

УДК 628.164

**О.И. БАЛИНЧЕНКО** (канд. техн. наук, доц.), **В.И. НЕЗДОЙМИНОВ** (канд. техн. наук, доц.)  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ (БЕЗРЕАГЕНТНОЙ) ОБРАБОТКИ ВОДЫ

*Рассмотрены возможности безреагентной противонакипной обработки воды ультразвуком, определены некоторые закономерности и параметры промышленного процесса. Исследованы два источника ультразвуковых колебаний. Определен оптимальный из них. Исследовано влияние важнейших показателей качества воды на эффективность ее противонакипной ультразвуковой обработки.*

*безреагентная противонакипная обработка, ультразвуковой излучатель, частота ультразвуковых колебаний, карбонатные отложения*

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.* При работе теплообменного оборудования (котлов, теплообменников, испарителей, охладителей и т.п.) на поверхностях нагрева образуются отложения накипи ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSiO}_3$ , окислы железа и др.). Вследствие этого ухудшается теплопередача - теплопроводность накипи в десятки раз ниже, чем у металла; снижается экономичность и производительность оборудования - при слое накипи в 1 мм пережег топлива составляет 2 - 2,5%, а при 5 мм - до 8 -10% и т.д. Из-за перегрева металла и коррозии под слоем накипи сокращается срок службы металла труб, происходят аварии металлоконструкций теплообменных агрегатов (рис.1)[1-3].

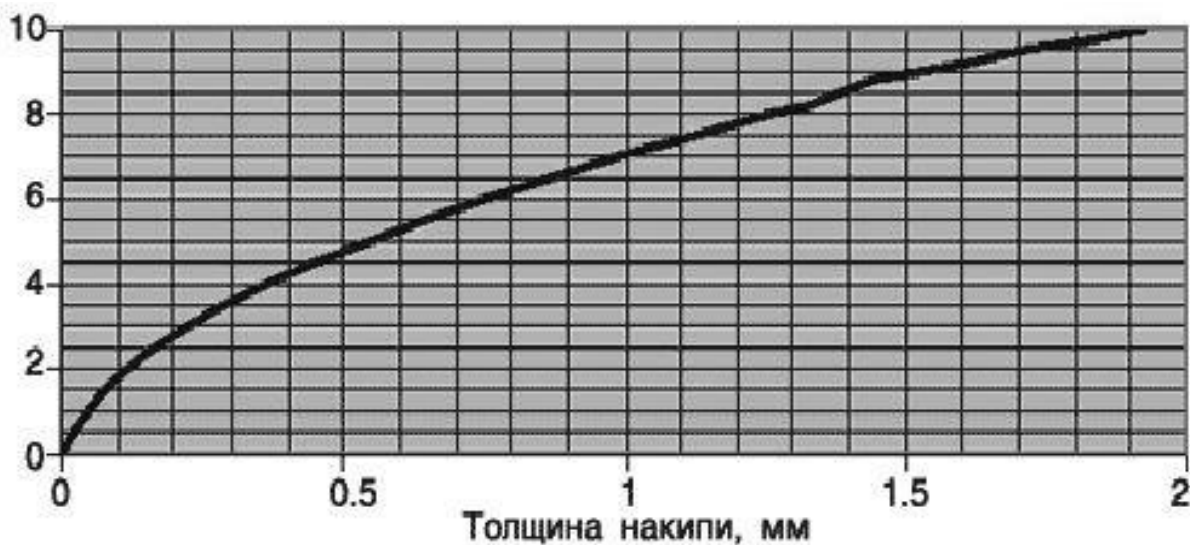


Рисунок 1 – Зависимость перерасхода топлива (%) от толщины слоя накипи.

Таким образом, актуальность проблемы состоит в нахождении эффективного способа противонакипной обработки воды, причем предпочтение следует отдать безреагентному методу, не допускающему загрязнения окружающей среды.

Известны некоторые безреагентные методы снижения и предотвращения накипеобразования. Один из них - использование ультразвуковых установок очистки воды и предотвращения отложений.

*Анализ последних исследований и публикаций.* Ультразвуковой метод предотвращения накипеобразования основан на исследованиях, проводившихся в СССР с конца 30-х годов. При воздействии на воду слабых ультразвуковых колебаний образуется множество постоянно смещающихся центров кристаллизации, что затрудняет рост и осаждение кристаллов накипи на теплообменных поверхностях оборудования. Ультразвуковые колебания способствуют интенсивному образованию новых центров кристаллизации в объеме воды, и происходит образование шлама в массе жидкости. В результате воздействия ультразвуковых колебаний наблюдается либо прекращение образования отложений, за счет нарушения условий кристаллизации, либо разрыхление

образующейся накипи. В слое накипи под воздействием ультразвуковых колебаний образуются микротрещины, которые, накапливаясь, приводят к разрушению имевшихся отложений и к очистке оборудования. Шлам удаляется с током воды или продувкой. Данный метод - физический и действует на все виды солей и органических отложений независимо от их химического состава.

