

Исследование Эффективности Ультразвуковой Обработки В Проточных Объёмах

Владимир Н. Хмелёв, Сергей В. Левин, Сергей С. Хмелёв, Юрий М. Кузовников, Сергей Н. Цыганок.

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия
Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

Аннотация – В статье представлены результаты исследования, позволяющие выявлять условия эксплуатации ультразвуковых аппаратов с многополуволновыми излучателями в замкнутых объёмах при которых снижается эффективность ультразвукового воздействия на технологический процесс и происходят существенные отклонения от номинальных режимов работы.

Ключевые слова – ультразвук, ультразвуковая колебательная система.

I. ВВЕДЕНИЕ

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ воздействия применяются в различных отраслях промышленности, обеспечивая интенсификацию различных технологических процессов. При этом наибольшее практическое распространение получило ультразвуковое оборудование, применяемое для интенсификации технологических процессов в жидких и жидко - дисперсных средах (диспергировании, эмульгирование, экстракция, очистка).

Для обеспечения максимального энергетического воздействия на современных производствах применяется ультразвуковое оборудование [1], использующее многополуволновые пьезоэлектрические колебательные системы [2,3], обеспечивающие ультразвуковое воздействие в замкнутых технологических объёмах.

В качестве технологических объёмов используются имеющиеся или специально изготавливаемые ёмкости различных конструкций, форм и размеров. При этом формы и размеры таких конструкций не оптимизируются для обеспечения максимально эффективного воздействия, что на практике приводит к неравномерности воздействия на обрабатываемые среды, и, в конечном счете, к снижению качества производимой продукции.

В связи с этим, все большее распространение получают способы реализации процессов, при которых ультразвуковое воздействие обеспечивается на тонкий слой обрабатываемого материала вблизи излучателя. Реализуется это путём комплектации ультразвукового оборудования горизонтально и вертикально размещаемыми проточными объёмами, воздействие на обрабатываемые среды в которых осуществляется при максимальной интенсивности колебаний, непрерывно и равномерно [1].

Простейшие проточные технологические объёмы представляют собой полые цилиндры, внутри которых размещается излучатель ультразвуковых колебаний, выполненный в виде стержня переменного сечения, длиной в несколько размеров полуволн УЗ колебаний, распространяемых в этом стержне.

Основное излучение УЗ колебаний происходит от участков, на которых диаметр излучателя изменяется, поэтому распределение интенсивности поля УЗ колебаний внутри ограниченного объёма, заполненного жидкостью, носит сложный характер. Его изучение необходимо для понимания особенностей протекания процессов внутри объёма и совершенствования аппаратов за счет выбора оптимальных размеров излучателя и технологического объёма, формы внутренней поверхности объёма, размещения дополнительных корректирующих или усиливающих процесс отражателей.

В связи с этим возникает необходимость исследования распространения ультразвуковых колебаний в проточных объёмах.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Поскольку, основным параметром, определяющим эффективность ультразвукового воздействия [4,5,6] является амплитуда колебаний (интенсивность), становится очевидным необходимость её контроля для определения равномерности распределения колебаний и как следствие эффективности воздействия.

К сожалению, исследование величины амплитуды и её распределения внутри объёма невозможно из-за сложности внесения и перемещения датчиков, их кавитационного разрушения. Поэтому очевидной становится задача контроля амплитуды колебаний на внешней поверхности технологического объёма, позволяющая косвенно получить величину и распределение амплитуды колебаний, создаваемых ультразвуковым излучателем.

Таким образом, учитывая конструкции многополуволновых ультразвуковых излучателей, имеющих максимумы и минимумы при распределении амплитуд колебаний вдоль оси излучателя и его расположение в проточном технологическом объёме, возникает необходимость реализации контроля интенсивности ультразвукового воздействия на обрабатываемые жидкости по всему объёму.

Контроль распределения амплитуды колебаний излучателя на поверхности технологического объема был реализован на созданном измерительном стенде [7] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Контроль распределения амплитуды колебаний

В результате проведенных измерений было установлено наличие максимумов и минимумов амплитуд колебаний вдоль оси проточного объема (рисунок 2).

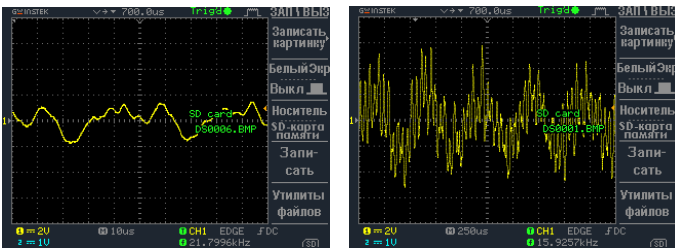


Рисунок 2 – Максимумы и минимумы амплитуды колебаний

Это свидетельствует о том, что вид распределения амплитуды колебаний на поверхности технологического объема совпадает с распределением амплитуды самого полуволнового излучателя. Для исключения шумовой составляющей, обусловленной кавитационными процессами, измерение производилось при избыточном давлении в проточном объеме (рисунок 3).

