

## **Предварительные исследования по созданию пьезокерамического электроакустического преобразователя с частотой менее 1000 Гц**

А.А.Арапова, А.Ф.Гейер, Р.Е.Малыхин, В.А.Пономарев

Целью исследования, проводимого в данной статье, является создание научно-технического задела для разработки мощного пьезокерамического электроакустического преобразователя с частотой менее 1000 Гц. До сих пор считалось неэффективным использовать пьезокерамику для создания низкочастотных, особенно повышенной мощности, звуковых излучателей.

Задачей данного исследования является определение возможности реализации создания пьезокерамического электроакустического преобразователя с частотой менее 1000 Гц и определение перспективности выбранного направления.

Были предварительно сделаны 2 биморфа с геометрическими параметрами, отраженными в таблице 1. Биморф представляет собой 2 склеенные между собой пьезокерамические пластины с металлической прокладкой между ними.

*Таблица 1- Характеристики используемого в макетах биморфа*

	<b>характеристики биморфа</b>	
<b>пьезоэлемент</b>	d=63мм, s=0,50мм	d=63мм, s=0,43мм
<b>мембрана</b>	d=90мм, s=0,50мм	d=90мм, s=0,50мм

На основе существующего преобразователя ПЭП-2 ООО «Аэрофон» были сделаны 2 макета, различающихся только геометрическими параметрами используемых в них биморфа (таблица 1). Конструкция пьезокерамического преобразователя имеет 3 основные части. Это круглая несущая часть с

элементами присоединения к акустической установке, плоско-сферическая диафрагма, закреплённая на несущей части и биморфный пьезопреобразователь, закреплённый в основании сферической части диафрагмы

При использовании преобразователей ПЭП-2 использовался патент РФ на полезную модель №71496 04 октября 2007г (Гейер А.Ф. и др. «Электроакустический преобразователь»).

Для исследования акустических характеристик была собрана установка, структурная схема которой изображена на рисунке 1.

Расстояние между преобразователем и микрофоном 0,5 м обусловлено тем, что измерения проводились в специальной камере со звукопоглощающими стенками. Это, с одной стороны, обеспечивает условие измерения в свободном поле, с другой стороны, - защиту от громкого звука. При этом нужно иметь в виду, что в перерасчете на 1 метр полученные значения звукового давления нужно уменьшить на 6 дБ.

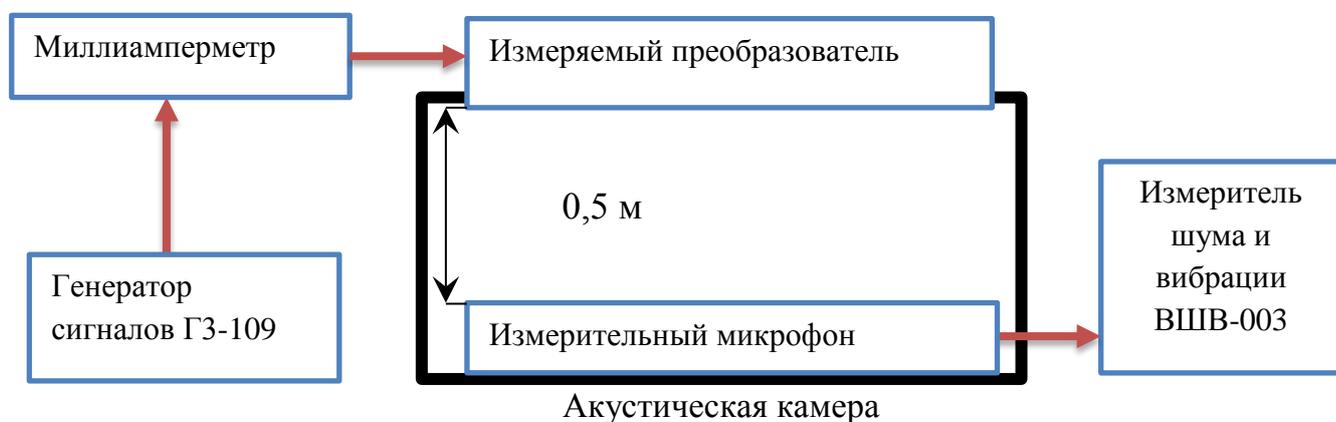


Рисунок 1 – структурная схема установки для акустических измерений

Полученные результаты измерений отражены в таблице 2. (В данной статье использованы следующие сокращения и обозначения:  $f_r$  – резонансная частота,  $f_a$  – антирезонансная частота,  $p_{зв}$  – уровень звукового давления,  $d$  – диаметр,  $s$  – толщина).

