

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ТВЕРДЫХ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Очистка насосно-компрессорных труб от солевых отложений, часто обладающих повышенным радиоактивным фоном, является сложной экологической проблемой. На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что наибольшей эффективностью обладает схема электрогидроимпульсной очистки с разрядом на стенку трубы.

To clean pump-compressor tubes of salt deposits, which can have an elevated background, is a complicated ecological problem.

Relying on investigations conducted it was found that a scheme of electro-hydro-pulsed cleaning with discharge into the tube wall is most effective.

При эксплуатации нефтяных месторождений нефтедобывающие организации сталкиваются с проблемой выхода из строя насосно-компрессорных труб (НКТ), связанного с потерей проходного сечения в результате отложения на стенках различных солей. Часто эти соли обладают повышенным радиоактивным фоном, что затрудняет повторное использование труб, а также их утилизацию. Используемый в настоящее время гидродинамический метод удаления солевых отложений обеспечивает удаление далеко не всех видов отложений. В связи с этим задача разработки технологии очистки НКТ от солевых отложений является актуальной.

Для очистки поверхности металлов от различного рода наслоений обычно используется электроимпульсная технология [4]. Попытки использовать оборудование и технологии, применяемые для электрогидроимпульсной очистки труб от накипи, не дали положительных результатов, так как солевые отложения в НКТ обладают более высокими механическими и адгезионными характеристиками.

Целью настоящей работы является определение возможности очистки НКТ с помощью электроразрядной технологии.

Существует две разновидности электроразрядной технологии: магнитно-импульсная и электрогидроимпульсная. В магнитно-

импульсной технологии нагружение обрабатываемого объекта производится давлением импульсного магнитного поля, создаваемым индуктором при прохождении по нему импульса тока [1], а в электрогидроимпульсной – гидродинамическими силами, возникающими при высоковольтном разряде в жидкости [3].

Магнитно-импульсная обработка труб производилась цилиндрическим индуктором, расположенным снаружи трубы. При проведении экспериментов изменялась энергия, запасаемая генератором импульсных токов, и частота разрядного тока за счет изменения числа витков индуктора. В результате экспериментов установлено, что наиболее прочные солевые отложения разрушаются при параметрах нагружения, близких к величинам, вызывающих пластическую деформацию трубы, и не зависящих от частотных характеристик нагружения. Для надежной очистки необходимо на каждом обрабатываемом участке трубы производить два-три импульса нагружения. Следовательно, разрушение солевых отложений происходит в результате упругих колебаний стенки трубы.

При электрогидроимпульсной обработке труб разряд можно осуществлять снаружи или внутри трубы. В случае наружного расположения канала разряда труба нагружается импульсным давлением, что приво-

дит к формированию в ее стенке ударных волн и вызывает упругие колебания стенки трубы. Такая схема нагружения приближается к схеме магнитно-импульсного воздействия, эффективность ее низка, особенно при заполнении внутренней полости трубы жидкостью.

При разряде внутри трубы, заполненной жидкостью, канал разряда может быть сформирован между двумя электродами или между потенциальным электродом и стенкой трубы. При двухэлектродной схеме на соляные отложения воздействуют ударные волны, упругие колебания стенки трубы и гидропоток, обусловленный колебаниями объема газового пузыря, который образуется вокруг канала разряда, а при разряде на стенку трубы к ним добавляются откольные явления, связанные с электрическим пробоем соляных отложений. Все эти факторы положительно влияют на процесс разрушения соляных отложений.

Результаты экспериментов показали, что электрогидроимпульсная технология с разрядом внутри трубы позволяет разрушать соляные отложения при энергии, запаасаемой генератором импульсных токов, значительно меньшей, чем этого требует магнитно-импульсная технология. При этом процесс очистки с разрядом на стенку трубы более эффективен. Следует отметить, что электрогидроимпульсная очистка труб является более технологичной и экологически безопасной по сравнению с магнитно-импульсной технологией, так как она позволяет легко обеспечить поток жидкости внутри трубы, выносящий разрушенные солевые осадки из трубы, что значительно облегчает их утилизацию. Кроме того, электрогидроимпульсная технология позволяет проводить многоимпульсную обработку каждого участка трубы с производительностью до нескольких импульсов в секунду. При магнитно-импульсной обработке производительность ограничивается условиями охлаждения индуктора.

