

УДК 534.231.2

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ СИСТЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С ПРОДОЛЬНЫМ ПЬЕЗОЭФФЕКТОМ**Ю.А.Дидусенко,****Национальный технический университет Украины «Киевский Политехнический Институт»,
ул. Политехническая, 16, Киев, 03056, Украина.**

Получены аналитические соотношения, описывающие физические поля системы, которая состоит из произвольного числа параллельных круговых цилиндрических пьезокерамических излучателей с продольным пьезоэффектом. Каждый из преобразователей представляет собой тонкостенный пьезокерамический секционированный цилиндр, совершающий пульсирующие колебания. Сформулированы физическая постановка задачи и её математическая модель, в которой учтены несколько типов взаимодействия, а именно: взаимодействие излучателей по звуковому полю, обусловленное многократным рассеиванием волн; взаимодействие электроупругого тела с окружающей средой; взаимодействие акустических, механических и электрических полей в каждом из излучателей в процессе преобразования энергии при продольном пьезоэффекте. Библ. 3.

Ключевые слова: физические поля, система излучателей, круговой цилиндрический пьезокерамический преобразователь, продольный пьезоэффект.

Введение. Электроакустические преобразователи, в частности, пьезоэлектрические являются обязательной и важной составной частью самых различных электроакустических приборов и систем, применяемых в гидроакустике, рыбопоисковой технике, ультразвуковой дефектоскопии, медицине и т.д.

Важно получить расчетные модели, наиболее полно учитывающие реальные особенности систем пьезокерамических излучателей, которые позволяли бы учесть при формировании физических полей все типы взаимодействий, а именно: взаимодействие излучателей по звуковому полю, обусловленное многократным рассеиванием волн; взаимодействие электроупругого тела с окружающей средой; взаимодействие акустических, механических и электрических полей в каждом из излучателей в процессе преобразования энергии при продольном пьезоэффекте.

На данный момент существует ряд работ, посвященных взаимодействию преобразователей по звуковому полю в составе системы при поперечном пьезоэффекте [3]. Достаточно изучен вопрос взаимодействия электроакустических преобразователей со средой [2]. Но не существует такого метода, с помощью которого можно было бы охарактеризовать работу систем круговых цилиндрических пьезокерамических излучателей с продольным пьезоэффектом с учетом всех этих типов взаимодействия одновременно.

Все это и обуславливает цель работы, которая состоит в том, что бы получить расчетные модели, наиболее полно учитывающие реальные особенности формирования физических полей таких систем.

Постановка задачи. Рассматривается задача излучения звука системой, состоящей из произвольного числа бесконечно длинных тонкостенных пьезокерамических преобразователей, погруженных в идеальную сжимаемую жидкость, и имеющих жидкость во внутренних объемах. Преобразователи работают на продольном пьезоэффекте.

Теоретическое исследование динамического поведения указанной электроакустической системы сводится к совместному решению уравнений, которые описывают физические поля, возникающие при излучении звука цилиндрическими пьезокерамическими преобразователями. С привлечением линейной теории электроупругости и гипотез Кирхгофа-Лява [1] записываются дифференциальные уравнения, позволяющие описывать электроупругие колебания круговых цилиндрических тонкостенных преобразователей. Уравнения движения оболочек представляют собой систему линейных дифференциальных уравнений четвертого порядка, записанных относительно перемещений в окружном и радиальном направлениях. Граничные условия системы формулируются исходя из необходимости выполнения условия равенности нормальных скоростей жидкостей и оболочек на поверхностях пьезокерамических преобразователей и граничных условий излучения Зоммерфельда. Смещения оболочек записываются в виде рядов по собственным формам колебаний, звуковые потенциалы – в виде рядов по волновым цилиндрическим функциям для внешнего и внутреннего полей соответственно в локальных координатах каждого преобразователя. Для выражения полного поля системы на поверхности каждого из преобразователей с учетом взаимодействия полей преобразователей необходимо выразить поля всех излучателей в локальной системе координат того преобразователя, граничные условия которого используются. Для этого применяется теорема сложения цилиндрических волновых функций [3]. После подстановки записанных потенциалов в граничные условия получаем бесконечную систему линейных алгебраических уравнений, которая позволяет найти неизвестные коэффициенты в выражениях физических полей. Полученная система уравнений решается методом редукции. Подстановка найденных неизвестных коэффициентов в соответствующие выражения позволяет аналитически определить динамические характеристики полей, формируемых системой цилиндрических пьезокерамических излучателей, а именно звуковые потенциалы давления в ближнем и дальнем поле, колебательные скорости на поверхностях преобразователей, а также импедансные характеристики.

