

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина(междисциплинарный). - 2022 -№1 (112). – С. 361-372

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО АКТИВАТОРА ВОДЫ

Мехтиев Али Джаваниширович

Кандидат технических наук, ассоц. профессор, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан, E-mail: barton.kz@mail.ru

Сарсикеев Ермек Жасланович

Доктор PhD, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан, E-mail: sarsikayev.ermek@yandex.ru

Жумажанов Серик Каратаевич

Кандидат технических наук, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан, E-mail: zhumaser@mail.ru

Герасименко Татьяна Сергеевна

Кандидат технических наук, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан, E-mail: melary-5@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы использования электромагнита для системы водоподготовки тепловой электростанции. Предложен электрогидродинамический активатор воды для снижения отложений солей жёсткости на теплообменных поверхностях котельных агрегатов и теплообменных аппаратов. В статье приведены результаты практической реализации магнитной обработки оборотной воды в системы охлаждения мельницы котельного агрегата. Использование электромагнита позволяет существенно сократить образование накипи солей жёсткости в трубопроводах котельных агрегатов и теплообменных аппаратов. Приведена конструкция электрогидродинамического активатора воды и даны его

основные параметры. Приведена практическая апробация электрогидродинамического активатора воды в условиях котельного цеха тепловой электростанции. Установлено, что воздействие магнитного поля на воду носит комплексный многофакторный характер. Магнитное поле интенсифицирует развитие процесса шламообразования, а также ускоряется процесс осаждение взвешенных частиц и позволяет удалить из воды разного рода взвесей. Ускоряет и трансформирует процесс кристаллизации солей жёсткости, с переводом их в поток жидкости.

Ключевые слова: вода; магнитная обработка; жесткость воды; теплообмен; активатор воды; коррозия; котельный агрегат.

Введение

Одной из проблем связанной со снижением эффективности работы оборудования тепловых электростанций, является образование различного рода отложений накипи на внутренней поверхности трубопроводов оборотной воды, теплообменных поверхностях котельных агрегатов и теплообменных аппаратов. Крупная энергокомпания Карагандинской области АО «Караганда энергоцентр» ставит задачу по созданию метода, позволяющего предотвратить образование отложений накипи солей жёсткости на стенках трубопроводов оборотной воды, теплообменных поверхностях котельных агрегатов и теплообменных аппаратов ТЭЦ - 3. Предложенный метод также должен обеспечить постепенное удаление уже образовавшихся отложений накипи солей жёсткости, так как это существенно снижает процесс теплообмена и эффективность работы теплоэнергетического оборудования. Засорение

проточной части трубопроводов и теплообменных аппаратов может привести к возникновению

серьезной аварии. В настоящий момент времени на Карагандинской ТЭЦ – 3 используется химический метод подготовки технической воды. Как показала эксплуатации котельных агрегатов и теплообменных аппаратов данный метод недостаточно эффективен, а также требует значительных затрат на химические реагенты и оборудование для умягчения воды. Через определенный промежуток времени приходится использовать дополнительные химические кислотосодержащие реагенты для очистки внутренних поверхностей теплообменных аппаратов, так как в любом случае с течением времени образуются различного рода отложения накипи солей жёсткости. В процессе ремонта технический персонал производит химическую и механическую очистку, на что компания затрачивает человеческие и финансовые ресурсы. Значительную трудоемкость вызывают работы, связанные с обслуживанием котельных агрегатов и теплообменников при их разборке и очистке от твердых отложений. Также в системе

водоподготовки для предотвращения накипи используется реакция ионного обмена, это довольно современный метод умягчения воды, но довольно затратный по финансовым вложениям. Можно сделать вывод, что пока не найден идеальный во всех отношениях метод борьбы с отложениями солей жёсткости, так как все они связаны с использованием химических реагентов или ручного труда, а также требуют наличия расходных материалов и дорогостоящего оборудования. Применение химических реагентов несет отрицательное воздействие на экологию. С учетом вышесказанного, сформирована задача по созданию более простого

Материалы и методы

Проведенные обследования трубопроводов оборотной воды, теплообменных поверхностей котельных агрегатов и теплообменных аппаратов ТЭЦ-3 показали, что на внутренних поверхностях образуются устойчивые отложения солей жесткости кальция и магния. Несмотря на то, что в настоящий момент времени используется химическая подготовка воды с использованием реагентов, этот метод уже достаточно изучен и отработан, но отложения накипи имеют место. Этот апробированный на практике в течении множества десятков лет метод, при всех его преимуществах использования химических реагентов для нейтрализации отложения накипи солей жёсткости

и дешевого метода борьбы с отложениями. Рассматривается вариант совместного использования системы водоподготовки и использования метода магнитной обработки воды и ее активации при помощи электромагнита. Это позволит первоначально сократить расход реагентов, а в будущем по Предложенный далее способ направлен на решение конкретных производственных задач и отражает поиск технического решения с элементами новизны, но не может быть идеальным во всех отношениях, так как требует детальной и всесторонней проверки в условиях, отличных от Карагандинской ТЭЦ – 3.

