УДК 621. 98.044

В.А. ГЛУЩЕНКОВ, В.Ф. КАРПУХИН, Р.Ю. ЮСУПОВ,
Ю.М. ОВЧИННИКОВ, А.В. ЧЕРНОВ
Самарский государственный аэрокосмический университет

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБ ОТ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Очистка труб от солевых отложений является сложной экологической проблемой. На основании проведенных опытно-промышленных испытаний установлено, что электрогидроимпульсная технология обеспечивает эффективное удаление солевых отложений с внутренней поверхности труб и существенно снижает радиационное излучение труб.

Removal of salt depositions from tubes is a complicated ecological problem. Based on the development conducted, it has been found that the electro-hydro-pulse technology provides effective removal of salt depositions from the inside of tubes and essentially lowers radiation of the tubes.

Очистка насосно-компрессорных труб от твердых солевых отложений, осаждающихся в процессе эксплуатации нефтяных скважин, представляет собой серьезную проблему. Использующиеся в настоящее время методы очистки обеспечивают удаление лишь ограниченного количества разновидностей солевых отложений. Поскольку эти соли часто создают повышенный радиационный фон, то наличие осадка затрудняет не только дальнейшую эксплуатацию труб, но и их утилизацию. Проведенные ранее исследования показали, что одним из путей расширения возможностей очистки труб от солевых отложений является использование электрогидроимпульсной технологии, сущность которой заключается в нагружении обрабатываемого объекта импульсными силами, возникающими в результате высоковольтного электрического разряда в жидкости.[*] При разряде во внутренней полости трубы, заполненной жидкостью, на солевые отложения и стенку трубы воздействует импульсное давление, вызывающее упругую деформацию стенки трубы, и возникающие гидродинамические потоки облегчают процесс разрушения и удаления соли. При формировании канала разряда на стенку трубы происходит пробой слоя соли, способствующий дополнительному местному разрушению солевого отложения.

Разработано несколько технологических схем электрогидроимпульсной очистки труб от солевых отложений, отличающихся конструкцией разрядной головки, что позволяет формировать канал разряда по оси или по радиусу трубы, а также осуществлять разряд с потенциального электрода на стенку трубы. При разработке производственной технологии следует руководствоваться как эффективностью, так и конструктивными и технологическими характеристиками используемой схемы.

Целью настоящей работы является разработка оборудования, инструмента и технологии электрогидроимпульсной очистки труб в производственных условиях.

Наиболее эффективной является схема с разрядом на стенку трубы, так как в этом случае наиболее полно используются все виды воздействия электрического разряда на солевые отложения.[*] Ударные волны и гидропотоки не экранируются де-

[*] *Наугольный К.А.* Электрические разряды в воде / К.А.Наугольный, Н.А.Рой. М.: Наука, 1971.

[*] Очистка насосно-компрессорных труб от твердых солевых отложений / С.Б.Гербер, В.Ф.Карпухин, Ю.М.Овчинников и др. // Материалы 2-й Междунар. науч.-техн. конф. «МЕТАЛЛДЕФОРМ-2004» / Самарский государственный аэрокосмический ун-т. Самара, 2004.

талями разрядной головки. Однако при реализации схемы возникают определенные трудности. Поскольку труба, имеющая длину 10 м, включается в разрядную цепь, необходимо обеспечить надежный контакт трубы и обратного токопровода кабеля. Если не принимать специальных мер, то искрение в подвижных узлах приводит к быстрому износу оснастки. Во время разряда на трубе возникает потенциал, величиной до 2 кВ, который может представлять опасность для обслуживающего персонала. Кроме того, солевые отложения обладают разными физическими свойствами. При низкой электропроводности солевых отложений пробой слоя соли затруднен, что также препятствует использованию данной схемы.

Разрядные головки с двумя электродами позволяют обрабатывать трубы с любыми видами солевых отложений. Эксперименты с разрядными головками с осевым и радиальным каналом разряда показали, что эффективность удаления солевых отложений примерно одинакова. Однако в связи с тем, что детали головок при разряде испытывают большие динамические усилия, головки с осевым разрядом менее долговечны. Увеличение сечения элементов подвески электрода, удаленного от подводящего кабеля, приводит к росту экранирующего воздействия разряда на солевые отложения и снижает эффективность очистки. При использовании схемы с радиальным разрядом внешний электрод имеет кольцевую форму, т.е. большую рабочую поверхность, что увеличивает ресурс работы электрода и обеспечивает стабильность параметров разряда. Поэтому использование схемы с радиальным разрядом целесообразнее. Для повышения эффективности действия рабочая часть кольцевого электрода выполнена в виде сегментов.