Ультразвуковой способ предотвращения образования накипи имеет следующие достоинства:

- как безреагентный, способ не требует введения в воду каких-либо дополнительных веществ,
- не требует разборки теплообменного агрегата,
- экономичен - не требует больших энергозатрат.
- в отличие от магнитного способа, не зависит от скорости воды в трубопроводе и не чувствителен к солевому составу воды.

Применение для защиты от накипи ультразвукового (акустического) способа исключает загрязнение окружающей среды вредными стоками водоподготовительных установок, а стоимость обработки 1 м<sup>3</sup> воды этим способом, как показывают ориентировочные расчеты, в 200-250 раз ниже стоимости химической обработки.[6-9].

В то же время, у некоторых специалистов сложилось неблагоприятное отношение к ультразвуковой технологии в принципе[7]. Это вызвано тем, что в конце 80-х годов различными предприятиями было выпущено большое количество ультразвуковых устройств (УГИР, АУН, УЗУ и др.) с чрезвычайно низким уровнем ультразвуковых колебаний в требуемом диапазоне частот. Полезная для борьбы с накипью и безопасная для сварных и вальцованных соединений частота, выбранная по результатам многочисленных исследований, составляет 20-25 кГц, а излучаемая этими устройствами энергия «размазана» по спектру. Основная ее часть приходится на область бесполезных звуковых частот, а в требуемом диапазоне частот уровень возбуждаемых в металлической конструкции теплового оборудования ультразвуковых колебаний недостаточен для эффективной борьбы с образованием накипи.

*Постановка задач исследований.* Задачей проведенных исследований стало определение основных параметров эффективной противонакипной обработки воды ультразвуком..

*Изложение материала и результаты.* Определение параметров противонакипной обработки воды ультразвуком потребовало, прежде всего, надежный и недорогой источник этого самого ультразвука. Были перепробованы генераторы различных типов, результаты опытов на которых опускаем, в виду незначительного антинакипного эффекта, в то же время имеющего место. Дальнейшая обработка противонакипная воды производилась ультразвуковой установкой для стирки белья.

Установка для стирки белья, выпускаемая серийно, состоит из генератора и излучателя ультразвуковых волн частотой спектра 60-110 кГц малой мощности (рис. 2).



Рисунок 2 – Серийная установка для стирки белья со следами накипи

Была предпринята попытка противонакипной обработки воды с помощью этой установки. Эффективность умягчения определялась по степени снижения наличия Ca<sup>2+</sup> в воде до и после противонакипной обработки. По прекращении опыта пробы отфильтровывались и определялись характеристики фильтрата. Данные помещены в на рис. 3-6.

