

УДК 628.179

С.С. Душкин, Н.М. Яковенко, Ю.П. Колонтаевский, С.С. Душкин

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, г. Харьков

ЗАЩИТА СИСТЕМ ВОДОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ ОБРАБОТКОЙ ВОДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ

Образование отложений и накипи на стенках трубопроводов и других элементов в системах водотеплоснабжения крайне нежелательное явление, ведущее к сужению проходного сечения, уменьшению теплотдачи котлов и теплообменников. В рамках исследований авторами рассмотрено применение для снижения накипеобразования обработки воды электромагнитными волнами звуковых частот. Полученные результаты указывают на достаточную эффективность такого метода.

Ключевые слова: водотеплоснабжение, отложения, накипеобразование, теплопередача, микрокристаллизация, безреагентный.

Постановка проблемы

Известно, что процессы образования накипи и инкрустаций связаны с наличием в природной воде, в том числе и в пресной, больших количеств растворенных солей кальция и магния. Эти химические элементы, несомненно, важны для жизни человека, для развития флоры и фауны. Но они доставляют массу проблем при эксплуатации котельного и теплообменного оборудования, вызывая накипеобразование, заключающееся в отложении солей на стенках трубопроводов и других его элементов [1,2].

Борьба с накипеобразованием в системах водотеплоснабжения особенно актуальна. Поверхность металла в месте контакта с водой по ряду причин физико-химического характера всегда претерпевает существенные изменения. Если вода содержит избыточное количество кремниевых, сульфатных и карбонатно-кальциевых соединений, то внутренняя поверхность труб покрывается слоем твердых солевых отложений (солей жесткости CaCO_3 , CaSO_4 , CaSiO_3 и др.), которые сужают проходное сечение, уменьшают теплопередачу котлов и теплообменников [3,4].

Зависимость потерь тепловой энергии от толщины слоя отложений солей жесткости приведена на рис. 1 (по данным фирмы "Lifescience Products LTD", Великобритания). Как видно, 3 мм поглощает 25 % тепловой энергии. Если же на стенках котла или бойлера отложения достигают 13 мм, то теряется уже 70 % тепла.

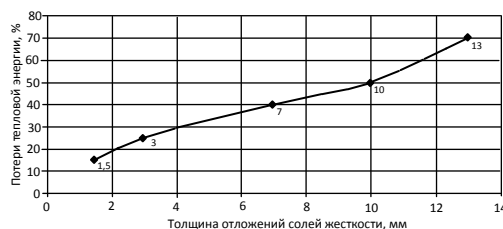


Рис. 1. Зависимость потерь тепловой энергии от толщины слоя отложений солей жесткости

Анализ последних достижений и публикаций

В конце прошлого столетия для обеспечения снижения накипеобразования появились устройства электромагнитной обработки воды, т.е. аппараты обработки воды электромагнитными волнами в диапазоне звуковых частот, которые имеют существенные преимущества перед широко применявшимися ранее аппаратами магнитной обработки [5].

Физической основой работы аппаратов обработки воды электромагнитными волнами является воздействие на воду электромагнитных волн с некоторой длиной волны λ , то есть распространяющимся в пространстве и во времени электромагнитным полем. Электромагнитные волны поперечны – векторы напряженности электрического поля \vec{E} и его магнитной индукции \vec{B} перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости S , перпендикулярной направлению распространения волны \vec{I} и вектору скорости движения воды \vec{v} , как показано на рис. 2.

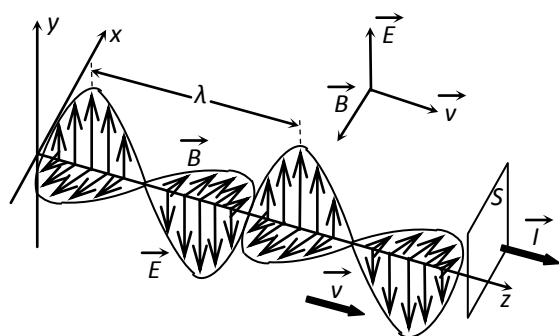


Рис. 2. Синусоидальная (гармоническая) электромагнитная волна

Цель исследования

Целью исследования является подтверждение снижения накипеобразования после обработки воды электромагнитными волнами звуковых частот.

Изложение основного материала

Принцип работы устройств электромагнитной обработки воды состоит в следующем.

Соли в водном растворе существуют в форме положительно и отрицательно заряженных ионов. Из этого следует возможность эффективного воздействия на них электромагнитным полем. В данном случае воздействие на обрабатываемую воду имеет физический (безреагентный) характер, что исключает необходимость применения каких либо дополнительных веществ.

На трубопровод с протекающей водой навивается катушка-излучатель с определенным числом витков и в ней наводится динамическое электромагнитное поле, в результате чего происходит высвобождение ионов бикарбоната кальция, которые электростатически связаны с молекулами воды. Высвобожденные положительные и отрицательные ионы соединяются за счет взаимного притяжения и образуют в воде множество центров кристаллизации. Чем меньше кристаллы в обработанной воде, тем сильнее эффект обработки [6,7].

