

**А.Л. АРШАКЯН, А.Б. БАЛАСАНЯН, О.С. ЧИБУХЧЯН,  
Б.А. БАЛАСАНЯН, В.Ш. ГРИГОРЯН**

## **КОМПАКТНЫЙ МАГНИСТРИКЦИОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ**

Разработаны конструкция и новый способ изготовления компактного магнито-стрикционного преобразователя ультразвуковых колебаний, который при его ограниченных размерах позволяет обеспечить мощность преобразователя на 25,5% больше по сравнению с известными аналогами.

**Ключевые слова:** способ, конструкция, ультразвук, магнито-стрикционный преобразователь, мощность, габаритные размеры.

**Введение.** Для изготовления одностержневых магнито-стрикционных преобразователей ультразвуковых колебаний (УЗК) из ленты, изготовленной из магнитоупругого материала, штампуют прямоугольные пластины. Из них собирают пакет магнитопровода, торец которого паяют с волноводом. На магнитопроводе устанавливают прокладки из термостойкого электроизоляционного материала, на которые наматывают обмотку возбуждения УЗК [1]. Этот способ изготовления одностержневого магнито-стрикционного преобразователя УЗК отличается простотой технологии, так как обмотку возбуждения можно изготавливать в виде отдельной готовой катушки, которую сразу устанавливают на магнитопровод. Следует отметить, что такой способ изготовления магнито-стрикционных преобразователей УЗК позволяет использовать безотходную технологию штамповки прямоугольных пластин из магнито-стрикционного материала и осуществлять намотку катушки возбуждения электромагнитного поля на отдельной автоматизированной технологической операции.

Основным недостатком такого магнито-стрикционного преобразователя УЗК является низкий коэффициент полезного действия (КПД). Это связано с тем, что электрическая энергия обмоток преобразуется в энергию создаваемого им магнитного поля посредством магнитопровода и воздушного пространства, где имеются большие магнитные потери, и КПД таких преобразователей находится в пределах 10...15%.

Отмеченные недостатки отсутствуют в способах изготовления двух, трех и более стержневых магнито-стрикционных преобразователей УЗК, при которых в магнитоупругом прямоугольном материале вдоль его длины и по его середине вырезают прямоугольные отверстия, и после сборки пакета магнитопровода образуется окно, через которое на них наматывают обмотку возбуждения УЗК [2].

Основным преимуществом изготовления таких двух, трех и более стержневых магнитоотрицательных преобразователей УЗК является то, что энергия электрического питания обмотки возбуждения УЗК преобразуется в энергию магнитного поля, при котором силовые линии магнитного потока проходят в замкнутом магнитопроводе, вследствие чего существенно уменьшаются магнитные потери, и КПД таких преобразователей увеличивается до 45...50%. В настоящее время именно этим способом изготавливают ультразвуковые преобразователи с целью получения мощного ультразвукового поля для различных ультразвуковых технологических установок, производимых на предприятиях США, Германии, Японии, Англии, России, Китая и др. Государств, которые позволяют получить УЗК мощностью до 10 кВт и более.

Такие магнитоотрицательные преобразователи УЗК собирают из ленты, изготовленной из магнитоупругого материала толщиной 0,08...0,2 мм, из которой штампуют прямоугольные пластины необходимой ширины. Вдоль длины пластины по ее середине вырезают прямоугольные отверстия, ширина которых зависит от диаметра провода обмотки возбуждения. Из этих пластин собирают пакет магнитопровода необходимых размеров, торец которого паяют с волноводом. Далее на стержнях магнитопровода устанавливают прокладки из термостойкого электроизоляционного материала и вручную, через полученные окна на магнитопроводе, наматывают обмотку возбуждения УЗК.

