

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ЮФУ801.02.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
дата защиты 12.10.2023 протокол № 7

О присуждении Ткаченко Сергею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Голографический метод обнаружения и локализации маломощных подводных источников звука» по специальности 1.3.7. Акустика принята к защите «29» июня 2023 г., протокол № 3 диссертационным советом ЮФУ801.02.04, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (Министерство науки и высшего образования РФ), 344006, ул. Большая Садовая, д. 105/42, г. Ростов-на-Дону, Россия, № 1925-588 от 08.09.2009 г.

Соискатель Ткаченко Сергей Александрович 1994 года рождения, в 2017 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет». С 2017 по 2021 год обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». В настоящее время работает инженером в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», физический факультет, кафедра математической физики и информационных технологий.

Диссертация выполнена на кафедре математической физики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Переселков Сергей Алексеевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», заведующий кафедрой математической физики и информационных технологий, специальность 01.04.06. Акустика.

Официальные оппоненты:

1. Хилько Александр Иванович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики имени

А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН), отдел геофизической акустики, лаборатория акустических методов в гидрофизике, заведующий лабораторией, специальность 01.04.06. Акустика;

2. Шуруп Андрей Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», (МГУ имени М.В. Ломоносова), доцент кафедры акустики, специальность 1.3.7. Акустика
дали положительные отзывы о диссертации.

На диссертацию и автореферат дали положительные отзывы:

1. Жбанков Г.А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник, НИИ физики ФГАОУ ВО ЮФУ, г. Ростов-на-Дону.
2. Исаев А.Е., доктор технических наук, заместитель начальника по научной работе, ФГУП «ВНИИФТРИ», г. Москва.
3. Крутых Б.В., кандидат технических наук, доцент кафедры гидроакустики, ФГКВОУ ВО «Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С. О. Макарова», г. Владивосток.
4. Мурзинов В.Л., доктор технических наук, профессор кафедры электропривода, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ), г. Воронеж.
5. Вировлянский А.Л., доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией статистических методов в акустике океана, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики имени А.В. Гапонова-Грехова РАН» (ИПФ РАН), г. Нижний Новгород.
6. Глущенко М.Ю., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, АО «ЦНИИ «КУРС», г. Москва.
7. Булычев Ю.Г., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, АО «ГРАДИЕНТ», г. Ростов-на-Дону.
8. Трофимов А.Т., доктор технических наук, главный научный сотрудник, АО «АТОЛЛ» филиал АО «АКИН», г. Дубна.
9. Макаров Д.В., доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН» (ТОИ ДВО РАН), г. Владивосток.
10. Румянцева О.Д., доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», (МГУ им. М.В. Ломоносова), г. Москва.

11. Степанов Б.Г., доктор технических наук, профессор кафедры электроакустики и ультразвуковой техники, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург.

12. Борейко А.А., кандидат технических наук, ио директора, ФГБУН «Институт проблем морских технологий им. академика М. Д. Агеева ДВО РАН».

13. Ильменков С.Л., доктор технических наук, доцент кафедры судовой автоматики и измерений, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)», г. Санкт-Петербург.

14. Клещев А.А. доктор физико-математических наук, профессор кафедры физика, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)», г. Санкт-Петербург.

Основные критические замечания:

1. При разработке метода оценки максимальной дальности обнаружения с применением одиночного приемника использовалась обработка по скалярному каналу звукового давления. Однако в большинстве ситуаций в работе рассматривается применение векторно-скалярных приемников, которые позволяют регистрировать гидроакустические сигналы по четырем каналам: одному – скалярному и трем векторным. Поэтому в работе следовало бы обобщить разработанный метод оценки максимальной дальности обнаружения на случай обработки комбинационных составляющих векторно-скалярного звукового поля.
2. При анализе результатов построенной в диссертационной работе статистической теории обнаружения источника как одиночным приемником, так и антеннами, полученные для кривых обнаружения аналитические выражения, следовало бы сопоставить с результатами проведенного численного эксперимента. Вызывает сожаление, что расчеты кривых обнаружения по аналитическим выражениям (одиночный приемник, антенны) не были подкреплены результатами численного моделирования.
3. При демонстрации результатов эксперимента в четвертой главе диссертационной работы проведено восстановление только временной зависимости пеленга движущегося автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА). При этом восстановление временных зависимостей остальных параметров (расстояние, глубина, скорость и траекторию движения и т.д.) осталось за рамками представленного анализа

экспериментальных данных. Восстановление всех параметров аппарата, как это было сделано в случае эксперимента на Ладожском полигоне, позволило бы более полно исследовать эффективность разработанного соискателем голографической обработки гидроакустических сигналов в высокочастотной области.

