

Применение Ультразвука При Перекачивании Вязких Жидкостей

Сергей Н. Цыганок, к.т.н., Сергей С. Хмелёв, *Student Member*, IEEE, Денис С. Абраменко, *Student Member*, IEEE, Сергей В. Левин, *Student Member*, IEEE.

Бийский технологический институт (филиал)

ГОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Аннотация – Статья посвящена вопросам разработки многозонных ультразвуковых излучателей и их применения для снижения энергетических затрат при транспортировке вязких жидкостей, в частности нефти и нефтепродуктов. Рассматриваются особенности нефтяных дисперсных систем и воздействия на них ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

Ключевые слова – многозонный излучатель, вязкость, дисперсные системы, нефть, многоэлементный излучатель.

I. ВВЕДЕНИЕ

РАЗРАБОТКА СТАРЫХ и освоение новых нефтяных месторождений в нашей стране и за рубежом требует решения все более сложных научных, технических и экономических задач. Известно, что пропускная способность и экономическая эффективность трубопроводной сети зависит от свойств перекачиваемых по нему жидкостей. Основным препятствием для обеспечения необходимой скорости перекачивания является вязкость. Дело в том, что в условиях Севера нефть быстро застывает и приобретает желеобразную структуру. При этом перепад давления, создаваемый перекачивающим насосом расходуется на статическую деформацию застывшей нефти. В таких условиях становится невозможным использование стандартной процедуры перекачки - насосы не могут справиться с загустевшей нефтью, поскольку сильно возрастают вязкие потери при движении желеобразной массы по трубе [1,2].

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для увеличения эффективности процесса транспортировки вязкие жидкости подвергают предварительной обработке. Известно множество способов обработки жидкости, преимущественно нефти и нефтепродуктов, с целью уменьшения ее вязкости. Все они хорошо известны и широко используются в промышленности.

Одним из самых перспективных направлений в области предварительной обработки вязкой

жидкости с целью ее понижения является ее обработка при помощи комбинации ультразвуковых колебаний высокой интенсивности и теплового воздействия.

Существуют ограничения на вывод акустической энергии с излучающей поверхности рабочего инструмента. В работе [3] рассматривались пути устранения этих ограничений, при помощи многозонных ультразвуковых излучателей.

Ввиду отсутствия практических конструкций таких излучателей возникла необходимость спроектировать, разработать и создать многозонные ультразвуковые излучатели, пригодные для решения рассматриваемой технической задачи.

III. ТЕОРИЯ

Известно, что нефть образует дисперсную систему в результате кристаллизации или коагуляции части входящих в нее компонентов. Длинные, беспорядочно расположенные молекулы парафина и смол образуют некоторую гибкую решетку в узлах которой находятся частицы дисперсной фазы, в которой располагается раствор. Эта решетка ограничивает движение частиц и обеспечивает ей агрегативную устойчивость. Поэтому система оказывает значительное сопротивление силам сдвига. Кроме того, на вязкость дисперсных систем большое влияние оказывает взаимодействие частиц дисперсной фазы. Отдельные участки поверхности таких частиц лишены адсорбционных или развитых сольватных слоев; вследствие межмолекулярного взаимодействия по этим участкам происходит их слипание.

При воздействии на такую систему ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности, за счет чередования зон сжатия и разряжения, непрерывная цепочка разрывается, разрушая связи между отдельными частями молекул, в молекулах парафина нарушаются С-С связи, в результате чего изменяются физико-химические свойства жидкостей [4,5].

Следует отметить, что в процессе работы, происходит нагрев рабочего инструмента и обрабатываемой жидкости (за счет вязкого трения

в жидкости и теплопередачи от излучателя), что так же способствует снижению вязкости.

IV. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Схематично установка, реализующая рассматриваемый метод представлена на Рис. 1. Пьезоэлектрический преобразователь (поз.1) представляет собой тело вращения со смещенными относительно акустической оси преобразователя пьезоэлектрическими керамическими элементами. Смещение и наклон пьезоэлектрических пакетов такие, что их акустические оси сходятся в плоскости присоединения пьезоэлектрического преобразователя с бустерным звеном (поз.2).

