

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/YBCY7199>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.,	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/GZAQ7222>***А. Д. Мехтиев¹, Т. С. Герасименко², Е. Ж. Сарсикеев³**^{1,2,3} Казахский агротехнический исследовательский университет

имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана

e-mail: melary-5@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ

Как известно, после многократного нагревания воды для бытовых и технологических нужд на поверхностях нагрева остается осадок в виде накипи. Этот осадок значительно уменьшает срок службы технологического оборудования и понижает эффективность теплового нагрева. В практике существуют множество способов для устранения данной проблемы. Электромагнитные и магнитные методы являются хорошей альтернативой классическим методам снижения жесткости воды, поскольку они неинвазивные и дешевы, и не требуют добавления химических веществ в воду, что благоприятно влияет на окружающую среду. В данной статье мы попробуем разобраться в процессах влияния магнитных и электромагнитных полей на соли жесткости, содержащихся в водопроводной воде и обосновать параметры электромагнитной установки, предназначенной для умягчения воды и уменьшения накипи в процессе ее нагрева. Проведенные предварительные исследования позволили сформировать основную идею и гипотезу проекта связанные с использованием электромагнитного поля для изменения свойств воды и ее очистки.

Экспериментальные исследования выполнялись в научной лаборатории КАТИУ на специальных установках, предназначенных для обработки воды постоянным и переменным магнитным полем при различных изменениях параметров электрической сети.

Ключевые слова: электромагнитная очистка, магнитная очистка, накипь, жесткость воды, обработка воды.

Введение

Процессы воздействия магнитного или электромагнитного поля на структуру воды достаточно известны и рассмотрены в научной литературе [1]. Есть несколько мнений по поводу образования и распада коллоидных комплексов катионов металлов – их фрагменты имеют особенность, связанную с формированием центров кристаллизации растворимых в воде неорганических солей. Как известно, данные центры кристаллизации адсорбируют катионы магния Mg_2^+ и кальция Ca_2^+ , это так называемые «соли жёсткости», которые вызывают накипь на поверхности нагревательных приборов. Причиной накипи является карбонатная жесткость воды. Для центрального и северного Казахстана характерна именно «жёсткая вода», которая наносит немалый урон теплообменным аппаратам, котельным агрегатам, бытовым водонагревателям и другому оборудованию. Если воздействовать на поток воды магнитным или электромагнитным полем, то в воде формируется мелкодисперсный кристаллический осадок. Осадок, может быть в виде песчинок или шлама, при этом обработанная вода уже не вызывает накипи на поверхностях нагрева [1]. Имеются и другие гипотезы, которые утверждают, что при воздействии магнитного или электромагнитного поля на поток воды возникает деформация гидратных оболочек растворенных в ней ионов, что способствует процессу кристаллизации солей жёсткости [1]. Имеется также мнение, что магнитное или электромагнитное поле влияет на структуру воды, но это происходит только в зоне действия активатора, на выходе вода же не имеет четкой структуры, как при силовом воздействии поля магнита. После воздействия вода уже не вызывает устойчивой пленки отложений солей магния и кальция, при этом карбоната кальция не образуется. Накипь формируется в виде мягкой мелкокристаллической структуры, которая разрушается потоком воды [1]. В статье [1] также рассмотрены вопросы воздействия магнитного и электромагнитного поля в случае движения потока воды. На рисунке 1 представлена схема сформированного диполя. По оси Y формируются силы (сила Лоренса), обозначены как F_1 , F_2 , которые выстраивают все диполи строго в горизонтальной плоскости.

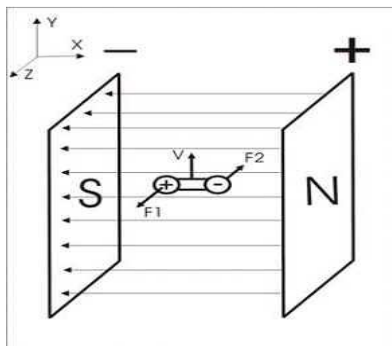


Рисунок 1-Диполь воды в магнитном поле [1].

Подробно с результатами исследований можно ознакомиться в источнике [1]. В источнике [2] рассмотрены положения диполей молекул воды при воздействии на ее поток магнитного поля постоянного магнита. Автор заявляет, что магнитное поле способно упорядочить диполи воды. Силу Лоренца, которая формирует структуру диполей в горизонтальной плоскости можно рассчитать по известному выражению [2]:

$$\vec{F}_L = q \cdot [\vec{u} \cdot \vec{B}] \quad (1)$$

Данная сила напрямую зависит от электрического заряда частиц q и скорости их движения u , а также от величины индукции магнитного поля B . На рисунке 2 представлена схема, поясняющая направления силы Лоренца в потоке воды, ее направление будет строго перпендикулярное относительно скорости движения жидкости u [1]. Соответственно ионы солей жёсткости Ca_2^+ , Mg_2^+ , Fe_2^+ и Fe_3^+ будут расположены в направлении вектора B [1].