Диаметр центрального электрода ограничен рабочим объемом, поэтому он во время работы довольно быстро изнашивается. На межэлектродный изолятор при разряде действуют большие силовые и термические нагрузки, что повреждает его поверхность. Поэтому в конструкции разрядной головки предусмотрена возможность быстрой замены центрального электрода и межэлектродного изолятора. Такой подход позволяет изготавливать центральный электрод из конструкционных сталей, а сменный изолятор получать прессованием из полиэтилена высокого давления, что делает процесс очистки труб более экономичным.

Важной задачей является также удаление разрушенных солевых отложений из внутренней полости трубы. Наиболее рациональна промывка внутренней ее полости водой. В процессе электрогидроимпульсной очистки прокачиваемая по трубе вода, используемая в качестве рабочего тела, вытесняет из рабочей зоны газообразные продукты, которые образуются при разряде. Очистка трубы от солевых отложений производится по участкам с продвижением разрядной головки по длине трубы. Обеспечить герметизацию места ввода соединительного кабеля в трубу при продвижении разрядной головки легче, если кабель помещен в жесткую трубу. Поэтому в качестве инструмента использовалась жесткая штанга длиной 12 м, изготовленная из трубы, в которой размещался соединительный коаксиальный кабель. На штанге закреплялась разрядная головка. Штанга и кольцевой электрод разрядной головки соединялись с оплеткой кабеля, а центральный электрод разрядной головки – с центральной жилой кабеля.

Для питания разрядной головки импульсным током разработан генератор импульсных токов. Он имеет два блока накопителей энергии энергоемкостью по 5 кДж. Блоки могут работать отдельно или разряжаться одновременно на общую нагрузку. Это позволяет при очистке труб с солевыми отложениями, имеющими низкую прочность и адгезию к металлу, использовать меньшие уровни энергии при сохранении высокого уровня напряжения разряда. Разработанный генератор импульсных токов имеет незаземленный разрядный контур. Это исключает замыкание разрядного тока по элементам оснастки, снижающее стабильность параметров раз-

ряда и приводящее к преждевременному выходу деталей оснастки из строя.

Лабораторные испытания процесса показали, что для надежной очистки участка трубы необходимо от трех до десяти импульсов в зависимости от энергии разряда и свойств солевых отложений. Минимальная энергия разряда при десяти импульсах на каждом участке 4 кДж. При этом солевые отложения удаляются на длине 150-250 мм в зависимости от свойств соли. Таким образом, для надежной очистки трубы от солевых отложений шаг обработки должен составлять 150 мм.

Для промышленной проверки метода разработан стенд, в состав которого входят несколько систем:

- высоковольтная система – энергетический блок ГИТ 5-30 и разрядная штанга с соединительным кабелем;
- гидравлическая система – емкость с водой, два гидронасоса (для подачи воды в трубу и закачки воды в емкость), фильтр для улавливания разрушенных солевых отложений и отстойник для очистки воды, соединительные трубы и шланги;
- система перемещения труб – рольганг и два стеллажа для хранения труб с солевыми отложениями и очищенных труб.

Рольганг является рабочим местом для очистки труб. На рольганге располагаются очищаемая труба и штанга. Перемещение штанги производится с помощью роликов, имеющих электропривод. Конструкция привода позволяет в широких пределах изменять скорость подачи штанги и применять как непрерывную, так и пошаговую подачу. Управление работой механизмов стенда производится с пульта.

Стенд изготовлен и смонтирован на производственном участке ремонтной базы ОАО «Роснефть – Ставропольнефтегаз». Испытания технологии и оборудования показали, что электрогидроимпульсная технология позволяет расширить перечень удаляемых видов солевых отложений. Опробовались оба варианта подачи штанги. Установлено, что при непрерывной подаче штанги для надежной очистки трубы скорость подачи и частота следования импульсов должны обеспечивать не менее трех импульсов на длине перемещения разрядной головки около 150 мм. Измерения мощности дозы излучения внутренней поверхности трубы показали, что после обработки она падает до значения 32-40 мкР/ч при исходном уровне 90-500 мкР/ч. Все это позволяет считать электрогидроимпульсную технологию процессом, обеспечивающим эффективную очистку труб от твердых солевых отложений.