

В. М. Шарапов, д.т.н., профессор,

К. В. Базило, к.т.н.,

А. И. Маштапа,

В. М. Заика

Черкасский государственный технологический университет

б-р Шевченко, 460, г. Черкассы, 18006, Украина

v_sharapov@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Работа посвящена совершенствованию пьезоэлектрических преобразователей. Общей задачей при совершенствовании пьезоэлектрических излучателей является увеличение дальности действия. Увеличение звукового давления преобразователя может быть достигнуто путем использования акустических резонаторов. Наиболее часто в гидроакустике в качестве электроакустических преобразователей используются кольцевые преобразователи. Для улучшения характеристик преобразователя применены объемные резонаторы. Изучено влияние длины акустического резонатора на кольцевой электроакустический преобразователь.

Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователь, излучатель, акустический резонатор.

Устройства, преобразующие электрический сигнал в акустический, называют электроакустическими преобразователями (ЭАП) [1, 2].

Пьезоэлектрические преобразователи широко применяются в электроакустике, гидроакустике, измерительной технике, неразрушающем контроле, в пьезодвигателях, в сканерах наномикроскопов, других областях науки и техники [1–4].

Особое место пьезоэлектрические преобразователи занимают в электро- и гидроакустике, где они предназначены для излучения и приема акустических колебаний в воздушной или водной среде [3, 4].

Пьезоэлектрические преобразователи, используемые в гидроакустике, делятся на два больших класса:

- преобразователи-приемники акустического сигнала (датчики, сенсоры);
- преобразователи-излучатели акустического сигнала.

Общей задачей при совершенствовании излучателей является увеличение дальности действия, что возможно достичь путем:

- снижения рабочей (резонансной) частоты и (или)
- увеличения мощности излучения (повышения уровня звукового давления).

Известно, что низкочастотный звук распространяется в воде практически без затуха-

ния на расстояния до нескольких тысяч километров благодаря формированию в верхнем слое океана подводного звукового канала – акустического волновода рефракционного типа. Именно благодаря этому низкочастотная акустика имеет очевидные преимущества в решении широкого круга задач [5, 6].

Наиболее часто в гидроакустике в качестве ЭАП используются кольцевые электроакустические преобразователи (КЭАП).

КЭАП представляет собой электромеханическую колебательную систему с достаточно высокой добротностью [5]. Электроды наносятся на внутреннюю и наружную боковые поверхности, а элемент поляризуется в направлении радиуса. Такой пьезоэлемент может работать при равномерном сжатии в радиальном направлении или при сжатии вдоль образующей.

Недостатком этих преобразователей является сравнительно невысокий уровень звукового давления, повышение которого позволяет увеличить дальность действия преобразователей.

В работе [7] приведен метод увеличения звукового давления преобразователя путем использования акустических резонаторов, однако не рассмотрена оптимальная длина резонатора для фиксированной частоты.

Таким образом, **целью данной работы** является нахождение оптимальной длины

резонатора для увеличения уровня звукового давления ЭАП.

Для экспериментов использовался кольцевой ПЭ из пьезокерамики ЦТБС-3 с наружным диаметром 116 мм, внутренним – 100 мм и высотой 40 мм (рис. 1).

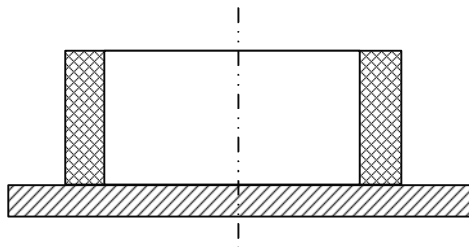


Рис. 1. Кольцевой электроакустический преобразователь

На вход электроакустического преобразователя подавался синусоидальный сигнал амплитудой 10 В от генератора электрических колебаний ГЗ-109. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) кольцевого электроакустического преобразователя по звуковому давлению измерялась с помощью шумомера фирмы RFT00 024 (рис. 2). Микрофон располагался на расстоянии 10 мм от преобразователя.