Основными недостатками такого способа изготовления магнитоотрицательных преобразователей УЗК является наличие окон в магнитопроводе и необходимость ручной намотки обмотки возбуждения. При этом наличие окон приводит к усложнению оснастки для изготовления прямоугольных пластин с прямоугольными отверстиями, уменьшению коэффициента использования дорогостоящего магнитоупругого материала и относительному уменьшению его мощности.

Потери магнитоупругого материала находятся в пределах 10...35%, причем для магнитоотрицательных преобразователей УЗК мощностью 350...450 Вт они наибольшие, что приводит к повышению себестоимости изготовления преобразователя ультразвуковых колебаний. Себестоимость увеличивается также за счет необходимости ручной намотки обмоток возбуждения.

В Национальном политехническом университете Армении разработан способ изготовления двухстержневых магнитоотрицательных преобразователей УЗК, при котором из ленты, изготовленной из магнитоупругого материала, штампуют прямоугольные пластины. Из них собирают пакет магнитопровода, торец которого паяют с волноводом. Пакет магнитопровода разделяют два одинаковых стержня, на них устанавливают прокладки из термостойкого электроизоляционного материала, на которые наматывают обмотки возбужде-

ния УЗК. Между этими обмотками устанавливают прокладку из термостойкого электроизоляционного материала, обмотки сжимают и доводят до соприкосновения через прокладку между собой, а свободные концы стержней магнитопровода жестко соединяют друг с другом [3].

Основным преимуществом этого способа изготовления двухстержневых магнитоотрицательных преобразователей УЗК является возможность применения безотходной технологии вырубki прямоугольных пластин магнитопровода, что связано с отсутствием в них прямоугольных отверстий.

К сожалению, при одинаковой мощности габаритные размеры акустической системы, изготовленной таким способом, остаются относительно большими, а при ограниченных ее габаритных размерах излучаемая преобразователем мощность УЗК остается относительно низкой.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является изыскание возможности упрощения технологии изготовления и повышения мощности изготовленных трехстержневых магнитоотрицательных преобразователей УЗК при заданных их габаритных размерах.

**Достижение цели и решение поставленной задачи.** Поставленная задача была решена следующим образом. Пакет магнитопровода, собранного из прямоугольных пластин, изготовленных из магнитоупругого материала, был разделен не на два, а на три стержня, вследствие чего образуется средний, можно сказать - центральный стержень, и два соседних крайних стержня магнитопровода (рис.1). При этом толщина среднего стержня принята в два раза больше толщин крайних стержней, что позволяет получить трехстержневой магнитоотрицательный преобразователь УЗК.

