

УДК 621.43.032.8

**ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ОЧИСТКИ
ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДА**

С.В. Горячев, Л.Р. Хакимова

Проанализированы методы очистки внутренней поверхности трубопровода, выявлены преимущества каждого метода, раскрываются причины появления коррозии, сравниваются характеристики методов очистки внутренней полости трубопроводов. На основе сравнения характеристик каждого способа выделяются методы с наилучшими показателями. Предлагается новый способ очистки труб с помощью импульсной высокочастотной ультразвуковой обработки с мощными ударными волнами. Разработана конструктивная схема импульсной высокочастотной ультразвуковой обработки, подробно описывается принцип работы устройства.

Ключевые слова: внутренняя поверхность трубопровода; методы очистки; импульсная высокочастотная ультразвуковая обработка; коррозия.

ӨТКӨРМӨ ТҮТҮКТҮН ҮСТҮҢКҮ БЕТИН ТАЗАЛОО ҮЧҮН ОПТИМАЛДУУ ЫКМА

С.В. Горячев, Л.Р. Хакимова

Бул макалада өткөрмө түтүктүн ички бетин тазалоонун ыкмалары талдоого алынган, ар бир ыкманын артыкчылыктары, коррозиянын пайда болуу себептери аныкталган, өткөрмө түтүктүн ички көңдөйүн тазалоо ыкмаларынын мүнөздөмөлөрү салыштырылат. Ар бир ыкманын мүнөздөмөлөрүн салыштыруунун негизинде эң жакшы көрсөткүчтөрү бар ыкмалар белгиленет. Күчтүү сокку толкундары менен жогорку жыштыктагы импульстук ультра үндү колдонуу менен түтүктөрдү тазалоонун жаңы ыкмасы сунушталды. Жогорку жыштыктагы импульстук ультра үн менен тазалоонун конструктивдүү схемасы иштелип чыккан, аппараттын иштөө принциби кеңири баяндалган.

Түйүндүү сөздөр: өткөрмө түтүктүн ички бети; тазалоо ыкмалары; жогорку жыштыктагы импульстук ультра үн менен тазалоо; коррозия.

**IDENTIFICATION OF THE OPTIMAL METHOD FOR CLEANING
THE INNER SURFACE OF THE PIPELINE**

S.V. Goryachev, L.R. Khakimova

The methods of cleaning the inner surface of the pipeline are analyzed, the advantages of each method are revealed, the causes of corrosion are studied, the characteristics of the methods of cleaning the inner cavity of pipelines are compared. Based on the comparison of the characteristics of each method, the methods with the best indicators are distinguished. A new method of cleaning pipes using pulsed high-frequency ultrasonic treatment with powerful shock waves is proposed. A constructive scheme of pulsed high-frequency ultrasonic treatment has been developed, the principle of operation of the device is described in detail.

Keywords: internal surface of the pipeline; cleaning methods; pulsed high-frequency ultrasonic treatment; corrosion.

В настоящее время большой проблемой является образование во внутренней поверхности трубопроводов накипи и других отложений в период их эксплуатации. Было обнаружено, что даже тщательно построенные трубопроводы содержат много отходов, в основном, железную ржавчину, песок, грязь и сварочные стержни. Это является основной причиной отказа работы трубопровода из-за накопления

коррозии во время его установки в грунтовой среде, что приводит к значительным финансовым потерям. Результаты полевых гидростатических испытаний на трубопроводе при его монтаже и перед эксплуатацией, выявили наличие нескольких утечек на трубах. Причиной этих утечек является коррозия, образованная стоячей водой внутри труб, которая попала в них во время осадков и содержала высокую концентрацию агрессивных ионов, таких как хлорид.

Несмотря на большое количество исследований, задача чистки трубопроводов все еще не поддается однозначному решению. Методы очистки труб можно разделить на физические и химические. Физические методы делятся на: механические, ультразвуковые, гидравлические высоконапорные, гидрокавитационные, термоабразивные, гидромеханические и электрогидроимпульсные виды.

Химическая очистка является одной из наиболее распространенных и эффективных методов очистки полостей трубопровода. Этот способ применяется при непростой конфигурации труб. Химическая очистка выполняет следующие фазы промывки: введение в процесс очищающей техники; передвижение раствора внутри труб; уничтожение отложений; конечное очищение водой и остановку промывочной техники. Главной задачей этого метода является выбор реагента [1].

