные анализа изменений физико-химического состава очищенной воды в промышленных условиях, можно сделать вывод, что при электромагнитной обработке воды:

1) Содержание таких параметров, как сульфаты и кальций, в очищенной воде увеличивается, а показатели, такие как железо и кислород, уменьшаются;

2) Не отмечено резких изменений в параметрах очищенной воды, таких как жесткость, щелочность, хлорид, магний и общая минерализация;

3) В течение начального периода работы устройства электромагнитной подготовки воды наблюдается временное увеличение уровней твердости, щелочности, кальция и общей минерализации, что свидетельствует об эффективности данной обработки воды в масштабе времени.

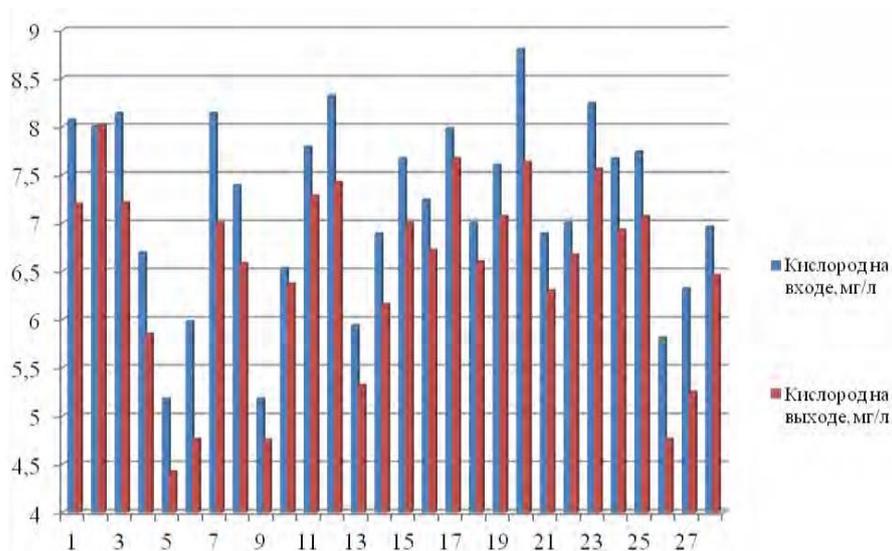


Рис. 6. Диаграмма изменения содержания кислорода в обрабатываемой воде

Обсуждение научных результатов. В процессе обработки воды отбирались ее пробы в течение 29 дней, соответственно 29 проб. Все анализы проводились в лаборатории научно-исследовательского института «Новые материалы» при КарГУ. Результаты показали, что пробы воды до и после электромагнитной обработки имеют отличия в показателе рН факторе, который изменялись от 7,73 до 8,1 после обработки, среда кислотная и с 6,35 - 6,55 до обработки, видно, что среда слабокислая, рН был определен путем индикаторной бумаги.

Заключение. Проведенные исследования показали, что электромагнитное поле способно влиять на поток воды и изменять ее свойства, изменить ее показатель рН, который повысился, а также незначительно менять жёсткость и содержание в ней кислорода, а также существенно снизить процесс образования накипи на поверхностях нагрева. Физико-химический состав обработанной воды электромагнитным полем имеет иные показатели жесткости и щелочности воды, а также содержание хлоридов, сульфатов, кальция, железа, кислорода, магния. Отмечено уменьшение содержания в воде растворенного железа и марганца. Изменяются показатели минерализации до и после электромагнитной обработки. Использование электромагнитного поля позволяет повысить эффективность теплообменных процессов и практически исключить образование накипи на поверхностях нагрева. Отмечено снижение интенсивности образования накипи, а также наблюдается размыв старой накипи на теплообменных поверхностях. Электромагнитная обработка питательной воды позволяет экономить топливные ресурсы и увеличивает срок эксплуатации теплоэнергетического оборудования, а также снижается

коррозия внутренних поверхностей теплоэнергетического оборудования. Электромагнитное поле ускоряет процесс кристаллизации солей жёсткости, интенсифицирует развитие процесса шламообразования. Электромагнитное поле влияет на электрокинетический потенциал и агрегативную устойчивость взвешенных частиц, благодаря чему ускоряется их осаждение, т.е. способствует удалению из жидкости разного рода взвесей.