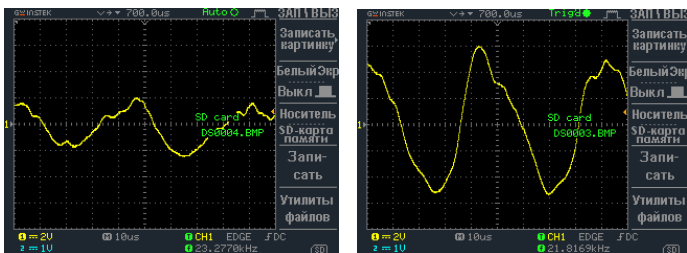


Рисунок 3 – Максимумы и минимумы амплитуд колебаний при избыточном давлении

Принимая во внимание наличие максимумов и минимумов амплитуды колебаний поверхности проточного объема из представленных осциллограмм очевидно, что даже при наличии зон с максимальной и минимальной интенсивностями внутри объема, с учетом затухания и дифракционного расхождения средняя амплитуда колебаний за счёт резонансных явлений внутри технологического объема (у внутренней поверхности стенок) возрастает не менее чем в три раза, что будет достаточной для обеспечения интенсивного кавитационного воздействия даже в высоковязких средах.

Такая картина реализуется на практике при ультразвуковой обработке однородных жидкостей.

Однако, при обработке различных сред, например, при реализации процесса эмульгирования (масло в воде или вода в масле) в горизонтально расположенном технологическом

объеме, среды, протекая вдоль оси объема могут подвергаться различному по интенсивности ультразвуковому воздействию (рисунок 4).

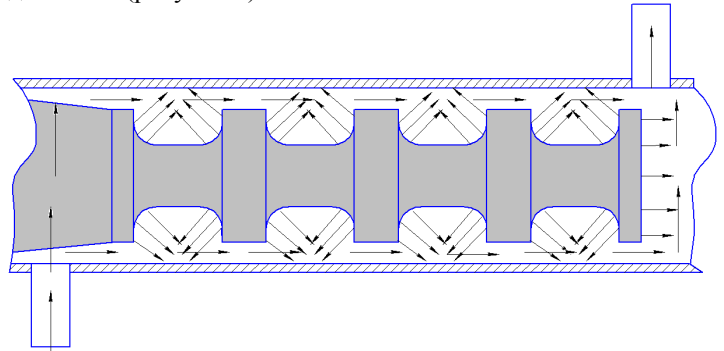


Рисунок 4 – Схема реализации процесса обработки жидких сред

Проблема усугубляется при решении задач ультразвуковой обработки дисперсных сред с жидкой несущей фазой (диспергирование, экстрагирование, распределение упрочняющих компонентов в смолах и полимерах, реализация процесса на катализаторах). Аномально высокое затухание колебаний и возможность формирования осадка твердых частиц обуславливают невозможность обеспечения необходимого уровня интенсивности воздействия в некоторых зонах технологических объемов, что нарушается равномерность обработки, (рисунок 5).

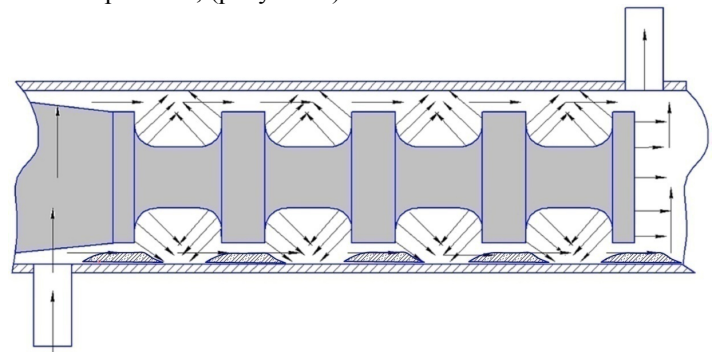


Рисунок 5 – Формирование осадка

Наиболее простым решением проблемы обеспечения равномерности ультразвукового воздействия на всю обрабатываемую среду является размещение в проточном объеме перемешивающего устройства, которое бы способствовало поднятию осадка и распределению его в среде по всему объёму или дополнительному перемешиванию жидкостей различной вязкости для обеспечения повышения эффективности ультразвукового воздействия (рисунок 6).

