

## Оптимизация пьезоэлектрического преобразователя изгибного типа

*В.К. Доля<sup>1</sup>, С.Н. Галий<sup>1</sup>, А.П. Ламека<sup>2</sup>, А.Е. Панич<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону*  
<sup>2</sup>*ПАО «Дальприбор», г. Владивосток*

**Аннотация:** В настоящей статье представлены результаты исследования параметров пьезоэлектрического гибкого преобразователя балочного типа. Анализ проводился методом конечных элементов с использованием пакета программ ANSYS Multiphysics. Показано, что для анализируемого преобразователя существуют оптимальные соотношения параметров его конструктивных элементов, для которых изгибный преобразователь является наиболее эффективным.

**Ключевые слова:** изгибный пьезоэлектрический преобразователь, пьезоэлемент, упругая пластина, частота резонанса, коэффициент преобразования, коэффициент электромеханической связи.

Пьезоэлектрические преобразователи изгибного типа нашли самое широкое применение в различных современных устройствах взаимного преобразования электромеханической энергии. К таким устройствам относятся актюаторы, устройства перемещения, позиционирования и различные пьезоэлектрические измерительные преобразователи (датчики). В частности, это датчики контроля вибрации, диагностики различных объектов в энергетике, авиации, машиностроении, а также высокочувствительные датчики колебательной скорости и акустического давления в воздушной и водной среде.

Пьезоэлектрические преобразователи изгибного типа достаточно широко описаны в научно-технической литературе [1-9]. Однако до настоящего времени остаются неисследованными закономерности, отражающие степень влияния свойств, входящих в состав преобразователя основных конструктивных элементов на его основные параметры, такие как резонансная частота, коэффициент электромеханической связи и коэффициент преобразования.

В настоящей работе представлены результаты анализа конструктивных особенностей изгибного преобразователя, отражающие функциональные

---

зависимости вышеуказанных параметров от особенностей построения преобразователя. Анализ проводился методом конечных элементов с помощью пакета программ ANSYS Multiphysics [10]. Объект анализа представлен на рис. 1.

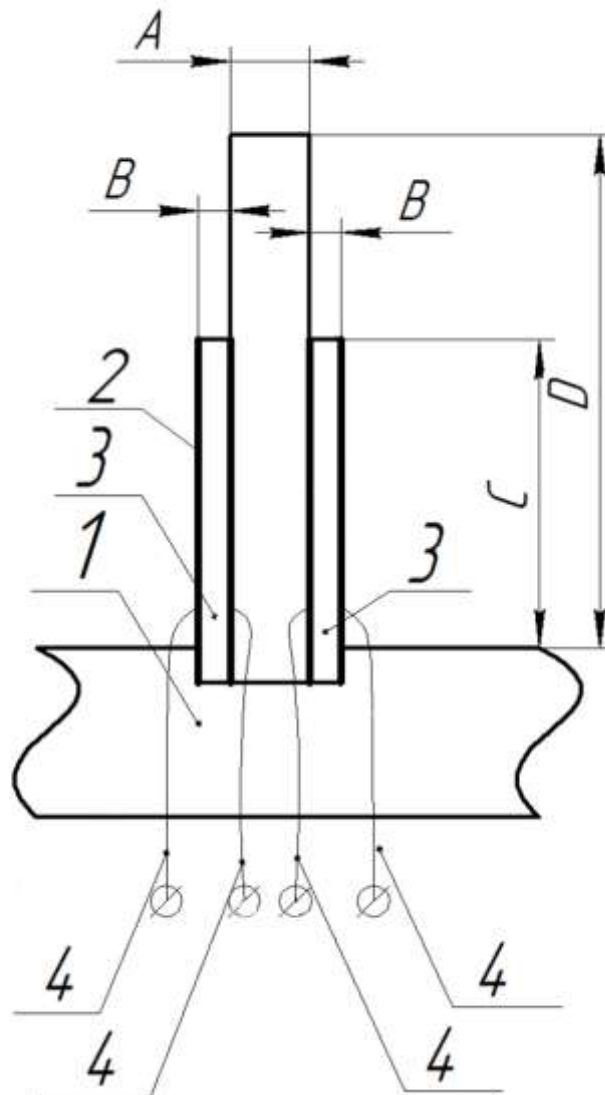


Рис. 1 – Общий вид изгибного преобразователя

1 – основание;