Таблица 2- Характеристики макетов №1 и №2

	МАКЕТ №1	МАКЕТ №2
Внешний вид		
Акустические характеристики	$f_r=1,45$ КГц $f_a=1,55$ КГц $p_{зв}=124,5$ дБ	$f_r=1,20$ КГц $f_a=1,29$ КГц $p_{зв}=125$ дБ
Конструктивные параметры	$d=140$ мм	$d=140$ мм

Как видно из данных результатов, преобразователь с меньшей толщиной пьезоэлемента имеет меньшую резонансную частоту.

Уже намечается вектор развития дальнейших исследований. Представляет интерес рассмотреть ход зависимостей звукового давления от питаемого напряжения (рисунок 2).

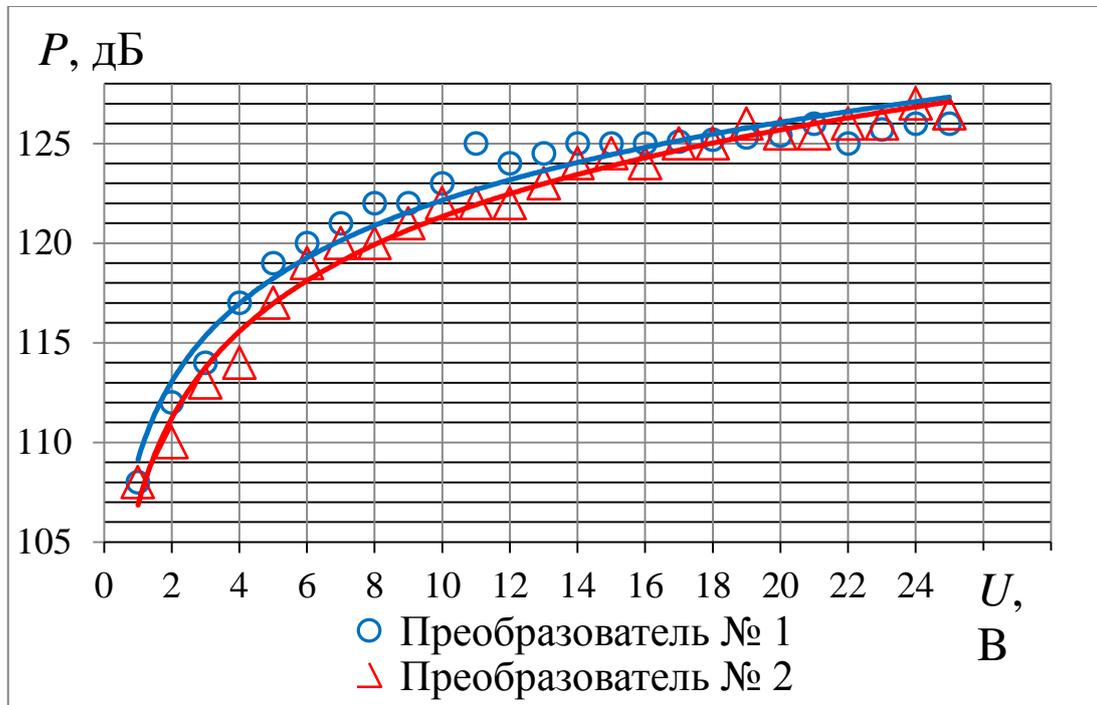


Рисунок 2 – зависимость звукового давления от питаемого напряжения

По результатам вычислений видно, что график зависимости звукового давления от подаваемого напряжения очень близок логарифмическому. Очевидно,

что нельзя бесконечно увеличивать мощность преобразователя путем увеличения подаваемого напряжения. Уменьшение прироста звукового давления обусловлено не снижением КПД, а снижением прироста потребляемой мощности за счёт ограничения тока потребления, то есть при больших значениях напряжения происходит увеличение эквивалентного сопротивления преобразователя на резонансе, обусловленное ростом диэлектрических потерь, а также снижением механической добротности вследствие разогрева приводного преобразователя. При напряжении выше 15В значения рассеиваемой мощности становятся значительными, а теплоёмкость и теплоотдача приводного преобразователя не обеспечивают поддержание умеренной температуры, и это является ограничителем использования более высоких значений напряжения.

