

А. А. Вьюгинова, А. В. Теплякова

**Аппаратное и методическое обеспечение лабораторной работы
по изучению ультразвуковой кавитации**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия*

***Аннотация.** Рассматривается вариант организации лабораторной работы по изучению ультразвуковой кавитации в рамках курса «Физические основы получения информации», реализуемого на факультете ФИБС СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Целью лабораторной работы является ознакомление с ультразвуковым технологическим оборудованием, предназначенным для воздействия на жидкие среды, и процессами ультразвуковой кавитации в жидкости. В работе используется аппаратура, имеющая рабочую частоту 22 кГц. Предлагаемый экспериментальный стенд позволяет исследовать скорость кавитационной эрозии образца.*

Ключевые слова: ультразвуковая кавитация; кавитационная эрозия; ультразвуковая аппаратура; лабораторная работа

На факультете ФИБС СПбГЭТУ «ЛЭТИ» реализуется междисциплинарный курс «Физические основы получения информации». В рамках данной дисциплины предусмотрено проведение ряда лабораторных работ, часть из которых связана с ознакомлением с возможностями ультразвуковых измерений и ультразвуковой дефектоскопии. Предлагается дополнить программу курса лабораторной работой по изучению ультразвуковой кавитации в жидкости с последующей оценкой кавитационной эрозии образцов, что позволит знакомить студентов с такой перспективной областью как ультразвуковые технологии, мощные ультразвуковые технологические системы.

Цель работы – ознакомление с ультразвуковым технологическим оборудованием, предназначенным для воздействия на жидкие среды, и процессами ультразвуковой кавитации в жидкости.

Ультразвуковая (акустическая) кавитация – это процесс образования, проявления активности и последующего коллапса полостей, разрывов сплошности жидкой среды под воздействием высокоинтенсивных ультразвуковых колебаний. Ультразвуковая кавитация – это основной эффект, определяющий фактор, обеспечивающий протекание разнообразных технологических процессов в жидкостях в условиях мощных ультразвуковых полей [1]. Под воздействием ультразвуковой кавитации в жидкости возникает целый ряд эффектов, которые являются основой реализации ультразвуковых технологий в жидких средах – это и диспергирование (измельчение вплоть до наноразмеров твердых частиц в жидкости), и эмульгирование (смешивание и гомогенизация несмешивающихся жидкостей), под воздействием кавитации также протекают различные химические реакции.

Необходимым условием проявления эффекта кавитации в жидкости является достижение порогового уровня интенсивности ультразвукового поля. Пороговым давлением называется такое значение амплитуды акустического давления, превышение которого приводит к проявлению эффекта кавитации в жидкой среде [2]. Порог кавитации зависит от многих факторов, таких как температура и давление жидкости, наличие зародышей кавитации в жидкости (зародышами могут являться пузырьки газа и др.), кроме того, порог кавитации различен для различной частоты ультразвуковых колебаний, зависимость нелинейна, но в общем случае пороговые значения растут с ростом частоты.

В момент коллапса кавитационного пузырька, давление и температура локально повышаются до тысяч атмосфер и тысяч градусов, формируется ударная волна, что и объясняет связанные с кавитацией эффекты. Кавитационные пузырьки формируют кавитационные области, которые видны невооруженным глазом.

Кавитацию и кавитационные области оценивают различными способами: по эрозионному действию, по кавитационным шумам, по действию на скорость протекания химических реакций, по методу эталонного загрязнения и др., применяют для оценки также прямые измерения параметров физических полей, фото- и видеосъемку кавитационных областей [3, 4].

Эффективность кавитации по величине эрозии оценивается методом пробных образцов, помещаемых на некоторое время в кавитационную область. Далее оценивается уменьшение массы проб-

ного образца или непосредственно площадь участков эрозии [4]. Для оценки эффекта, производимого в какой-либо плоскости, пересекающей область кавитации, в нее помещают образец алюминиевой фольги с размерами, превышающими область кавитации.

В состав лабораторной установки для изучения ультразвуковой кавитации в жидкости входит ультразвуковой генератор в приборном исполнении, магнитострикционный преобразователь, оснащенный цилиндрическим излучающим волноводом, штатив и емкость для жидкости.

Рабочая частота ультразвукового генератора составляет 22 кГц $\pm 10\%$, выходная мощность генератора и соответствующего МС преобразователя – 630 Вт, параметры аппаратуры приведены в таблице.

Таблица – Технические характеристики ультразвуковой аппаратуры

Мощность ультразвукового генератора	630 Вт
Тип ультразвукового преобразователя	магнитострикционный
Мощность ультразвукового преобразователя	630 Вт
Рабочая частота акустической системы	22 $\pm 10\%$ кГц
Тип охлаждения ультразвукового преобразователя	водяное принудительное
Напряжение питания	220 В, 50 Гц
Объем емкости для жидкости	0.5 л

На передней панели УЗ генератора располагается индикатор рабочей частоты генератора, стрелочный индикатор резонанса, разъем подключения МС преобразователя и включатель питания.

На задней панели генератора расположены переключатель выходной мощности (выходная мощность устанавливается в пределах 100% от номинальной: 100% – вилка установлена вертикально, 75% – вилка установлена под углом, и 50% – вилка установлена горизонтально), выведенный "под шлиц" регулятор рабочей частоты.

Для размещения образца алюминиевой фольги предусмотрена фиксирующая рамка, которая располагается в прямоугольной емкости, наполняемой водой. Расположение излучающего волновода, глубина его погружения, расстояние до образца регулируются положением акустической системы на штативе.

Выполнение работы предполагает исследование скорости кавитационной эрозии алюминиевой фольги. Для этого через равные промежутки времени измеряется площадь эрозии экспериментального образца (с помощью миллиметровой бумаги, аппроксимируя участки эрозии простыми геометрическими фигурами). По полученным результатам выполняется построение экспериментальной зависимости площади эрозии от времени воздействия кавитации.

Описание рассматриваемой лабораторной работы вошло в учебно-методическое пособие [5].

Список литературы:

1. Мощные ультразвуковые поля / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1968.
2. Рождественский В.В. Кавитация. Л.: Судостроение, 1977.
3. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация. – М.: Наука, 2008.
4. Колесников А.Е. Ультразвуковые измерения. 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Изд-во стандартов, 1982.
5. Аббакумов К.Е., Вагин А.В., Вьюгинова А. А., Теплякова А. В. Физические основы получения информации. Учебно-методическое пособие. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023.

A. A. Vjuginova, A. V. Teplyakova

Instrumental and methodical support of laboratory work on the study of ultrasonic cavitation

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Russia

Abstract. A variant of the organization of laboratory work on the study of ultrasonic cavitation is being considered for course "Physical bases of information obtaining", implemented at the Faculty FIBS of St. Petersburg State Technical University "LETI". The purpose of the laboratory work is to familiarize with ultrasonic technological equipment for treatment of liquids and the processes of ultrasonic cavitation in liquid. Operating frequency of the equipment used for the work is 22 kHz. The proposed experimental stand makes it possible to study the rate of cavitation erosion of a sample.

Keywords: Ultrasonic cavitation; cavitation erosion; ultrasonic equipment; laboratory work