2 – упругая металлическая пластина;

3 – пьезоэлементы;

4 – электрические токовыводы пьезоэлементов;

$A, B$  – толщины пластины и пьезоэлементов, соответственно;

$D, C$  – длины (высоты) пластины и пьезоэлементов, соответственно

На рис. 2-5 представлены зависимости основных параметров преобразователя от соотношения размеров его основных частей.

На рис. 2 представлена амплитудно-частотная характеристика чувствительности  $S$ , дБ относительно  $1\text{В}/\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$  пьезоэлектрического изгибного преобразователя, где длина упругой металлической пластины  $D$  составляет 5 – 30 мм.

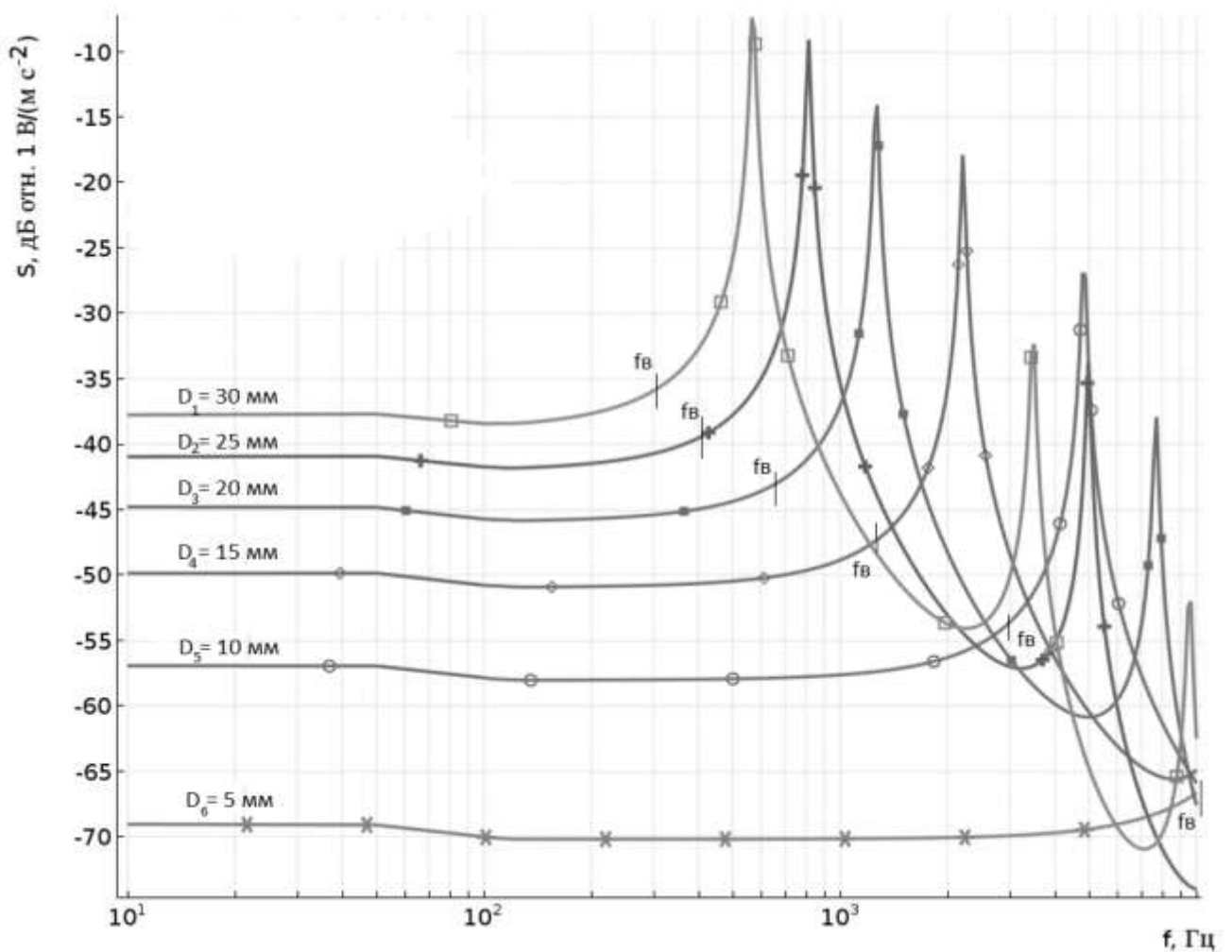


Рис. 2 – Амплитудно-частотная характеристика преобразователя

