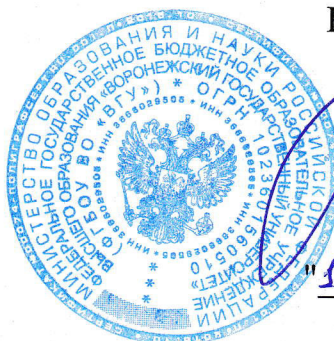


"УТВЕРЖДАЮ"

Ректор ВГУ, профессор

Д.А. Ендовицкий



"12" апреля 2018 г.

О Т З Ы В

**ведущей организации на диссертацию Александра Николаевича Михнюка
"Методы повышения эффективности функционирования мультистатической
системы подводного наблюдения",
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.06 – акустика.**

Разработка мультистатических систем подводного наблюдения (МСПН) является одним из наиболее перспективных направлений усовершенствования гидроакустических систем подводного наблюдения в настоящее время. Эти системы представляют собой совокупность пространственно-разнесенных гидролокационных станций с пересекающимися зонами обзора. К данному моменту в гидроакустике разработаны основы построения МСПН, сформулированы фундаментальные принципы алгоритмов совместной обработки информации в мультистатическом режиме, проведен анализ ошибок оценки целеуказания из-за неточного позиционирования станций.

Исследование, представленное соискателем в диссертационной работе, направлено на разработку новых методов принимаемых сигналов, позволяющих повысить эффективность функционирования МСПН применительно к задачам обнаружения и целеуказания для малоразмерных движущихся объектов. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и одного приложения. Общий объем диссертации составляет 173 страницы, список цитируемой литературы содержит 169 наименований.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы задачи исследований и проведен анализ научной новизны полученных результатов и их практической ценности.

Первая глава диссертации посвящена особенностям функционирования МСПН применительно к задаче обнаружения малоразмерного движущегося подводного объекта. Проведен анализ особенностей построения МСПН, влияющих на эффективность функционирования. Установлено, что МСПН относятся к классу сложных технических систем сбора и обработки информации, функционирующих в условиях постоянного изменения характеристик среды эксплуатации. Изменчивость подводной морской среды эксплуатации МПСН оказывает случайное возмущающее воздействие на работу отдельных элементов и каналы передачи информации. Показано, что для повышения эффективности функционирования МСПН в условиях неопределенности воздействия внешней морской среды, требуется создание и применение специальных алгоритмов, реализующих перспективные методы обработки гидроакустических данных, учитывающие особенности распространения звука в океанической среде.

Во второй главе проанализирована гидроакустическая совместимость гидролокационной станции (ГЛС) в составе МСПН, т.е. рассмотрена задача преодоления мешающего воздействия прямых полей от соседних станций на работу каждой станции в системе. Предложены методы режекции сигналов при различной степени априорной неопределенности и проведен анализ эффективности этих методов путем численного моделирования. Рассмотрены два случая режекции: для сигналов известной формы и для мощных сигналов неизвестной формы. Для того чтобы иметь возможность применения метода режекции сигналов известной формы, должна быть априорно известна точная форма принятых звуковых сигналов (ЗС) от соседних ГЛС. В реальных системах мы не сможем точно спрогнозировать форму звуковых сигналов, даже если измерим искажения, вносимые конкретным излучателем, так как при распространении звука возникают дополнительные искажения. Метод режекции мощного прямого поля при неизвестной форме мешающих сигналов, в отличие от метода режекции сигналов известной формы, не требует априорного задания точной формы принятых ЗС от соседних ГЛС. Применение алгоритма, реализующего метод режекции мощного прямого поля при неизвестной форме мешающих сигналов, позволяет достигнуть достаточно высокой степени режекции (до 10^3 раз). Алгоритм, основанный на разработанных соискателем методах режекции сигналов, был применен и подтвердил свою эффективность при обработке экспериментальных записей, где данный метод применялся с целью режекции мощных синфазных электрических наводок.

Третья глава посвящена методам решения задач идентификации эхо-сигналов, основанным на максимизации суммарного логарифма плотности вероятности измерения МСПН. Выполнено исследование эффективности данных методов путем численного

моделирования. Разделение обнаруживаемых эхо-сигналов на моностатические и бистатические позволяет: провести идентификацию целей; выделить и различать в группах цели, имеющие практически одинаковую эффективную площадь рассеяния; различить и передавать на трассовый анализ только одну отметку от каждой цели. При применении алгоритма, реализующего разработанные соискателем методы идентификации эхо-сигналов и комплексирования их параметров, возрастает точность выдачи целеуказания и уменьшается среднеквадратичное отклонение (СКО) в определении дальности и координат подводных целей, по сравнению с классическим (моностатическим) методом. Существенным отличием предлагаемых автором методов являются малые вычислительные затраты и простота реализации без существенного увеличения стоимости вычислительного комплекса берегового поста наблюдения.

