

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМАГНИТНОЙ ПРОТИВОНАКИПНОЙ УСТАНОВКИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Владимир ЛАПТЕВ,

научный руководитель ЗАО «МВС КЕМА»,

к. т. н.

Необходимость очистки систем отопления и водоснабжения

Природная вода - сложная многокомпонентная динамическая система. В ее состав входят различные соли, диспергированные примеси, взвешенные вещества (гипсовые, известковые, глинистые, песчаные частицы), а также органические вещества, бактерии, вирусы и т. д. Просачивание воды через почву приводит к изменению ее солевого состава. Из грунтов в подземную воду поступают соли кальция и магния, обуславливающие ее жесткость. Последняя не является вредной для здоровья человека, поскольку кальций способствует выводу из организма кадмия, отрицательного влияющего на сердечно-сосудистую систему. К сожалению, то же самое нельзя сказать о воде, используемой для теплообменного оборудования и хозяйственно-бытовых нужд. Жесткая вода непригодна для питания паровых и водогрейных котлов, да и для всего оборудования, работа которого основана на процессе теплообмена (рис. 1).

Слой накипных отложений толщиной около 3-4 мм ухудшает теплообмен приблизительно на 30 %, что автоматически влечет за собой перерасход топлива для поддержания необходимого режима работы оборудования.

В соответствии с ГОСТ 2874 – 82 «Вода питьевая», СНиП 2.04.02 – 84 «Водоснабжение наружные сети и сооружения», СНиП II – 35 76 «Котельные установки» жесткость воды не должна превышать 7 мг-экв/л. Ряд предприятий вводят еще более жесткие требования к технологической воде для:

- жаротрубных котлов (5 – 15 атм) – 0,35 мг-экв/л;
- водотрубных котлов (15 – 25 атм) – 0,15 мг-экв/л;
- котлов высокого давления (50 – 100 атм) – 0,035 мг-экв/л;
- барабанных котлов (100 – 185 атм) – 0,005 мг-экв/л.

Если жесткость воды, используемой для хозяйственно-бытовых нужд, выше 4,5 мг-экв/л, это приводит к интенсивному накоплению осадка в системе водоснабжения и на сантехнике, мешает работе бытовых приборов. Согласно инструкции по эксплуатации бытовой техники жесткость воды не должна превышать 1,5-2,0 мг-экв/л.

Примеры применения магнитной обработки воды с высокотонкой фильтрацией

Сегодня магнитная обработка воды в основном применяется для защиты от накипных отложений и коррозии теплообменного оборудования, используемого в малой энергетике, в замкнутых циркуляционных системах охлаждения и в оборотных системах теплоснабжения с водогрейными котлами. Для этих целей может использоваться гидромагнитная противонакипная установка (ГМПНУ), состоящая из магнитного активатора и гидроциклона закрытого типа с тонкостью фильтрации от 0,5 мкм.

Этот метод очистки может также успешно применяться на крупных ТЭЦ и для промышленного технологического оборудования больших предприятий. В настоящее время оборотные воды промышленных предприятий объемом более 1000 м³, как правило, не имеют водоподготовки из-за высокой стоимости оборудования химической водоочистки и последующих больших эксплуатационных расходов. Для оборотных вод такого объема можно применять технологию магнитной обработки воды с высокой тонкостью фильтрации, используя гидроциклон закрытого типа производительностью 250 м³/ч с возможностью сепарации частиц от 0,5 мкм. При этом в ГМПНУ можно подавать только часть циркулирующей воды, в зависимости от ее карбонатной жесткости. Как показывают эксперименты, обработка нескольких процентов общего потока воды позволяет обеспечить уменьшение слоя накипи и сепарацию взвеси при условии многократного контакта воды с

магнитным полем и прохождении ее через гидроциклон. То есть задачи водоподготовки решаются комплексно: обеспечиваются безнакипный режим работы оборудования, обезжелезивание, повышение коррозионной стойкости металлических поверхностей. Высокотехнологичный вывод из контура мельчайших частиц исключает образование отложений в местах низких скоростей воды в системе. Таким образом, решаются проблемы увеличения перепада давления и местных перегревов. ГМПНУ не содержит движущихся либо вращающихся деталей и не требует подвода электроэнергии.

Кроме того, данный способ очистки воды может быть использован и для системы централизованного водоснабжения города. Традиционно эти системы путем осветления и фильтрации воды обеспечивают ее очистку от гетеродисперсных примесей, то есть примесей, присутствующих в воде кинематически неустойчивых взвесей и коллоидных частиц.

