

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Степанова Бориса Георгиевича на тему:
«Сверхширокополосные, однонаправленные пьезопреобразователи с функциональным секционированием и амплитудно-фазовым возбуждением для гидросред», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика

Актуальность темы диссертации

Одним из важных направлений совершенствования гидроакустических систем (ГАС) различного назначения является разработка для них электроакустических преобразователей и составленных из них антенн с заданными частотными и направленными свойствами. Так для повышения разрешающей способности, информативности, скрытности и помехоустойчивости работы ГАС все чаще используют короткие и разного рода сложные акустические сигналы, формирование которых, как правило, увязывается с задачами расширения полосы пропускания гидроакустических преобразователей. Причем при формировании коротких или резко изменяющихся акустических сигналов оказывается важной не только полоса пропускания амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) преобразователей, но и линейность их фазочастотных характеристик (ФЧХ) излучения. Еще одной задачей, связанной с построением преобразователей (антенн), является обеспечение их однонаправленности, которая традиционно обеспечивается путем использования дополнительных экранов, что увеличивает массогабаритные параметры всей акустической системы. Поэтому возможность построения безэкранных однонаправленных преобразователей также является важной. Обычно указанные направления в построении гидроакустических преобразователей рассматриваются по отдельности, поэтому возможные варианты совмещения обоих полезных качеств в одном преобразователе является полезными. Следует также отметить, что наиболее удобным инструментом управления частотными и направленными свойствами преобразователей служит возбуждение отдельных их частей разными по амплитуде и фазе электрическими напряжениями. В связи, с вышеизложенным, тема диссертационной работы Степанова Б. Г., основным содержанием которой является разработка сверхширокополосных, безэкранных однонаправленных гидроакустических преобразователей с функциональным секционированием и амплитудно-фазовым возбуждением, является актуальной.

Согласно автореферату, диссертационная работа состоит из введения, восьми основных разделов, заключения и списка литературы из 230 наименований. Во введении сформулированы цели и задачи исследования, выделены элементы новизны

и сформулированы положения, выносимые на защиту, а в заключении – подведены основные результаты работы.

Новизна полученных результатов

Новизна полученных в диссертации результатов заключается в разработке принципов построения и возбуждения, предложенных автором вариантов гидроакустических преобразователей. Согласно материалам автореферата, можно выделить следующие основные положения.

1. Для стержневых и пластинчатых преобразователей с амплитудно-фазовым возбуждением (ПАФВ), пьезоэлемент которых состоит из двух электрически разделенных частей (секций), сформулирована и решена задача синтеза, основанная на задании равномерной АЧХ и линейной ФЧХ излучения, что позволяет получить полосу пропускания порядка 2 и более октав, которая может смещаться по оси частот в зависимости от соотношения длин частей (секций) пьезостержня или пьезопластины и перекрыть полосу частот в 3 октавы. Значительное внимание уделено возможности получения с помощью таких ПАФВ коротких (~1.5 периода колебаний) перестраиваемых по частоте акустических импульсов и более сложных сигналов, вид которых не зависит от параметров элементов преобразователя, что подтверждается экспериментально с использованием разработанной аппаратуры на базе цифровых технологий.

2. Предложен и экспериментально апробирован способ армирования широкополосных стержневых ПАФВ с помощью единой стяжки и дополнительных вставок требуемой жесткости, соединяющих пьезостержень и стяжку, что позволяет устранить резонансные свойства единой армирующей стяжки из рабочего диапазона ПАФВ.

3. На базе общего решения для многосекционных стержневых ПАФВ рассмотрена возможность увеличения уровня излучения путем использования ряда противофазно включенных пьезостержней, каждый из которых дополнительно электрически разделен на две части, возбуждаемые согласно решению задачи синтеза для работы в широкой полосе частот, а также – компенсации тыльного излучения.

4. Предложены два варианта построения стержневых безэкранных однонаправленных двухсекционных ПАФВ, для которых решены задачи синтеза. Первый вариант основан на условии торможения тыльного торца пьезостержня, а второй – на условии электрически управляемой компенсации тыльного излучения, которое формируется излучением тыльной поверхности фронтальной накладки и тыльного торца ПАФВ. Экспериментальные исследования макетов антенн, составленных из ПАФВ с компенсацией тыльного излучения, в целом подтверждают результаты расчетов. Использование одной фронтальной согласующей структуры позволяет получить полосу пропускания порядка 1.5 октавы при полном отсутствии тыльного излучения (задача синтеза) или на уровне менее 10% по звуковому давлению

(задача анализа). Для двухсекционного ПАФВ рассмотрена также возможность компенсации упругих смещений в заданном поперечном сечении его пьезостержня с целью установки там возможного крепления.

5. Для двухсекционных стержневых и пластинчатых ПАФВ проанализированы результаты расчетов распределения упругих смещений и механических напряжений в пьезоактивных частях этих преобразователей для разных вариантов их построения и возбуждения, как в непрерывном, так и в импульсном режимах их работы.