Рассмотрим каждый метод отдельно.

Механический способ используется для очистки сильно загрязненных трубопроводов твердыми телами или для чистки труб больших диаметров – до 300 мм. Вычищение производится посредством металлических ершей, которые протягиваются с помощью тяговой лебедки [1].

Ультразвуковая очистка – тяжелый процесс, основанный на возбуждении в растворе колебаний ультразвуковой частоты, комбинирующие кавитацию с действием акустических течений. Моющая жидкость должна иметь как можно большую химическую активность по сравнению к загрязнениям. Большую эффективность имеют водные растворы щелочей, кислот и солей с добавлением поверхностно-активных веществ.

В основу гидравлического высоконапорного метода положен принцип преобразования энергии высокого давления воды, подаваемой в трубопровод через специальное сопло, в кинетическую энергию потока, двигающегося с высокой скоростью на выходе из сопла жидкости [2].

Принцип работы гидрокавитационного способа: жидкость высокого давления в форме кавитационных пузырей с помощью специальной насадки проникает в трубопровод. Из-за большой скорости происходит множество микровзрывов, очищающих отложения с внутренней полости трубопровода. Процесс схлопывания пузырей происходит с большой скоростью, и в результате создается множество микровзрывов, очищающих полость трубы [2].

В основе термоабразивного метода лежит вызывание в особом механизме газовой-топливной нагретой струи, передвигающейся в трубопроводе порошок из шлаковых отходов [3]. Взаимодействие горячего воздуха с нагретым абразивом на отложения приводит к отрыву отложений от внутренней поверхности трубы.

Принцип работы гидромеханического метода заключается в скалывании отложений вращающейся роликовой коронкой особого профиля, с дальнейшим удалением их потоком движущейся воды. Такой метод позволяет производить очистку трубы от сплошных отложений любой толщины.

Электрогидроимпульсный способ предназначен для очистки спиралевидных трубопроводов. Принцип его работы основан на превращении электрической энергии в механическую при высоковольтном разряде в воде [3]. Мощная волна и гидродинамические потоки, сформированные при электрическом разряде в воде, заполняющей трубопровод, разламывают отложения на внутренней поверхности трубы. В таблице 1 приведены характеристики методов очистки трубопроводов.

Данные таблицы 1 показывают, что все методы очистки сильно отличаются друг от друга и показатели у всех разные. Наилучшими показателями обладают электрогидроимпульсный и гидромеханический методы. Наихудшими показателями обладает высоконапорный гидравлический способ очистки трубопроводов. Все методы имеют низкую стоимость очистки. Химический метод применяется для очистки труднодоступных поверхностей труб, но у него имеется большой недостаток: требуются

Таблица 1 – Сравнительные характеристики методов очистки внутренних полостей трубопроводов

Метод очистки	Хорошее качество обработки	Любой вид отложений	Пониженное потребление энергии	Издержки	Отсутствие механических повреждений при очистке	Незначительные габариты	Быстрота очистки	Недостаточная квалификация рабочих
Высоконапорный гидравлический	-	-	-	-	+	-	-	-
Гидрокавитационный	+	+	-	-	+	-	+	-
Термоабразивный	+	+	-	-	-	-	+	-
Гидромеханический	+	+	+	+	-	+	+	+
Электрогидроимпульсный	+	-	+	+	+	+	+	+
Ультразвуковой	+	-	+	+	+	+	-	-

пагубно влияющие на жизнь и здоровье людей химикаты, которые в дальнейшем необходимо утилизировать. При очистке стальных труб и оребренных поверхностей эффективнее применять электрогидроимпульсный метод. Установки, применяемые для гидромеханического и электрогидроимпульсного методов, имеют малые габариты и невысокую стоимость обслуживания. Однако все рассмотренные способы очистки внутренней поверхности трубопроводов не отвечают полностью нормам, предъявляемым к оборудованию, требующему очистки.

Предлагается новый способ очистки трубопроводов с помощью импульсной высокочастотной ультразвуковой обработки (ИВЧУ) с мощными ударными волнами (рисунок 1). Оборудование относится к эксплуатации трубопроводных систем, в частности, к очистке внутренней поверхности трубопроводов.