не всегда эффективен. Соответственно на поверхностях со временем все равно образуется довольно значительный слой накипи, который приводит к снижению процесса эффективности теплообмена котельного агрегата и теплообменников. К примеру, (рисунок 1) представлено фото трубопроводов с отложениями и без отложений. Отложения существенно уменьшают проходное сечение трубопровода и снижают его пропускную способность. На фото слева показан фрагмент трубопровода с отложениями, а справа без них. Устойчивый слой накипи приводит к повышению термического сопротивления стенок труб котельных агрегатов и теплообменных аппаратов, а также

делает их работу не эффективной. Существует опасность отрыва части отложений от общего массива и полное перекрытие

трубопровода, что может привести к нарушению циркуляции воды в системе охлаждения и возникновению аварии



Рисунок 1 - Фрагмент трубопровода с отложениями и без них

Исследования по выявлению главной причины образования накипи на стенках трубопроводов оборотной воды, теплообменных поверхностях котельных агрегатов и теплообменных аппаратов ТЭЦ – 3 показали, что этой причиной являются соли кальция и магния – соли жесткости [1]. Химический состав исследуемой накипи: Ca^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} . Для всех регионов Республики Казахстан характерна именно жёсткая вода и это основная проблема возникновения накипи. Жёсткая вода вызывает накипь на любых поверхностях нагрева с лностью отказаться от их использ которой соприкасается. Это общеизвестная проблема для теплоэнергетики и довольно хорошо описана в литературе. Аналогичные проблемы характерны для водонагревателей и элементов систем водоснабжения [2]. Образование накипи является существенной также значительной проблемой для котельных

агрегатов и теплообменных аппаратов тепловых электростанций [3]. Использование химических реагентов позволяет частично решить эту проблему, но их использование связано со значительными материальными затратами и требует организации химической системы водоподготовки. Также наносится ущерб экологии при сбросе воды, содержащей щелочи и кислоты в прилегающие водоемы.

Процесс образования отложений карбоната на внутренних поверхностях трубопроводов и элементов системы охлаждения был изучен путем проведения исследования проб воды из трубопроводов оборотной воды котельных агрегатов и теплообменных аппаратов ТЭЦ - 3. Как показали анализы проб, химический состав способствует образованию накипи, так как содержит углекислые соли кальция и магния — CaCO_3 , MgCO_3), сульфатная (CaSO_4). Соли

жёсткости - ионы кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}) и бикарбоната (HCO_3^-), которые попадают в систему охлаждения в растворенном виде из грунтовых вод, что обуславливает наличие жёсткой воды в системе водоснабжения всех регионов Казахстана. Процесс роста накипи на внутренней поверхности

трубопровода, смоделированный в лаборатории (рисунок 2), а вода была взята из проб, полученных на ТЭЦ - 3. Данная вода способна вызывать накипь. Процесс роста отложений на металлических поверхностях нагрева довольно хорошо изучен и описан в литературе [4].

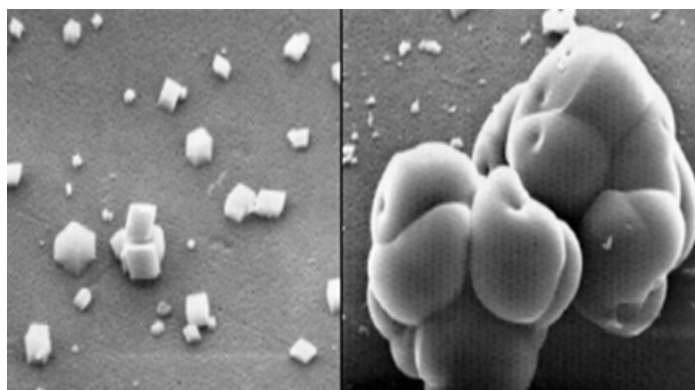


Рисунок 2 - Процесс роста накипи на внутренней поверхности трубопровода

С течением времени вся поверхность трубы будет покрыта слоем отложений накипи, которая будет создавать дополнительное гидравлическое сопротивление и затруднять циркуляцию обратной воды в котельных агрегатах и теплообменных аппаратах ТЭЦ - 3. Ранее (рисунок 1) уже был показан фрагмент трубопровода с отложениями накипи солей жёсткости. Установлено, что накипь вызывает не только проблему, связанную со снижением эффективности теплообменных процессов, но и приводит к повреждению различной запорной арматуры, кранов и вентилях. Накипь также оседает на резиновых прокладках и уплотнителях, снижая их эластичность, а также способствуя их повреждению. Для исследования влияния

