

Модернизированный Пьезоэлектрический Приемный Преобразователь

Владимир Н. Хмелев, Сергей Н. Цыганок, Дарья Е. Шумкова, Игорь А. Скабелин, Сергей В. Левин,
Юрий М. Кузовников

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия

ООО «Центр ультразвуковых технологий», Бийск, Россия

Аннотация – Статья посвящена реализации контактного способа измерения амплитуды механических колебаний ультразвуковой частоты. В статье представлены результаты разработки модернизированного пьезоэлектрического приемного преобразователя для измерения амплитуды колебаний рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы при кавитационном воздействии на дисперсные системы с жидкой фазой.

Ключевые слова – Амплитуда колебаний, пьезоэлектрический приемный преобразователь.

I. ВВЕДЕНИЕ

АМПЛИТУДА механических колебаний является одним из важных параметров ультразвуковой колебательной системы на ряду с рабочей частотой. В ряде технологических процессов (например, диспергирование, эмульгирование) только при превышении определенного порога амплитуды процесс и может быть реализован.

В связи с этим, совершенствование существующих и поиск новых методов и средств измерения амплитуды колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы, является актуальной задачей.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

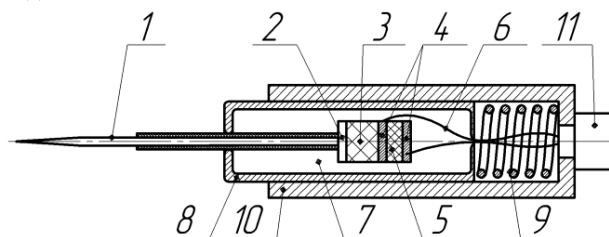
Для измерения амплитуды излучающей поверхностей ультразвуковых колебательных систем при воздействии на дисперсные среды с жидкой фазой применяются контактные методы.

В работе [1] был рассмотрен пьезоэлектрический приемный преобразователь, реализующий один из таких способов. Недостатком вышеуказанного устройства являлось ограничение амплитуды измеряемых механических колебаний – не более 30-35 мкм. Причем при многократных измерениях амплитуд, близких к максимальным, происходило механическое разрушение пьезоэлектрического приемного преобразователя.

В работе [2] была рассмотрено устройство с регулируемым коэффициентом демпфирования, реализующее также контактный способ измерений. Кроме конструктивной сложности также недостатком являлось

ограничение амплитуды измеряемых механических колебаний – не более 30 мкм.

Поэтому и возникла необходимость доработки существующих устройств. Конструкция модернизированного пьезоэлектрического приемного преобразователя (Рис. 1) устраняет вышеуказанный недостаток.



1 – металлический стержень; 2 – металлическая пластина;
3 – полиуретановый эластомер; 4 – медные электроды;
5 – пьезоэлектрический элемент; 6 – провода; 7 – демпфер (эпоксидный компаунд); 8 – внутренний корпус; 9 – пружина; 10 – внешний корпус;
11 – электрический разъем

Рис. 1. Конструкция пьезоэлектрического приемного преобразователя

Принцип работы созданного устройства заключается в следующем. Металлический стержень (поз.1) в виде иглы, припаянный к металлической пластине (поз.2), касается в точке излучающей поверхности рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы. Воспринимаемые механические колебания передаются на полиуретановый эластомер (поз.3), где происходит их затухание и частичное ослабление.

Далее передаваемые колебания возбуждают пьезоэлектрический элемент (поз.5), представляющий собой диск из пьезоэлектрической материала, на электродах (поз.4) возникает электрическое напряжение, пропорциональное амплитуде механических колебаний излучающей поверхности рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы.

Демпфер (поз.7), заполняющий пространство внутреннего корпуса (поз.8), способствует затуханию возникающих паразитных колебаний.

Для увеличения измеряемой амплитуды колебаний между внутренним корпусом (поз.8) и внешним (поз.10) находится дополнительный демпфирующий элемент – пружина (поз.9).