Выводы. В результате решения поставленной задачи найден алгоритм, позволяющий рассчитать параметры физических полей, которые образуются системой, по заданным входным параметрам. Полученные аналитические соотношения описывают физические поля такого типа систем с учетом нескольких типов взаимодействия.

1. Гринченко В.Т., Улитко А.Ф., Шульга Н.А. Механика связанных полей в элементах конструкций. Т.5. Электроупругость. – Киев: Наук. думка, 1989. – 280 с.

2. Дидковский В.С., Лейко О.Г., Савин В.Г. Электроакустические пьезокерамические преобразователи. Обучающее пособие. – Кировоград: «Имекс-ЛТД», 2006. – 448 с.

3. Лейко А.Г., Шамарин Ю.Е., Ткаченко В.П. Подводная электроакустическая аппаратура и устройства. Т. 1. Подводные акустические антенны. Методы расчета звуковых полей. – Киев, 2000. – 320 с.

УДК 534.231.2

ФІЗИЧНІ ПОЛЯ, ЩО ФОРМУЮТЬСЯ СИСТЕМОЮ ЦИЛІНДРИЧНИХ П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ З ПОЗДОВЖНІМ П'ЄЗОЕФЕКТОМ

Ю.О. Дідусенко,

**Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут»,
вул. Політехнічна, 16, Київ, 03056, Україна.**

Отримано аналітичні співвідношення, які описують фізичні поля системи, що складається з довільного числа паралельних кругових циліндричних п'єзокерамічних випромінювачів з поздовжнім п'єзо ефектом. Кожен з перетворювачів являє собою тонкостінний п'єзокерамічний секціонований циліндр, що здійснює пульсуючі коливання. Сформульовані фізична постановка задачі та її математична модель, в якій враховані декілька типів взаємодії, а саме: взаємодія випромінювачів по звуковому полю, обумовлена багатократним розсіянням хвиль; взаємодія електропружного тіла з оточуючим середовищем; взаємодія акустичних, механічних та електричних полів в кожному з випромінювачів в процесі перетворення енергії при поздовжньому п'єзо ефекті. Бібл. 3.

Ключові слова: фізичні поля, система випромінювачів, круговий циліндричний п'єзокерамічний перетворювач, поздовжній п'єзо ефект.

PHYSICAL FIELDS, FORMED A SYSTEM OF CYLINDRICAL PIEZOCERAMIC RADIATORS WITH LONGITUDINAL PIEZOELECTRIC EFFECT

Y.A. Didusenko,

**National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
st. Politechnichna, 16, Kyiv, 03056, Ukraine.**

The analytical relationships describing the physical fields generated by the system of arbitrary parallel circular cylindrical piezoceramic radiators with longitudinal piezoelectric effect have been taken. Each of transducers is thin-walled piezoceramic multicellular cylinder performing pulsating vibrations. Physical statement of the problem and its mathematical model, which considering several types of interaction, namely, radiators' interaction on the sound field caused by multiple scattering waves, the interaction of an electroelastic solid with the medium, interaction of acoustic, mechanical and electrical fields in each of the transducers as a result of energy conversion in the longitudinal piezoelectric effect are formulated. References 3.

Key words: physical fields, the system of radiators, circular cylindrical piezoceramic transducer, the longitudinal piezoelectric effect.

1. Hrinchenko V.T., Ulitko A.F., Shulha N.A. The mechanics of connected fields in structural elements. Vol.5. Electroelasticity. – Kyiv: Naukova dumka, 1989. – 280 p.

2. Didkovskii V.S., Leiko O.H., Savin V.H. Electro piezoceramic transducers. Training Manual. – Kirovohrad: «Imeks-LTD», 2006. – 448 p.

3. Leiko O.H., Shamarin Y.E., Tkachenko V.P. Underwater electroacoustic equipment and devices. V. 1. Underwater acoustics antenna. Methods for calculating the sound fields. – Kyiv, 2000. – 320 p.

Надійшла 27.01.2012

Received 27.01.2012