магнитного поля на техническую воду был разработан лабораторный стенд с четырьмя электромагнитами постоянного тока от двигателя постоянного тока мощностью 400 Вт, с током потребления от 0 до 2 А, напряжение питания плавно регулировалось от 0 до 220 вольт постоянного тока. Обработка проводилась в течение 1 часа при температуре в помещении 24°C . Измерения выполнены 10 раз и полученные значения усреднялись, коэффициент Стьюдента t-критерия составил 2,262 при доверительной вероятности $p = 0,95$. Можно отметить изменение параметров воды до и после обработки, например рН изменился с 6,9 до 8,38, также можно отметить, что до обработки показатели $\text{Ca}^{2+} = 510$ мг-экв/л и $\text{Mg}^{2+} = 66,825$, после

обработки $\text{Ca}^{+2} = 314,685 \text{ мг- экв/л}$ и $\text{Mg}^{2+} = 30,375 \text{ мг- экв/л}$. В экспериментах использовалась вода, взятая из системы охлаждения мельниц котельного цех ТЭЦ – 3.

Альтернативный метод для предотвращения отложений

Целью данной научной работы является разработка альтернативного метода для предотвращения отложений на внутренней поверхности трубопроводов оборотной воды котельных агрегатов и теплообменных аппаратов ТЭЦ - 3, основанного на использовании поля электромагнита. Метод базируется на известных принципах использования магнитного поля для воздействия на воду с целью предотвращения накипи на теплообменных поверхностях и трубопроводов различного оборудования, но не обоснованно забытым, поэтому нет опыта изготовления и использования устройств водоподготовки с использованием электромагнитов. Существует множество работ, описывающих процесс воздействия магнитного поля на воду [5]. Данный способ для предотвращения отложений не требует значительных финансовых вложений и использования высоко технологичного оборудования по сравнению с химической подготовкой воды. Стоимость электроэнергии затрачиваемой на собственные нужды ТЭЦ – 3 весьма мала и ее стоимость меньше затрат на стоимость химических реагентов, используемых в процессе водоподготовки.

Возможно использование постоянных магнитов и электромагнитов [5], у каждого варианта есть свои достоинства и недостатки. Использование постоянных магнитов из редкоземельных постоянных магнитов, в частности неодимовых, было отвергнуто по причине их высокой стоимости. У них также невысокая эффективность при работе с жесткой водой с высокими показателями скорости движения более 3 м/с. Учитывая значительную емкость оборотного цикла воды, а также ее расход более 10000 м³/час, использование постоянных магнитов будет не оправдано из-за их высокой стоимости. Повышенная температура окружающей среды снижает срок службы постоянных магнитов до 5 – 7 лет. Еще одной проблемой является то, что магниты размещаются внутри проточной части трубопровода и со временем покрываются слоем ила. Альтернативой постоянного магнита является использование электромагнита позволяет создавать достаточно мощное магнитное поле, силу которого можно регулировать. Электромагниты размещаются снаружи и не вступают в контакт с водой. Также можно отметить, что электромагниты не деградируют со временем, простоты в обслуживании и эксплуатации. Это экологически безопасный способ получить мягкую воду.

Анализ литературы показал, что за последние 10 лет в зарубежной литературе многократно увеличилось

количество публикаций, связанных с электромагнитным или магнитным воздействием на воду. Формируется тенденция снижения использования химических реагентов, которые оказывают вредное влияние на водные ресурсы, имеются положительные результаты использования электромагнитных полей [6]. В данной статье представлены экспериментально подтвержденные результаты с использованием различных постоянных магнитов и электромагнитов для уменьшения количества выпавшей водяной накипи на нагревателях для горячей воды. Представлено влияние различных условий эксплуатации на эффективность устройств электромагнитного воздействия на техническую воду. Образцы накипи анализировали с помощью рентгеновского излучения. Карбонатная накипь - одна из основных проблем в системах горячего водоснабжения, поэтому интерес к этой теме растет [7]. Электромагнитная обработка воды была использована для обработки воды подаваемых в нагреватели. Авторы выполнили анализ солей, образованных с помощью методов SEM, рентгеновской дифракции или колориметрических тестов, подтверждает эффективность этих методов борьбы с накипью. Отложение накипи на поверхностях нагрева теплообменных аппаратов, водонагревателей и котлов часто приводят к большим техническим и экономическим проблемам. Обычные химические средства для борьбы с накипью дороги и могут