4. Построенную в работе теорию голографической обработки широкополосного сигнала с применением линейных горизонтальных и вертикальных антенн следовало бы укрепить результатами экспериментальных исследований. Это позволило бы провести сравнительный анализ теоретический вывод и экспериментальные данные об эффективности обнаружения полезного сигнала с использованием антенны по отношению к одиночному приемнику.

Все специалисты, давшие отзыв, отмечают, что автореферат удовлетворяет требованиям ВАК РФ и п. 2 «Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», а сама диссертационная работа является завершенным научным трудом. Соискатель Ткаченко С.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата наук по специальности 1.3.7. Акустика (технические науки). Соискатель имеет 20 публикаций по теме диссертации, из них 14 печатных работ: 5 работ в материалах международных и всероссийских конференций, 9 статей опубликовано в рецензируемых научных изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Разработанные в диссертации методы и алгоритмы реализованы в виде пяти программных комплексов и одного патента.

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020619052 Российская Федерация. Интерферометрическая частотно-временная обработка низкочастотных гидроакустических сигналов векторно-скалярного приемника : № 2020615374 : заявл. 28.05.2020 : опубл. 10.08.2020 / С. А. Переселков, И. В. Казначеев, С. А. Ткаченко, Е. С. Казначеева ; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660790 Российская Федерация. Интерферометрическая частотно-временная обработка высокочастотных гидроакустических сигналов векторно-скалярного приемника : № 2020619964 : заявл. 03.09.2020 : опубл. 11.09.2020 /

С. А. Переселков, Д. Ю. Просовецкий, И. В. Казначеев, С. А. Ткаченко, Е. С. Казначеева ; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021681297 Российская Федерация. Расчет акустической голограммы шумового поля источника звука, движущегося в мелководном гидроакустическом волноводе на основе модового описания : № 2021680532 : заявл. 10.12.2021 : опубл. 20.12.2021 / С. А. Переселков, И. В. Казначеев, С. А. Ткаченко, Е. С. Казначеева, Д. Ю. Просовецкий ; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021681355 Российская Федерация. Обнаружение АНПА в мелководном волноводе на основе голографической обработки шумовых сигналов каналов одиночного векторно-скалярного приемника : № 2021680514 : заявл. 10.12.2021 : опубл. 21.12.2021 / С. А. Переселков, И. В. Казначеев, С. А. Ткаченко, Е. С. Казначеева ; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021681587 Российская Федерация. Расчет частотно-временной интерферограммы движущегося источника в океаническом мелководном волноводе на основе модового описания звукового поля : № 2021680484 : заявл. 10.12.2021 : опубл. 23.12.2021 / С. А. Переселков, И. В. Казначеев, С. А. Ткаченко, Е. С. Казначеева ; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

6. Патент № 2787951 С1 Российская Федерация, МПК G01S 3/80. Способ обнаружения подводного источника широкополосного шума : № 2022102801 : заявл. 07.02.2022 : опубл. 13.01.2023 / С. А. Переселков, В. М. Кузькин, Ю. В. Матвиенко, И. В. Казначеев, С. А. Ткаченко, Е. С. Казначеева ; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