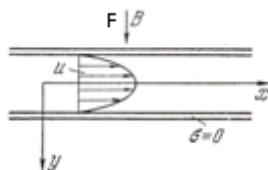


Рисунок 2 – Схема течения потока воды [1]

Анализ источников [1–3] показал, что возможно инициировать процесс кристаллизации солей жёсткости находящихся в потоке воды, при этом вода

должна обязательно находиться в движении. Если принять условие, что поток воды двигается с постоянной скоростью, во внутренней полости трубы выполненной из немагнитного материала, то задается такое направление индукции магнитного поля, чтобы в середине потока сформировалась область с нулевым значением индукции [4,5]. Имеются публикации в которых приведены результаты исследований связанных с воздействием на воду различных магнитных полей [6–8], а также имеются сведения о конструкции установок для водоподготовки [9,10]. Изученные статьи [2–10] позволили сформировать свои подходы и сконструировать лабораторный стенд для проведения исследований по теме настоящей статьи. Для расчета была принята схема, где полюса магнитов располагаются одноименными полюсами, которые направлены к друг другу полюсом N (рисунок 3) [2,3]. Есть различные мнения и результаты, как лучше располагать полюса магнитов S или N, но в данной работе все полюса магнитов будут обращены именно северным полюсом N, как уже было сделано в работе [11].

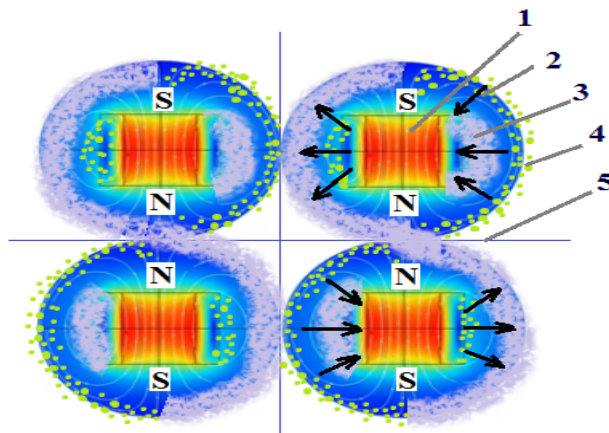


Рисунок 3 – Действие сил Лоренца на ионы воды при воздействии на нее магнитного поля. 1 – постоянные магниты, 2 – сила Лоренца, 3 – катионы, 4 – анионы, 5 - зона с нулевым значением индукции

Сила Лоренца создает условия для противотока анионов и катионов, которые взаимодействуют в зоне с нулевым уровнем магнитной индукции, это позволит запустить процесс создания «центров кристаллизаций» солей жёсткости. В этой области, силы Лоренца создадут противоток катионов и анионов, которые впоследствии будут способствовать образованию центров

кристаллизации солей и осаждению накипи. Трубопровод должен быть выполнен обязательно из немагнитного материала. Постоянные магниты будут располагаться с наружной стороны пластикового трубопровода, при этом, не вступая в контакт с потоком воды. В статье [10] рассмотрен вариант расположения постоянных магнитов внутри стального трубопровода, но от такого варианта, принято отказаться, так как магниты создают сопротивление потоку воды и могут заиливаться (загрязняться), также имеются сведения, что при таком расположении магниты могут деградировать с течением времени [11]. Выдвинутая гипотеза будет проверена на практике путем проведения натурального эксперимента.

Материалы и методы

Для подтверждения теоретических предпосылок по магнитной и электромагнитной обработки водопроводной воды, в научной лаборатории КАТИУ была собрана экспериментальная универсальная установка, способная создавать поля с разными электрическими параметрами (рисунок 4) [11].

В данной установке магнитные поля постоянного тока создавались неодимовыми магнитами в количестве от 10 до 40 шт (рисунок 4а) и электромагнитные поля, создаваемые при помощи электромагнитов переменного и постоянного тока, различной мощности (рисунок 4б).



а

б

Рисунок 4 – Экспериментальная установка: а – с постоянными неодимовыми магнитами; б – с электромагнитами

Сущность проводимого эксперимента заключалось в перекачивании воды из одной емкости в другую при помощи насоса, через участки трубопровода снабженных магнитами постоянного тока и электромагнитами переменного и постоянного тока, установленными на медной трубке диаметром 8 мм. Регулировка скорости воды, а также параметров электрических магнитов

осуществлялась посредством блока питания. После полученные пробы воды в герметичных бутылках отправлялись на анализ в лабораторию.