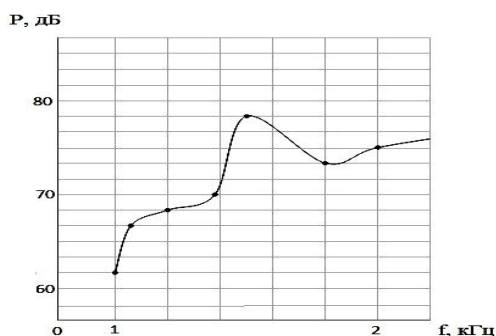


Рис. 2. АЧХ кольцевого ПЭ по звуковому давлению

Из рис. 2 видно, что длину резонатора необходимо рассчитывать для частоты 1,5 кГц.

Результаты исследования зависимости звукового давления $P_{зв}$ и $P_{1,5}$ на резонансной f_p и фиксированной частоте 1,5 кГц соответственно от длины акустического резонатора L приведены в табл. 1. В качестве излучателя был использован электродинамический излучатель с достаточно линейной АЧХ (рис. 3). Верхняя крышка резонатора имеет отверстие $d = 20$ мм. На вход излучателя подавался синусоидальный сигнал амплитудой 1 В.

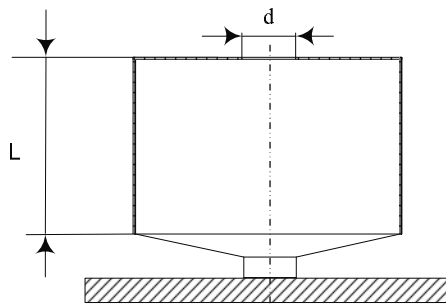


Рис. 3. Электродинамический излучатель

Таблица 1

Результаты исследования зависимости звукового давления $P_{зв}$ и $P_{1,5}$ от длины акустического резонатора L

№ п/п	f_p , кГц	$P_{зв}$, дБ	$P_{1,5}$, дБ	L , см
1	2,2	100	95,5	6
2	2,16	107	96	8,5
3	1,7	110	101	10,5
4	1,5	111	111	12,5
5	1,28	116	101	15
6	1,21	117	99,5	16
7	1,19	117,5	99	16,5
8	1,16	118	97,5	17
9	1,13	118,5	97	18

Как видно из табл. 1, оптимальная длина резонатора для частоты 1,5 кГц составляет 12,5 см.

Аналогичные исследования были проведены для кольцевого ПЭ с акустическим резонатором (рис. 4, табл. 2). На вход электроакустического преобразователя подавался синусоидальный сигнал амплитудой 10 В. АЧХ этого преобразователя представлена на рис. 5.

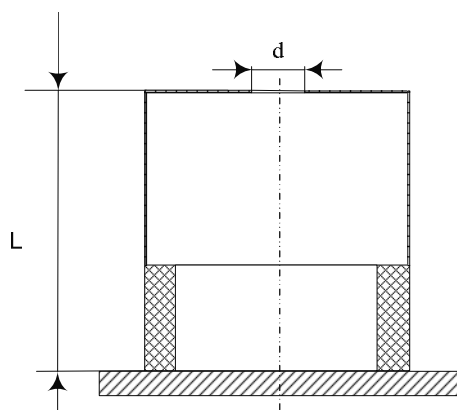


Рис. 4. Кольцевой электроакустический преобразователь с акустическим резонатором

Таблица 2

**Аналогичные исследования
для кольцевого ПЭ
с акустическим резонатором**

№ п/п	f_p , кГц	$P_{зв}$, дБ	$P_{1,5}$, дБ	L , см
1	1,5	77	77	–
2	1,21	75,5	<70	16
3	1,38	80	73	13,5
4	1,46	80,5	77	13
5	1,5	82	82	12,5

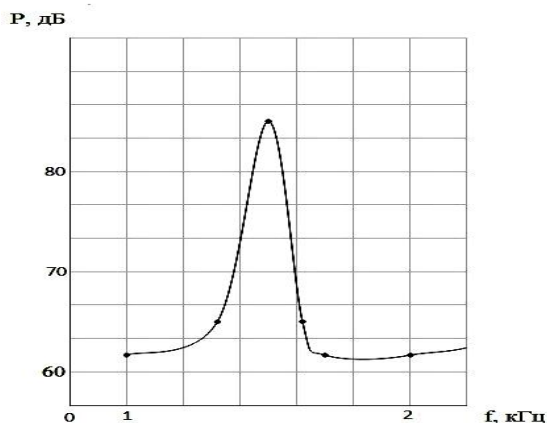


Рис. 5. АЧХ кольцевого ПЭ с акустическим резонатором

Как видно из табл. 2, оптимальная длина резонатора для частоты 1,5 кГц составляет 12,5 см, при этом применение акустического резонатора позволило повысить выходное звуковое давление кольцевого электроакустического преобразователя на 5 дБ (рис. 2, 5).