Количество импульсов, необходимых для надежной очистки участка трубы, составляет от трех до нескольких десятков в зависимости от энергии разряда. Увеличе-

ние энергии разряда возможно, пока не наблюдается пластической деформации трубы.

Минимальная величина давления, необходимая для пластического деформирования трубы в условиях импульсного нагружения, описывается известной формулой Лапласа:

$$P = \frac{2\sigma_{д.т}S}{D}, \quad (1)$$

где $\sigma_{д.т}$ – динамический предел текучести материала трубы, $\sigma_{д.т} = \sigma_{0,2}K_d$; $\sigma_{0,2}$ – статический предел текучести этого материала; K_d – коэффициент динамичности; D и S – наружный диаметр и толщина стенки трубы, мм.

Согласно данным [2], зависимость коэффициента динамичности от предела текучести материала имеет вид

$$K_d = 3,006 \exp(-0,013 \cdot 10^{-7} \sigma_{0,2}).$$

Для того, чтобы труба не испытывала пластической деформации, необходимо, чтобы давление в жидкости при разряде не превышало значения, рассчитанное по выражению (1).

В работе [2] приводится формула для оценки давления в жидкости при разряде в замкнутой камере:

$$P_{ж} \approx 2,45 \cdot 10^4 K \sqrt{W_0 / V_{ж}}, \quad (2)$$

где $K = 0,5 \div 1,0$ – поправочный коэффициент, зависящий от $V_{ж}$; $V_{ж}$ – объем разрядной камеры; W_0 – энергия разряда.

Совместное решение уравнений (1) и (2) при $P_{ж} < P$ позволяет получить формулу для оценки уровня энергии разряда, превышение которого может привести к пластической деформации трубы:

$$W < \frac{V_{ж} S^2}{D^2} \left(\frac{\sigma_{0,2} \exp(-0,0136 \cdot 10^{-7} \sigma_{0,2})}{0,408 \cdot 10^4 K} \right)^2. \quad (3)$$

Расчеты максимальных энергий E разряда, которые могут привести к пластической деформации труб разных типоразмеров из стали 20, по формуле (3) дали следующие результаты:

D , мм	48	60	73	89	102	114
----------	----	----	----	----	-----	-----

S , мм	4,0	5,0	5,5	6,5	6,5	7,0
E , кДж	5,1	8,5	10,4	14,4	15,4	18,1

Значение $V_{ж}$ для каждого диаметра вычислялось по формуле

$$V_{ж} = \frac{\pi D_{в}^2}{4} h,$$

где $D_{в}$ – внутренний диаметр трубы; h – длина разрядной камеры, $h = 50$ мм.

Для НКТ диаметром от 48 до 114 мм коэффициент K изменяется от 0,5 до 0,55.

Эксперименты показали, что минимальная энергия заряда генератора импульсных токов для очистки НКТ от прочных солевых отложений при 10 импульсах

на каждом очищаемом участке составляет 4 кДж.

Результаты проекта планируются для внедрения на ряде нефтедобывающих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белый И.В.* Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И.В.Белый, С.М.Фертик, Л.Т.Хименко. Харьков: Вища школа, 1977. 168 с.
2. *Мазуровский Б.Я.* Электрогидравлический эффект в листовой штамповке / Б.Я.Мазуровский, А.Н.Сизев. Киев: Наукова думка, 1983. 192 с.
3. *Наугольный К.А.* Электрические разряды в воде / К.А.Наугольный, Н.А.Рой. М.: Наука, 1971. 155 с.
4. *Сысоев В.Г.* Применение электрогидравлического эффекта для очистки поверхности металлов от нежелательных покрытий / В.Г.Сысоев, В.А.Стрельцов, П.П.Малюшевский // Разрядно-импульсная технология. Киев: Наукова думка, 1978. С.115-120.