Разъем (поз.11) предназначен для подключения пьезоэлектрического приемного преобразователя к измерительному прибору с целью измерения параметров напряжения на электродах диска (поз.5) – амплитуды и частоты.

Внешний вид разработанного пьезоэлектрического приемного преобразователя приведен на рис. 2.



Рис. 2. Пьезоэлектрический приемный преобразователь

В приведенном на рисунке 2 устройстве используется полиуретановый эластомер толщиной 8 мм и дисковый пьезоэлектрический элемент диаметром 7 мм и толщиной 1 мм из материала ЦТС-19. Демпфер изготавливается из эпоксидной смолы ЭД-20 с отвердителем полиэтиленополиамин.

Амплитудно-частотная характеристика разработанного пьезоэлектрического приемного преобразователя, измеренная при его возбуждении тонкой пьезоэлектрической платиной, показана на рисунке 3.

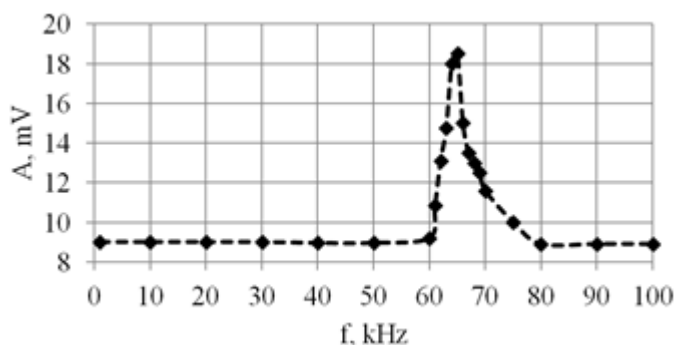


Рис. 3. График АЧХ пьезоэлектрического приемного преобразователя в диапазоне от 1 кГц до 100 кГц

Анализ графика, приведенный на рисунке 3, показывает, что у пьезоэлектрического приемного преобразователя наблюдаются резонансы на некоторых частотах. Предположительно это обусловлено резонансными свойствами всей конструкции устройства.

Амплитудно-частотная характеристика разработанного пьезоэлектрического приемного преобразователя, измеренная с помощью согласующего устройства, показана на рисунке 4.

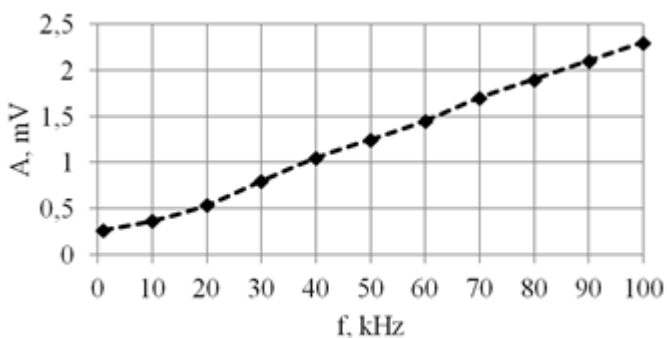
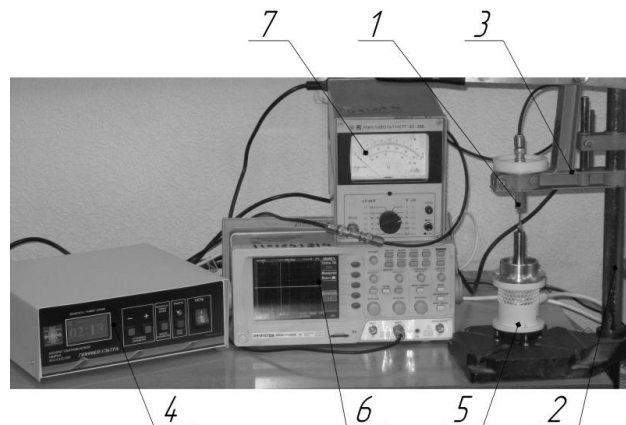


Рис. 4. График АЧХ с согласующего устройства

Таким образом, выдвинутое предположение было правильным, и разработанный пьезоэлектрический приемный преобразователь имеет линейность (горизонтальность) метрологической характеристики в диапазоне от 10 кГц до 100 кГц.