Общий объем опубликованных работ – 19,7 печатных листов, из которых вклад автора составляет 11,4 печатных листов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Source detection in dispersive environment / V. M. Kuz'kin, S. A. Pereselkov, Yu. V. Matvienko, S.A. Tkachenko // Radioelektronika, Nanosistemy, Informacionnye Tehnologii. – 2019. – Vol. 11, No.3. – P. 337-344. – DOI 10.17725/rensit.2019.11.337
2. Noise-Source Detection in an Oceanic Waveguide Using Interferometric Processing / V. M. Kuz'kin, G. A. Lyakhov, S. A. Pereselkov [et al.] // Physics of Wave Phenomena. – 2020. – Vol. 28, No. 1. – P.68-74. – DOI 10.3103/S1541308X20010057
3. Interference Method for Estimating the Coordinates of a Moving Noise Source in Shallow Water Using High-Frequency Signals / S. A. Pereselkov, V. M. Kuzkin, G. N. Kuznetsov [et al.] // Acoustical Physics. – 2020. – Vol. 66, No. 4. – P. 416-424. – DOI 10.1134/S1063771020040089
4. Interferometric processing of acoustic information by using extended antennas in dispersing media / Kuz'kin V. M., Pereselkov S.A., Tkachenko S. A., Kaznacheev I. V. // Radioelektronika, Nanosistemy, Informacionnye Tehnologii. – 2020. – Vol. 12, No 4. – P. 483-494. - DOI: 10.17725/rensit.2020.12.483.
5. Detection of a Noise Signal in an Oceanic Waveguide Using a Vertical Array / V. M. Kuz'kin, S. A. Pereselkov, Yu. V. Matvienko, S. A. Tkachenko // Physics of Wave Phenomena. – 2021. – Vol. 30, No. 4. – P. 323-329. – DOI 10.3103/S1541308X21040051
6. Noise signal detection by horizontal antenna in ocean waveguide / V. M. Kuz'kin, S. A. Pereselkov, Y. V. Matvienko, S. A. Tkachenko, D. Yu. Prosovetskii // Radioelektronika, Nanosistemy, Informacionnye Tehnologii. – 2022. – Vol. 14, No 1. – P. 65-72. – DOI: 10.17725/rensit.2022.14.065
7. Holographic signal processing for estimation of sound source direction by a vector receiver in shallow water / S. A. Pereselkov, V. Kuz'kin, I. Kaznacheev, S. Tkachenko, P. Rybyanets // Journal of the Acoustical Society of America. – 2022. – Vol. 152, No 4. – P. A194.- DOI 10.1121/10.0015999
8. Hologram formation by using vertical antenna in a shallow water waveguide / Sergey A. Pereselkov, Venedikt Kuz'kin, Ilya Kaznacheev, Sergey Tkachenko, Pavel Rybyanets // Journal of the Acoustical Society of America. – 2022. – Vol. 152, No 4. – P. A297. – DOI 10.1121/10.0016337

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложена частотно-временная обработка, согласованная с интерференционной картиной, формируемой шумовым источником, восстановления временных зависимостей пеленга, скорости, удаленности и глубины шумового подводного источника в высокочастотном диапазоне, (от 2 до 5) кГц, с применением одиночного ВСП.

Разработан подход к определению экспериментальной зависимости, устанавливающей связь между спектрами шумоизлучения АНПА в ближней и дальней зонах. Установленная связь позволяет получать оценки дальности обнаружения АНПА в широком диапазоне частот при разных режимах работы и скоростях движения подводного аппарата.

Предложена концепция обнаружения шумового сигнала на основе критерия Неймана–Пирсона. Получены выражения для вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги в зависимости от отношения сигнал/помеха и числа элементов антенны.

Разработана теория голографической обработки гидроакустической информации с использованием линейных антенн. Установлена связь спектральной плотности голограммы, формируемой движущимся источником, с апертурой и направлением принимаемого поля. Оценены коэффициент усиления, характеристика направленности антенны и помехоустойчивость обработки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказано (экспериментально и в рамках численного моделирования), что разработанный метод голографической обработки высокочастотных гидроакустических сигналов одиночных векторно-скалярных приемников и антенн позволяет эффективно восстанавливать параметры (расстояние, пеленг, направление и скорость движения) малозумных источников звука в мелководных океанических волноводах.

Применительно к проблематике диссертационной работы **результативно использовано** лучевое описание высокочастотного звукового поля для теоретического анализа интерференционной структуры и структуры голограммы поля в гидроакустическом волноводе на океаническом шельфе. Данный подход эффективно использован для формирования интерферограммы и голограммы источника в рамках компьютерного моделирования, обработки и интерпретации данных натурных экспериментов.

Изложена методологическая основа голографической обработки гидроакустической информации с использованием линейных антенн. Установлена связь спектральной плотности голограммы, формируемой движущимся источником, с апертурой и направлением принимаемого поля. Оценены коэффициент усиления, характеристика направленности антенны и помехоустойчивость обработки.

Изучены теоретически и в рамках модельного эксперимента вероятностные характеристики обнаружения шумового сигнала на фоне случайной помехи для одиночного векторно-скалярного приемника и линейной антенны. Получены выражения для вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги. Проанализировано поведение вероятностных характеристик обнаружения шумового сигнала в зависимости от отношения с/п и числа элементов антенны. Оценена эффективность обнаружения сигнала с использованием линейной антенны по отношению к одиночному приемнику.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Разработанные в диссертации методы и алгоритмы голографической обработки высокочастотных гидроакустических сигналов одиночных векторно-скалярных приемников и линейных антенн **внедрены в практическую деятельность** в следующих организациях: «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМТ ДВО РАН), Воронежский государственный университет (ВГУ). Результаты диссертации использовались в плановых НИР кафедры математической физики и информационных технологий, в проектах РФФИ и РНФ. Разработанные в диссертации методики и алгоритмы реализованы в виде пяти программных комплексов и одного патента на изобретение.