Уровень жесткости воды до электромагнитной обработки и после нее определялся в испытательной агроэкологической аккредитованной лаборатории НАО «Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина», что позволило получить высокоточные результаты эксперимента. Для получения достоверного результата замеры уровня жесткости воды проводились каждый день на протяжении месяца.

Существует мнение, что чем больше используется постоянных магнитов, тем лучше, однако, результаты экспериментов указывают на другое. При использовании неодимовых магнитов в количестве 21 пары: 5 пар диаметром 15 мм и с индукцией магнитного поля равной 98 мкТл; 10 пар диаметром 12 мм и индукцией 89 мкТл; 9 пар магнитов диаметром 10 мм – 120 мкТл (плюс дополнительно один магнит диаметром 50 мм и индукцией 396 мкТл) наблюдалось понижение жесткости в среднем на 0,78 %. А при использовании только 9 пар магнитов карбонатная жесткость воды уменьшилась на 2,88 %. Отсюда следует, что для устранения образования накипи в системе водоподготовки воды для нагрева вполне достаточно устанавливать на трубопровод несколько пар (от 2 до 10) неодимовых магнитов, это позволит значительно снизить затраты на установку магнитной обработки воды не уменьшая качества процесса.

Результаты и обсуждение

Проведенные теоретические и практические исследования показали, что для достижения наилучшего результата нужно устанавливать магниты постоянного тока во первых снаружи, а не внутри трубопровода; во вторых четко соблюдать полярность, то есть северный полюс магнита должен быть расположен ближе к водному потоку; в третьих располагать магниты на расстоянии друг от друга от 4мм до 9 мм в зависимости от плотности магнитного потока устанавливаемого магнита. То есть нужно учитывать линии распределения магнитного поля, которые не должны пересекаться с магнитом расположенным рядом.

Так же в научной лаборатории было проведено определенное количество опытов по водоподготовке воды и нагреву с использованием электромагнитных полей, которые создавались при помощи ферромагнитного магнитопровода с проводниковой катушкой, по которой пропускался ток переменной и постоянной частоты (рисунок 4б). Полученные результаты позволили сделать следующие выводы: жесткость воды уменьшалась больше при пропускании по обмотки постоянного тока со следующими параметрами: $I=9-12\text{ A}$; $U=47-71\text{ В}$; $H=0,7-0,85\text{ мкТл}$. Жесткость воды при этих данных уменьшилась в среднем на 0,64 %. При создании электромагнитных полей переменным

током результаты изменения жесткости воды оказались незначительными (0,52%). Результаты экспериментальных данных представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сравнение эффективности использования различных видов магнитов для уменьшения жесткости воды

Информация о финансировании

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №. AP19679359 «Разработка системы магнитной обработки технической воды для снижения образования накипи на поверхности нагрева теплоэнергетического оборудования»)

Выводы

При водоподготовки наиболее выгодным и что немаловажно экологичным способом является магнитное или электромагнитное воздействие на воду. Каждый из них действующий и эффективный и может быть использован в зависимости от определенных условий и предпочтений. Например, в бытовых целях на водонагревательных установках лучше использовать неодимовые магниты постоянного тока так как их стоимость относительно не велика: по данным сайта www.flagma.kz цена одного магнита размером 10x5 составляет 1092 тенге, 15 x 5 – 2816 тенге, 50 x 30- 13958 тенге (данные на февраль 2023 года).

В ТЭЦ, где количество обрабатываемой воды значительное, а стоимость выработанной электрической энергии для собственных нужд значительно дешевле, чем тариф потребителей, то в этом случае более выгоднее использовать установку с электрическими магнитами. Устройства переменного тока проще в эксплуатации, поскольку для их

питания используется сетевое питание и, кроме того, они не накапливают ферромагнитные оксиды железа, что нарушает нормальную работу устройства. Тем не менее, они требуют особенно тщательного расчета, чтобы избежать перегрева.

Следует заметить, что в промышленных условиях результаты магнитной обработки воды обычно более стабильны и выше, чем в лабораторных условиях. Это может быть связано как с иной гидродинамикой потоков, так и с обработкой больших объемов воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мосин, О. В., Игнатов, И. Теоретические основы магнитной обработки воды. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14996.html>

2 Мосин, О. В. Обладает ли вода структурой? [Электронный ресурс]. – URL: https://www.o8ode.ru/article/energo/water_structure.htm

3 Мехтиев, А. Д., Герасименко, Т. С., Сарсикеев, Е. Ж. Результаты изменения параметров жесткости и pH-фактора водопроводной воды города Астана после воздействия на нее постоянными магнитами [Текст] // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина №4 (115) II часть. 2022 г. С. 116–124.