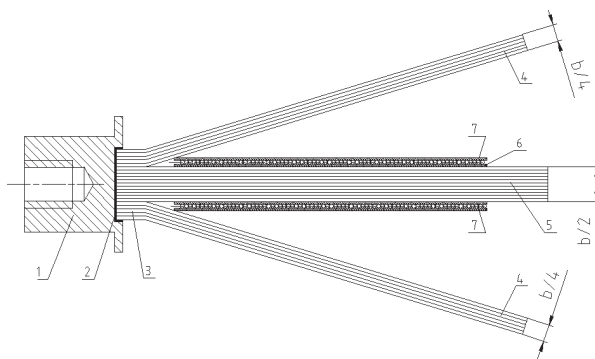
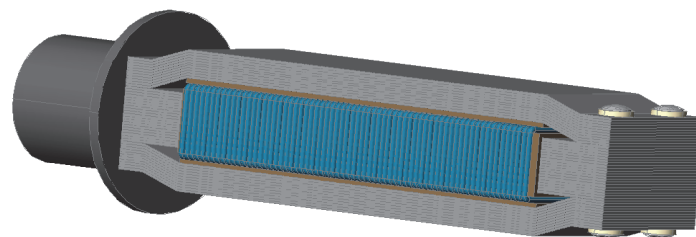
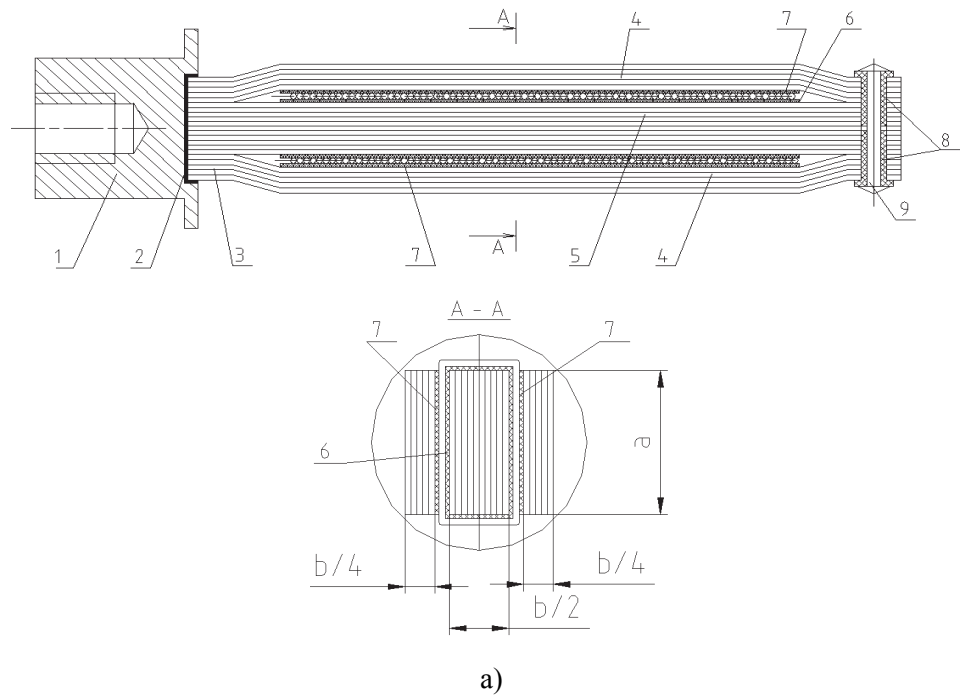


Рис. 1. Схема деления пакета магнитопровода на отдельные стержни: 1 – волновод УЗК, 2 - место пайки пакета магнитопровода к волноводу, 3 - листы из магнитоотрицательного материала, 4 – крайние стержни пакета магнитопровода, 5 – центральный стержень пакета магнитопровода, 6 – изоляционные прокладки, 7 – катушка обмотки возбуждения

В результате после жесткого соединения свободных концов трех стержней посредством заклепок 9 через изоляционные втулки 8 (рис.2) можно получить трехстержневой магнитоотрицательный преобразователь УЗК с равномерно распределенным магнитным потоком по всему магнитопроводу.



б)

Рис. 2. Собранный трехстержневой магнитоотрицательный преобразователь УЗК: а - трехстержневой магнитоотрицательный преобразователь УЗК, б - 3D модель трехстержневого магнитоотрицательного преобразователя УЗК; 1 – волновод УЗК, 2 - место пайки пакета магнитопровода к волноводу, 3 - листы из магнитоотрицательного материала, 4 – крайние стержни пакета магнитопровода, 5 – центральный стержень пакета магнитопровода, 6 – изоляционные прокладки, 7 – катушка обмотки возбуждения, 8 – изоляционные втулки, 9 - заклепки

Этим решением также обеспечивается равномерный магнитный поток по всему сечению пакета магнитопровода. На рис. 2а приведены эскиз чертежа, собранного предлагаемым способом трехстержневого магнитострикционного преобразователя УЗК, и его 3D модель (рис. 2б).

Другим отличительным признаком предлагаемого способа изготовления трехстержневых магнитострикционных преобразователей УЗК от известных аналогов является то, что вместо ручной появляется возможность механизированной намотки обмотки возбуждения ультразвукового преобразователя, что позволяет выполнить ее в виде отдельной катушки, намотанной автоматизированным путем на отдельной технологической операции. Эту катушку без каких-либо проблем сразу можно установить на средний стержень. В итоге упрощается технология изготовления трехстержневого магнитострикционного преобразователя УЗК.