На рис. 3 представлен график зависимости чувствительности  $S$ , дБ относительно  $1\text{В}/\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$  пьезоэлектрического изгибного преобразователя от соотношения толщины  $B$  пьезоэлектрических пластин к толщине  $A$  упругой металлической пластины и длины  $C$  пьезоэлектрических пластин к длине  $D$  упругой металлической пластины.

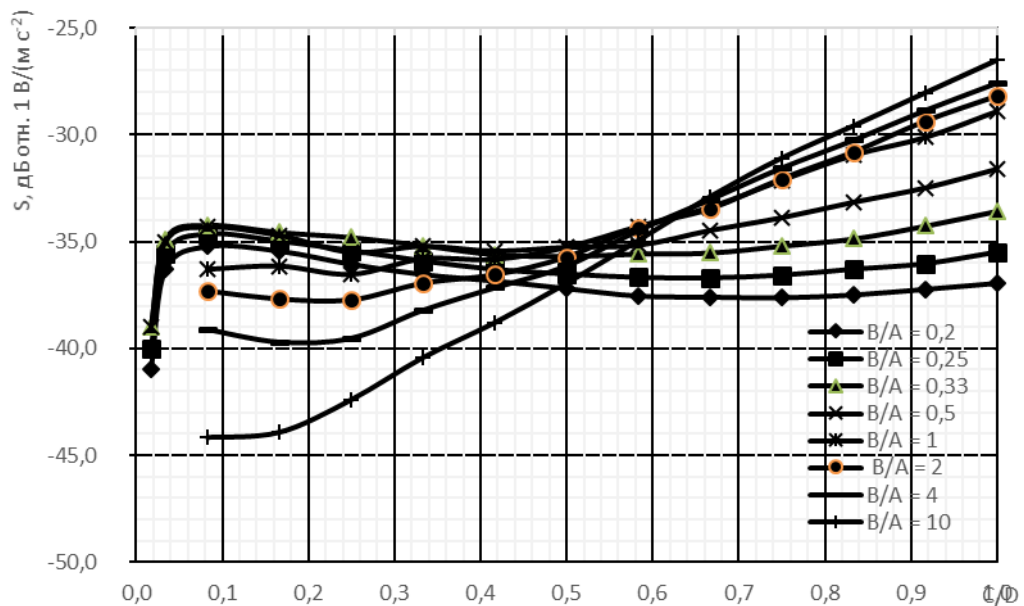


Рис. 3 – Зависимость чувствительности преобразователя от отношений геометрических размеров его элементов

На рис. 4 представлен график зависимости резонансной частоты  $f_p$ , Гц пьезоэлектрического изгибного преобразователя от соотношения толщины  $B$  пьезоэлектрических пластин к толщине  $A$  упругой металлической пластины и длины  $C$  пьезоэлектрических пластин к длине  $D$  упругой металлической пластины.

