

М.А. Фатыхов

ИЗУЧЕНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ ПАРАФИНОВОЙ ПРОБКИ В КООКСИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭНЕРГИЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Башкирский государственный университет,
ул. Фрунзе, 32, г. Уфа, 450074, Башкортостан, Россия*

Многие технологические процессы связаны с необходимостью исследования многофазных сред при воздействии внешних физических полей. В частности, представляет практический и научный интерес изучение влияния электромагнитных полей на фазовые переходы типа плавление сред. Постановка подобной работы имеет большое практическое значение в связи с необходимостью разработки физических основ, техники и технологии ликвидации различных отложений (парафина, льда, газовых гидратов и др.) в трубах, применяемых в нефтегазопромысловом оборудовании, в узлах устройств нефтегазоперерабатывающих предприятий, в быту, в других отраслях народного хозяйства.

Целью настоящей работы является изучение принципиальной возможности плавления отложений в коаксиальных системах применительно к нефтяным или газовым скважинам, в которых распространяется высокочастотная или сверхвысокочастотная электромагнитная волна.

Следует заметить, что нет принципиального различия в механизме взаимодействия высокочастотных и сверхвысокочастотных электромагнитных волн со средами, а могут отличаться лишь способы их генерирования и ввода в среду. Поэтому мы будем пользоваться термином высокочастотное электромагнитное поле, имея в виду и сверхвысокочастотный диапазон.

Для осуществления такого способа ликвидации отложений в скважине необходимо, во-первых, всю энергию, отдаваемую ВЧ генератором, по возможности без потерь в коаксиальной линии, соединяющей генератор со скважиной (фидер), передать в последнюю, во-вторых, обеспечить условие распространения всей подводимой энергии ВЧ электромагнитных колебаний по коаксиальной линии до нижнего конца пробки, в-третьих, теоретически и экспериментально исследовать динамику изменения температуры в скважине и др. Каждый из этих вопросов является предметом отдельных исследований.

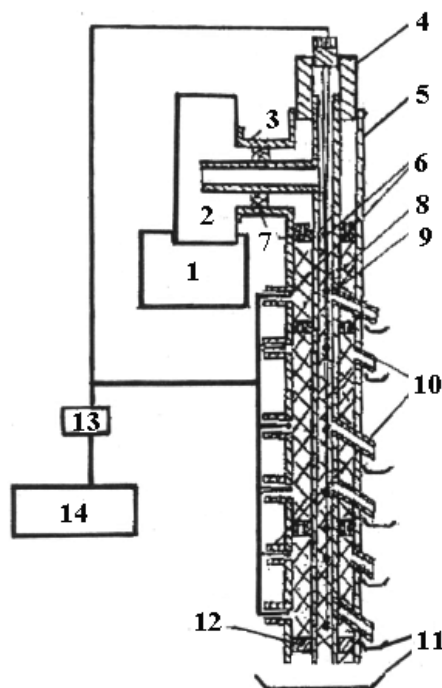
Из вышеприведенных задач в работе изучается принципиальная возможность передачи электромагнитной энергии по коаксиальной линии с заполнением. Исследуются вопросы распределения температуры в коаксиальной системе, заполненной парафином, так как именно температура определяет основные технологические показатели рассматриваемого процесса.

Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рисунке.

Экспериментальная установка работает следующим образом.

Электромагнитные колебания генерируются СВЧ источником и распространяются в прямоугольном волноводе, на конце которого установлена водяная нагрузка. От него с помощью штыря, выступающего от фидера, отбирается СВЧ энергия и передается в межтрубное пространство коаксиальной системы. Электромагнитные волны, распространяясь в межтрубном пространстве, частично затухают в коаксиальной системе из-за конечной проводимости материалов внешней и внутренней труб и диэлектрических потерь в парафине, которым заполнено межтрубное пространство, и отражаются от короткозамыкающего поршня. Таким образом, в межтрубном пространстве образуется стоячая электромагнитная волна. Вследствие затухания электромагнитных волн в этом пространстве

создаются объемные источники тепла. При заданной частоте электромагнитных колебаний интенсивность их определяется электрофизическими параметрами парафина и материалов труб и мощностью электромагнитного поля, поглощенного в этих средах. После достижения температуры плавления парафин стекает на подстилки.