#### Примеры реализации.

**Пример 1.** Допустим, необходимо изготовить трехстержневой магнитострикционный преобразователь УЗК для интенсификации добычи нефти или конденсированного газа из скважин, при котором возможно использование преобразователей УЗК с диаметром корпуса 42 мм [4,5]. Если толщину корпуса принять равной 2,5 мм, а зазор между корпусом и обмоткой возбуждения преобразователя УЗК - 0,5 мм, то магнитопровод необходимо поместить в цилиндре диаметром 36 мм. Согласно предлагаемому способу изготовления магнитострикционного трехстержневого преобразователя УЗК, наибольшие размеры торца магнитопровода получаются равным и  $20,4 \times 24,7 \text{ мм}^2$ , а по прототипу - соответственно  $18 \times 22,3 \text{ мм}^2$  (рис. 3а,б). Известно, что удельная мощность магнитострикционных преобразователей УЗК находится в пределах  $80 \dots 120 \text{ Вт/см}^2$  [6]. В этом случае наибольшая мощность изготовленного преобразователя будет находиться в пределах  $2,04 \times 24,7 \times (80 \dots 120) = 403 \dots 605 \text{ Вт}$ , а согласно прототипу:  $1,8 \times 2,23 \times (80 \dots 120) = 321 \dots 482 \text{ Вт}$ .

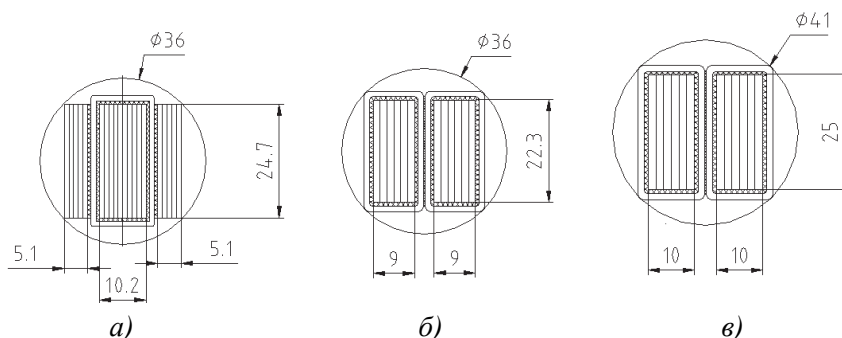


Рис. 3. Расчетные схемы сечений многостержневых магнитострикционных преобразователей УЗК: а – трехстержневой, б, в - двухстержневой

Таким образом, при диаметре корпуса преобразователя УЗК 42 мм магнитопровод необходимо поместить в цилиндре диаметром 36 мм. Согласно заявленному изобретению, в зависимости от используемого магнитоупругого материала для магнитопровода, можно получить мощность преобразователя УЗК на 25,5% больше, чем при его изготовлении согласно прототипу.

**Пример 2.** Необходимо изготовить трехстержневой магнитострикционный преобразователь УЗК мощностью 600 Вт для интенсификации добычи нефти или конденсированного газа из скважин. Примем удельную мощность преобразователя УЗК 100 Вт/см<sup>2</sup>. В этом случае сечение пакета магнитопровода должно быть 6 см<sup>2</sup>. Посредством рациональной компоновки преобразователя УЗК, изготовленного согласно предлагаемому способу, установлено, что такой магнитопровод можно поместить в цилиндрическое отверстие диаметром 36 мм (рис. 3а). С помощью аналогичной рациональной компоновки преобразователя УЗК, изготовленного известным способом, установлено, что такой магнитопровод можно поместить в цилиндрическое отверстие диаметром 41 мм (рис. 3в). Следовательно, в случае заданной мощности габаритные размеры магнитострикционного преобразователя УЗК, изготовленного предлагаемым способом, получаются до 14% меньше по сравнению с размерами магнитострикционных преобразователей УЗК, изготовленных по прототипу.