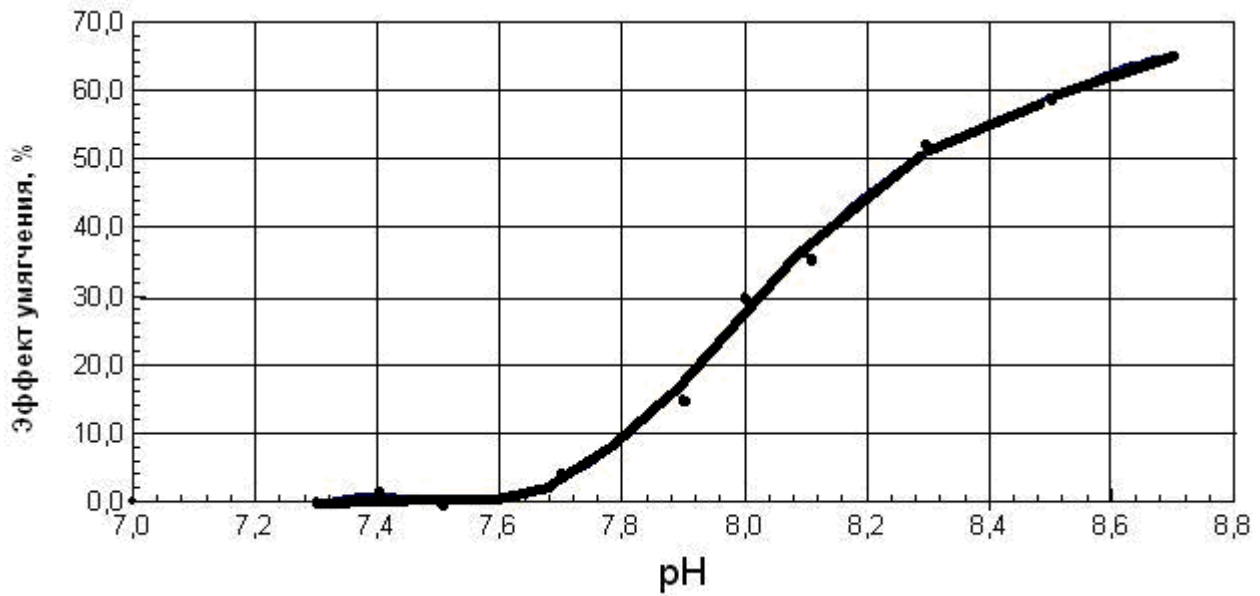


Рисунок 3 – Влияние рН воды на интенсивность ее умягчения ультразвуком

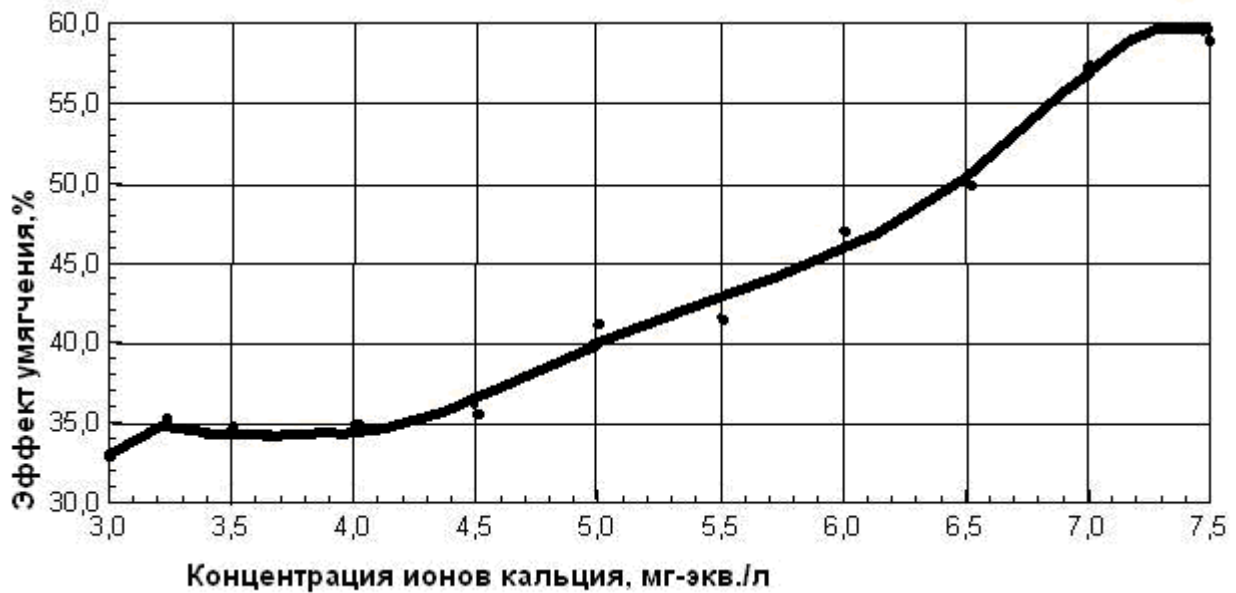


Рисунок 4 – Влияние начальной концентрации ионов кальция на эффект умягчения воды ультразвуком