Принцип работы оборудования: питание поступает в щит, в котором установлены выключатели, измерительные приборы и устройства защиты электродвигателя. Далее питание подается на электродвигатель, приводящий в движение редуктор, который в свою очередь вращает кривошип. Этот кривошип посредством набора тяг передает усилие на балансир, качающийся на подшипниковом узле, расположенном в самом верху установки. На этом же балансира закреплена головка балансира, к которой крепится трос погружного (штангового) насоса. Этот насос качает нефть из-под земли при движении головки балансира вверх, и перестает качать при ее движении вниз. Из-за этого при закачке нефти в этом насосе образуются гидратные пробки, которые мешают его работе. Для устранения этих пробок в шахту насоса через специальный фланец вводится зонд ИВЧУ, позволяющий расчищать эти пробки.

Принцип работы ИВЧУ: индукционный нагрев совершается вместе с вибромеханическими колебаниями. Наслоения под влиянием ИВЧУ становятся текучими и выводятся из трубопровода в виде желе, а для удаления гидратных пробок применяются мощные ударные волны нагретой жидкости. С помощью этого метода можно очищать все типы отложений. Он может применяться не только для очистки отложений в трубопроводе, но и для очистки нефтяных скважин.

Преимуществами ИВЧУ являются:

- 1) гораздо большая эффективность, чем при обработке греющим кабелем;
- 2) конструкция кабеля не зависит от глубины или длины воздействия, а также мощности;
- 3) не требуется подогрева всей трубной среды до температуры плавления отложений;
- 4) эффективность работы не зависит от производительности трубопроводов.

Позиция	Наименование
1	Щит питания
2	Основание
3	Электропривод с редуктором
4	Станина электропривода с редуктором
5	Кривошип
6	Тяга
7	Балансир в сборе с головкой
8	Пьедестал подшипникового узла балансира
9	Опоры основания
10	Трос штангового насоса
11	Место ввода зонда ИВЧУ
12	Тело штангового насоса
13	Зонд ИВЧУ
14	Гидратная пробка
15	Сетка насоса

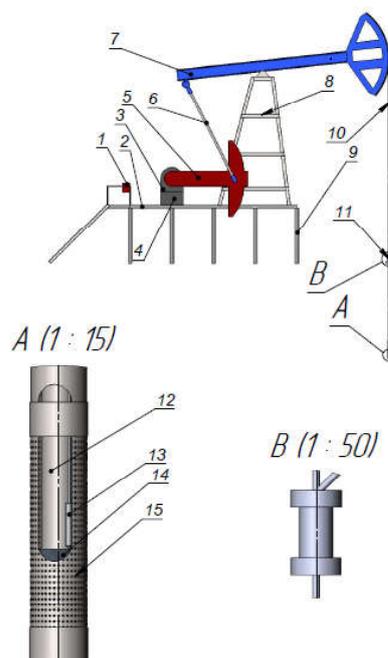


Рисунок 1 – Конструкция оборудования ИВЧУ

Выводы. Таким образом, рассмотрены существующие методы очистки трубопроводов от отложений и накипи, проанализированы преимущества и недостатки каждого из них. Предложен новый импульсный высокочастотный ультразвуковой способ очистки для решения проблемы загрязнений внутренней поверхности трубопроводов. Установка позволяет увеличить качество очистки и не допускает закупорку трубопровода скапливающимися отложениями.

Литература

1. *Есов И.Е.* Электрогидравлическое устройство для очистки труб. *Electrohydraulic device for cleaning pipes* / И.Е. Есов, В.Ю. Соколов // Национальная ассоциация ученых. 2016. № 17-1 (17). С. 46.
2. Новые возможности очистки от накипи и отложений. URL: <http://www.zevs-irp.ru/ru/methods> (дата обращения: 18.04.2021).
3. Молодежный научный форум «Технические и математические науки» // Электронный сборник статей по матер. XXXIV студенческой межд. заочной научно-практич. конф. М.: Изд. «МЦНО». 2016. № 5 (3). URL: [http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5\(34\).pdf](http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5(34).pdf). С. 153–154