Таким образом, эффект воздействия на обрабатываемую воду электромагнитных колебаний состоит в создании в водной среде огромного количества центров микрокристаллизации солей жесткости. Из-за своих микронных размеров (75–80 % имеют размер не более 0,5 мкм) они длительно (до 10 суток) циркулируют в объеме как движущейся так и статической водной среды, не выпадая в виде отложений накипи на стенках трубопроводов, теплоагрегатов и другого оборудования.

Опытная установка для обработки воды электромагнитными волнами была выполнена, как показано на рис. 3. Здесь от водопровода 1 вода с жесткостью 7–8 мг-экв/л и значением pH 7,5–7,8 поступает в проточную ячейку из неметаллического материала (например, из стекла или полимера) 2, на которую установлены обмотки 3 катушек-излучателей генератора звуковых частот 4. При проведении экспериментов температура воды в ячейке поддерживалась на уровне 20 °С.

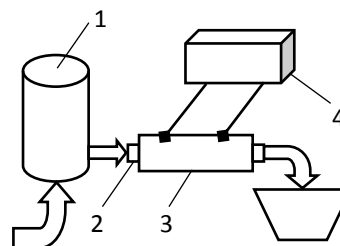


Рис. 3. Схема опытной установки
1 – водопровод;
2 – проточная ячейка;
3 – катушка-излучатель;
4 – генератор звуковых частот

Контроль результатов экспериментов производился кристаллооптическим способом, заключающимся в том, что в стаканы наливают пробы обработанной воды объемом 200–300 мл в которые помещают стекла размером 25×80 мм. Воду кипятят. Время кипячения, в зависимости от состава воды, составляет от одной до двенадцати минут, как указано в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость контрольного времени кипячения от жесткости воды

Общая жесткость, воды, мг-экв/л	3–6	5–7	7–10
Время кипячения, мин	6–12	3–6	1–3

Далее стекла извлекают, сушат и рассматривают под микроскопом с увеличением от 600 до 1200 раз, как показано на рис. 4.

Размер кристаллов, выделившихся из воды, определяет эффект обработки. При этом уменьшение кристаллов в 1,5–2,0 раза существенно снижает накипеобразование, а уменьшение в 3 раза обеспечивает безнакипную работу.

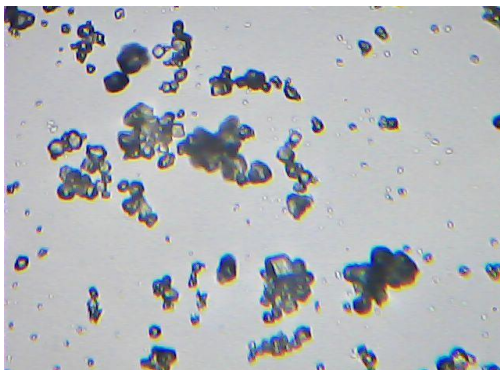
К недостаткам данного метода, в сравнении с применением аппаратов магнитной обработки, когда ограничиваются лишь использованием пассивных магнитов, следует отнести необходимость наличия в

составе установки для обработки воды электромагнитными волнами электронного устройства – генератора звуковых частот, требующего электрического питания.

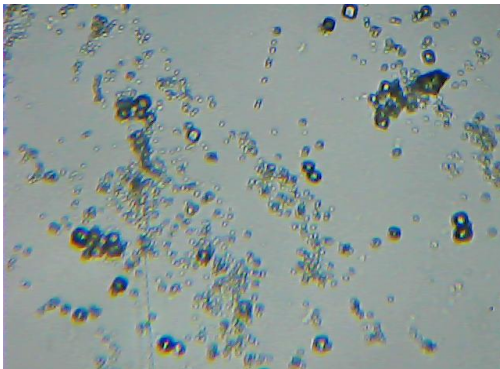
Выводы

Образование накипи в системах водотеплоснабжения напрямую связано с размером кристаллов, образующих эту накипь. Поэтому получение кристаллов соответствующих размеров является ключом к снижению или полному предотвращению накипеобразования.

Обработка воды электромагнитными волнами позволяет уменьшить размеры накипеобразующих кристаллов до трех раз, что снижает накипеобразование или даже обеспечивает полностью безнакипную работу.



а)



б)

Рис. 4. Структура накипеобразования: исходная вода (а) и вода, обработанная электромагнитным полем (б)

Литература

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. *Водоподготовка*. М.: издательство МГУ, 1996. 680 с. Интернет-сайт НИИ Высоких напряжений при Томском политехническом университете [Электронный ресурс] / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко – Режим доступа: <http://www.impulse.ru/volna>.