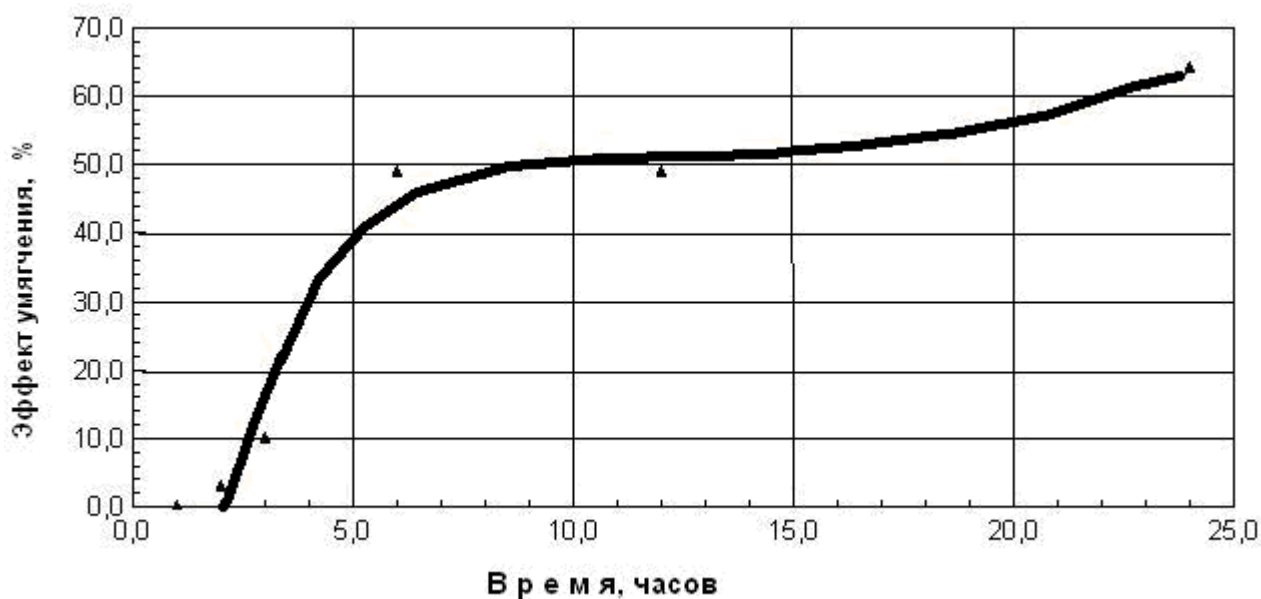


Рисунок 5 – Зависимость эффективности умягчения воды ультразвуком от времени обработки

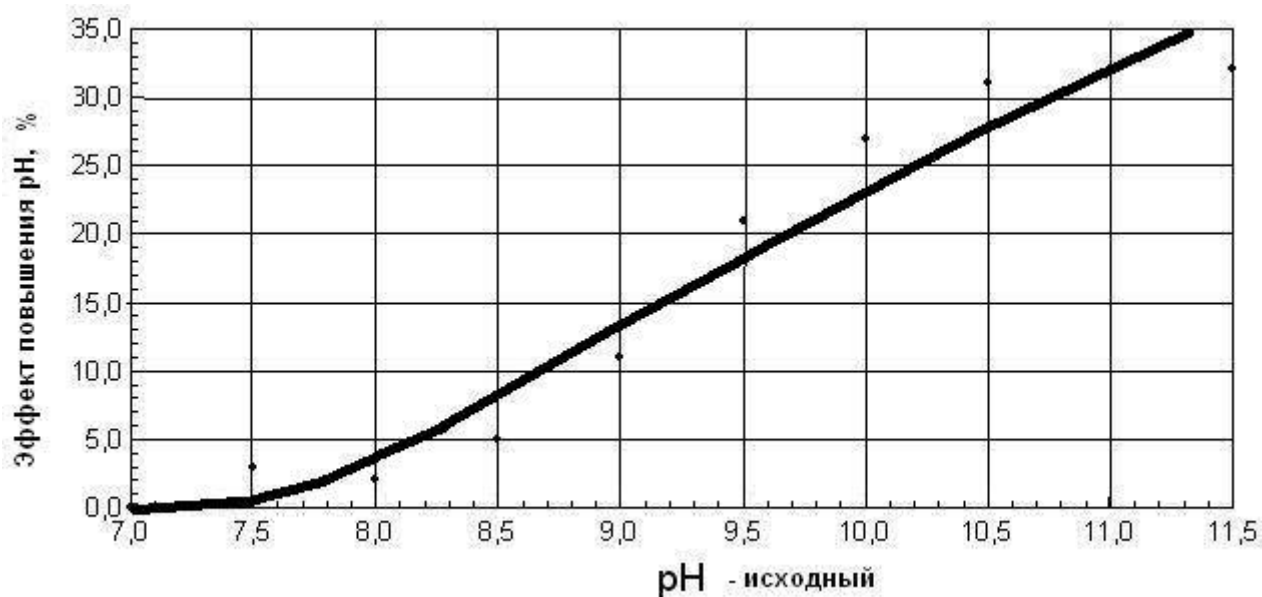
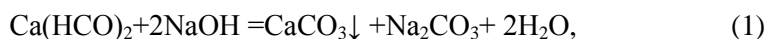


Рисунок 6 – Повышение водородного показателя за 6 часов обработки воды ультразвуком

Опыты проводились при комнатной температуре воды. В пробах, обработанных ультразвуком, наблюдалось осаждение осадка на стенки сосуда и образование белесой кальциевой пленки на поверхности. В необработанных пробах наблюдалось незначительное выпадение осадка при щелочных pH, особенно при pH = 9. При этом пленка на поверхности воды не образовывалась.

Влияние pH обрабатываемой воды на эффективность противонакипной обработки ультразвуковой установкой представлено на рис. 3. При этом pH в процессе обработки повышается (см. рис. 6). Каков же химизм процесса?

Химизм происходящих превращений можно предположить в виде следующей реакции:



когда происходит подщелачивание в процессе наличия подщелачивающего агента (ионов OH). Ультразвук лишь активизирует подвижность ионов, благодаря колебательному процессу в них.

Повышение рН в правой части реакции (1) можно объяснить появлением значительного количества ионов  $\text{CO}_3^{2-}$ , благодаря сдвигу этой реакции в сторону образования карбонатов, как связанных с кальцием в момент обработки ультразвуком, так и свободных, в составе диссоциированного соединения  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Наличие этих свободных ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  обещает выпадение карбоната кальция при поступлении в систему в некоторое время даже после прекращения обработки воды ультразвуком.

*Выводы и направления дальнейших исследований.*

1. Противонакипная обработка воды способствует снижению концентрации кальция в воде, но только в щелочной среде, с увеличением рН до 8-9.
2. Срок обработки увеличивает противонакипной эффект.
3. На поверхности воды, обработанной ультразвуком в щелочной среде (рН до 8-9), образуется белесая пленка карбоната кальция.
3. Серийная установка для ультразвуковой стирки белья может служить прототипом установки для противонакипной обработки воды.
4. В процессе противонакипной ультразвуковой обработки увеличиваются общая щелочность и рН воды, что характерно для процесса подщелачивания щелочным химическим реагентом, но происходит более интенсивно.
5. Возможно продолжение противонакипного действия даже после прекращения обработки ультразвуком за счет создавшегося избытка щелочности среды.

#### Библіографічний список:

1. Гурвич Ю.М. Оператор водоподготовки / Ю.М. Гурвич. – М.: Энергоиздат, 1981.
2. Сагань И.И. Борьба с накипеобразованием в теплообменниках / И.И. Сагань, Ю.С. Разладин. – К.: «Техніка», 1986.
3. Федоткин И.М. Использование ультразвука для предотвращения образования накипи в выпарных аппаратах / И.М. Федоткин // Сахарная промышленность. – 1975. – № 4. – С. 64-66.
4. Тепловые сети: СНиП 2.04.07-86\* – М.: ГП ЦПП, 1994.
5. Баскаков А.П. Качество воды в системах отопления и ГВС / А.П. Баскаков, Я.М. Щелоков. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. – 34 с.
6. Банников В. Нетрадиционный метод устранения накипи и солевых наслоений / В. Банников, Л.Гаврилов // Наука и технология в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 94-96.
7. Kuran S., Bino M., Andelman M., Craft B. Flow through capacitor technology.
8. Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2005.
9. Pat. US № 6,781,817. Fringe-field capacitor electrode for electrochemical device. 24.09.2004. [Http://www.flowtc.com/pub\\_talk.html](http://www.flowtc.com/pub_talk.html).

Надійшла до редакції 02.11.2010

*О.Й. Балінченко, В.І. Нездойминов*

#### **ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ (БЕЗРЕАГЕНТНОЇ) ОБРОБКИ ВОДИ**

*Розглянуті можливості безреагентної протионакипної обробки води ультразвуком, визначені деякі закономірності і параметри промислового процесу. Досліджені два джерела ультразвукових коливань. Визначений оптимальний з них. Досліджений вплив найважливіших показників якості води на ефективність її протионакипної ультразвукової обробки.*

***безреагентна протионакипна обробка, ультразвуковий випромінювач, частота ультразвукових коливань, карбонатні відкладення***

*O. Balintchenko, V. Nezdoyminov*

#### **SOME FEATURES OF ULTRASONIC (WITHOUT REAGENTS) TREATMENT OF WATER**

*The prospects of ultrasonic reagentless treatment of water are considered, some laws and parameters of industrial process are defined. Two sources of ultrasonic vibrations are studied. The best of them is chosen. The influence of major water quality indexes on the efficiency of ultrasonic reagentless treatment is described.*

***treatment without reagents, ultrasonic emitter, frequency of ultrasonic vibrations, carbonate deposits***

© *Балінченко О.И., Нездойминов В.И., 2010*