

А.Р. Ризун, И.С. Швец, Ю.В. Голень

### ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
просп. Октябрьский, 43А, г. Николаев, 54018, Украина*

Основными отраслями промышленности, в которых массово применяются теплообменные аппараты (ТА), являются химическая, коксохимическая, нефтехимическая, энергетическая; ТА используются и на отдельных предприятиях других отраслей, например, глиноземные, сахарные заводы и другие.

В результате многократного использования оборотной воды в процессах теплообмена возрастает ее жесткость, что приводит к образованию минеральных отложений на стенках ТА. Уже при толщине отложений 1,5 – 2,0 мм резко снижается коэффициент теплопередачи, возрастают потери энергии и снижается выход основного технологического продукта.

Изучение проблемы очистки труб ТА непосредственно на предприятиях показало, что особенно остро стоит проблема удаления прочных отложений. Существующие технологии очистки теплообменных поверхностей базируются на химическом, абразивном, механическом или гидромеханическом способах. Наиболее часто применяют одновременно несколько способов: размягчение отложений с помощью 5 – 15% раствора соляной кислоты или углеводородных растворителей с последующим удалением отложений абразивными способами: механическим – бурами, шарошками и тому подобное, или гидромеханическими – струей воды высокого давления [1]. К недостаткам вышеназванных способов следует отнести:

- химический способ не является экологически чистым, высокая стоимость реагентов, необходимость нейтрализации и захоронения отходов, кроме того, травильные растворы могут вызвать последующую коррозию материала труб;

- абразивный – недостаточная полнота очистки, высокая трудоемкость, запыленность;

- гидромеханический – высокая стоимость оборудования и эксплуатационных затрат.

Проблема образования отложений и их последующего удаления существует и на нефтепромыслах [2]. Отложение солей и других минеральных веществ происходит на различных участках насосно-компрессорных труб, вплоть до призабойных зон скважин.

Особо интенсивные отложения наблюдаются в выкидных линиях и на внутривыпускных коммуникациях. Скорость и глубина зарастания насосно-компрессорных труб зависит от объема и минерализации попутно извлекаемой с нефтью воды.

Минеральные отложения в трубах представляют собой  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и ряд солей других. Кроме минеральных в насосно-компрессорных трубах образуются отложения высокомолекулярных углеводородов (парафинов) от  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  до  $\text{C}_{130}\text{H}_{262}$ .

Кристаллизация парафинов происходит вследствие изменения термодинамического состояния лотка. В условиях нефтепромыслов отложения парафинов, начиная с глубины 800 – 900 м с нарастанием простираются до устья скважин, а в осенне-зимние периоды и по выкидным линиям. Период замены труб составляет от 10 суток до нескольких месяцев.

Электрогидроимпульсная технология основана на использовании энергии высоковольтного электрического разряда в водной среде между специальным электродом и трубой, который генерирует ударные волны и гидротоки жидкости, обеспечивающие разрушение и удаление отложений или других нежелательных покрытий [3].

Такая технология и оборудование могут найти применение в следующих отраслях промышленности:

- химическая и нефтеперерабатывающая (теплообменники и коммуникации);
- металлургия (теплообменники);
- нефтедобыча (насосно-компрессорные трубы, внутрипромысловые коммуникации);
- теплоэнергетика (теплообменники, котлы, бойлеры, коммуникации).

Основными преимуществами электрогидроимпульсной технологии являются простота эксплуатации оборудования и низкое энергопотребление; высокое качество очистки и экологическая чистота; возможность удаления отложений высокой прочности; невысокая стоимость оборудования и низкие эксплуатационные расходы по сравнению с традиционными механическими и химическими методами.

Оборудование типа «Искра» для электрогидроимпульсной очистки (ЭГИО) поверхности труб от отложений состоит из технологического узла, высоковольтного блока, системы управления и контроля.

Оборудование имеет блочную схему компоновки, легко транспортируется и может работать как на стационарных участках в производственных помещениях, так и на открытых площадках, эстакадах и промыслах.

При обработке теплообменных аппаратов работа оборудования сводится к следующему. Технологический узел осуществляет ввод электрода в трубу, его перемещение и обеспечивает подачу в трубу воды. При включенном генераторе импульсных токов происходит обработка внутренней поверхности трубы. Скорость перемещения электрода определяется при разработке техпроцесса.