вызвать проблемы со здоровьем и экологические последствия [8]. В статье подчеркнуты экономические преимущества электромагнитной обработки с точки зрения затрат на химические вещества, эксплуатацию и техническое обслуживание. Процесс электромагнитного воздействия на воду основан на использовании силы Лоренца, когда магнитное поле действует на движущийся электрический заряд ионизированной воды. Свободные ионы металлов (в основном железа) всегда присутствуют в воде, даже если она дистиллирована. Переменное электромагнитное поле вызывает образование ядер накипи в водной массе. Они начинают интенсивно расти, достигая определенных размеров, предотвращая налипание накипи внутри трубы, клапана, насосов и других устройств системы центрального отопления. Авторы статьи [9] подтверждают выше сказанное и сам эффект воздействия на воду, но делают вывод о том, что необходимы дополнительные исследования, чтобы получить единый вердикт поэтому широко обсуждаемому методу очистки воды, прежде чем он станет основным приложением. Есть результаты по исследованию воздействия с различными эффектами на опресненную полученную обратным осмосом и диссоциированную воду при добавлении в нее кислорода [10]. Имеются сведения о положительных результатах очистки сточных вод с использованием электромагнитного

воздействия [11]. В статье [12] приведены конкретные примеры применения для удаления загрязняющих веществ и регенерации сточных вод электрохимической установки. Проведены исследования в области обеззараживания воды пропеллоидными электромагнитными полями и достигнуты положительные результаты [13]. Подводя итог литературного обзора, можно сделать вывод, что использование электромагнитного воздействия на воду имеет определенный эффект и вызывает интерес у исследователей из различных стран. Разработка методов для снижения уровня твердых отложений на теплообменных поверхностях

котельных агрегатов при помощи электрогидродинамического активатора воды является актуальным и заслуживает изучения.

Разработан опытный образец электрогидродинамического активатора воды на основе электромагнитной системы двигателя постоянного тока, который уже не используется на производстве, что в итоге свело все затраты к минимуму 2 дням работы электромонтёра, привлеченного к сборке гидродинамического активатора воды. Использованы катушки электромагнитов главных полюсов в количестве 4 штук. Внешний вид активатора воды (рисунок 3).

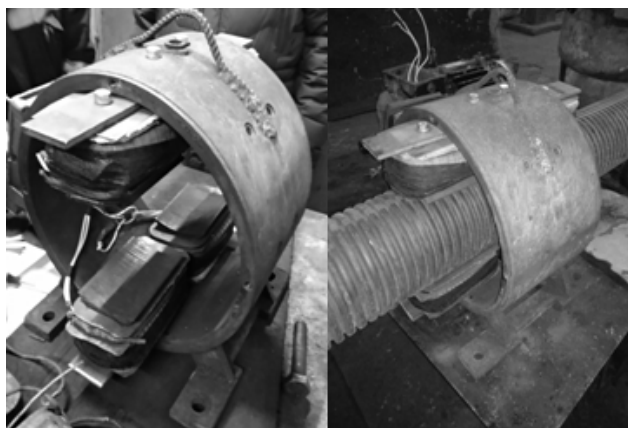


Рисунок 3 - Внешний вид электрогидродинамического активатора воды

Финансовые вложения со стороны АО «Караганда энергоцентр» оказались минимальными, так как были использованы имеющиеся на производстве детали. Схема электромагнитного электрогидродинамического активатора воды (рисунок 4). Катушки электромагнитов питаются от управляемого трехфазного выпрямителя с выходным напряжением 220 В постоянного тока.

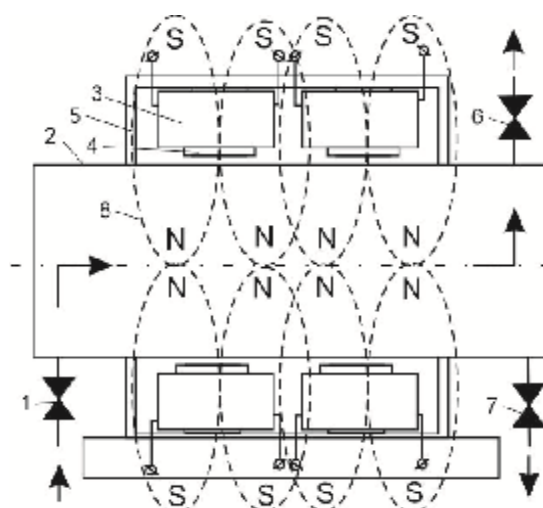


Рисунок 4 - Конструкция электрогидродинамического активатора воды: 1 – входной вентиль, 2 – корпус активатора из не магнитного материала, 3 - катушка электромагнита, 4 – сердечник электромагнита, 5 - корпус для крепления электромагнитов, 6 – выходной вентиль, 7 – вентиль для сброса осадка шламообразования и продувки, 8 – распространение силовых магнитных линий.

Напряжение электрической сети постоянного тока составляет 220 В, ток потребления в пределах 2 А, соответственно общая потребляемая мощность около 440 Вт. Через входной вентиль, вода поступает в корпус активатора, выполненного из немагнитного материала, для этого использован отрезок пластиковой трубы диаметром 100 мм. Электрические катушки постоянного тока создают магнитное поле, которое

усиливается стальным сердечником. Катушки электромагнита установлены в корпусе статора электродвигателя постоянного тока. На выходе из активатора установлены два вентиля, один для присоединения к системе охлаждения, а второй для сброса образовавшегося осадка. Это необходимо для очистки проточной части активатора и продувки от осадка шламообразования.