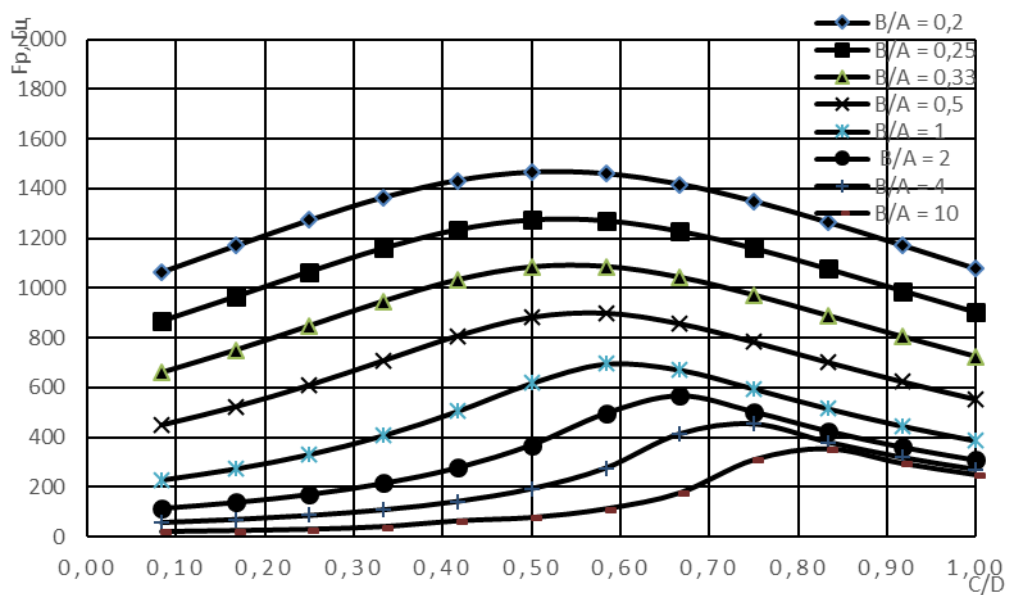


Рис. 4 – Зависимость резонансной частоты от отношений геометрических размеров его составляющих

На рис. 5 представлен график зависимости эффективного коэффициента электромеханической связи  $K_e$  пьезоэлектрического изгибного преобразователя от соотношения толщины  $B$  пьезоэлектрических пластин к толщине  $A$  упругой металлической пластины и длины  $C$  пьезоэлектрических пластин к длине  $D$  упругой металлической пластины.