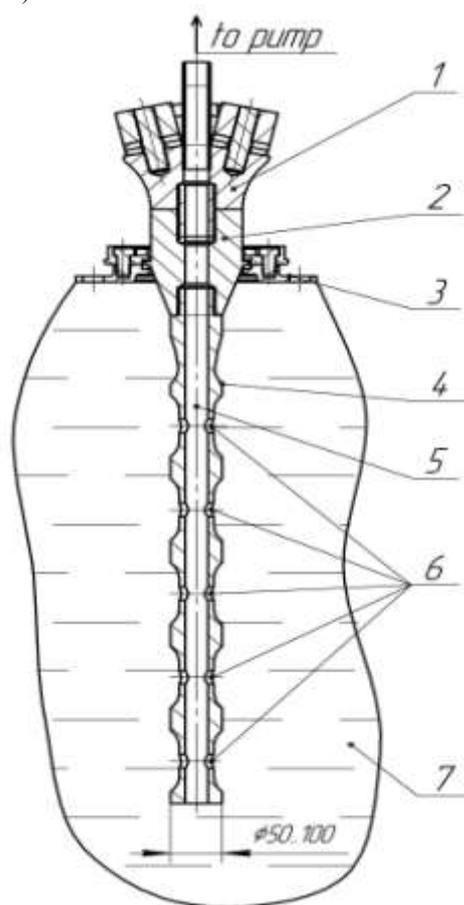


Рис. 1. Схематичный вид ультразвуковой установки

Применение бустерного звена, необходимо для достижения заданного коэффициента усиления и крепления на ультразвуковой колебательной системе монтажного фланца с корпусом в нуле колебаний бустерного звена.

Ультразвуковую обработку осуществляют погружением и перемещением в обрабатываемой жидкости (поз.7) излучателя (поз.4), выполненного в виде стержня, состоящего из последовательно расположенных участков цилиндрической формы различного диаметра, причем длина

каждого из участков большего диаметра соответствует одной пятнадцатой части длины волны. Общая длина последовательно расположенных участков меньшего и большего диаметров соответствует половине длины волны ультразвуковых колебаний в материале стержня на рабочей частоте 22кГц. Излучение УЗ колебаний осуществляется с поверхности излучателя в зонах переходов между цилиндрическими участками различного диаметра с амплитудой колебаний, достаточной для возникновения кавитации в обрабатываемой жидкости. Непрерывно отводят обработанную жидкость в центральный канал (поз.5) излучателя через торцевое отверстие в погруженной части излучателя и радиальные каналы (поз.6), расположенные перпендикулярно к центральному каналу и выполненные на участках излучателя меньшего диаметра симметрично, относительно участков большего диаметра. Суммарное сечение всех входных каналов соответствует сечению выходного отверстия центрального канала. Обработанная жидкость выводится через выходное отверстие, а скорость перекачивания жидкости устанавливают с учетом исходной вязкости жидкости, размеров излучателя и мощности ультразвукового излучения.

Интенсивность ультразвуковых колебаний подбирается достаточной для образований кавитации на поверхности рабочего инструмента. В результате воздействия кавитации и ультразвуковых колебаний происходит снижение вязкости нефти и входящих в ее состав других жидкостей. Парафин, содержащийся в нефти и нефтепродуктах в качестве примеси, под действием ультразвуковых колебаний эмульгируется в нефть, что снижает его выпадение на стенках трубопровода и резервуаров, что повышает эффективность перекачивания. В процессе работы, происходит так же нагрев рабочего инструмента и обрабатываемой жидкости (за счет вязкого трения в жидкости и теплопередачи от излучателя), что способствует снижению вязкости. В результате, вокруг рабочего инструмента создается область жидкости с пониженной вязкостью, которая легко откачивается с применением традиционных насосных установок.

Технический результат заключается в снижении энергоемкости и стоимости процесса транспортировки вязких жидкостей за счет снижения их вязкости, в обеспечении принципиальной возможности откачки и транспортирования нефти при низких температурах [2].

Практические конструкции выполнены на базе аппаратов «Булава-3» (Рис.2), «Булава-6» (Рис.3), «Булава-8» (Рис.4).



Рис.2. Ультразвуковой технологический аппарат «Булава-3»



Рис. 4. Ультразвуковой технологический аппарат «Булава-8»



Рис. 3. Ультразвуковой технологический аппарат «Булава-6»

тация опытной установки позволила подтвердить эффективность предложенного способа и позволила обеспечить производительность перекачки нефти до 1000 литров в час при потребляемой мощности 3000 ВА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Евдокимов И.Н., Елисеев Н.Ю. Молекулярные механизмы вязкости жидкости и газа. Часть1. Основные понятия. – М.:РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2005. – 59 с. Под ред. проф. В.Б.Нагаева.
- [2] Хмелев В.Н., Абраменко Д.С., Хмелев С.С., Цыганок С.Н., Барсуков Р.В., Шалунов А.В., Хмелев М.В. Заявка на патент РФ «Способ перекачивания вязких жидкостей».
- [3] Vladimir N. Khmelev, Levin S.V., Sergey N. Tsyganok, Andrey N. Lebedev "High Power Ultrasonic Oscillatory Systems" International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2007: Workshop Proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2007.
- [4] Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для ВУЗов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
- [5] Захарченко В.Н. Коллоидная химия. – М.:Высш. шк. 1989. – 238 с.

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный способ был реализован в действующей установке в лаборатории акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета. Для проверки эффективности были проведены эксперименты по обработке нефти, растительных и технических масел с целью снижения их вязкости. Эксплуа-