Результаты

Метод прошел практическую апробацию на производстве и был установлен в системе охлаждения мельницы системы топливо приготовления котельных агрегатов. Данный вид оборудования был предложен для испытаний руководством технической службы АО «Караганда энергоцентр», так как это один из проблемных элементов,

система охлаждения которого подвержена образованию достаточно устойчивых отложений. Электрогидродинамический активатор воды был установлен в разрыв трубопровода системы мельницы котельного агрегата №5 ТЭЦ - 3 (рисунок 5).



Рисунок 5 - Электрогидродинамический активатор воды, установленный в разрыв трубопровода системы мельницы котельного агрегата №5 ТЭЦ - 3

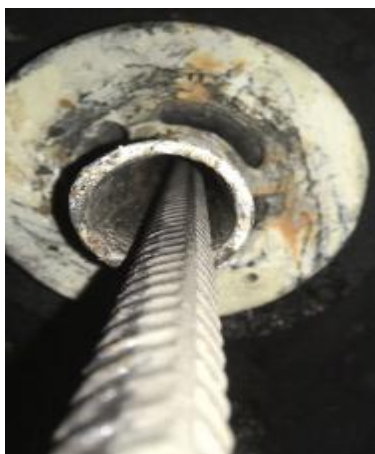
Еще одной особенностью работы системы охлаждения мельницы является более быстрое образование накипи на теплообменных поверхностях, так как вода для ее охлаждения берется со шламоотстойника ТЭЦ – 3, которая содержит значительное количество солей жёсткости, различных металлов и других элементов, а также не подвергается химической подготовке. По мнению руководства технической службы, если электрогидродинамический активатор воды будет эффективным в данной ситуации, то он будет способен эффективно работать в более лучших условиях водоподготовки питательной воды котельного агрегата. Фото центрального вала с каналом для его охлаждения (рисунок 6), слева показан тот же канал, очищенный механическим способом от

отложений, перед началом экспериментов. На фото справа показан тот же канал после 6 месяцев эксплуатации. На фото видно, что канал остался чистым. Отложения покрывают его внутреннюю только тонкой пленкой в пределах 1 мм, что не существенно. В прошлом данный канал имел значительные отложения солей жёсткости на своих стенках. В практических экспериментах использовано два активатора воды установленных последовательно в непосредственной близости от ввода воды в систему охлаждения ферросплавной электропечи. В процессе проведения экспериментов, было взято 50 проб воды для проведения анализов. Результаты были обработаны методами математической статистики с доверительной вероятностью 0,95 (коэффициент

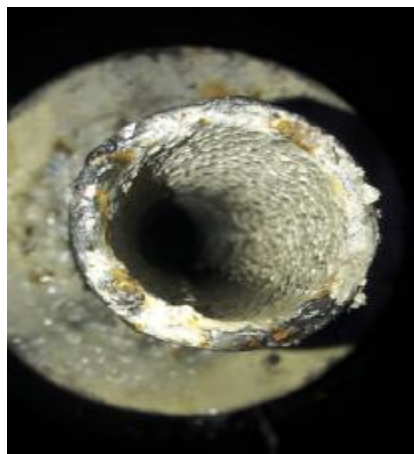
Стьюдента 2,00957). Забор воды выполнялся до активатора и после него на выходе из системы охлаждения печи.

Результаты анализов показали изменения параметров жёсткости воды, на входе в активатор 9,3 мг-экв/л на выходе 5,95 мг-экв/л. Показатели кислотности рН 6,9 на входе в

активатор рН 8,42 на выходе. Можно сделать вывод, что использование электромагнита для активации воды позволяет увеличивать рН фактор; уменьшить содержание растворенного железа, марганца в воде; уменьшает жесткость воды и сокращает образование накипи на теплообменных поверхностях.



а



б

Рисунок 6 - Фото, канала охлаждения:

а – полностью очищенный механическим способом канал перед началом эксперимента; б – состояние канала после 6 месяцев не прерывной эксплуатации и подачи обработанной воды.

Обсуждение

Магнитное поле интенсифицирует развитие процесса шламообразования, а также ускоряется процесс осаждение взвешенных частиц и позволяет удалить из воды разного рода взвесей. Ускоряет и трансформирует процесс кристаллизации солей жёсткости, с переводом их в поток жидкости. Отмечено снижение интенсивности образования накипи, а также размыв старой накипи. Снижение коррозии внутренних поверхностей труб. Электромагнитный метод обработки воды может быть

хорошей альтернативой традиционной химической водоподготовки, так как мировой интерес к развитию и совершенствованию данной технологии постоянно растет, из-за экологической привлекательности, что подтверждено более чем 5000 публикациями статей, обнаруженных в библиографических базах Scopus и Science direct [7-13]. Данный метод позволяет существенно снизить объем используемых химических реагентов или полностью исключить их применение и

является экономически выгодным для тепловых станций, так как стоимость электроэнергии, используемой для собственных нужд, является незначительной. В настоящий момент времени на Карагандинской ТЭЦ – 3 температура закипания воды составляет 132° С, так использование химических реагентов повышает температуру кипения, а при использовании электромагнитного поля в процессе

водоподготовки температуру закипания можно существенно снизить, что позволит добиться экономии топлива. В процессе проведения экспериментов установлено, что электромагнитное поле предотвращает образование накипи или существенно снижает ее образование в течении длительного периода, а также позволяет очистить поверхности с уже имеющиеся отложения.