**Заключение.** Разработаны конструкция и новый способ изготовления компактного магнитострикционного преобразователя ультразвуковых колебаний, который имеет следующие преимущества:

- при его ограниченных размерах он позволяет обеспечить мощность преобразователя на 25,5% больше по сравнению с известными аналогами;
- в случае заданной мощности габаритные размеры магнитострикционного преобразователя УЗК получаются до 14% меньше по сравнению с размерами известных аналогов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорбенко И.Г. Ультразвук в машиностроении. -М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
2. Китайгородский Ю.И., Яхимович Д.Ф. Инженерный расчет ультразвуковых колебательных систем /Учеб. пособие для заоч. курсов повышения квалификации ИТР по применению ультразвука в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1982. - 56 с.
3. ՀՀ թիվ N2443 A2 արտոնագիր. Անդրադարձային կերպափոխիչի պատրաստման եղանակ / Բորիս Բալասանյան, Ստեփան Խրիստաֆորյան, Հայկ Բաբայան, Շահեն Մանուկյան, Արթուր Օհանջանյան, Խաչատուր Հակոբյան. Պաշտոնական տեղեկագիր N8. – 2010. – էջ 24:

4. Патент РФ N2388908. Способ электрогидравлического воздействия на нефтяные пласты и устройство его осуществления / **А.В.Абрамова, В.М.Баязитов, А.А. Печков** <http://www.findpatent.ru/patent/238/2388908.html>
5. Технология ультразвукового воздействия на призабойную зону газовых и нефтяных пластов  
[http://ngcenter.com/files/Tehnologiya\\_ultrazvukovogo\\_vozdeystviya\\_na\\_prizaboynuyu\\_u\\_zonu\\_gazovih\\_i\\_neftyanih\\_plastov.pdf](http://ngcenter.com/files/Tehnologiya_ultrazvukovogo_vozdeystviya_na_prizaboynuyu_u_zonu_gazovih_i_neftyanih_plastov.pdf)

**Ա.Լ. ԱՐՇԱԿՅԱՆ, Ա.Բ. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ, Հ.Ս. ՉԻԲՈՒԽՉՅԱՆ,  
Բ.Ա. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ, Վ.Շ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ**

**ՈՒԼՏՐԱՉԱՅՆԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՓՈՔՐԱԱՉԱՓ  
ՄԱԳՆԻՍԱՌԱՉԳԱԿԱՆ ԿԵՐՊԱՐԱՓՈՒՆԻՉ**

Մշակվել են ուլտրաձայնային տատանումների կոմպակտ մագնիսաառաձգական կերպարափոխիչի կոնստրուկցիան և պատրաստման եղանակը, որը նրա սահմանափակ չափերով թույլ է տալիս ապահովել 25,5% -ով ավելի բարձր հզորություն՝ հայտնի նմանակների համեմատ:

**Առանցքային բարեր.** եղանակ, կոնստրուկցիա, ուլտրաձայն, մագնիսաառաձգական կերպարափոխիչ, հզորություն, գաբարիտային չափեր:

**A.L. ARSHAKYAN, A.B. BALASANYAN, H.S. CHIBUKHCHYAN,  
B.A. BALASANYAN, V.Sh. GRIGORYAN**

**A COMPACT MAGNETOSTRICTIVE CONVERTER OF ULTRASONIC  
VIBRATIONS**

The structure and a new method of manufacturing a compact magnetostrictive transducer of ultrasound vibrations are developed allowing to measure a power of the transducer by more than 25.5% compared with the known analogues.

**Keywords:** method, design, ultrasound, magnetostrictive transducer, power, overall dimensions.