Но для преобразователей менее 1000 Гц в процессе дальнейших исследований необходимо будет уточнить приведенные параметры преобразователей.

Следующим этапом было изготовление еще трех макетов, внешний вид которых отображен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид макетов №3-№5

Макет состоит из 3х конструктивных частей: плоско-сферическая диафрагма, пьезоблок, вклеенный в данную диафрагму и кольцо, сделанное из корпуса ПЭП-2.

Плоско-сферическая диафрагма была изготовлена с использованием 3-х мерной печати. Для придания жёсткости конструкции и чтобы закрепить концы диафрагмы, к последней были присоединены кольца с помощью клея с содержанием полистирола.

Для надежности эксперимента были сделаны 3 аналогичных макета. С их

геометрическими параметрами, а так же получившимися акустическими характеристиками можно ознакомиться в таблице 3.

Таблица 3- Характеристики макетов №3-№5

ПЬЕЗОБЛОК									
	акустические характеристики					геометрические параметры			
	fr, Гц	fa, Гц	$\delta f$	c, нФ	КСВ	пьезоэлемент		мембрана	
№3	695	782	0,125	199	0,50	d	63 мм	d	100 мм
№4	756	856	0,132	144	0,51	s	0,6 мм	s	0,5 мм
№5	725	825	0,138	168	0,53	материал	цтснв-1	материал	сталь
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ									
	акустические характеристики			плоско-сферическая диафрагма					
	рзв, дБ	fr, Гц	c, нФ	материал			геом.параметры		
№3	112	840	199	АБС-пластик желтого цвета			d=140мм		
№4	118	715	144	АБС-пластик белого цвета					
№5	116	780	168	АБС-пластик красного цвета					

Нетрудно заметить, что увеличение диаметра плоско-сферической диафрагмы так же ведет к уменьшению резонансной частоты преобразователя.

Таким образом, на данном этапе можно сформировать зависимость резонансной частоты от геометрических размеров преобразователя, а именно  $f_{рез} \sim \frac{h}{d^2}$ , где h – толщина пьезоблока, d – диаметр пьезоблока, который используется в качестве привода для плоско-сферической диафрагмы.

К сожалению, плоско-сферическая диафрагма, выполненная методом 3х мерной печати, не выдерживает мощности излучения звука (расходится по слоям) и поэтому не позволяет добиться повышенного звукового давления.

### Заключение

1. Наглядно показана возможность реализации пьезокерамического электроакустического преобразователя с довольно- таки низкой частотой (менее 1000 Гц)

2. На основе предварительных исследований и полученных результатов

(например, неплохой уровень звукового давления у первых макетов) можно сделать вывод о перспективности создания пьезокерамических преобразователей на частоты менее 1000 Гц.

3. Экспериментальным путем предварительно установлена зависимость резонансной частоты от геометрических размеров преобразователя, что позволяет двигаться в нужном направлении и добиться нужных результатов (понижения частоты преобразователя).

4. В перспективе, при постановке НИОКР, необходимо более детальное исследование для достижения более высокого звукового давления и дальнейшего понижения частоты.

#### **Список источников**

1. Гейер А.Ф. и др. «Электроакустический преобразователь». Патент РФ на полезную модель №71496. 04 октября 2007г.

2. Описание полезной модели к патенту №71496 «Электроакустический преобразователь» Опубликовано 10.03.2008, бюллетень №7.

3. «Пьезокерамические излучатели звука.» Статья на сайте [www.avto-gabinib.ru](http://www.avto-gabinib.ru).