Производительность очистки труб зависит от параметров разрядного контура и характеризуется скоростью очистки

$$V = f \frac{L_{\text{тр}}}{\sum N}, \quad (1)$$

где  $V$ , м/с;  $L_{\text{тр}}$  – длина очищаемого участка трубы, м;  $\sum N$  – суммарное количество разрядов, затраченных на очистку участка  $L_{\text{тр}}$ ;  $f$  – частота следования разрядов, Гц.

В свою очередь количество разрядов, затраченных на ЭГ очистку участка трубы, зависит от прочности отложений ( $\sigma_{\text{сж}}$ ). Радиус разрушения отложений от единичного разряда определяется эмпирической зависимостью, установленной по результатам большого количества экспериментов при разрушении неметаллических материалов (4)

$$R = 0,01 \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{сж}}}}, \quad (2)$$

где  $P$  – давление волны сжатия, генерируемой электроразрядом, зависит от параметров разряда и расстояния  $r$  от канала разряда до точки разрушения (нахождения отложений) и определяется выражением [5]:

$$P = 6(l U_0^2)^{1/3} \frac{1}{r}, \quad (3)$$

где  $l$  – разрядный промежуток, равный 0,04 – 0,06 м;  $U_0$  – рабочее напряжение;  $r$  – расстояние объекта разрушения от канала разряда, может быть равным 0 – 0,12 м;  $\sigma_{\text{сж}}$  – предел прочности отложения при сжатии (3 – 6 ед. по шкале Мооса);

Таким образом, зная параметры установки, диаметр трубы, прочностные характеристики отложений, их объем по формулам (1) – (3), устанавливается скорость движения электрода в трубе, заполненной водой.

Разрушенная масса отложений или других нежелательных покрытий удаляется потоком воды через восстановленное сечение трубы в сборный бункер.

В таблице представлена краткая техническая характеристика ЭГ оборудования типа «Искра» по очистке труб с учетом расчетных показателей производительности и энергозатрат.

Участок электроразрядной очистки труб нефтяных скважин или наземных коммуникаций может содержать три позиции: прошивку отверстия в отложениях, электрогидроимпульсную обработку и гидроиспытание труб. Операция прошивки предусмотрена для случаев, когда отверстие в

отложениях недостаточно для прохождения электродной системы. Порядок выполнения рабочих операций очистки насосно-компрессорных труб принципиально не отличается от – выполнения операций, изложенных для очистки труб в ТА на установках типа «Искра».

#### *Основные технические характеристики*

Производительность в зависимости от диаметра труб, толщины и прочности отложений, м/ч	10 – 40
Энергопотребление, кВт·ч/м	0,1 – 0,4
Диаметр обрабатываемых труб, мм	25 – 500
Длина труб, мм, не более	12000
Масса оборудования, кг	150 – 400
Количество обслуживающего персонала, чел.	1 – 2
Сроки окупаемости установки, год, не более	1

Освоение оборудования и технологии 6 – 12 месяцев с учетом отработки технологии в производственных условиях “Заказчика”.

Таким образом, использование электрогидроимпульсной очистки позволяет в первую очередь экономить дорогостоящие трубы в ТА, повысить производительность добычи нефти, воды, значительно улучшить санитарно-гигиенические условия при проведении ремонтных работ.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Поникаров И.И.* Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов. М., 1989.
2. *Алагаров Ф.Ф., Рзазаде Н.А.* Проблемы борьбы с твердыми отложениями при добыче нефти. Баку. 1995. С 26 – 32.
3. *Гаврилов Г.Н., Горовенко Г.Г., Малюшевский П.П., Рябинин А.Г.* Разрядноимпульсная технология обработки минеральных сред. Киев, 1979.
4. *Ризун А.Р., Цуркин В.Н.* Электроразрядное разрушение неметаллических материалов // Электронная обработка материалов. 2002. № 1. С. 83 – 85.
5. *Гульий Г.А., Малюшевский П.П.* Высоковольтный электрический разряд в силовых импульсных системах. Киев, 1977.

*Поступила 22.10.02*

#### **Summary**

The method of pulsed electrical discharge treatment is environmentally appropriate and effective enough for crushing high strength materials. It is widely used at crushing moulds and cores in the process of cast cleaning, destruction of materials in porcelain and fireproof industry. In this work the schemes and technical calculations are presented for the problem of cleaning tubes of heat exchange apparatus or tubes intended for other applications. The radius of the deposit destruction has been evaluated as well its volume and the method's productivity. The work may be of interest for specialists in the field of material destruction as well as in the fields of industry where heat exchange apparatus are used.