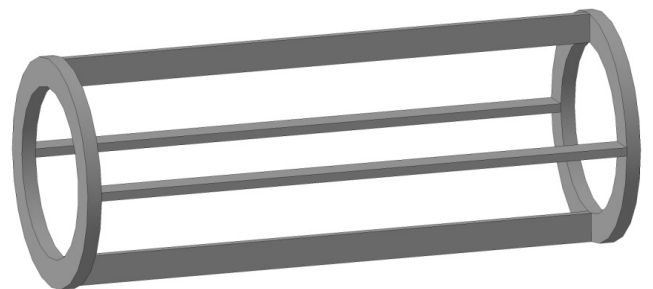


Рисунок 6 – Перемешивающее устройство

Фрагмент проточного объема с перемешивающим устройством позволяет поднимать осадок при горизонтальном расположении проточного объема, распределяя его в обрабатываемой среде и позволяя оказывать на него дополнительное ультразвуковое воздействие, представлен на рисунке 7.

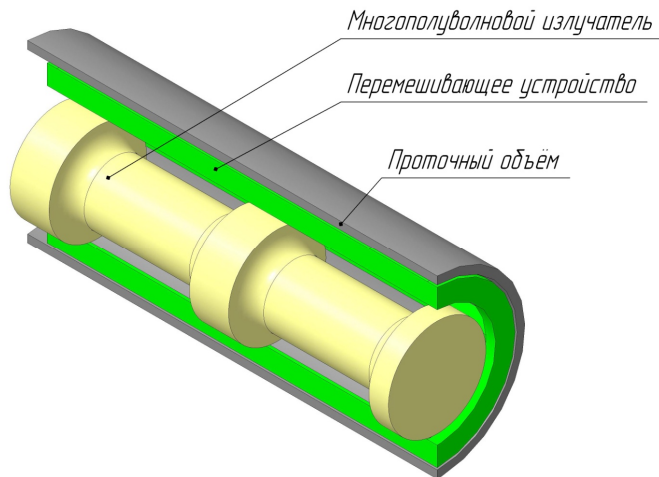


Рисунок 7 – Фрагмент проточного объема с перемешивающим устройством

При этом, варьируя комбинацию скорости потока обрабатываемой среды через объем и скорость вращения перемешивающего устройства удастся добиваться максимального эффекта ультразвукового воздействия при обработке различных сред.

III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований создан стенд для контроля амплитуды колебаний и ее распределения вдоль поверхности технологических объемов, позволивший установить:

1. Применение проточных объемов в составе ультразвуковых технологических аппаратов позволяет обеспечить равномерность ультразвукового воздействия на технологические среды УЗ колебаниями с амплитудой, превосходящей не менее чем в три раза амплитуду колебаний на поверхности излучателя.

2. Для обеспечения равномерности ультразвукового воздействия на сложные по составу (неоднородные, высокодисперсные) технологические среды необходимо применение дополнительных перемешивающих устройств внутри используемых технологических объемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.u-sonic.com>
- [2] Хмелев В.Н., Левин С.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н., Кузовников Ю.М. Ультразвуковая колебательная система. П.м. №138071 Российская Федерация, МПК В06В 1/06; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ». – № 2013147191/28; заявл. 22.10.2013; опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6. – 2 с.
- [3] Хмелёв В.Н., Левин С.В., Цыганок С.Н., Хмелёв С.С. Ультразвуковая колебательная система. Пат.№ 2473400 Российская Федерация, МПК В06В 1/06; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной

- ответственностью «Центр ультразвуковых технологий». – № 2011133763/28; заявл. 10.08.2011; опубл. 27.01.2012, Бюл. № 3. – 11 с.
- [4] Хмелев В.Н., Левин С.В., Хмелев С.С. Контроль амплитуды колебаний при создании и применении многополуволновых излучателей. Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – № 1(5). – С. 70–73. – Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2014/2%286%29/22_70-72.pdf.
 - [5] Хмелев В.Н., Левин С.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Контроль амплитуды колебаний многополуволновых излучателей для повышения эффективности ультразвуковых технологических аппаратов. Измерения, контроль, информатизация: материалы XV Международной научно-технической конференции 23 апреля 2014 года. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 69–73.
 - [6] Хмелев В.Н., Левин С.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Контроль амплитуды колебаний при создании и применении многополуволновых излучателей. Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 216–219.
 - [7] Хмелев В.Н., Левин С.В., Абраменко Д.С., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Стенд для контроля параметров пьезоэлектрических колебательных систем с многополуволновыми излучателями. Ползуновский вестник. – 2012. – №2/1. – С. 151–154.