Итоговые показатели эффективности выглядят следующим образом:

	Без электрогидродинамического активатора воды	С использованием электрогидродинамического активатора воды
рН	6,9	8,38
Ca ²⁺	510 мг	314,685 мг
Mg ²⁺	66,825 мг	30,375 мг
Температура закипания воды	132 ⁰ С	менее 132 ⁰ С

Заключение

В настоящее время основой водоподготовки является использование химических добавок (кондиционеров), которые позволяют снизить интенсивность образования накипи, но это вызывает загрязнение водных ресурсов. В процессе проведения экспериментов установлено, что на эффективность водоподготовки с использования электромагнитного поля зависит от рода тока, расположения электромагнитов, длины зоны воздействия и других факторов. Предложенная конструкция электрогидродинамического активатора воды основана на использовании электромагнитов постоянного тока с поперечным

расположением силовых линий. Экспериментально подтверждено изменение параметров жёсткости воды и показателей кислотности рН. Практическая апробация электрогидродинамического активатора воды показала, что после 6 месяцев эксплуатации канал системы охлаждения мельницы остался чистым. Отложения присутствуют, но покрывают его внутреннюю только тонкой пленкой в пределах 1 мм, что не существенно. В прошлом данный канал имел значительные отложения солей жёсткости на своих стенках, которые перекрывали проточную часть полностью. Это приводило к перегреву вала мельницы и выходу

ее из строя. Возможно уменьшение межремонтного интервала для теплоэнергетического оборудования.

Благодарность

Исследования проводятся при поддержке Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина.

Список литературы

- 1 Mossin O. V., Ignatov I. V., The structure of water and physical reality [Text] / O. V. Mossin, I. V. Ignatov // *Consciousness and Physical Reality*, - 2011. - №9. - P. 16-32.
- 2 Mossin O. V., Magnetic water treatment systems [Text] / O.V. Mossin // *Main Perspectives and Directions. Plumbing*. - 2011. - №2. – P. 1-25.
- 3 Yurchevsky I. V., Komarova L. V., Galkina N. V. Prediction of technological characteristics of countercurrent ion exchange filters using mathematical modeling of ion exchange processes [Text] / I. V. Yurchevsky, L. V. Komarova, N. V. Galkina // *Heat Power Engineering*. - 2010. -№7. – P. 29-34.
- 4 Larin B. M., Bushuyev E. N., Bushuyeva N. V., Technological and environmental improvement of water treatment plants at TPPs [Text] / B. M. Larin, E. N. Bushuyev, N. V. Bushuyeva // *Heat Power Engineering*. – 2010. - №8. – P. 23 – 27.
- 5 Domnin A. I. Hydromagnetic systems - devices for the prevention of scale and pitting corrosion [Text] / A. I. Domnin // *News of Heat Supply*. – 2012. -№12. – P. 31–32.
- 6 Dobersek D., Goricanec D. An experimentally evaluated magnetic device's efficiency for water-scale reduction on electric heaters [Text] / D. Dobersek, D. Goricanec // *Energy*. - Volume 77. - 1 December 2014. – P. 271-278. doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.024.
- 7 Moya S. Martínez, Botella N. Boluda. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism [Text] / S. Martínez Moya, N. Boluda Botella // *Water*. - 13. - 2021. 2365; doi.org/10.3390/w13172365.
- 8 Lin Lu, Jiang Wenbin, Xu Xuesong, Xu Pei. A critical review of the application of electromagnetic fields for scaling control in water systems: mechanisms, characterization, and operation [Text] / Lu Lin, Wenbin Jiang, Xuesong Xu, Pei Xu // *NPJ Clean Water*. -3. – 2020. 25; doi.org/10.1038/s41545-020-0071-9.
- 9 Alabi Adetunji, Chiesa Matteo Garlisi, Corrado, Palmisano Giovanni. Advances in anti-scale magnetic water treatment [Text] / Adetunji Alabi, Matteo Chiesa, Corrado Garlisi, Giovanni Palmisano // *Environmental Science: Water Research & Technology*. - №1. – 2015. - P. 408-425. doi: 10.1039/C5EW00052A.
- 10 Otsuka I., Ozeki S. Does Magnetic Treatment of Water Change Its Properties? [Text] / I. Otsuka, S. Ozeki // *Phys. Chem. B*. - Vol. 110, -No.4. - 2006. – P. 1509-1512.