6. Предложен принцип построения и возбуждения преобразователя волноводного типа (ПВТ) в виде соосного набора водозаполненных пьезоцилиндров, разделенных по торцам тонкими гибкими прокладками. Во фронтальном направлении ПВТ обеспечивает полосу пропускания порядка 3 октав, а в тыльном – минимизацию излучения. Рассмотрены три расчетные модели ПВТ, отличающиеся характером излучения: в соосные волноводы, полупространства и перестраиваемые по углу конусные полупространства (обобщенная модель). Основным анализ полевых и нагрузочных характеристик ПВТ выполнен при возбуждении пьезоцилиндров согласно решению задачи синтеза (условие постоянства амплитуд колебательной скорости пьезоцилиндров во всем диапазоне частот), при этом линейность ФЧХ излучения обеспечивается характером возбуждения ПВТ, реализующим режим бегущей волны в полости ПВТ. Рассмотрены также варианты возбуждения пьезоцилиндров ПВТ (задачи анализа), допускающие использование несложной аналоговой аппаратуры. Экспериментальные исследования макетов антенн, составленных из ПВТ, подтверждают основные положения результатов расчета для разных вариантов возбуждения ПВТ. Наилучшим образом работу ПВТ в гармоническом и импульсном режимах описывает его обобщенная модель. Теоретически и экспериментально показана возможность формирования с помощью ПВТ перестраиваемых по частоте коротких акустических импульсов и более сложных по структуре акустических сигналов (на примере эхолокационных и коммуникационных импульсов дельфинов).

7. Для различных вариантов построения и возбуждения стержневых, пластинчатых и волноводных ПАФВ проведен анализ результатов расчета частотных зависимостей входной электрической проводимости, ее активной и реактивной компонент, а также – электроакустического коэффициента полезного действия.

8. Предложен и экспериментально проверен принцип построения безэкранных однонаправленных преобразователей с клиновидными накладками на базе стержневых и дисковых пьезоэлементов. Тыльная поверхность преобразователей выполняется плоской и параллельной направлению колебаний пьезоактивного элемента, а фронтальная поверхность является выпуклой. Такое построение преобразователей позволяет почти в 2 раза уменьшить размеры антенн в направлении излучения (приема) звуковых волн, уровень тыльного излучения не превышает 5–10% по звуковому давлению. Пара одинаковых осесимметричных преобразователей с

дисковыми пьезоэлементами и обращенными друг к другу плоскими основаниями, позволяет в зависимости от характера включения пьезоэлементов формировать в режимах излучения и приема ХН монопольного, дипольного и кардиоидного типа.

Достоверность и обоснованность выполненных в диссертации исследований обеспечивается корректной постановкой и решением граничных и полевых задач, подтверждением основных результатов выполненных расчетов достаточно многочисленными данными экспериментов. Содержание работы отражено в 82 научных работах, включая издания по списку ВАК (47 работ), в том числе: 2 монографии, 43 статьи, 24 доклада на конференциях, 12 авторских свидетельств и патентов, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Значимость для науки и производства. Научная значимость работы заключается в постановке и решении задач синтеза и анализа для предложенных моделей преобразователей стержневого, пластинчатого и волноводного типов с амплитудно-фазовым возбуждением их пьезоактивных частей, а также – результатов исследования безэкранных преобразователей с клиновидными накладками. Результаты исследований, были внедрены в ряде ОКР и НИР, а также в учебном процессе СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Результаты выполненных исследований могут быть востребованы научно-исследовательскими и проектными организациями, занимающиеся разработкой акустических систем ГАС.

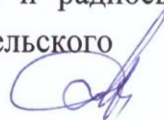
По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате не указан критерий «сверхширокополосности».
2. Из материалов автореферата не видно, с каким материалом преобразователя проведены исследования, не ясно, в какой степени они могут быть распространены на другие материалы преобразователей.
3. Полученные результаты позитивны, но возможно их получение связано с потерями и затратами, которые не приведены в автореферате (широкополосность и равномерность характеристик представляет оптимизационную задачу).
4. Не приведена связь полученных параметров с условиями возможных перегрузок (электрических, механических, акустических) материала.
5. Отсутствует упоминание на условия эксплуатации, например, глубин.

Указанные замечания не снижают ценности выполненных исследований. Судя по материалам автореферата и с учетом списка публикаций по теме диссертации, можно сделать вывод о достаточно большой проделанной работе. Диссертационная работа Степанова Б.Г. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Содержание и уровень диссертации на тему «Сверхширокополосные, однонаправленные пьезопреобразователи с функциональным секционированием и амплитудно-фазовым возбуждением для гидросред» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание учёной степени доктора технических наук, а ее автор, Степанов Борис Георгиевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика.

кандидат технических наук, профессор,
профессор кафедры радиоэлектроники и радиосвязи Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского



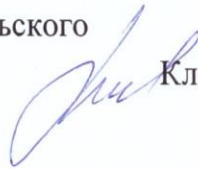
Павликов Сергей Николаевич

e-mail: psn1953@mail.ru

телефон: +79140734022

адрес места работы: Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского Россия, Приморский край, Владивосток, 690059, ул. Верхнепортовая, 50а

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой радиоэлектроники и радиосвязи Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского



Клоков Владимир Викторович

e-mail: klokov@msun.ru

телефон: +79084499089

адрес места работы: Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского Россия, Приморский край, Владивосток, 690059, ул. Верхнепортовая, 50а

16.02.2022

Подписи Павликова С.Н. и Клокова В.В. заверяю:

специалист по персоналу УК Криворучко Ф.П.