Осветление воды достигается отстаиванием или коагулированием. Питьевая вода данных систем обязательно подвергается обеззараживанию, которое в зависимости от степени загрязнения природных вод может быть одно- или двухступенчатым. При высокой загрязненности и цветности природной воды производят предварительное хлорирование. При хлорировании с амонизацией образуются органические соединения более токсичные, чем исходные. Это хлорфенол, гомогеносодержащие углеводороды, хлороформ, бромформ, дихлорэтан, тетрахлорметан, бромдихлорметан и другие.

Кроме того, вода, обрабатываемая коагулянтами, флокулянтами и окислителями, всегда содержит их остаточные количества, а после хлорирования и озонирования остаются остаточный хлор, остаточный озон, полиакриламид, активированная кремниевая кислота, полифосфаты. При неполной коагуляции в питьевой воде остаются алюминий, железо. Можно сказать, что вода подвергается вторичному загрязнению. Эти вещества-загрязнители являются гигиенически значимыми, поэтому их содержание в питьевой воде нормируется Сан.Пин. 2.

До сих пор очистка питьевой воды с водозабора не включала фильтрацию воды с тонкостью отсева начиная с 0,1 мкм ввиду отсутствия соответствующих фильтров. В 2000 году такие самоочищающиеся гидроциклоны большой производительности были успешно применены для очистки воды в системах теплоснабжения. Производительность воды через них может быть доведена до 900 м³/час при неизменной тонкости отсева частиц 0,5-1 мкм и выше. Предварительные расчеты показывают, что при такой степени фильтрации воды возможно снижение расхода коагулянтов и флокулянтов до 50% и, следовательно, снижение хлорирования. Фильтры также можно устанавливать перед поступлением воды непосредственно в водопроводную городскую сеть, что также снизит попадание в питьевую воду продуктов неполной коагуляции и флокуляции.

Технология магнитной обработки воды с высокотонкой фильтрацией

Революционным шагом в технологии магнитной обработки воды стало применение тонкой фильтрации воды от 0,5 мкм и выше. При многократном прохождении воды через магнитный аппарат в его межполюсном пространстве в пересыщенном по накипеобразователю растворе образуются зародыши центров кристаллизации. При снижении пересыщения эти зародыши начинают расти, вызывая объемную кристаллизацию солей жесткости. В результате вместо накипи образуется тонкодисперсная кристаллическая взвесь, частицы которой, достигнув определенного размера, выпадают, образуя шлам. Время сохранения противонакипных свойств в воде после наложения магнитного поля условно характеризуется понятием «магнитная память», определяемой продолжительностью существования центров кристаллизации. Отсюда возникает необходимость точного расчета «магнитной памяти» воды, в зависимости от ее химического состава, объема в сети, температуры, подпитки для получения максимального противонакипного эффекта. Расчет сводится к определению параметров и количества магнитных аппаратов, гидроциклонов для сепарации шлама, своевременного удаления его из системы. Также рассчитывается образование антикоррозионного магнетитового слоя. Технология наращивания магнетитовой пленки для защиты металлоконструкций от коррозии широко используется за рубежом как наиболее

дешевый метод, не требующий эксплуатационных расходов. Удаление частиц кристаллизации и образовавшегося шлама из системы, обработанной в магнитном поле воды, посредством сепарации в гидроциклоне является основной технологической цепочкой в достижении максимального противонакипного эффекта.

При несоблюдении этого важнейшего условия к поверхности нагрева или охлаждения будет прикипать малотеплопроводный шлам. В основу гидромагнитной противонакипной установки, состоящей из гидроциклона (рис. 2) и магнитного активатора воды, положен принцип высокоэффективного вывода из контура кристаллов накипеобразователей.

Основной элемент активатора - магнитная система, изготовленная из высокоэнергетических магнитов (на основе сплава неодим-железо-бор), установленных в корпусе из нержавеющей немагнитной стали так, что в рабочем зазоре активатора, через который протекает вода, создается несколько разнополюсных зон с высоким уровнем напряженности магнитного поля. Вода при прохождении этих зон временно (до нескольких часов) изменяет свои физические свойства.

Конструкция и принцип действия гидроциклона

Гидроциклон батарейный (ГЦБ) представляет собой вертикальный агрегат (рис. 3).