Список литературы

1. Миллер, Э.В. О влиянии магнитного поля на вязкость воды [Текст] / Э.В. Миллер, В.И. Классен, А.Д. Кущенко // ДАН РФ: Том. 184. N 1. – 2010. – С.136-138.
2. Кущенко, А.Д. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем [Текст] / А.Д. Кущенко, Э.В. Миллер, В.И. Классен. – М.: Цветметинформиздат, 2015. – 64 с.
3. Вода и магнитное поле. Уч. записки Рязанского пединститута. Рязань. Книжное издательство. – 2001. – С.103.
4. Данилов, В.И. Строение и кристаллизация жидкости [Текст]: монография / В.И. Данилов. – Киев: АН Украины, 2011. – 214 с.
5. Миненко, В.И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем [Текст] / В.И. Миненко // Техника. – 2010. – №4. – С.165-169.
6. Усатенко, С.Т. Влияние магнитных полей на вращательные ИК спектры воды [Текст] / С.Т. Усатенко, В.И. Морозов, В.И. Классен // Коллоидный журнал. – 2010. – Т. 39. №5. – С.1018-1020.
7. Стукалов, П.С. Магнитная обработка воды [Текст] / П.С. Стукалов, Е.В. Васильев, Н.А. Глебов. – М.: Судостроение, 2011. – 190 с.
8. Ахмеров, У.Ш. Методы индикации «магнитной воды» [Текст] / У.Ш. Ахмеров, А.П. Ведерников, Л.Ф. Поленов. – Казань: Изд. Казанского университета, 2012. – 73 с.
9. Татаринов, Б.П. Исследование некоторых вопросов обработки воды в магнитном поле [Текст] / Б.П. Татаринов, Е.Л. Кирий // Труды Ростовского ИУД института инженеров транспорта. – 2014. - №48. – С.38-42.
10. Мосин, О.В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления [Текст] / О.В. Мосин // Сантехника. – 2011. – Т.15. -№1. -С.21-25.
11. Мосин, О.В. Структура воды и физическая реальность [Текст] / О.В. Мосин, И. Игнатов // Сознание и физическая реальность. – 2011. –Т.16. -№9. –С.16-32.
12. Классен, В.И. Омагничивание водных систем [Текст] / В.И. Классен. – М.: Химия, 2010. – 240 с.
13. Фейзиев, Г.К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды [Текст] / Г.К. Фейзиев. - М.: Энергоатомиздат, 2010.-192с.
14. Юрчевский, И.В. Прогнозирование технологических характеристик противоточных ионитных фильтров с использованием математического моделирования ионообменных процессов [Текст] / И.В. Юрчевский, Н.В. Галкина // Теплоэнергетика. – 2010. - №7. – С.29-34.
15. Ходырев, Б.Н. Проблема удаления природных и техногенных органических веществ из воды на установках обратного осмоса [Текст] / Б.Н. Ходырев, Б.С. Федосеев, М.Ю. Щукина, Ф.Ф. Ямгуров // Теплоэнергетика. -2001. -№6. -С.71-76.
16. Ларин, Б.М. Технологическое и экологическое совершенствование водоподготовительных установок на ТЭС [Текст] / Б.М. Ларин, Е.Н. Бушуев, Н.В. Бушуева // Теплоэнергетика. – 2010. - №8. - С.23-27.
17. Домнин, А.И. Гидромагнитные системы – устройства для предотвращения образования накипи и точечной коррозии [Текст] / А.И. Домнин // Новости теплоснабжения. – 2002. – Т.12. - №28. – С.31-32.
18. Мосин, О.В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления [Текст] / О.В. Мосин // Сантехника. – 2011. - №1. – С.21-25.

Материал поступил в редакцию 18.05.21.