Принципиальная электрическая схема установки: 1 – СВЧ генератор; 2 – прямоугольный волновод; 3 – коаксиально-волноводный переход; 4 – согласующий поршень; 5 – внешняя труба; 6 – термопары; 7 – диэлектрические шайбы; 8 – твердый парафин; 9 – внутренняя труба; 10 – диэлектрические патрубki; 11 – подстилки; 12 – короткозамыкающий поршень; 13 – пакетный переключатель; 14 – регистрирующий прибор.

Было проведено две серии экспериментов: 1) регистрация температуры в трубах и определение количества расплавленного парафина для случая, когда только внутренняя труба заполнена парафином, 2) те же измерения для случая, когда как внутренняя труба, так и межтрубное пространство заполнены парафином. Всего было проведено 20 экспериментов. Коаксиальная система заполнялась парафином, значение диэлектрической проницаемости которой равно 2,3, а значение тангенса угла диэлектрических потерь – 0,0007 на частоте 2400 МГц. Электромагнитная мощность, вводимая в коаксиальную систему, определялась калориметрическим способом и составляла 55 Вт. Сравнивая полученные в этих случаях экспериментальные данные, можно определить степень влияния электромагнитного поля на динамику плавления парафина в коаксиальной системе.

Данные экспериментальные исследования показали, что энергозатраты на плавление 1 м³ парафина в коаксиальной системе данным методом составляют порядка 600 кВт·час.

Наличие парафина в межтрубном пространстве оказывает существенное влияние на динамику его плавления. Время полного плавления парафина для второй серии экспериментов в 1,4 раза меньше, чем для первой серии при одной и той же мощности электромагнитного поля.

Было обнаружено, что вблизи точки ввода электромагнитной энергии в коаксиальную систему значения температуры выше, чем на ее конце, проявляя минимумы внутри трубы. С течением времени температура на концах выравнивается, сохраняя точки минимума. Следовательно, плавление парафина сначала происходит не по всей длине коаксиальной линии. Плавление парафина начинается в ближайшей от места ввода электромагнитной энергии и наиболее интенсивной пучности стоячей волны. С течением времени, т.е. с увеличением количества вводимой в коаксиальную линию электромагнитной энергии, благоприятные условия для плавления парафина наступают в следующей пучности. Процесс продолжается до достижения последней пучности. Одновременно расширяется объем расплавленной области в вышележащих пучностях. Этот процесс плавления можно назвать возвратноциклическим.

При распространении электромагнитных волн в межтрубном пространстве образуется множество чередующихся друг с другом областей, занятых твердым и жидким парафином. Их можно представить как гирлянду парафиновых пробок. Образование их приводит, естественно, к многократному отражению электромагнитных волн в межтрубном пространстве. Эти особенности необходимо учитывать при физическом и математическом моделировании процесса плавления парафиновых и разложения газогидратных пробок в коаксиальных системах с помощью энергии высокочастотного и сверхвысокочастотного электромагнитного поля.

Скважина в радиофизическом отношении представляет собой коаксиальный кабель с заполнением. В связи с тем, что электромагнитная волна проникает достаточно глубоко по коаксиальному кабелю в скважину, весьма перспективным представляется использование энергии высокочастотных электромагнитных полей для плавления смоло-парафиновых и разложения газогидратных пробок, перекрывающих сечение ствола и межтрубное пространство скважины.

Поступила 20.02.2001

Summary

A research has been made into the effects of a superhigh-frequency electromagnetic field on paraffin melting in a short-circuited coaxial system. A principal diagram of an experimental installation is presented. An estimation is made of power requirements for the proposed technique. The presence of paraffin in the annular space has been shown to substantially facilitate the phase transition in the coaxial system.