Во время работы установки теплоноситель поступает через подводящий патрубок в приемную полость (В), откуда проходит через завихрители гидроциклонов, раскручивающих поток. В полости (Е) гидроциклона происходит разделение шлама, который вдоль стенки гидроциклона опускается в шламовую камеру (Д), а осветленный теплоноситель через трубки гидроциклонов поступает в выходную полость (Г) под крышкой и отводится в отводящий трубопровод контура.

Шлам, выделенный из теплоносителя, оседает в шламовой камере и может периодически удаляться (в соответствии с регламентом) через штуцер в сливную систему.

Области применения гидромагнитной противонакипной установки

- Очистка и обработка воды на ТЭЦ и объектах малой энергетики;
- обеспечение безнакипного режима работы теплоэнергетического (водонесущего) оборудования;
- подавление коррозионных процессов, защита оборудования от накипных отложений, удаление образовавшегося слоя накипи на внутренних поверхностях трубопроводов и других поверхностях оборудования тепловых сетей;
- обработка воды в водогрейных котлах частных домов, коттеджей, водогрейных и паровых котлах котельных;
- очистка воды источников хозяйственно-бытового и технического водоснабжения от взвешенных частиц (в том числе от окисленного железа);
- очистка воды в производственно-технологических линиях, использующих воду как теплоноситель (в том числе и в обратном водопотреблении);
- эффективная очистка бытовых и производственных сточных вод.

Как фильтры тонкой очистки, гидроциклоны могут использоваться и в других направлениях фильтрации и очистки сред.

Необходимые и достаточные условия для реализации способа водоподготовки с использованием ГМПНУ

Если говорить об условиях применения установки ГМПНУ, то внимание акцентируется на применении магнитного активатора воды (рис. 4), так как магнитная обработка воды имеет ряд ограничений, связанных в основном с химическим составом воды.

На эффективность обработки воды влияют состав исходной воды, условия применения, конфигурация водооборудования, скорость потока воды, давление в системе и т. п. Для успешного применения магнитной обработки необходимо учитывать все эти параметры и уметь подбирать нужную конфигурацию и тип устройства.

Самым главным моментом в обеспечении эффективной работы противонакипных устройств является их правильный подбор и соблюдение следующих условий (СНиП II – 35 76 «Котельные установки»). Магнитную обработку воды для систем теплоснабжения и горячего водоснабжения следует предусматривать при:

- обработке вод кальциево-карбонатного класса (составляют около 80% вод всех водоемов нашей страны);
- подогреве воды должен осуществляться до температуры не выше 95 °С;
- карбонатной жесткости не выше 9 мг-экв/л;
- содержании растворенного кислорода - не более 3 мг/л, суммы хлоридов и сульфатов - не более 50 мг/л;
- содержании двухвалентного железа в артезианской воде - не более 0,3 мг/л.

Эту технологию необходимо применять при использовании воды из хозяйственно-питьевого водопровода или поверхностных источников, прошедшей предварительную обработку, для стальных паровых котлов, допускающих внутрикотловую обработку воды, а также для паровых чугунных секционных котлов при жесткости исходной воды ~ 10 мг-экв/л, при этом соли жесткости присутствуют преимущественно в виде карбонатов. Должно предусматриваться непрерывное выведение шлама из котлов (данную функцию и выполняет ГЦБ в совокупной работе с магнитным активатором).

В соответствии со СНиП 2.04.02 – 84 «Водоснабжение наружные сети и сооружения»: Способ обработки воды (в нашем случае эффективность следует выбирать исходя из индекса насыщения карбонатом кальция **J** (индекс Ланжелье), определяемый расчетным путем:

$$J = p_{\text{Ho}} - p_{\text{Hs}},$$

где p_{Ho} – водородный показатель, измеренный с помощью pH-метра;

p_{Hs} – водородный показатель в условиях насыщения воды карбонатом кальция, определяемый по номограмме, исходя из значений содержания кальция, общего солесодержания P , щелочности Щ и температуры воды t .

$$p_{\text{Hs}} = f(t) - f(\text{Ca}) - f(\text{Щ}) + f(S)$$

Если индекс Ланжелье положителен, применение магнитной обработки целесообразно и эффективно.

Основным условием применения ГЦБ является – поддержание необходимого давления воды на входе, так как работа агрегата основана на принципе центробежного сепарирования, под действием которого происходит разделение из жидкой среды механических примесей, различающихся плотностью и размером составляющих частиц (рис. 5).