4 Мосин, О. В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления // Сантехника, 2011, № 1, С. 21–25.

5 Чеснокова, Л. Н. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем // Цветметинформация, Москва, 2011, с. 75.

6 Busch, K. W., Busch, M. A., Parker, D. H., Darling, R. E., McAtee, J. L. Laboratory studies involving magnetic water treatment devices. [Text] // [Physics and Materials Chemistry](#), 2013, Vol. 1 No. 2, P. 34 – 40.

7 Coey, J. M. D., Cass, S. Magnetic water treatment [Text] // J. Magn. Magn. Mater. 2000, 209, P. 71–74.

8 Ходырев, Б. Н., Кривцевцов, А. Л., Соколюк, А. А. Исследование процессов окисления органических веществ в теплоносителе ТЭС и АЭС // Теплоэнергетика. 2010. С. 11–16.

9 Ларин, Б. М., Бушуев, Е. Н., Бушуева, Н. В. Технологическое и экологическое совершенствование водоподготовительных установок на ТЭС // Теплоэнергетика, 2010, № 8, С. 23–27.

10 Ахмеров, У. Ш., Ведерников, А. П., Поленов, Л. Ф. Методы индикации «магнитной воды» // Казань, Изд. Казанского университета, 2012. С. 73.

11 Mekhtiyev, A. D. Sarsikayev, YE. ZH. Atyaksheva, A. V. Atyaksheva, A. D. Gerassimenko, T. S. Alkina, A. D. Method of preventing deposits on

the inner surface of circulating water pipelines of fer-roalloy electric furnace cooling systems // METALURGIJA 60(2021) 3-4, pp. 321-324. (<https://hrcak.srce.hr/256098>)

12 СТ РК 1514-2006. Вода питьевая. Методы определения жесткости. [Electronic resource].—URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293739/4293739488.htm>

REFERENCES

1 **Mosin, O. V., Ignatov, I.** Teoreticheskieosnovymagnitnoj obrabotkivody [Theoretical foundations of magnetic water treatment.]. [Electronic resource].—URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14996.html>

2 **Mosin, O. V.** Obladaet li vodastrukturj? [Does water have a structure?]. Elektronnyj resurs. [Electronic resource] — URL: https://www.o8ode.ru/article/energo/water_structure.htm

3 **Mekhtiev, A. D., Gerasimenko, T. S., Sarsikeev, E. Zh.** Rezul'taty izmeneniy parametrov zhestkosti i RN – faktoravodoprovodnoj vody goroda Astana poslevozdeystviyana nee postoyannyh magnitami [Results of changes in the parameters of hardness and PH – factor of tap water in Astana after exposure to permanent magnets] // Bulletin of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University № 4 (115) II part. 2022 g. P. 116–124.

4 **Mosin, O. V.** Magnitnyesistemy obrabotkivody. Osnovnyeperspektivy i napravleniya [Magnetic water treatment systems. Main prospects and directions] // Plumbing, 2011, № 1, P. 21–25.

5 **CHesnokova, L. N.** Voprosy teorii i praktik magnitnoj obrabotkivody i vodnyh sistem [Questions of theory and practice of magnetic water treatment and water systems] // Tsvetmetinformatsion, Moscow, 2011, p. 75.

6 **Busch, K. W., Busch, M. A., Parker, D. H., Darling, R. E., McAtee, J. L.** Laboratorny'e issledovaniya s ispol'zovaniem ustroystv magnitnoj ochistkivody` [Laboratory studies involving magnetic water treatment devices]. // [Physics and Materials Chemistry](#). 2013, Vol. 1 No. 2, P. 34–40.

7 **Coey, J. M. D., Cass, S.** Magnitnaya obrabotkavody` [Magnetic water treatment] // J. Magn. Magn. Mater. 2000, 209, P. 71–74.

8 **Hodyrev, B. N., Krivchev, A. L., Sokolyuk, A. A.** Issledovanie processov okisleniya organicheskikh veshchestv v teplonositele TES i AES [Investigation of the processes of oxidation of organic substances in the coolant of thermal power plants and nuclear power plants] // Thermal power engineering. 2010. P. 11–16.

9 **Larin, B. M., Bushuev, E. N., Bushueva, N. V.** Tekhnologicheskoe i ekologicheskoe usloviye obrabotki vody podgotovitel'nyh ustanovok TES

[Technological and environmental improvement of water treatment plants at thermal power plants] // Thermal power engineering, 2010, №8, P. 23–27.