А.Д. Мехтиев^{1,2}, Е. Ж. Сарсикеев¹, М.К. Ибраев³, Е.Г. Нешина³,
А.Д. Алькина³, Е.Н. Биличенко³

¹Қазақ агротехникалық университеті. С. Сейфуллин, Нұрсұлтан қ., Қазақстан

²Томск политехникалық университетінің ғылыми-зерттеу институты,
Томск қ., Ресей Федерациясы

³Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

ҚЫЗДЫРУ БЕТТЕРІНДЕ МАСШАБТЫҢ ПАЙДА БОЛУЫН БОЛДЫРМАУ ҮШІН ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІС ГЕНЕРАТОРЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ

Аннотация. Суды электромагниттік өңдеуге арналған құрылғыны зертханалық зерттеу нәтижелері ұсынылған. Өнер кәсіптік жағдайда тазартылған судың физика-химиялық құрамының өзгеруінталдауға сәйкес, суды электромагниттік өңдеу деңгейін жасауға болады: тазартылған судағы сульфаттар мен кальций сияқты параметрлердің мөлшері артып, темір мен оттегі сияқты көрсеткіштер төмендейді; тазартылған су параметрлерінде қаттылық, сілтілік, хлорид, магний және жалпы минералдану сияқты күрт өзгерістер байқалмады; суды электромагниттік дайындау құрылғысының бастапқы жұмыс кезеңін деңгейлік, сілтілік, кальций және жалпы минералдану деңгейлерінің уақытша өсуі байқалады, бұл уақыт шкаласында суды өңдеудің тиімділігін көрсетеді.

Тірек сөздер: судың қаттылық дәрежесі, электромагниттік өріс генераторы, масштабтың пайда болуын болдырмау, жылуэнергетикалық жабдықтардың тиімділігі, суды жұмсарту тәсілдері, кристалдану орталықтарын белсендіру процесі.

А.Д. Мехтиев^{1,2}, Ye. Zh. Sarsikayev¹, M.K. Ibraev³, Y.G. Neshina³,
A.D. Alkina³, Y.N. Bilichenko³

¹Kazakh Agro Technical University named after S. Seifullina, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Research Institute Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

³Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

USING ELECTROMAGNETIC FIELD GENERATORS TO PREVENT DESCALING ON HEATED SURFACES

Abstract. The results of laboratory studies of a device for electromagnetic water treatment are presented. It was found that according to the analysis of changes in the physicochemical composition of purified water in industrial conditions, it can be concluded that with electromagnetic treatment of water: the content of parameters such as sulfates and calcium in purified water increases, and indicators such as iron and oxygen, decrease; no sharp changes in the parameters of the treated water, such as hardness, alkalinity, chloride, magnesium and total mineralization, were noted; during the initial period of operation of the electromagnetic water treatment device, a temporary increase in the levels of hardness, alkalinity, calcium and total mineralization is observed, which indicates the effectiveness of this water treatment on a time scale.

Keywords: degree of water hardness, generator of electromagnetic field, prevention of scale formation, efficiency of heat and power equipment, methods of water softening, process of activation of crystallization centers.

References

1. Miller E.V., Klassen V.I., Kushchenko A.D. O vlijanii magnitnogo polja na vjazkost' vody [About the influence of the magnetic field on the viscosity of water] // DAN RF: Vol. 184. N 1. - Moscow - 2010. - P. 136-138.