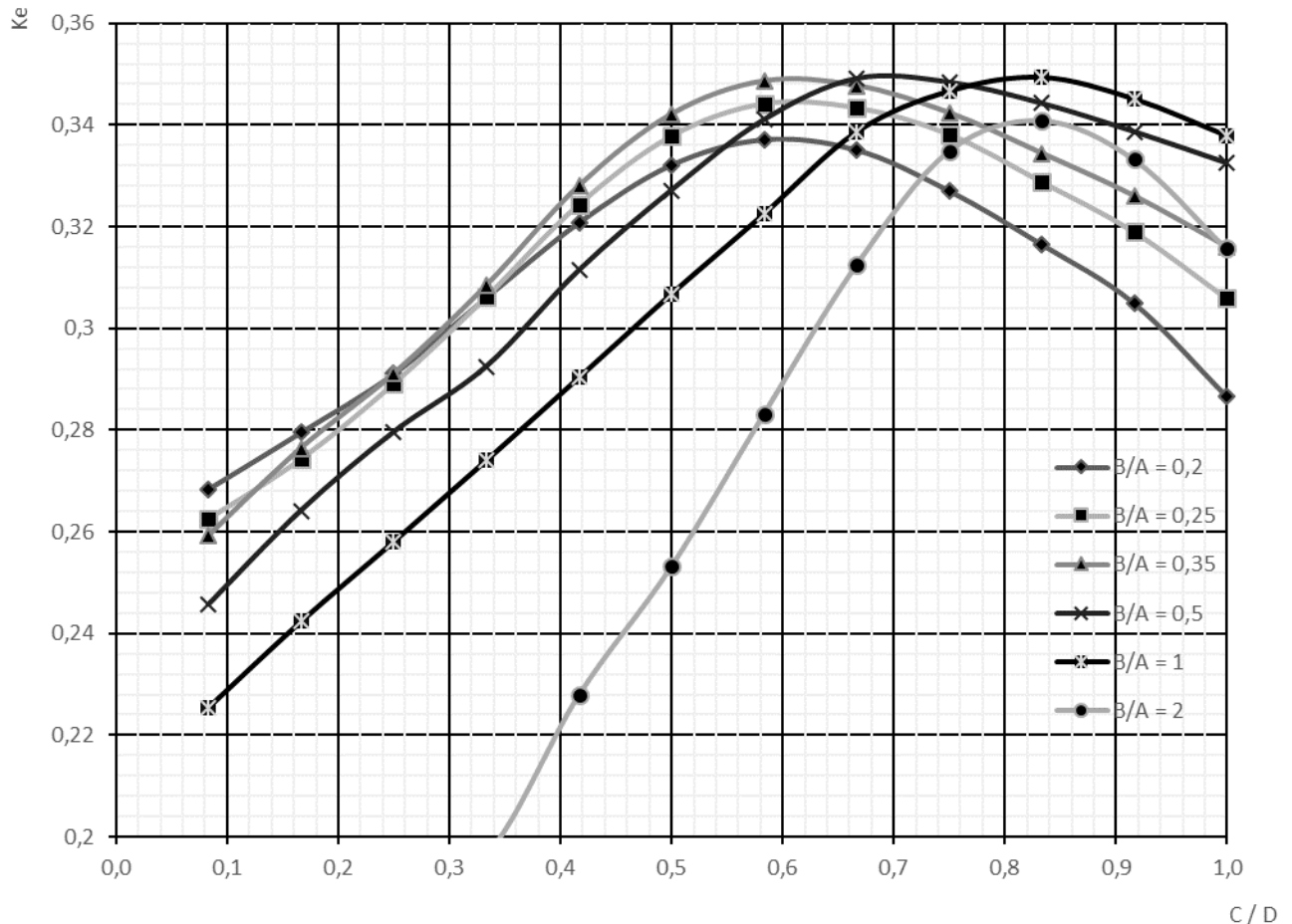


Рис. 5- Зависимость коэффициента электромеханической связи от отношения геометрических размеров его составляющих

Анализ представленных на рис. 2-5 зависимостей позволяет выделить наиболее оптимальное [11] (по критерию достижения наибольших значений  $f_p$ ,  $K_e$  и  $S$ ) соотношение геометрических размеров  $0,45 \leq \frac{C}{D} \leq 0,65$  и  $0,2 \leq \frac{B}{A} \leq 0,35$ .

Следовательно, наиболее эффективным будет пьезоэлектрический изгибный преобразователь, изготовленный из элементов, геометрические размеры которых находятся в вышеотмеченных областях.

Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации комплексного проекта "Разработка и создание высокотехнологичного производства мобильного гидроакустического комплекса освещения обстановки в различных акваториях Мирового океана на основе современных пьезоэлектрических средств нового поколения" (Договор № 03.G25.31.0276 от 29.05.2017).