Для проведения измерений необходимо провести калибровку созданного пьезоэлектрического приемного преобразователя. Измерительный стенд для этого приведен на рисунке 5.



1 – пьезоэлектрический приемный преобразователь; 2 – штатив; 3 – груз; 4 – электронный генератор; 5 – ультразвуковая колебательная система; 6 – осциллограф; 7 – милливольтметр

Рис. 5. Измерения с помощью аппарата ультразвуковой сварки «ГИМИНЕЙ-УЛЬТРА»

Аппарат ультразвуковой сварки «ГИМИНЕЙ-УЛЬТРА» модель АУС-04./22-ОМ совершает колебания с частотой 22 кГц и амплитудой до 65 мкм [3]. Амплитуда измерялась при помощи стробоскопического метода [4].

Процесс калибровки приемного пьезоэлектрического преобразователя проводился следующим образом. Аппарат ультразвуковой сварки «ГИМИНЕЙ-УЛЬТРА» модель АУС-04./22-ОМ настраивался на работу с мощностью от 30% до 100%. Время воздействия составило 1,5 секунды. Анализировалась форма выходного сигнала. Находилась среднее значение выходного сигнала с пьезоэлектрического приемного преобразователя в вольтах. В итоге определялась чувствительность созданного устройства – коэффициент соответствия между амплитудой колебаний излучающей поверхности и выходным напряжением с пьезоэлектрического приемного преобразователя. Полученные результаты представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1
РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВКИ
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИЕМНОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Мощность, %	U ₁ , мВ	U ₂ , мВ	Амплитуда, мкм	Чувст., мкм/В
30	1,7	1,65	35	20,6
40	1,95	1,9	40	20,5
50	2,15	2,15	43	20
60	2,35	2,3	45	19,2
70	2,55	2,5	48	18,9
80	2,6	2,6	52	20
90	–	–	59	–
100	–	–	65	–

Анализ полученных результатов показал следующее. Во-первых, направление модификации уже существующих пьезоэлектрических приемных преобразователя выбрано верное. Во-вторых, разработанная конструкция позволяет измерять амплитуду до 50 мкм. В-третьих, при превышении амплитуды свыше 50 мкм происходит разрушение чувствительного элемента. Возможно это связано с демпфирующими свойствами пружины.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, был модернизирован существующий пьезоэлектрический приемный преобразователь за счет введения дополнительного конструктивных элементов – пружины и внешнего корпуса.

Амплитудно-частотная характеристика линейна в требуемом диапазоне частот: от 10 кГц до 100 кГц. Проведена калибровка созданного пьезоэлектрического приемного преобразователя путем сравнения со стробоскопическим методом, которая показала функциональную возможность измерения амплитуды механических колебаний до 50 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Хмелев В.Н., Левин С.В., Цыганок С.Н., Титов Г.А., Шипилова Е.Ю., Абраменко Д.С. Пьезоэлектрический приемный преобразователь для измерения амплитуды колебаний ультразвуковой колебательной системы Южно-сибирский научный вестник –2013. – № 2 (4). – Р. 64-68.
- [2] Патент №149707 Российская Федерация, МПК G01/H1/00. Устройство контроля амплитуды механических колебаний / Khmelev V.N., Levin S.V., Tsyganok S.N., Khmelev S.S., Sakura V.A. – 1 p.
- [3] Khmelev V.N., Abramenko D.S., Leonov G.V., Savin I.I. Automation of the Amplitude Measurement Process of Ultrasonic Oscillatory Systems Irradiating Surface // International Siberian Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials Proceeding EDM'2005: Workshop Proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2005. – P. 64-67.