2. Kushchenko A.D., Miller E.V., Klassen V.I. Voprosy teorii i praktiki magnitnoj obrabotki vody i vodnyh sistem [Questions of theory and practice of magnetic treatment of water and water systems]. - Moscow: Tsvetmetinformizdat, 2015 . - P. 59-64.
3. Voda i magnitnoe pole. Uch. zapiski Rjazanskogo pedinstituta [Water and magnetic field. Uch. notes of the Ryazan Pedagogical Institute]. – Ryazan: Book publishing house, 2001 . – 103 p.
4. Danilov, V.I. Stroenie i kristallizacija zhidkosti [The structure and crystallization of liquid]: monograph. - Kiev: Academy of Sciences of Ukraine, 2011. - 214 p.
5. Minenko, V. I. Magnitnaja obrabotka vodno-dispersnyh sistem [Magnetic treatment of water-dispersed systems] // Technics. - 2010. - No. 4. - 165 p.
6. Usatenko S.T., Morozov V.I., Klassen V.I. Vlijanie magnitnyh polej na vrashatel'nye IK spektry vody [Influence of magnetic fields on rotational IR spectra of water] // Colloid Journal. - 2010. - V. 39. No. 5. - PP. 1018-1020.
7. Stukalov P.S., Vasilev E.V. Magnitnaja obrabotka vody [Magnetic water treatment]. - Moscow: Shipbuilding, 2011. - P.190.
8. Akhmerov U.Sh., Vedernikov A.P., Polenov L.F. Metody indikacii "magnitnoj vody" [Methods of indication of "magnetic water"]. - Kazan: Publishing house Kazan University, 2012. - P.73.
9. Tatarinov B.P., Kiriy E.L. Issledovanie nekotoryh voprosov obrabotki vody v magnitnom pole [Investigation of some issues of water treatment in a magnetic field] // Proceedings of the Rostov IUD Institute of Transport Engineers. - 2014. - No. 48. - P.38.
10. Mosin O.V. Magnitnye sistemy obrabotki vody. Osnovnye perspektivy i napravlenija [Magnetic water treatment systems. Main perspectives and directions] // Santehnika [Plumbing]. - 2011. - V. 15. - No. 1. - P.21-25.
11. Mosin O.V., Ignatov I. Struktura vody i fizicheskaja real'nost' [The structure of water and physical reality] // Soznanie i fizicheskaja real'nost' [Consciousness and physical reality]. - 2011. -V. 16. - No. 9. - P.16-32.
12. Klassen V. I. Omagnichivanie vodnyh sistem [Magnetization of water systems]. - Moscow: Chemistry, 2010 . – 240 p.
13. Feyziev G.K. Vysokoeffektivnye metody umjagchenija, opresnenija i obessolivanija vody [Highly effective methods of softening, desalination and desalination of water]. - Moscow: Energoatomizdat, 2010 . – 192 p.
14. Yurchevsky I.V., Galkina N.V. Prognozirovanie tehnologicheskikh harakteristik protivotochnykh ionitnykh fil'trov s ispol'zovaniem matematicheskogo modelirovanija ionoobmennyyh processov [Prediction of technological characteristics of countercurrent ion exchange filters using mathematical modeling of ion exchange processes] // Thermal Engineering. - 2010. - No. 7. - PP. 29-34.
15. Khodyrev B.N., Fedoseev B.S., Shchukin M. Yu., Yamgurov F.F. Problema udalenija prirodnyh i tehnogennyh organicheskikh veshhestv iz vody na ustanovkah obratnogo osmosa [The problem of removing natural and man-made organic substances from water at reverse osmosis plants] // Teplojenergetika [Thermal Engineering]. - 2001. - No. 6. - P.71-76.
16. Larin B.M., Bushuev E.N., Bushueva N.V. Tehnologicheskoe i jekologicheskoe sovershenstvovanie vodopodgotovitel'nyh ustanovok na TJeS [Technological and environmental improvement of water treatment plants at TPPs] // Teplojenergetika [Thermal Engineering]. - 2010. - No. 8. - PP.23-27.
17. Domnin A.I. Gidromagnitnye sistemy – ustrojstva dlja predotvrashhenija obrazovanija nakipi i tochechnoj korrozii [Hydromagnetic systems - devices for preventing the formation of scale and pitting corrosion] // Novosti teplosnabzhenija [Heat supply news]. - 2002. - V.12. - No. 28. - PP. 31–32.
18. Mosin O.V. Magnitnye sistemy obrabotki vody. Osnovnye perspektivy i napravlenija [Magnetic water treatment systems. Main perspectives and directions] / O.V. Mosin // Santehnika [Plumbing]. - 2011. - No. 1. - P.21–25.