2. Лифшиц О.В. *Справочник по водоподготовке котельных установок* / О.В. Лифшиц. – М.: Энергия, 1976. – 288 с.
3. Присяжнюк В.А. *Физико-химические основы предотвращения кристаллизации солей на теплообменных поверхностях* / В.А. Присяжнюк // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. – 2003. – № 10. – С. 26–30.
4. Рэт Д. *Теория накипи или практика магнетизма* / Д. Рэт // *Мир новосела*. – 2002. – №1. – С. 92–98.
5. Кузнецов С. И. *Колебания и волны. Геометрическая и волновая оптика: учебное пособие* / С. И. Кузнецов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 170 с.
6. Яковенко Н.М., Колонтаевский Ю.П., Беляева В.М. *Защита систем водотеплоснабжения от отложений* / Н.М. Яковенко, Ю.П. Колонтаевский, В.М. Беляева // *Вода. Экология. Общество: материалы IV междунар. науч.-техн. конф.* – Харьков, 20–21 марта 2014 г. – Х.: ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2014. – С. 33–35.
7. Яковенко Н.М., Колонтаевский Ю.П., Беляева В.М. *Влияние электромагнитных колебаний на карбонатные отложения* / Н.М. Яковенко, Ю.П. Колонтаевский, В.М. Беляева // *Современные проблемы водного хозяйства, инженерно-коммуникационных систем и экология: материалы междунар. науч.-практ. конф.* – Баку, 14–15 апреля 2014 г. – Баку: Азербайджанский архитектурно-строительный университет, 2014. – С. 236–241.

References

1. Frog B.N., Levchenko A.P. (1996). *Water treatment*. Moscow, USSR: Publishing House of Moscow State University. 680 pp. Website High Voltage Research Institute, Tomsk Polytechnic University [electronic resource] – Mode of access: <http://www.impulse.ru/volna>.
2. Lifschits O.V. (1976). *Handbook for water boiler plants*. Moscow, USSR: Energy.
3. Prisyazhnyuk V.A. (2003). *Physical and chemical bases of preventing crystallization of salts on heat transfer surfaces. "Plumbing, heating and air conditioning"*, 10, 26-30.
4. Rath D. (2002). *Theory or practice scale magnetism*. "World newcomer", 1, 92-98.
5. Kuznetsov S.I. (2007). *Oscillations and waves. Geometric and wave optics: a tutorial* Tomsk, Russian Federation: Publishing House of Tomsk Polytechnic University.
6. Yakovenko N.M., Kolontaevskiy Y.P., Belyaeva V.M. (2014). *Protection systems vodoteplosnabzheniya from deposits*. Water. Ecology. Company: Materials of IV International scientific and engineering conf. – Kharkov, 20-21 March 2014. Kharkiv National University. A.N. Beketov, 33-35.
7. Yakovenko N.M., Kolontaevskiy Y.P., Belyaeva V.M. *The impact of electromagnetic waves on the carbonate deposits* (2014). *Modern problems of water management, engineering, communication systems and the environment: Proceedings of the international scientific and practical conf.* – Baku, 14-15 April 2014. Azerbaijan Architecture and Construction University, 236-241.

Автор: ДУШКИН Станислав Станиславович
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков, доктор технических наук, профессор.
E-mail – D.akaSS@mail.ru

Автор: КОЛОНТАЕВСКИЙ Юрий Павлович
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков, кандидат технических наук, доцент.
E-mail – yk5316.net@gmail.com

Автор: ЯКОВЕНКО Николай Михайлович
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков, старший преподаватель.
E-mail – yakovenko_nm@mail.ru

Автор: ДУШКИН Сергей Станиславович
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков, кандидат технических наук, ассистент
E-mail – D.akaSS@mail.ru

ЗАХИСТ СИСТЕМ ВОДОТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВІД ВІДКЛАДЕНЬ ОБРОБКОЮ ВОДИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ХВИЛЯМИ

С.С. Душкин, Н.М. Яковенко, Ю.П. Колонтаєвський, С.С. Душкин

Утворення відкладень і накопу в системах водотеплопостачання на стінках трубопроводів та інших елементів вкрай небажане явище, що веде до звуження прохідного перерізу, зменшення теплопередачі котлів і теплообмінників. В рамках досліджень авторами розглянуто застосування для зниження накопутворення обробки води електромагнітними хвилями звукових частот. Отримані результати вказують на достатню ефективність такого методу.

Ключові слова: водотеплопостачання, відкладення, накопутворення, втрати теплової енергії, електромагнітні хвилі, мікрокристалізація, кристалографічна спосіб.

PROTECTION SYSTEM OF DEPOSITS VODOTEPLOSNAVBZHENIYA WATER TREATMENT ELECTROMAGNETIC WAVES

S.S. Dushkin, N.M. Yakovenko, Y.P. Kolontaevskiy, as. S.S. Dushkin

Fouling and scaling in water and heat supply on the walls of pipelines and other elements are extremely undesirable phenomenon which leads to a narrowing of the flow cross section, reduced heat boilers and heat exchangers. As part of the studies, the authors considered the application to reduce the scaling of water treatment with electromagnetic waves of sound frequencies. Since the salts in aqueous solution exist in the form of positively and negatively charged ions, this implies an efficient exposure to the electromagnetic field. At the same effect on the treated water has a physical (nonchemical) character, which eliminates the need for any additional substances. Water treatment by electromagnetic waves can be downsized scale-forming crystals up to three times, which reduces the scale formation or even provides the full without scums. The results indicate the effectiveness of this method is sufficient.

Keywords: water and heat supply, sediment, scale formation, loss of thermal energy, electromagnetic waves, microcrystallization, crystallographic method.