Выводы:

1. Увеличение звукового давления электроакустического преобразователя может быть достигнуто путем использования акустических резонаторов.

2. Изучено влияние длины акустического резонатора на характеристики кольцевого электроакустического преобразователя.

3. Определена оптимальная длина акустического резонатора для увеличения уровня звукового давления кольцевого электроакустического преобразователя.

Список литературы

1. Sharapov, V. (2011) Piezoceramic sensors. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 498 p.

2. Шарапов В. М. Пьезоэлектрические датчики / Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.
3. Sharapov, V., Sotula, Zh. and Kunitskaya, L. (2013) Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 240 p.
4. Шарапов В. М. Электроакустические преобразователи / [В. М. Шарапов, И. Г. Минаев, Ж. В. Сотула, Л. Г. Куницкая]. – М. : Техносфера, 2013. – 280 с.
5. Режим доступа: www.ipfran.ru
6. Подводные электроакустические преобразователи : справочник / [под ред. В. В. Богородского]. – Л. : Судостроение, 1983. – 248 с.
7. Применение объемных резонаторов в пьезоэлектрических электроакустических преобразователях / В. М. Шарапов, А. М. Салагор, Ж. В. Сотула, В. М. Заика // Современная электроника. – 2013. – № 5. – С. 58–60.

References

1. Sharapov, V. (2011) Piezoceramic sensors. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 498 p.
2. Sharapov, V. M., Musienko, M. P. and Sharapova, E. V. (2006) Piezoelectric sensors. Moscow: Technosphera, 632 p. [in Russian].
3. Sharapov, V., Sotula, Zh. and Kunitskaya, L. (2013) Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 240 p.
4. Sharapov, V. M., Minaev, I. G., Sotula, Zh. V. and Kunitskaya, L. G. (2013) Electroacoustic transducers. Moscow: Technosphera, 280 p. [in Russian].
5. Available from: www.ipfran.ru
6. Underwater electroacoustic transducers: a handbook (1983). In: V. V. Bogorodskij (Ed.). Leningrad: Sudostroenie, 248 p. [in Russian].
7. Sharapov, V. M., Salagor, A. M., Sotula, Zh. V. and Zaika, V. M. (2013) The use of cavity resonators in piezoelectric electroacoustic transducers. *Sovremennaya elektronika*, (5), pp. 58-60 [in Russian].

V. M. Sharapov, *Dr.Tech.Sc., professor,*

K. V. Bazilo, *Ph.D.,*

A. I. Mashtapa,

V. M. Zaika

Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

v_sharapov@rambler.ru

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ACOUSTIC RESONATOR LENGTH ON PIEZOELECTRIC TRANSDUCER CHARACTERISTICS

A device that converts an electrical signal into an acoustic one is called as electro-acoustic transducer. A special place is occupied by piezoelectric transducers in electric and underwater acoustics, where they are intended for transmitting and receiving of acoustic vibrations in air or aquatic environment. Piezoelectric transducers which used in hydroacoustics are divided into two major classes such as transducers-receivers of acoustic signal (sensors) and transducers-transmitters of acoustic signal. A common task in improving the transmitters is to increase the range of action that can be achieved by reducing operating (resonant) frequency and (or) increasing transmitting power (increasing sound pressure level). Ring transducers are most frequently used in hydroacoustics as electroacoustic transducers. The ring piezoelectric element is an electromechanical oscillating system with sufficiently high quality factor. The disadvantage of such transducers is a relatively low sound pressure level, increasing of which can increase the range of transducers. The changes of piezoelectric transformers characteristics are possible due to external circuit for piezoelectric element – electrical, mechanical or acoustic one. The increase of sound pressure of electroacoustic transducer can be achieved by the use of acoustic resonators. The influence of acoustic resonator length on the characteristics of ring electroacoustic transducer is investigated. The optimal length of acoustic resonator to increase sound pressure level of ring electroacoustic transducer is determined.

Keywords: *piezoelectric transducer, transmitter, acoustic resonator.*

Стаття надійшла до редакції 01.11.2014.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д.т.н., професор,
Ващенко В. А., д.т.н., професор.