

ПРИМЕНЕНИЕ ФОКУСИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ОТ МАСЛЯНЫХ ПЛЕНОК

Фатеев В.О.

*Акустический институт им. академика Н. Н. Андреева
г. Москва, Россия, E-mail: vasilfatееv@mail.ru*

Введение

Известно, что если направить фокусированный ультразвук на границу раздела жидкость/газ, возникает акустический фонтан [1]. Изменяя угол падения ультразвуковой волны можно изменять угол наклона образующейся струи. Если же рассмотреть случай падения ультразвуковой волны на более сложную границу раздела жидкость1/жидкость2/газ, то, в том случае, когда толщина слоя жидкости 2 небольшая, в образующейся струе будут присутствовать обе жидкости. Поместив в точке падения наклонного акустического фонтана сборную емкость, можно измерять величину объемного расхода струи и процентное соотношение жидкостей в собираемой смеси. В настоящей работе представлены количественные измерения процентного соотношения жидкость1/жидкость2 в собираемой смеси с помощью акустического фонтана.

Экспериментальная установка

Эксперимент проводился в кювете с фиксированной площадью, заполненной водой. Уровень воды был зафиксирован и поддерживался одинаковым на протяжении всего эксперимента. Добавляя несмешивающуюся с водой жидкость с меньшей плотностью, можно было создавать сложную границу вода/рабочая жидкость/воздух. С помощью фиксирования объема добавляемой жидкости и зная площадь кюветы, можно было рассчитывать толщину слоя добавленной жидкости. В качестве рабочей жидкости использовалось подсолнечное масло.

Источником ультразвука служил комбинированный излучатель, составленный из трех одинаковых плоских пьезокерамических дисков (рабочая частота 1,67 МГц, диаметр 28 мм), закрепленных на общей подложке так, чтобы на оси на расстоянии 80 мм от центра подложки излучаемые акустические поля суммировались (см. рис.1). Такое геометрическое расположение дисков позволило создать аналог фокальной области фокусирующего излучателя. Угол наклона излучателя и его положение в пространстве можно было изменять так, чтобы индуцируемый фонтан попадал в неподвижную сборную емкость. Эксперимент проводился при фиксированной акустической мощности 40 Вт.

Методика проведения эксперимента

Положение излучателя фиксировалось таким, что индуцируемый фонтан попадал в сборную емкость, и не менялось на протяжении всего эксперимента. Добавлялся такой объем масла, который соответствовал толщине слоя в 1 мм. Затем, на фиксированное короткое время включался ультразвук, и собранная эмульсия помещалась в специально подготовленную отдельную емкость для измерения процентного содержания вода/масло. Степень очистки определялась визуально. Эксперимент завершался после появления окраса масляной пленки, что соответствует толщине слоя масла 1–2 мкм. Затем начиналась следующая серия экспериментов, но с увеличением толщины слоя масла на 1 мм. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

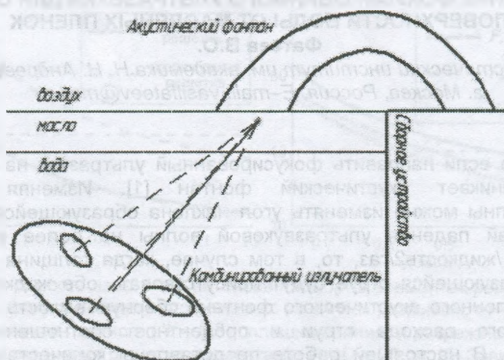


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки. Излучаемый ультразвук индуцирует акустический фонтан. Ориентируя излучатель так, чтобы фонтан попадал в сборное устройство, можно измерять объемный расход и процентное соотношение вода/масло в собранной смеси

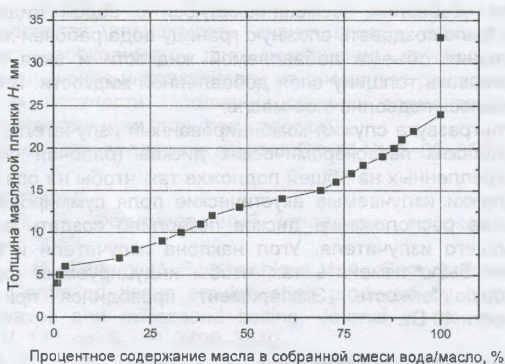


Рисунок 2 – Зависимость процентного содержания масла в смеси вода/масло от толщины слоя масла при фиксированной акустической мощности. При толщине масляной пленки $H > H_{\text{порог}} = 24$ мм маслосодержание в смеси достигает 100%

Экспериментальные результаты и перспективы

Как следует из рисунка 2, существует такое значение толщины слоя $H_{\text{порог}}$, при превышении которого в собираемой смеси присутствует только масло (100% маслосодержание). Для значения акустической мощности 40Вт $H_{\text{порог}} = 24$ мм. Следует отметить, что несмотря на очень низкое значение маслосодержания при небольших значениях толщины слоя масла (порядка нескольких миллиметров), удается достичь такой степени очистки юветы, при которой появляется окрас масляной пленки. В работе [2], описан подобный эксперимент по сбору различных масляных пленок при различных значениях акустической мощности и сделан вывод об эффективности такого метода сбора.

Помимо эксперимента с подсолнечным маслом, были проведены эксперименты с нефтепродуктами (мазут и смесь бензина с мазутом в соотношении 4:1), которые

подтвердили, что с помощью акустического фонтана можно эффективно проводить очистку поверхности воды от нефтяных пленок, даже очень вязких. Способ очистки поверхности воды от нефтепродуктов с помощью фокусированного ультразвука впервые был предложен Кобланским. В его работах [3,4] рассматриваются различные варианты нефтесборных устройств с использованием ультразвука. Принцип работы большинства современных нефтесборных устройств заключается в использовании олеофильных щеток или дисков, которые механически забрасывают смесь нефти и воды в сборочную емкость. По данным производителя Lamog, процентное содержание нефти в забираемой смеси достигает 98%. Наличие $H_{\text{порог}}$ для масла позволяет предположить существование $H_{\text{порог}}$ и для нефтепродуктов, что позволит создать нефтесборный узел на основе использования фокусированного ультразвука со 100% содержанием нефти.

Список литературы:

1. Л. Бергман. Ультразвук и его применение в науке и технике / Под ред. В.С. Григорьева, Л.Д. Розенберга, изд. 2.М: изд. иностранной литературы, 1957 г. — 728 с.
2. И.С. Грудзинская. Акустический метод удаления жировых пленок с поверхности жидкости. Судостроительная промышленность, серия АКУСТИКА, 1987. — вып. 2. — С. 75 – 79.
3. J.N. Koblanski. Method and apparatus for ultrasonically removing contaminants from water // US Patent, June 28, 1977.
4. J.N. Koblanski An acoustical method of burning and collecting oil spills on cold pen water surfaces. Oil spill conference: Papers San–Antonio, Texas, SU, 1983.