

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРЯМОТОЧНОГО ПАРОВОГО КОТЛА ПРИ ПОДПИТКЕ ВОДОЙ, ПРОШЕДШЕЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ ВОДОПОДГОТОВКУ.

Александр Лукьянов, Аубекир Найманов, Светлана Антоненко

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры.  
Адрес: Украина, Донецкая область, г.Макеевка, 86123, ул. Державина, 2.  
E-mail: sv\_antonenko@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований процесса накипеобразования в паровом котле при подпитке электрохимически обработанной водой. Представлены зависимости интенсивности накипеобразования от глубины умягчения подпиточной воды, интенсивность накипеобразования на нагревательном элементе котла. Приведены результаты проверки стабильности обнаруженного эффекта противонакипного действия электролиза подпиточной воды на отложения на поверхности нагрева парового котла при длительной его эксплуатации.

**Ключевые слова:** электрохимическое умягчение, удельный расход электричества, интенсивность накипеобразования.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ.

Дефицит топливно-энергетических ресурсов в Украине побуждает заниматься экономией указанных ресурсов, кроме того, напряженность экологической обстановки в Донбассе требует снижения вредных выбросов в окружающую среду [5,10,24,25]. Вопросами использования энергосберегающих технологий для водоочистки и умягчения воды, а также экологическими проблемами водоочистки активно занимается ряд авторов [4,6,8,9,13,23,28,29,30]. Значительный интерес в обоих этих направлениях представляет применение противонакипной электрообработки воды постоянным током для водоподготовки паровых и жарогазотрубных водогрейных котлов.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

В аппаратах электрохимической водоподготовки, чаще всего, используют электрический ток постоянной полярности, причем сила тока остается также постоянной. При этом в воде протекают процессы электролиза и, отчасти, электролиза [3,7, 27]. Электроды используются нерастворимые.

Один из первых видов установок для электрохимического умягчения разработан Фархадовым А.А. [26]. В резервуаре системы водного охлаждения мощных электронных ламп была размещена система стальных катодов и графитовых анодов, на которые подавался постоянный ток от выпрямителя. Установка отличалась достаточной эффективностью, но и громоздкостью и небольшим сроком службы, по принципу действия представляла собой бездиафрагменный электролизер.

Дальнейшее развитие бездиафрагменные аппараты получили в работах [16,18,19,20,21]. В них

предполагается, что осаждения накипи из пересыщенной за счет нагрева и упаривания накипеобразователями воды происходит преимущественно за счет термо-э.д.с. Последняя возникает за счет градиента температур между горячей стенкой теплообменника и омывающей ее водой, стенка приобретает отрицательный заряд величиной до – 100 мВ. Перед теплообменниками расположена камера с электродами, на которые подается разность потенциалов, значительно превышающая термо-э.д.с. Накипеобразователи, в частности – карбонат кальция, осаждаясь на поверхности катода, в теплообменник не попадали. Эффект снижения накипеобразования был близок к 100%. В работе также приводятся данные статистической обработки результатов экспериментов с противонакипными аппаратами. Получено уравнение, которое позволяет найти величину удельного расхода электроэнергии (дозу электричества), необходимую для подавления накипеобразования:

$$\partial_s = 360\sqrt{[x]}, \text{ А-ч/м}^3, \quad (1)$$

здесь  $\partial_s$  – удельный расход электричества, А-ч/м<sup>3</sup>,

$[x]$  – мгновенный избыток карбоната кальция, моль/л.

Аппараты прошли промышленную апробацию в системах оборотного водоснабжения химических предприятий и показали высокую эффективность. Испытания в водогрейных котельных подтвердили практически полное подавление накипеобразования в котлах.

Довольно значительный опыт, накопленный при использовании метода электрохимического умягчения подпиточной воды для водогрейных котельных позволяет считать перспективным его применение и в водоподготовке для паровых котлов [14,15,16,18,19,20,21]. Установлено, что в

водогрейных котельных применение противонакипной электрообработки позволяет отказаться от натрийкатионитного умягчения подпиточной воды, что резко снижает сброс засоленных стоков в водоемы. Кроме того, себестоимость противонакипной электрообработки на порядок ниже натрийкатионирования, эффективность же снижения образования накипи близкая к 100%.

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Отработать технологический режим работы паровых котлов при подпитке электрохимически умягченной водой, определить зависимости интенсивности образования накипи от глубины умягчения подпиточной воды, интенсивности накипеобразования во времени.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Использование натрийкатионитного умягчения при подпитке прямоточных паровых и жарогазотрубных водогрейных котлов, решая проблему умягчения воды, создает экологическую проблему из-за сброса засоленных стоков от водоподготовительных установок в водоемы. Такие стоки содержат до 40-50 г/л хлоридов кальция, магния и натрия; усугубляют и без того сложную экологическую обстановку в Донбассе. Эти вопросы регулируются правительством в документах [5,10,24,25]. Использование электрохимического умягчения воды позволяет решать не только экологические проблемы, но и дает возможность экономить энергетические ресурсы, поскольку себестоимость электрохимического умягчения на порядок ниже натрийкатионирования.

Использование противонакипной электрообработки воды постоянным током в водоподготовке водогрейных котельных дает положительные результаты [14,15,16,18,19,20,21,26], а приведенные результаты экспериментальных исследований накипеобразования в паровом котле при подпитке электрохимически умягченной водой [1,2,17,22] позволяют считать перспективным применение данного метода и в водоподготовке паровых котлов.

Для выявления возможности эксплуатации парового котла при подпитке электрохимически умягченной водой определялась интенсивность накипеобразования на теплоотдающей поверхности при эксплуатации котла. Исходная вода имела

жесткость 6-7 мг-экв/л, щелочность 4-5 мг-экв/л, солесодержание 800-900 мг/л.

Первый этап опытов продолжительностью 8 часов имел целью отработку методики проведения экспериментов, оценку возможных границ измерения параметров интенсивности накипеобразования и показателей качества воды. Первая серия опытов – контрольная, проводилась при подпитке парового котла сырой (неумягченной) водой из водопровода. Во второй серии опытов на подпитку парового котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение в катодной зоне диафрагменного электролизера при удельном расходе электричества 50 А·ч/м<sup>3</sup>. В третьей серии опытов на подпитку парового котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение при удельном расходе электричества 100 А·ч/м<sup>3</sup>, а в четвертой серии экспериментов на подпитку котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение в катодной зоне диафрагменного электролизера при удельном расходе электричества 150 А·ч/м<sup>3</sup>.

Были получены следующие данные по изменению процента накипи на поверхности нагревательного элемента  $g_{отн}$ , %, от общего количества образующейся накипи и средней интенсивности накипеобразования  $g_{ср}$ , г/м<sup>2</sup>·час, при увеличении удельного расхода электричества: ( $d_3$ , А·ч/м<sup>3</sup>).

$d_3$ , А·ч/м <sup>3</sup>	0	50	100	150.
Средняя интенсивность накипеобразования $g_{ср}$ :	1,7	1,02	0,73	0,38
г/м <sup>2</sup> ·час				
$g_{отн}$ , %	15,5	8,9	11,3	18,7.

Явно наблюдается минимум при неглубокой степени умягчения воды ( $d_3 = 50$  А·ч/м<sup>3</sup>). Отсюда следует, что электрохимическая активация эффективна в достаточно жесткой воде. При увеличении глубины умягчения эффективность электрохимической активации снижается.

График изменения интенсивности накипеобразования в зависимости от удельного расхода электричества приведен на рис. 1. Математическая обработка результатов исследований проведена стандартной программе Curve expert, график имеет высокую корреляционную связь.

Кривая на рис.1 коррелируется зависимостью:

$$g = 1.698 - 0,020 \cdot d_3 + 0.0002 \cdot d_3^2 - 6,08 \cdot 10^{-7} \cdot d_3^3 \quad (2)$$

где,  $g$  – интенсивность накипеобразования, г/м<sup>2</sup>ч,

$d_3$  – удельный расход электричества, А·ч/м<sup>3</sup>.

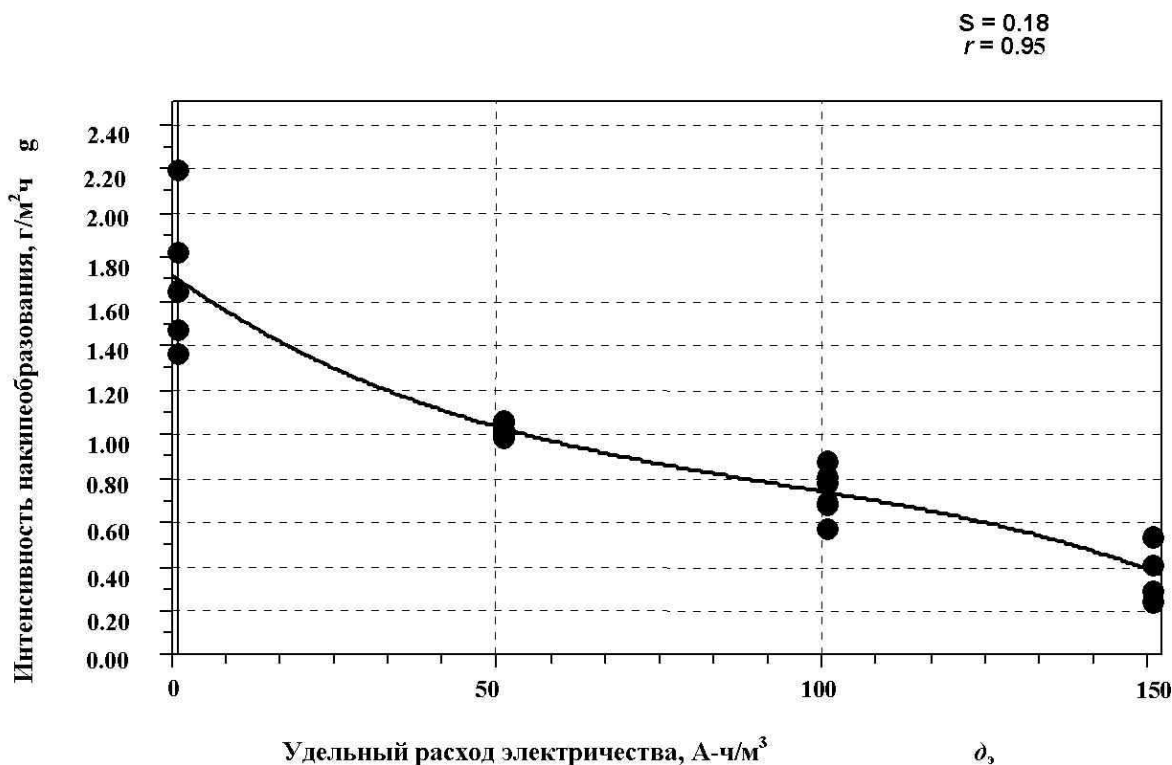


Рис. 1. Зависимость накипеобразования на поверхности нагрева котла от глубины умягчения воды при продолжительности работы котла 8 часов

Fig. 1. The dependence of the scaling on the heating surface of the boiler from the depth of softening water for the duration of the 8-hour operation of the boiler

Зависимость интенсивности накипеобразования на поверхности нагрева котла от удельного расхода электричества довольно близка к линейной. Результат, в общем то, ожидаемый. Чем выше удельный расход электричества, тем выше глубина умягчения воды и тем меньше в воде накипеобразователей – карбоната кальция и гидроксида магния.

На втором этапе исследований продолжительность работы парового котла увеличена до 72 часов. Сначала, как в первой серии экспериментов на подпитку котла подавалась сырая неумягченная вода макеевского водопровода из канала Сев.Донец-Донбасс. Во второй серии – на подпитку котла подавалась вода, прошедшая электрохимическое умягчение при удельном расходе электричества 50 А·ч/м³, в третьей – умягченная при 100 А·ч/м³ и в четвертой – при 150 А·ч/м³. Методика опытов оставалась той же, что и на первом этапе исследований. Продувка производилась путем сброса из котла 0,6-0,8 л воды через каждые 8 часов работы. Кратность упаривания воды составила около 8-9.

При продолжительности опыта 72 часа были получены следующие данные по изменению процента накипи на поверхности нагревательного элемента  $\xi_{отн}$ , %, от общего количества образующейся накипи и средней интенсивности

накипеобразования  $g_{cp}$ , г/м²·час, при увеличении удельного расхода электричества ( $\partial_3$ , А·ч/м³).

$\partial_3$ , А·ч/м³	0	50	100	150
Средняя интенсивность накипеобразования $g_{cp}$ , г/м²·час	0,93	0,84	0,26	0,181
$\xi_{отн}$ , %	7,8	7,1	3,9	6,3

Проведенные исследования [1,2,12] позволили предположить, что эффект электрообработки воды заключается не только в простом снижении содержания солей жесткости. Электрообработка способствует выделению большей части накипи в объеме воды, а не на поверхности теплообмена. Вероятно, это связано с образованием большого количества центров кристаллизации накипи в объеме воды при ее электрообработке. Такое явление часто называют электрохимической активацией растворов. Снижение накипеобразования связывают с двумя эффектами электрообработки – электрохимическим умягчением и электрохимической активацией подпиточной воды.

Что касается механизма действия электрообработки подпиточной воды на накипеобразование на поверхности нагрева парового котла, то можно высказать следующее предположение: электролиз подпиточной воды приводит к нарушению стабильности углекислотно-карбонатной системы водопроводной воды.

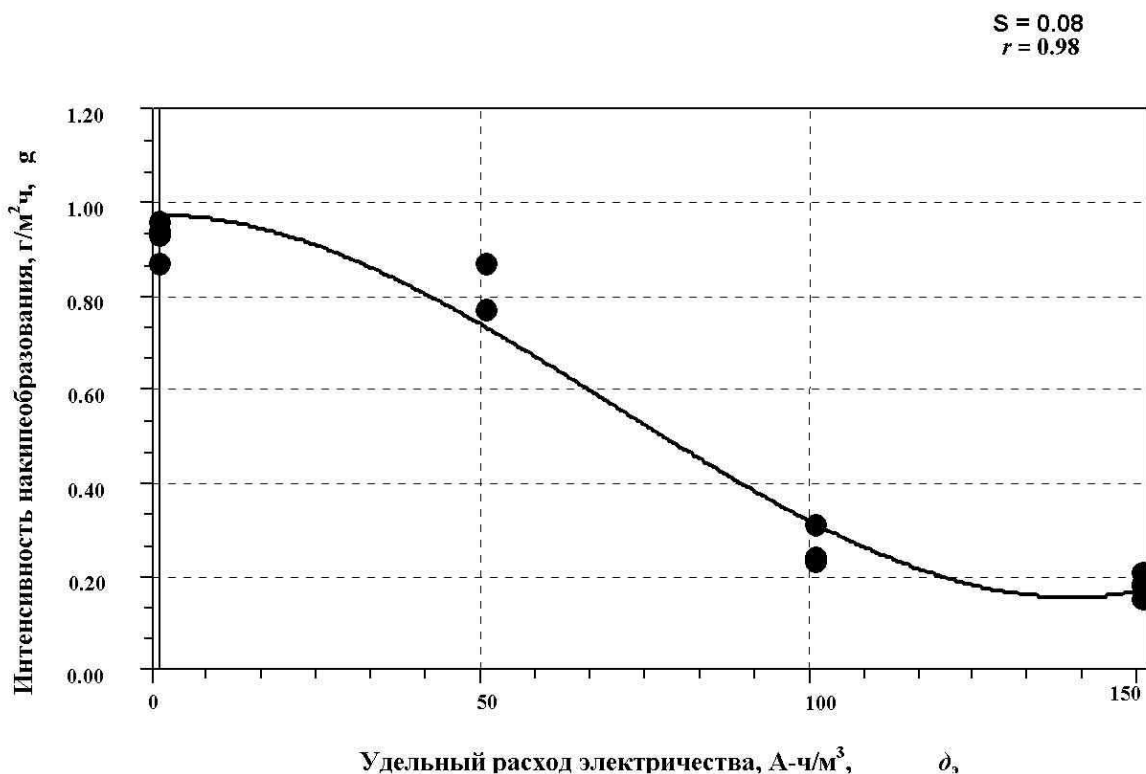


Рис. 2. Зависимость накипеобразования на поверхности нагрева котла от глубины умягчения подпиточной воды при продолжительности работы котла 72 часа

Fig. 2. The dependence of the scaling on the heating surface of the boiler from the depth of softening water for the duration of the 72-hour operation of the boiler

При этом образуются множество центров кристаллизации в виде мельчайших частиц карбоната кальция. При повышении удельного расхода электричества количество центров кристаллизации увеличивается. При удельном расходе электричества около 100 А·ч/м³ и более количество центров оказывается достаточным, чтобы обеспечить при нагреве воды в котле выпадение практически всей накипи в объеме воды в виде шлама. Кристаллизация карбоната кальция и гидроксида магния происходит на центрах кристаллизации, а не на поверхностях нагрева котла.

Кристаллизация и коагуляция являются родственными процессами и вид кривой на рис. 2 свидетельствует о коагуляционно-кристаллизационном механизме действия электролиза подпиточной воды на предотвращение накипеобразования в паровом котле.

Зависимость интенсивности накипеобразования от удельного расхода электричества (рис.2) описывается уравнением:

$$g = 0,973 - 0,00013 \cdot \delta_3^2 + 6,096 \cdot 10^{-7} \cdot \delta_3^3, \quad (3)$$

где,  $g$  – интенсивность накипеобразования, г/м²·ч,

$\delta_3$  – удельный расход электричества, А·ч/м³.

В следующей серии экспериментов изучалась стабильность эффекта противонакипного действия электролиза подпиточной воды на отложения на поверхностях нагрева парового котла при длительной его эксплуатации. Исследования проводились на полупромышленной установке. Продолжительность эксплуатации задана равной 1000 часов. Через каждые 100 часов работы котел останавливался и нагревательный элемент взвешивался, затем котел снова включался в работу. Это позволило проследить динамику накопления накипи на поверхности нагрева. Продувка котла производилась через каждые 8 часов работы путем сброса 0,7-0,8 л воды из котла, т.е. составляла около 10 %. Кратность упаривания воды в котле составляла около 11. На подпитку котла подавалась вода прошедшая электрохимическое умягчение в катодной камере диафрагменного электролизера при удельном расходе электричества 150 А·ч/м³. Такой несколько завышенный расход электричества принят для обеспечения гарантированного противонакипного эффекта. Результаты исследований приведены в табл.1.

Можно отметить следующие положения: прогнозируемая толщина слоя накипи при непрерывной эксплуатации котла в течении 1 года

(8760 часов) составит  $\Delta = 0,50$  мм. Эта величина не превышает допустимую толщину отложений 0,5 мм по п.8.1.3. [11]. График изменения удельного количества накипи во времени приведен на рис.3.

Таблица 1. Интенсивность накипеобразования при подпитке парового котла электрохимически умягченной водой при удельном расходе электричества  $150 \text{ А}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ . Продолжительность опыта  $\tau = 1000$  часов, кратность упаривания воды 11.

Table 1. The intensity of scaling in the steam boiler at feed electrochemically softened water in the specific consumption of electricity  $150 \text{ A}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ . The duration of the experiment  $\tau = 1000$  hours, the multiplicity of evaporation of water 11.

Продолжительность работы установки час	Масса накипи на поверхности нагрева, $G_{\text{н}}$ , г.	Прирост массы накипи на интервале в 100 час, $\Delta G$ , г	Удельное количество накипи от начала опыта $g_{\text{уд}}$ , $\text{г}/\text{м}^2$	Толщина слоя накипи, мм	Интенсивность накипеобразования на интервале 100 час, $g_{\text{н}}$ , $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{час}$	Общая интенсивность накипеобразования от начала опыта, $g$ , $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{час}$
0	0	-	-	-	-	-
100	0,3267	0,3267	23,6	0,01	0,236	0,236
200	0,6553	0,3286	47,4	0,02	0,238	0,237
300	1,0434	0,3881	75,5	0,031	0,281	0,28
400	1,0463	0,0029	75,7	0,031	0,0021	0,21
500	1,0369	-0,0094	75,0	0,031	-	0,16
600	1,5088	0,4719	109,0	0,045	0,342	0,2
700	1,7716	0,2628	128,0	0,053	0,190	0,2
800	2,0387	0,2671	148,0	0,061	0,193	0,2
900	2,2226	0,1839	160,0	0,067	0,133	0,2
1000	1,7724	-0,4502	128,0	0,053	-	0,14

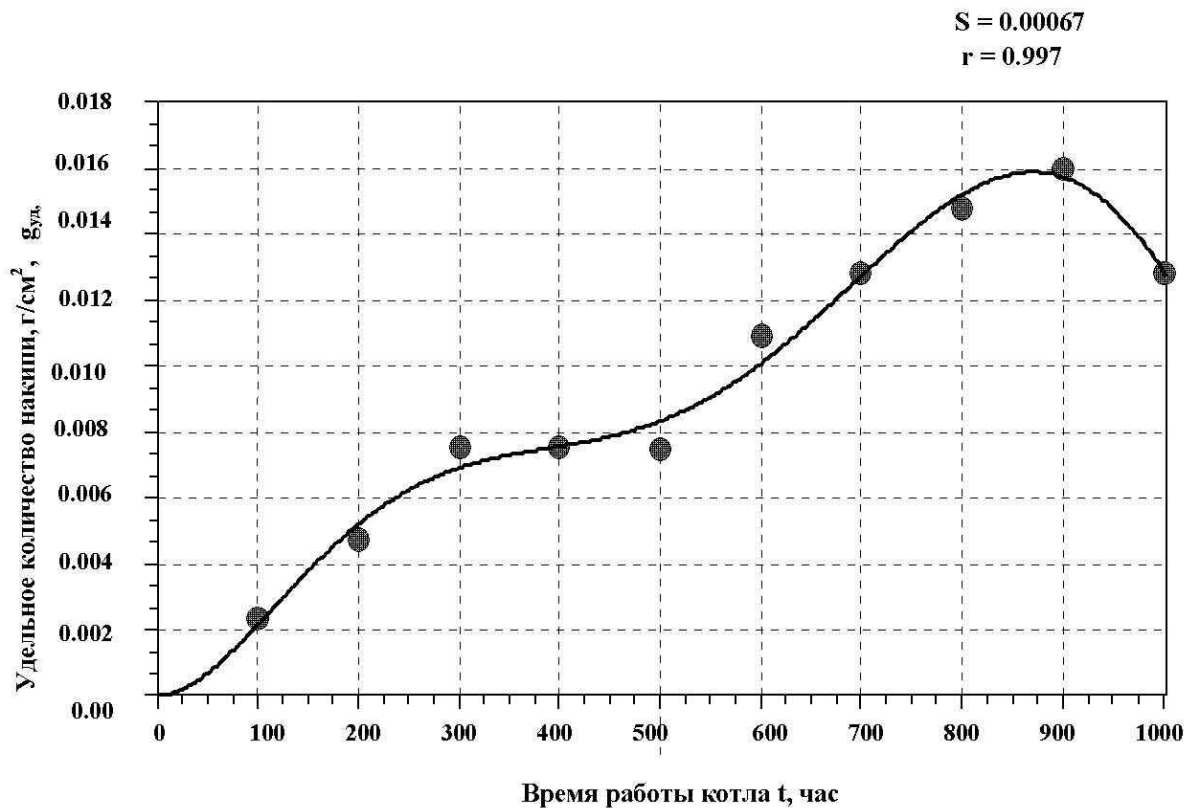


Рис. 3. Изменение удельного количества накипи на нагревательных элементах котла во времени  
Fig. 3. Change the specific amount of scurf on the heating elements of the boiler in time

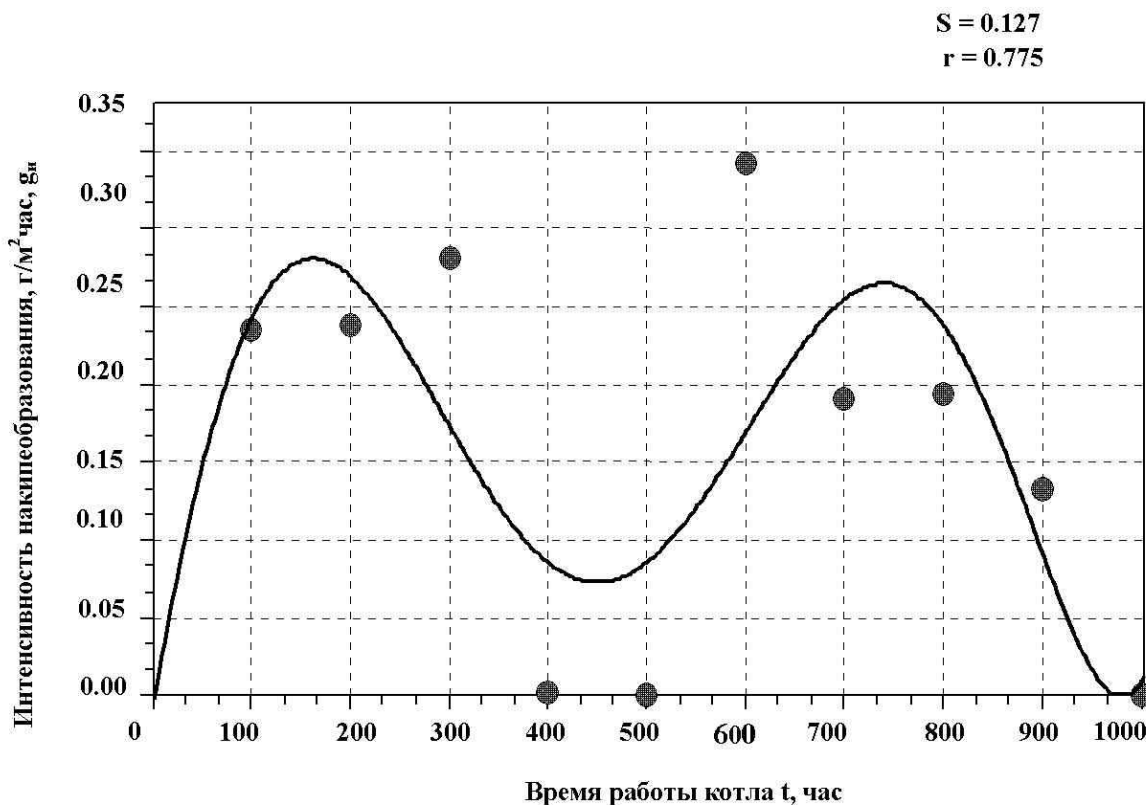


Рис. 4. Интенсивность накипобразования на нагревательном элементе котла.

Fig. 4. The intensity of scaling on the heating element of the boiler.

Графическая зависимость имеет вид полинома 6-й степени с высоким коэффициентом корреляции.

$$g_{уд} = 9,587 \cdot 10^{-6} - 1,113 \cdot 10^{-7} \cdot \partial_3 + 3,561 \cdot 10^{-7} \cdot \partial_3^2 - 1,641 \cdot 10^{-9} \cdot \partial_3^3 + 3,046 \cdot 10^{-12} \cdot \partial_3^4 - 2,469 \cdot 10^{-15} \cdot \partial_3^5 + 7,206 \cdot 10^{-19} \cdot \partial_3^6, \quad (4)$$

где,  $g_{уд}$  – удельное количество накипи, г/см<sup>2</sup>,

$\partial_3$  – удельный расход электричества, А·ч/м<sup>3</sup>.

Отметим, что периодически, примерно через каждые 500 часов эксплуатации котла, происходит отслаивание ранее образовавшейся накипи. Об этом свидетельствует отрицательный прирост массы накипи при продолжительности

работы установки 500 и 1000 часов. Во втором случае отслаивание происходит более интенсивно. Можно ожидать, что при длительной эксплуатации котла толщина слоя накипи стабилизируется и не будет далее расти, либо рост будет очень слабым. Это позволяет перевести паровые котлы небольшой мощности на подпитку электрохимически умягченной водой и отказаться от химводоочистки двухступенчатым натрийкатионированием.

Интенсивность накипобразования на нагревательном элементе котла приведена на рис.4, и имеет графическую зависимость полинома 6-й степени с высокой корреляционной связью.

$$g_{и} = -0,0039 + 0,0036 \cdot \partial_3 - 9,716 \cdot 10^{-6} \cdot \partial_3^2 - 2,805 \cdot 10^{-8} \cdot \partial_3^3 + 1,320 \cdot 10^{-10} \cdot \partial_3^4 - 1,600 \cdot 10^{-13} \cdot \partial_3^5 + 6,220 \cdot 10^{-17} \cdot \partial_3^6, \quad (5)$$

где,  $g_{и}$  – интенсивность накипобразования, г/м<sup>2</sup> час,  
 $\partial_3$  – удельный расход электричества, А·ч/м<sup>3</sup>.

Такое мероприятие, как электрохимическое умягчение подпиточной воды для паровых котлов может принести значительный экономический и экологический эффект. В водоемы не будут поступать весьма соленые стоки химводоочисток. Не будет необходимости в организации реагентного хозяйства.

## ВЫВОДЫ.

Исходя из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- электрохимическая активация накипобразователей наиболее ярко проявляется при неглубокой степени умягчения подпиточной воды удельным расходом электричества 50 А·ч/м<sup>3</sup>. Об этом свидетельствует минимум процента накипи на поверхности нагрева от общего ее количества;

- зависимость интенсивности накипеобразования на поверхности нагрева котла от удельного расхода электричества на умягчение подпиточной воды имеет вид типичной коагуляционной кривой. Оптимальные удельные расходы электричества составляют около 100-150 А·ч/м<sup>3</sup>.

- снижение накипеобразования на поверхностях нагрева котла при подпитке электрохимически умягченной водой объясняется не только устранением части жесткости воды, но и коагуляционным действием образующихся при электрохимическом умягчении многочисленных центров кристаллизации частиц накипи в объеме воды.

- эксплуатация прямоточного парового котла при подпитке электрохимически умягченной водой в течение 1000 часов подтвердили возможность того, что в течении 1 года эксплуатации толщина слоя накипи на поверхности нагрева не превысит допустимую величину 0,5 мм.

- исследования показали, что паровые котлы могут работать без химводоочистки подпиточной воды двухступенчатым натрийкатионированием, если использовать электрохимическое умягчение подпиточной воды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко С.Е., 2005. Безреагентная технология водоподготовки для паровых котлов. – Вестник: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка. – Вып. 2005-2(50). – 28-33
2. Антоненко С.Е., 2003. Снижение накипеобразования в паровых котлах. – Вестник: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка. – Вып. 2003-4 (41). – 18-22.
3. Антропов Л.И., 1965. Теоретическая электрохимия: [учебник] – М.: Высш.шк. –508.
4. Валкина Е., Вернези, Николенко И., Богуцкий П., 2010. Использование методов водоочистки в новейших энергосберегающих технологиях. MOTROL. — Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. — Lublin, — Vol. 12С. — 114—120.
5. ВР Украины Закон от 21.12.2010 № 2818-VI (2units) Об Основных принципах (стратегии) государственной экологической политики Украины на период до 2020 года
6. Гончарук В.В., Маляренко В.В., 2001. Изменение свойств воды под влиянием электрохимической обработки. – Химия и технология воды. – т.23.№4 – 345.
7. Грановский М.Г., Лавров И.С., Смирнов О.В., 1976. Электрообработка жидкостей: [учебник] – Л.:Химия. – 216.
8. Демидова Ю.М., 2009. Ресурсосберегающая технология электрообработки воды для мини-ТЭЦ. Дисс. канд. тех. н. – Казань, – 203.
9. Дыганова Р.Я., Шинкевич Е.О., 2001. Экспериментальные исследования очистки воды в условиях г.Казани методом ЭХО. – Изв.вузов. Пробл.энерг., – № 11-12, – 123-127.
10. Закон Украины "О энергосбережении" от 01.07.94г. (с изменениями №783-XIV ( 783-14 ) от 30.06.99, ВВР, 1999, №34, ст.274 - редакция вступает в силу одновременно с вступлением в силу Закона о Государственном бюджете Украины на 2000 года)
11. Кострыкин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В., 1990. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: [Справочник] – М.: Энергоатомиздат – 254.
12. Лукьянов А.В., Найманов А.Я., Антоненко С.Е., 2011. Экспериментальные исследования накипеобразования в паровом котле при подпитке электрохимически умягченной водой. – Вестник: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макіївка. – Вып. 2011-5 (91). – 23-30.
13. Мазо А.А., Гребенюк В.Д., 1993. Экологические проблемы очистки воды. – Химия и технология воды. – №11,12. – 745-766.
14. Найманова А.А., 1998. Промышленные испытания противонакипной электрообработки воды в системах отопления. – Вестник: Донбасской государственной академии строительства и архитектуры. –Макеевка –Вып. 98-2 (10) – 57-59.
15. Найманов А.Я., Антоненко С.Е., 2004. Подпитка газовых котлов электрохимически умягченной водой. Технічні науки (будівництво). 36.наукових праць ЛНАУ, – Луганск – №32(44) – 63-68
16. Найманов А.Я., Балинченко О.И., Лыштван В.Д., 1995. Влияние электрообработки воды импульсным током на отложение накипи. – Химия и технология воды. – т.17, №2. – 219-224.
17. Найманов А.Я., Зотов Н.И., Антоненко С.Е., 2004. Электрохимическая технология водоподготовки для паровых котлов. – «Коммунальное хозяйство городов» серия «Технические науки и архитектура». – Киев: Техніка. – вып.58.– 89-94.
18. Найманов А.Я., Кравченко М.В., 1991. Влияние электрообработки на накипеобразование в теплообменниках. – Новые технологические процессы и оборудование в области очистки воды и трубопроводов.: Сб.научн.тр. Отв.ред. Куликов Н.И. - Киев: УМК ВО.- 28-38.
19. Найманов А.Я., Кравченко М.В., Плеханов Т.Б., 1989. Снижение накипеобразования в водогрейных теплогенераторах посредством электрообработки воды. – Новые технологические решения для строительной пром-ти Донбасса: Тр. – Киев: УМК ВО. – 140.
20. Найманов А.Я., Найманова А.А., 1998. О механизмах действия электрообработки воды на накипеобразование в теплообменниках. – Теплоэнергетика — № 7. – 59.

21. Найманов А.Я., Никиша С.Б., 1983. Исследование работы антинакипного электрического аппарата. – Пром. энергетика. – №11. – 43-45.
22. Найманов А.Я., Найманова А.А., Антоненко С.Е., 2001. Прогрессивный метод снижения накипеобразования. – Проблемы экологии: Донецкий национальный технический университет – Донецк. – 1'2001. – 17-21.
23. Пермяков Б.А., Попета В.В., 2002. Исследование экологически чистых безреагентных систем очистки воды в котельных установках и системах теплоснабжения. – Энергосбережение и водоподготовка. – №3 — 80.
24. Постановление Кабинета Министров Украины № 929 от 7.08.1966 «Про посилення контролю за режимами споживання електричної і теплової енергії».
25. Постановление Кабинета Министров Украины № 148 от 5.02.1997 «Про комплексну державну програму енергозбереження України»/ Зібрання законодавства України, 2/1997 ст.243 от 1991г.
26. Фархадов А. А., 1964. Электрохимический метод борьбы с накипью. – Баку: Азерб. гос. издат. – 104.
27. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М., 1987. Технология электрохимической очистки воды: [учебник] – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние. – 312.
28. Katz W., 1972. Electrodialysis preparation of boiler feed and other demineralized Waters. – Amer:Power conf. – Chicago. – vol.33.
29. Rosset R, Mercier D, S Douville, 1997. The extent to furring of the waters by electrochemical methods and processes preventatives. – Ann Grant, Exp, Chim, – January-February-March, – 90 No. 938, – 41-65.
30. Shigory Itoi, Ikuo Nakamura, 1978. Water Desalination by Electrodialysis. – Chem. Economy Eng. Rev. – January. – vol.10, №1 (113).

### **RESEARCH WATER CHEMICAL THE MODE OF THE DIRECT-FLOW BOILER AT FEED BY THE WATER WHICH HAS PASSED ELECTROCHEMICAL WATER TREATMENT.**

**Summary.** In article the results of researches of the process of scaling in the boiler at feed electrochemically treated water. The dependences of the intensity scale formation on the depth of softening make-up water and the intensity of scaling on the heating element of the boiler. The results of check the stability of the detected effect of action anti-scale electrolysis of make-up water on scurf at the surface of the heating steam boiler at its long-term operation.

**Key words:** electrochemical softening, specific consumption of electricity, the intensity of scaling.