11 Rao M. Srinivasa, Sahu Omprakash. Study of Electromagnetic Waves on Industrial Waste Water [Text] / M. Srinivasa Rao, Omprakash Sahu // Physics and Materials Chemistry. - №1(2). – 2013. – P. 34-40. doi: 10.12691/pmc-1-2-5.

12 Feng Yu, Yang L., Liu Ju., Logan Bruce E. Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation [Text] / Yu Feng, L. Yang, Ju. Liu, Bruce E. Logan // Environ. Sci.: Water Res. Technol. – 2. – 2016. – P. 800-831. doi: 10.1039/C5EW00289C.

13 Ghernaout D., Elboughdiri N. Electrochemical Technology for Wastewater Treatment: Dares and Trends [Text] / D. Ghernaout, N. Elboughdiri // Open Access Library Journal. –Vol 7. – Jan. 4, 2020. – P. 1-18. doi: 10.4236/oalib.1106020.

REFERENCES

1 Mossin O. V., Ignatov I. V., The structure of water and physical reality [Text] / O. V. Mossin, I. V. Ignatov // Consciousness and Physical Reality, - 2011. - №9. - P. 16-32.

2 Mossin O. V., Magnetic water treatment systems [Text] / O.V. Mossin // Main Perspectives and Directions. Plumbing. - 2011. - №2. – P. 1-25.

3 Yurchevsky I. V., Komarova L. V., Galkina N. V. Prediction of technological characteristics of countercurrent ion exchange filters using mathematical modeling of ion exchange processes [Text] / I. V. Yurchevsky, L. V. Komarova, N. V. Galkina // Heat Power Engineering. - 2010. -№7. – P. 29-34.

4 Larin B. M., Bushuyev E. N., Bushuyeva N. V., Technological and environmental improvement of water treatment plants at TPPs [Text] / B. M. Larin, E. N. Bushuyev, N. V. Bushuyeva // Heat Power Engineering. – 2010. - №8. – P. 23 – 27.

5 Domnin A. I. Hydromagnetic systems - devices for the prevention of scale and pitting corrosion [Text] / A. I. Domnin // News of Heat Supply. – 2012. -№12. – P. 31–32.

6 Dobersek D., Goricanec D. An experimentally evaluated magnetic device's efficiency for water-scale reduction on electric heaters [Text] / D. Dobersek, D. Goricanec // Energy. - Volume 77. - 1 December 2014. – P. 271-278. doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.024.

7. Moya S. Martínez, Botella N. Boluda. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism [Text] / S. Martínez Moya, N. Boluda Botella // Water. - 13. - 2021. 2365; doi.org/10.3390/w13172365.

8. Lin Lu, Jiang Wenbin, Xu Xuesong, Xu Pei. A critical review of the application of electromagnetic fields for scaling control in water systems: mechanisms, characterization, and operation [Text] / Lu Lin, Wenbin Jiang, Xuesong Xu, Pei Xu // NPJ Clean Water. -3. – 2020. 25; doi.org/10.1038/s41545-020-0071-9.

9. Alabi Adetunji, Chiesa Matteo Garlisi, Corrado, Palmisano Giovanni. Advances in anti-scale magnetic water treatment [Text] / Adetunji Alabi, Matteo

Chiesa, Corrado Garlisi, Giovanni Palmisano // Environmental Science: Water Research & Technology. - №1. – 2015. - P. 408-425. doi: 10.1039/C5EW00052A.

10. Otsuka I., Ozeki S. Does Magnetic Treatment of Water Change Its Properties? [Text] / I. Otsuka, S. Ozeki // Phys. Chem. B. - Vol. 110, -No.4. - 2006. – P. 1509-1512.

11. Rao M. Srinivasa, Sahu Omprakash. Study of Electromagnetic Waves on Industrial Waste Water [Text] / M. Srinivasa Rao, Omprakash Sahu // Physics and Materials Chemistry. - №1(2). – 2013. – P. 34-40. doi: 10.12691/pmc-1-2-5.

12. Feng Yu, Yang L., Liu Ju., Logan Bruce E. Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation [Text] / Yu Feng, L. Yang, Ju. Liu, Bruce E. Logan // Environ. Sci.: Water Res. Technol. – 2. – 2016. – P. 800-831. doi: 10.1039/C5EW00289C.

13. Ghernaout D., Elboughdiri N. Electrochemical Technology for Wastewater Treatment: Dares and Trends [Text] / D. Ghernaout, N. Elboughdiri // Open Access Library Journal. –Vol 7. – Jan. 4, 2020. – P. 1-18. doi: 10.4236/oalib.1106020.

ЭЛЕКТРГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ СУ АКТИВАТОРЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАНДЫҚ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ ЖЫЛУ АЛМАСУ БЕТТЕРІНДЕГІ ҚАТТЫ ШӨГІНДІЛЕР ДЕҢГЕЙІН ТӨМЕНДЕТУ

Мехтиев Али Джаваниширович

*Техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: barton.kz@mail.ru*

Сарсикеев Ермек Жасланұлы

*PhD докторы, С. Сейфуллин атындағы
Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: sarsikayev.ermek@yandex.ru*

Жұмажанов Серік Қаратайұлы

*Техника ғылымдарының кандидаты,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық
университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: zhumaser@mail.ru*

Герасименко Татьяна Сергеевна

*Техника ғылымдарының кандидаты,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық
университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: melary-5@mail.ru*

ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ СУ АКТИВАТОРЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАНДЫҚ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ ЖЫЛУ АЛМАСУ БЕТТЕРІНДЕГІ ҚАТТЫ ШӨГІНДІЛЕР ДЕҢГЕЙІН ТӨМЕНДЕТУ

Мехтиеv Али Джаваниширович

*Техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: barton.kz@mail.ru*

Сарсикеев Ермек Жасланұлы

*PhD докторы, С. Сейфуллин атындағы
Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: sarsikayev.ermek@yandex.ru*

Жұмажанов Серік Қаратайұлы

*Техника ғылымдарының кандидаты,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық
университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: zhumaser@mail.ru*

Герасименко Татьяна Сергеевна

*Техника ғылымдарының кандидаты,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық
университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,
E-mail: melary-5@mail.ru*

Түйін

Мақалада жылу электр станциясын су дайындау жүйесі үшін электромагнитті пайдалану мәселелері қарастырылған. Қазандық агрегаттары мен жылу алмасу аппараттарының жылу алмасу беттеріндегі қаттылық тұздарының шөгінділерін азайту үшін электрогидродинамикалық су активаторы ұсынылады. Мақалада қазандық агрегатының диірменін салқындату жүйесінде айналмалы суды магниттік өңдеуді практикалық іске асырудың нәтижелері келтірілген. Электромагнитті пайдалану қазандық агрегаттары мен жылу алмасу аппараттарының құбырларында қаттылық тұздарының мөлшерін едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Электрогидродинамикалық су активаторының дизайны келтірілген және оның негізгі параметрлері берілген. Жылу электр станциясының қазандық цехы жағдайында электр гидродинамикалық су активаторын практикалық сынақтан өткізу келтірілген. Магнит өрісінің суға әсері жан-жақты көп факторлы екендігі анықталды. Магнит өрісі шлам түзілу процесінің дамуын күшейтеді, сонымен қатар өлшенген бөлшектердің жауын-шашын процесі жеделдейді және судан әртүрлі суспензияларды алып тастауға мүмкіндік береді. Қаттылық

тұздарының кристалдану процесін жылдамдатады және оларды сұйықтық ағынына айналдырады.

Кілт сөздер: су; магнитті өңдеу; судың кермектігі; жылу алмасу; су активаторы; коррозия; қазандық агрегаты.

REDUCING THE LEVEL OF SOLID DEPOSITS ON THE HEAT-TRANSFER SURFACES OF BOILER UNITS USING AN ELECTROHYDRODYNAMIC WATER ACTIVATOR

Ali Javanshirovich Mekhtiyev

*Candidate of Technical Sciences, Assoc. Professor,
Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan,
E-mail: barton.kz@mail.ru*

Sarsikeyev Yermek Zhaslanovich

*Doctor of Philosophy, Saken Seifullin Kazakh
Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan,
E-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru*

Zhumazhanov Serik Karataevich

*Candidate of Technical Sciences,
Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan,
E-mail: zhumaser@mail.ru*

Gerassimenko Tatyana Sergeevna

*Candidate of Technical Sciences,
Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan,
E-mail: melary-5@mail.ru*

Abstract

The article deals with the use of an electromagnet for a water treatment system of a thermal power plant. An electro hydrodynamic water activator is proposed to reduce the deposits of hardness salts on the heat exchange surfaces of boiler units and heat exchangers. The article presents the results of the practical implementation of magnetic treatment of circulating water in the cooling system of the mill of the boiler unit. The use of an electromagnet can significantly reduce the formation of scale of hardness salts in the pipelines of boiler units and heat exchangers. The design of an electro hydrodynamic water activator is given and its main parameters are given. Practical testing of an electro hydrodynamic water activator in the boiler room of a thermal power plant is presented. It was found that the effect of a magnetic field on water is of a complex multifactorial nature. The magnetic field intensifies the development of the sludge formation process, and

also accelerates the process of sedimentation of suspended particles and allows you to remove all kinds of suspensions from the water. Accelerates and transforms the process of crystallization of hardness salts, with their transfer into a liquid stream.

Keywords: water; magnetic treatment; water hardness; heat exchange; water activator; corrosion; boiler unit.