### Литература

1. Пьезоэлектрический виброприемник: пат. СССР 304447. № 1336243/18-10; заявл. 02.06.69; опубл. 25.05.1971.
2. Пьезоэлектрический виброприемник: пат. СССР 487312. № 1976031/18-10; заявл. 07.12.73; опубл. 05.10.1975.
3. Relaxor-based piezoelectric single crystal accelerometer: пат США 008915139B1. № 13/045,969; заявл. 11.03.11; опубл. 03.06.2008.
4. Piezoelectric device for generating acoustic signal: пат. США 008915139B1. № 1/496,427; заявл. 01.08.06; опубл. 23.12.2014.
5. Скребнев Г.К. Комбинированные гидроакустические приемники. Санкт-Петербург: Элмор, 1997. 200 с.
6. Брюль и Кьер. Пьезоэлектрические акселерометры и предусилители. Нэрум: K.LARSEN&SON, 1978. 112 с.
7. Каталог акселерометров. Веб-сайт PCB Piezotronics: [сайт]. [2017]. URL: [pcb.com/products/productfinder.aspx?tx=14](http://pcb.com/products/productfinder.aspx?tx=14).
8. Янчич В.В. Пьезоэлектрические виброизмерительные преобразователи (акселерометры): монография. Vol 7. Ростов н/Д: ЮФУ, 2010. 304 pp.

9. Аронов Б.С. Электромеханические преобразователи из пьезоэлектрической керамики. Л.: Энергоатомиздат. 1990. С. 32 - 32, 253 - 256, 255.
10. Митько В.Н., Крамаров Ю.А., Панич А.А. Математическое моделирование физических процессов в пьезоэлектрическом приборостроении. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009. С. 16 - 38.
11. Пьезоэлектрический изгибный преобразователь: пат. РФ 180726. № 2017141646; заявл. 29.11.17; опубл. 21.06.2018.

### References

1. P'ezoelektricheskiy vibropriemnik [Piezoelectric vibration receiver]: pat. SU 304447. № 1336243/18-10; заявл. 02.06.69; opubl. 25.05.1971.
2. P'ezoelektricheskiy vibropriemnik vibropriemnik [Piezoelectric vibration receiver]: pat. SU 487312. № 1976031/18-10; заявл. 07.12.73; opubl. 05.10.1975.
3. Relaxor-based piezoelectric single crystal accelerometer: pat.US 008915139B1. № 13/045,969; заявл. 11.03.11; opubl. 03.06.2008.
4. Piezoelectric device for generating acoustic signal: pat.US 008915139B1. № 1/496,427; заявл. 01.08.06; opubl. 23.12.2014.
5. Skrebnev G.K. Kombinirovannye gidroakusticheskie priemniki [Combined sonar receivers]. Saint-Peterburg: Elmor, 1997. 200 p.
6. Brjul' i K#er. P'ezojelektricheskie akselerometry i predusiliteli [Piezoelectric accelerometers and preamps]. Njerum: K.LARSEN&SON, 1978. 112 p.
7. Katalog akselerometrov. Website PCB Piezotronics: [2017]. URL: [pcb.com/products/productfinder.aspx?tx=14](http://pcb.com/products/productfinder.aspx?tx=14).
8. Janchich V.V. P'ezojelektricheskie vibroizmeritel'nye preobrazovateli (akselerometry) [Piezoelectric vibration measuring transducers (accelerometers)]: monografija. Vol 7. Rostov-on-Don: SFU, 2010. 304 pp.



9. Aronov B.S. Jelektromehaničeskie preobrazovateli iz p'ezojelektričeskoj keramiki [Electromechanical transducers made of piezoelectric ceramics]. L.: Jenergoatomizdat. 1990. pp. 32 - 32, 253 - 256, 255.
10. Mit'ko V.N., Kramarov Ju.A., Panich A.A. Matematičeskoe modelirovanie fizičeskih processov v p'ezojelektričeskom priborostroenii [Mathematical modeling of physical processes in piezoelectric instrumentation]. Rostov on Don: SFU, 2009. pp. 16 - 38.
11. P'ezojelektričeskij izgibnyj preobrazovatel' [Piezoelectric bending transducer]: pat. RU 180726. № 2017141646; zajavl. 29.11.17; opubl. 21.06.2018.