Особенности монтажа установки

При монтаже установки ГМПНУ следует соблюдать требуемые условия размещения с учетом удобства наблюдения и обслуживания. ГМНУ размещается вертикально, чтобы вода проходила снизу вверх, и должна крепиться к несущим конструктивным элементам объекта (балкам, стенам и т.д.), выдерживающим нагрузку не менее 100 кг в расчете на каждый модуль оборудования. При этом установка должна быть изолирована от влияния высокой температуры и заземлена. Расстояние от стены должно составлять 50-100 мм и не менее 2 м от электроприборов. При параллельном монтаже нескольких ГМПНУ расстояние между магнитными аппаратами должно составлять не менее 200 мм. Для удобства демонтажа каждую установку следует оснащать байпасным краном. После проведения монтажа узел, в состав которого включена установка, должен быть опрессован в течение 15 мин с помощью устройств для гидравлической опрессовки типа УГО-30, УГО-50 или им подобными.

Разумеется, монтаж должен производиться квалифицированными специалистами.

По окончании монтажа осуществляется регулировка оборудования в соответствии с расчетными данными. Особое внимание следует уделять регулировке расхода воды через устройство. Для этого используются специальные вентили, регулировка может производиться

как расходомером в системе, так и расчетными методами по специальной зависимости перепада давления на магнитном аппарате, измеряемого дифманометром. Произвольная установка оборудования и неправильная его регулировка могут привести к отсутствию требуемого эффекта водоподготовки. В зависимости от поставленной задачи удаление шлама из ГМПНУ может производиться в ручном и автоматическом режимах. При несоблюдении этого важнейшего мероприятия поверхность нагрева или охлаждения загрязняется прикипающим шламом, что многократно снижает эффект водоподготовки.

Техобслуживание установки сводится к периодическому промыванию шламовой камеры. Периодичность определяется химическим составом и физическими свойствами водной среды в системе, в составе которой эксплуатируется ГМПНУ. Не реже одного раза в месяц надо производить внешний осмотр установки и ее присоединений на предмет отсутствия течи и надежности крепежа.

Экономический эффект

Технология магнитной обработки воды с высокотонкой фильтрацией имеет следующие преимущества:

- относительно низкая стоимость оборудования,
- небольшая стоимость затрат на монтаж оборудования,
- отсутствие эксплуатационных расходов (электроэнергии, химических реагентов),
- простота обслуживания (при установке автоматического слива – необслуживаемая система),
- экологическая чистота метода.

Пример применения

В качестве примера работы установки ГМПНУ опишем опыт применения данной установки для удаления накипи в водогрейных котлах ВК-21 и пластинчатого теплообменника LSR3-92 на объектах ЖКХ городского жилищного управления г. Ижевска (котельная и ИТП).

Для промывки котлов была смонтирована система из труб Ду 57 x 3,5 мм с установкой оборудования: циркуляционного насоса КМ 18 x 30, магнитного активатора воды Ду 50 с расходом воды 4-20 м³/ч и гидроциклона с расходом воды 20 м³/ч. В качестве расширительного бака использовался питательный бак.

Так как один котел находился в резерве, а второй не чистился около 12 лет, было принято решение опробовать новую технологию очистки котлов с помощью установки ГМПНУ. Для определения характера отложений и степени загрязнения водогрейного котла был вскрыт фланец верхнего патрубка и понижен уровень воды. На дымогарных трубах наблюдались отложения черного цвета, имеющие чешуйчатую маслянистую структуру, а на топочной камере - образование накипных отложений толщиной 2,5 мм.

Теплоноситель для нагрева воды до 60 °С подавался периодически, затем отключался. Через 5 суток работы установки верхний патрубок был вскрыт вновь. Было обнаружено, что на дымогарных трубах стали хорошо просматриваться кольцевые канавки, отложения приобрели рыхлую структуру бурого цвета, легко убираемые щеткой. К тому же отложения на топочной камере отслоились кусками до 10 см², часть которых осыпалась на дно водогрейного котла.

Таким образом, были сделаны выводы, что :

- технология обладает высокой эффективностью по очистке водогрейных котлов с длительным сроком работы без чистки;
- уменьшается трудоемкость очистки (отложения осыпались без применения рабочей силы и химических материалов);
- установка не требует подвода электроэнергии;
- является экологически чистой;
- для котлов с большими накипными отложениями после использования данной технологии надо производить ручную очистку и промывку котла со вскрытием всех лючков и патрубков.

Промывка пластинчатого теплообменника была осуществлена аналогичным образом.