Определены перспективы прикладного использования разработанных в диссертации методов и алгоритмов голографической обработки высокочастотных гидроакустических сигналов одиночных векторно-скалярных приемников и линейных антенн для решения задач обнаружения и локализации малозумных источников в мелководных океанических волноводах.

Создан метод голографической обработки гидроакустической информации с использованием линейных антенн. Получена связь спектральной плотности голограммы, формируемой широкополосным источником, с апертурой и угловой зависимостью принимаемого поля. Оценены коэффициент усиления, характеристика направленности и помехоустойчивость обработки.

Созданы элементы статистической теории обнаружения шумового сигнала основе критерия Неймана-Пирсона. Получены выражения для вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги в зависимости от отношения сигнал/помеха и числа элементов антенны.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Для экспериментальных исследований результаты получены в реальных океанических волноводах на океаническом шельфе. Показано согласие результатов натурных экспериментов, полученных при применении разработанного соискателем метода, с выводами теоретического анализа и результатами численного моделирования для условий натурального эксперимента.

Теория интерференционной структуры, ее анализ и компьютерное моделирование основаны на классическом лучевом подходе геометрической оптики для высокочастотного звукового поля в гидроакустическом волноводе на океаническом шельфе. Данный подход позволяет формировать пространственно-частотно-временную интерференционную структуру звукового поля в рамках теоретического анализа, компьютерного моделирования, обработки и интерпретации данных экспериментов.

Идея базируется на фундаментальных работах, посвященных теоретическому описанию пространственно-частотно-временной интерференционной структуры звукового поля в высокочастотном диапазоне.

Установлено соответствие авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по теме исследований, а также согласие результатов теоретического анализа с результатами численных и натурных экспериментов.

Использованы современные методы математической физики, компьютерного моделирования и математической статистики для теоретического анализа, численных экспериментов, а также для обработки и интерпретации данных натурных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в развитии научных основ голографического метода обработки высокочастотных гидроакустических сигналов одиночных векторно-скалярных приемников и линейных антенн для обнаружения и локализации малозумных подводных источников звука. Соискателем лично или при его непосредственном участии решены следующие задачи: определен спектр шумоизлучения малогабаритного АНПА в дальней зоне акустического поля; спектральные уровни звукового давления исследованы при различных режимах и условиях движения аппарата;

проведены оценки предельной дальности обнаружения АНПА в высокочастотном диапазоне; выполнена апробация в натурных экспериментах голографического метода обнаружения и локализации подводных источников в высокочастотном диапазоне с применением одиночных векторно-скалярных приемников; развита теория голографической обработки гидроакустической информации с использованием линейных антенн; решена задача обнаружения сигнала шумового источника на основе критерия Неймана – Пирсона с использованием одиночного приемника и линейных антенн. Соискателем лично проведен теоретический анализ, численное моделирование, обработка и интерпретация экспериментальных данных. Все представленные в диссертации результаты получены соискателем лично или при его непосредственном участии.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности

1.3.7. Акустика по следующим направлениям исследований:

- 2) Экспериментальные методы и устройства для излучения и приёма акустических волн.
- 4) Физические процессы, лежащие в основе различных механизмов генерации, регистрации акустических волн и взаимодействия акустических волн с волнами другой природы. Аэроакустика, генерация звука потоками. Оптоакустика, фотоакустика. Термоакустика. Электроакустика.
- 8) Акустика природных сред (атмосферы, земной коры, океана). Атмосферная акустика. Гидроакустика. Геологическая акустика.

На заседании 12 октября 2023 г. диссертационный совет отметил, что диссертация Ткаченко Сергею Александровичу «Голографический метод обнаружения и локализации малозумных подводных источников звука» полностью отвечает критериям п. 2 «Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» и ВАК РФ п.п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и согласно п. 9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научной задачи разработки научных принципов голографического метода обработки высокочастотных гидроакустических сигналов одиночных векторно-скалярных приемников и линейных антенн для обнаружения и локализации малозумных подводных источников звука, и принял решение присудить Ткаченко Сергею Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.3.7. Акустика (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве

11 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.7. Акустика (технические науки), участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 11, против присуждения ученой степени нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета
д.т.н., профессор

Н. Н. Чернов

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент

Д. А. Кравчук

Подписи С.П. Тарасова и
Д.А. Кравчук удостоверяю.
Директор ИНЭП ЮФУ



А.А. Федотов

Дата оформления заключения 12 сентября 2023г.