10 **Ahmerov, U. SH., Vedernikov, A. P., Polenov, L. F.** Metodyindikacii «magnitnojvody» [Methods of «magnetic water» indication] // Kazan, Ed. Kazan University, 2012. p. 73.

11 **Mekhtiyev, A. D. Sarsikayev, Ye. Zh. Atyaksheva, A. V. Atyaksheva, A. D. Gerassimenko, T. S. Alkina, A. D.** Sposobpredotvrashheniyaotlozhenijna vnutrennejpoverxnosticirkulyacionny'xvodoprovodovsistemoxlazhdeniyae`lektr opechi` [Method of preventing deposits on the inner surface of circulating water pipelines of fer-roalloy electric furnace cooling systems] // METALURGIJA 60(2021) 3–4, pp. 321–324.[Electronic resource]. – (<https://hrcak.srce.hr/256098>).

12 ST RK 1514–2006. Vodapit'evaya.Metodyopredeleniyazhestkosti. [Drinking water.Methods for determining stiffness]. [Electronic resource].–URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293739/4293739488.htmurs>].

Принято к изданию 18.09.23.

**А. Д. Мехтиеv¹, Т. С. Герасименко², Е. Ж. Сарсикееv³*

^{1,2,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

Басып шығаруға 18.09.23 қабылданды.

МАГНИТТІК ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТЕРДІҢ СУДЫҢКЕ РМЕКТІГІНЕ ӘСЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Өздеріңіз білетіндей, тұрмыстық және технологиялық қажеттіліктер үшін суды бірнеше рет қыздырғаннан кейін, жылыту беттерінде тұнбақак түрінде қалады. Бұл тұнба технологиялық жабдықтың қызмет ету мерзіміне дәуір қысқартады және жылу жылыту тиімділігін төмендетеді. Іс жүзінде бұл мәселені шешудің көптеген жолдары бар. Электромагниттік және магниттік әдістер судың қаттылығын төмендетудің классикалық әдістеріне жақсы балама болып табылады, өйткені олар инвазивті емес және арзан және қоршаған ортаға жағымды әсер ететін суга химиялық заттарды қосуды қажететпейді. Бұл мақалада бізмагниттік және электромагниттік өрістердің ағын судағы қаттылық тұздарына әсер ету процестерін түсінуге тырысамыз және суды жұмсартуға және оны қыздыру процесінде қатты азайтуға арналған электро магниттік қондырғының параметрлерін негіздейміз. Алдын ала жүргізілген зерттеулер судың қасиеттерін өзгерту және

оны тазарту үшін электро магнитті көрісті қолдануға байланысты жобаның негізгі идеясы мен гипотезасын қалыптастыруға мүмкіндік берді.

Эксперименттік зерттеулер КАТИУ ғылыми зертханасында электр желісінің параметрлері әртүрлі өзгерген кезде суды тұрақты және ауыспалы магнит өрісі мен өңдеуге арналған арнайы қондырғыларда жүргізілді.

Кілтті сөздер: электромагниттік тазарту, магниттік тазарту, масштабтау, судың кермектігі, суды өңдеу.

**D. Mekhtiev¹, T. S. Gerasimenko², E. Zh. Sarsikeev³*

^{1,2,3} Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin,

Republic of Kazakhstan, Astana

Accepted for publication on 18.09.23

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS ON WATER HARDNESS

As is known, after repeated heating of water for domestic and technological needs, a precipitate in the form of scale remains on the heating surfaces. This sludge significantly reduces the service life of technological equipment and reduces the efficiency of thermal heating. In practice, there are many ways to eliminate this problem. Electromagnetic and magnetic methods are a good alternative to classical methods of reducing water hardness, since they are non-invasive and cheap, and do not require the addition of chemicals to the water, which has a beneficial effect on the environment. In this article, we will try to understand the processes of the influence of magnetic and electromagnetic fields on hardness salts contained in tap water and justify the parameters of an electromagnetic installation designed to soften water and reduce scale during its heating. The conducted preliminary studies allowed us to form the main idea and hypothesis of the project related to the use of an electromagnetic field to change the properties of water and its purification.

Experimental studies were carried out in the scientific laboratory of KATI on special installations designed for the treatment of water with a constant and alternating magnetic field at various changes in the parameters of the electrical network.

Keywords: electromagnetic cleaning, magnetic cleaning, scale, water hardness, water treatment.

Теруге 18.09.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4140

Сдано в набор 18.09.2023 г. Подписано в печать 29.09.2023 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4140

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz