

05.00.00 Engineering science

05.00.00 Технические науки

UDC 621.7

Electro-impulse Method of Surface Cleaning¹ Bekbolat R. Nussupbekov² Kappas Kussaynov³ Ayanbergen K. Khassenov

¹ Karaganda State University named after the academician E.A.Buketov, Kazakhstan
PhD (Technical), Associate Professor

E-mail: bek_nr1963@mail.ru

² Karaganda State University named after the academician E.A.Buketov, Kazakhstan
Dr. (Technical), Full Professor

E-mail: kappaso90108@mail.ru

³ Karaganda State University named after the academician E.A.Buketov, Kazakhstan
PhD

E-mail: ayanbergen@mail.ru

Abstract. This article is focused on the qualitative assessment of the electro-impulse method of surface cleaning efficiency. Heat exchanger tubes are cleaned under the action of blast waves created by the high voltage discharge in the liquid. The article presents dependences of degree of surface purification on the impulse voltage at switching device and on spark rate.

Keywords: Electro-impulse method; switching device; electro-hydraulic blow; spark gap.

Введение. Внедрение эффективных методов теплообмена в каналах и трубах, уменьшение гидравлических, тепловых потерь, повышение интенсификации теплоотдачи поверхности и оптимальное использование энергетических запасов являются актуальными проблемами современной теплоэнергетики [1-4].

Если в качестве рабочей среды в котельной установке используется техническая вода, то интенсивность появления накипи внутри трубы и парогенерирующего пучка труб зависит от состава и степени очистки воды, наличия механических примесей и растворенных в ней солей, который приводит к уменьшению эффективности установки и увеличению расхода топлива [2].

Обладая низкой теплопроводностью, слои ржавчины, накипи и других отложений резко ухудшают передачу тепла в парогенераторах, вызывая перерасход топлива. Например, слой накипи толщиной в 1 мм влечет за собой перерасход условного топлива на 2,5 %, а толщиной 4 мм – на 7,5 %, что для котла ДКВР-4 соответствует перерасходу мазута 770 кг/сутки. При обработке глинозема толщина отложений накипи колеблется от нескольких миллиметров (в подогревателях пульпы) до двух метров (в карбонизаторах), что вынуждает останавливать оборудование для очистки от накипи 5–25 раз в месяц [1-3].

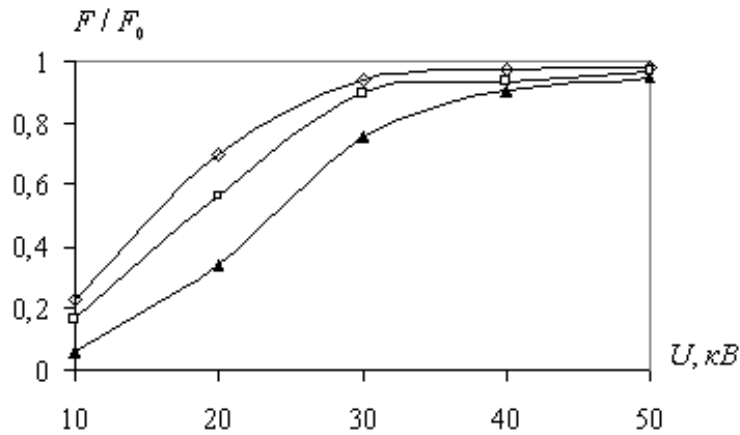
Классические способы борьбы с накипью связаны с удалением из питательной воды солей жесткости (поглощением их различными ионитами) или добавлением к воде химических веществ (например, фосфаты). Эти способы очень дороги, а поэтому и применяют их в основном на крупных теплообменных агрегатах. Многочисленный парк котлов, водоподогревателей и теплоагрегатов различной мощности зачастую питается обыкновенной сетевой водой [2, 4]. Для очистки появившихся отложений применяются специальные механизмы и устройства, в том числе и механические, химические и другие, но они либо недостаточно эффективны, либо экологически вредны. Кроме того, на многих технологических предприятиях используются трубы из дорогостоящих металлов, которые после загрязнения трудно поддаются очистке, а в ряде случаев просто вырезаются и удаляются вместе с отложениями, что очень дорого. Поэтому необходимость в эффективной

очистке полостей труб является в настоящий момент актуальной задачей не только в Республике Казахстан, но и в странах СНГ и дальнего зарубежья.

Следовательно, поиск новых методов очистки теплообменных поверхностей становится актуальной технико-экологической задачей. В связи с вышеуказанным, на наш взгляд, достаточно перспективными являются установки для очистки труб основанные на электрогидравлическом эффекте [4–9].

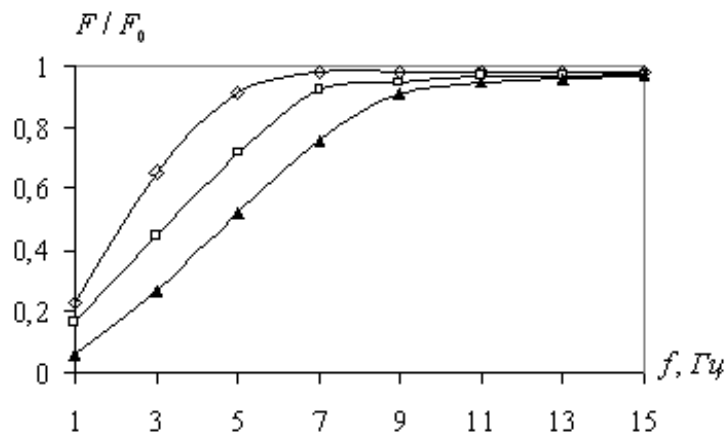
Материалы и методика эксперимента: Воздействие электрогидроимпульсного удара на эффект удаления твердых отложений исследовалось при импульсном напряжении на коммутирующем устройстве $10 \div 45$ кВ; при этом емкость конденсаторной батареи 0,1; 0,25 мкФ. Межэлектродный промежуток изменялся от 5 до 20 мм при длинах передающего кабеля 25 м. В результате проведенных работ для каждого эксперимента подобрана оптимальная мощность электрогидравлического удара и частота следования импульсов. Экспериментальные работы проводились для труб диаметрами 33; 38; 73 мм с толщиной накипи от 0,5 мм до 15 мм и длиной от 1,0 м до 3,0 м.

Результаты и их обсуждение: На рисунках 1 и 2 представлены основные электрические параметры электрогидроимпульсной установки, влияющие на степень очистки (F/F_0) труб. Из полученных результатов видно, что для полной очистки труб, импульсное напряжение на коммутирующем устройстве должно иметь величину $150 \div 360$ Дж.



$$\delta_{\text{отл}} \approx 4 \div 6 \text{ мм}; d = \diamond, \square - 33 \text{ мм}, \square - 38 \text{ мм}, \blacktriangle - 73 \text{ мм}$$

Рис. 1. График зависимости степени очистки труб от импульсного напряжения на коммутирующем устройстве



$$\delta_{\text{отл}} \approx 4 \div 6 \text{ мм}; d = \diamond, \square - 33 \text{ мм}, \square - 38 \text{ мм}, \blacktriangle - 73 \text{ мм}$$

Рис. 2. Зависимость степени очистки труб от частоты следования разрядов для различных труб

Устойчивая работа установки достигалась в диапазоне рабочих напряжений от 25 до 35 кВ. Для обеспечения необходимой скорости очистных работ (порядка 3 м/мин до 5 м/мин) частота следования разрядов устанавливалась из опытных данных порядка 7 Гц.

В ходе экспериментов состояние подвергнутой обработке поверхности $d = 38 \text{ мм}$ контролировалось с помощью микроскопа "МЕТАМ-81", которые установили отсутствие трещин или иных заметных деформаций. В процессе очистки под воздействием ударной волны отложения растрескиваются и скалываются фрагментами, размер которых меняется в определенных пределах (максимальный измеренный размер скола составляет $17 \times 28 \text{ мм}$) и затрудняет продвижение очищающего кабеля-электрода (рис. 3).



а) отложения в котловых трубах $d = 51 \text{ мм}$;

б) солевые отложения на выпарных аппаратах $d = 38 \text{ мм}$

Рис. 3. Виды накипных отложений

На очищенной поверхности трубы отмечены прижоги: точечные, в виде пятен, диаметрами $(0,5 \div 3,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и продолговатые, в виде полос шириной $(0,3 \div 1,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, длиной $(6 \div 15) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Поверхность металла в местах прижогов была более шероховатая, чем исходная, максимальная высота микронеровностей достигает $0,086 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Концентрация точечных прижогов колебалась в пределах $(1 \div 10) \frac{1}{\text{см}^2}$, и зависит от положения подвижного электрода в момент прохождения участка трубы, и скорости его перемещения. В местах прижогов поверхность оплавлена и заметны вкрапления меди (материала электрода) круглой формы, диаметрами $(0,032 \div 0,055) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Как показывает эксперимент, прижоги и вкрапления материала электрода, отмеченных размеров не влияют на эксплуатационные свойства теплообменных труб.

Очистка различных труб происходит под воздействием ударной волны образующейся при высоковольтном разряде в жидкости зависящей от энергетических и электрических параметров установки.

Выводы. Практика подтверждает, что в настоящее время очистка поверхностей от твердых отложений с помощью электрогидроимпульсной установки является более эффективным и экологически безопасным способом.

Примечания:

1. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. М.: Энергия, 1975. 488 с.
2. Чечеткин А.В. Теплотехника / А.В. Чечеткин, Н.А. Занемонец. М.: Высшая шк., 1986. 386 с.

3. Шейко А.Б. Влияние материала поверхности на отложения в теплообменном оборудовании систем технической воды / А.Б. Шейко, Р.З. Бубликов // Теплоэнергетика. 2002. № 7. С. 62–66.
4. Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий. Киев: Наукова думка, 1990. 280 с.
5. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости. Киев: Наук. Думка, 1986. 208 с.
6. Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии. Киев: Наукова Думка, 1983. 272 с.
7. Курец В.И. Электроимпульсная дезинтеграция материалов / В.И. Курец, А.Ф. Усов, В.А. Цукерман. Апатиты: Кольского НЦ РАН, 2002. 324 с.
8. Кусаиынов К. Изучение микроструктуры котельных накипей / К. Кусаиынов, Б.Р. Нусупбеков, Р.С. Турлыбекова // Вестник развития науки и образования. 2009. №2. С. 7–10.
9. Нусупбеков Б.Р., Картбаева Г.Т., Хасенов А.К. Эколого-экономическая эффективность внедрения ресурсосберегающей технологии // Промышленная теплотехника. 2011. № 8. Т. 33. С. 76-81.

УДК 621.7

Электроимпульсный метод очистки поверхности

¹ Бекболат Рахисевич Нусупбеков

² Каппас Кусаиынов

³ Аян Кайырбекович Хасенов

¹ Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан
кандидат технических наук, доцент
100026, Караганда, ул. Университетская, д.29, кв.89
E-mail: bek_nr1963@mail.ru

² Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан
доктор технических наук, профессор
100026, Караганда, ул. Университетская, д.11, кв.33
E-mail: kappas090108@mail.ru

³ Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан
PhD
100008, Караганда, ул.Лободы д.34, кв. 28
E-mail: ayanbergen@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена качественной оценке эффективности применения электроимпульсного способа очистки поверхности. Очистка теплообменных труб происходит под воздействием ударной волны образующихся при высоковольтном разряде в жидкости. Получены зависимости степени очистки поверхностей от импульсного напряжения на коммутирующем устройстве и от частоты следования разрядов.

Ключевые слова: электроимпульсный метод; коммутирующее устройство; электрогидравлический удар; межэлектродный промежуток.