В четвертой главе предложены методы позиционирования ГЛС, проводится исследование их эффективности как путем моделирования, так и путем обработки данных, полученных при проведении натуральных экспериментов. Представлен разработанный метод взаимного позиционирования ГЛС в составе МСПН и метод позиционирования отдельной ГЛС по неподвижным отражателям. Эффективность разработанного метода подтверждается результатами численного моделирования: ошибки оценки текущего положения ГЛС снижаются в 3–5 раз, соответственно снижаются ошибки оценок текущих координат обнаруженных МСПН объектов. Эффективность разработанных методов также подтверждается результатами, полученными при обработке экспериментальных данных. Алгоритм, реализующий оценку координат источника звука разработанным методом согласованной с морским волноводом обработки сигналов, дает оценки координат цели с удовлетворительной для практических задач точностью. СКО оценки глубины составляет единицы метров, а СКО оценки дистанции – десятки метров на расстояниях до километра.

Пятая глава диссертации посвящена разработке методики оценки вклада в эффективность функционирования МСПН предлагаемых методов повышения ее эффективности. Представлена разработанная методика оценки вклада в эффективность функционирования МСПН алгоритмов, реализующих предлагаемые методы повышения эффективности. Проведена оценка повышения эффективности функционирования МСПН, при применении алгоритмов, реализующих предлагаемые методы повышения эффективности функционирования МСПН. Полученные результаты демонстрируют существенное увеличение эффективности МСПН при использовании алгоритмов, реализующих разработанные методы повышения эффективности функционирования МСПН. Увеличение эффективности составляет до 50%.

В приложении рассмотрены технические характеристики малоразмерных движущихся подводных объектов.

В заключении перечислены основные результаты работы и возможности их практического применения.

Результаты диссертационной работы являются новыми, имеют научную и практическую значимость. Результаты диссертации А.Н. Михнюка могут быть использованы в учреждениях, связанных с проектированием МСПН, в том числе в ФГУП "АКИН", ИПФ РАН, НЦВИ ИОФ РАН, МГУ, ИО РАН, ТОИ ДВО РАН.

Рецензируемая работа не лишена недостатков.

1. Раздел 1.3.1 "Модель функции Грина" первой главы начинается с достаточно спорного утверждения: "На частотах от сотен герц и выше наиболее эффективным для решения большинства задач как в регулярных плоскостойких [58], так и в нерегулярных двух- и трехмерных океанических волноводах, оказывается лучевое приближение функции Грина ...". Как известно, в мелководной океанической среде на частотах в несколько сотен герц наиболее эффективным является модовое представление звукового поля. Используемая фраза "для решения большинства задач" здесь крайне неуместна. Лучевой подход эффективен в этом частотном диапазоне для задач, решаемых автором, но не более этого.

2. В разделе 1.4 автор утверждает "В настоящее время одним из перспективных направлений повышения эффективности обработки гидроакустических сигналов является адаптивный подход, связанный с реализацией алгоритмов обработки гидроакустической информации, согласованных со средой распространения и характеристиками полей сигнала ...". Данное утверждение вызывает возражения. Важнейшими недостатками методов согласованной обработки (matched-field processing) являются чувствительность к рассогласованию между расчётной моделью и реальным волноводом, а также низкая помехоустойчивость. Особенно актуальна эта проблема для мелкого моря, где отсутствует достоверная информация о параметрах дна, а нестационарные процессы в водной толще могут приводить к существенной гидрологической изменчивости.

3. В главе посвященной разработке методов адаптивной режекции мощного прямого поля автору необходимо было бы уделить большее внимание ограничениям, накладываемым на характеристики вырезаемых сигналов по отношению к сигналам полезным. В частности, необходимо детальнее проанализировать вопрос, приведет ли режекция к увеличению вероятности обнаружения на 80% и более, если вырезаемый и полезный сигнал имеют одинаковую форму, спектр и пеленг?

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку диссертации, которую можно характеризовать как законченную научно-исследовательскую работу, содержащую теоретическую разработку, численную и экспериментальную апробацию новых подходов к задаче повышения эффективности функционирования МСПН.

Проделанная работа свидетельствует о высокой профессиональной подготовке ее автора. Все основные результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах и обсуждены на авторитетных конференциях и семинарах. Автором опубликовано 8 печатных работ по теме диссертационного исследования, из них в изданиях, рекомендованных ВАК России – 6. Тематика диссертационной работы соответствует специальности 01.04.06 – акустика.

Диссертация А.Н. Михнюка отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.06 – акустика.

Автореферат и публикации автора достаточно полно передают содержание и основные результаты работы.

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры математической физики физического факультета ФГБОУ ВО «ВГУ» 11.04.2018 г., протокол № 3.

Отзыв составил

Заведующий кафедрой математической физики
физического факультета Воронежского государственного
университета,
доктор физико-математических наук
тел.: 8-950-770-8679, e-mail: pereselkov@yandex.ru



С.А. Переселков

Сведения о ведущей организации.

Название:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

Почтовый адрес, телефон, e-mail:

394018, Россия, Воронеж, Университетская пл. 1; тел.: +7 (473) 220-75-21; e-mail: office@main.vsu.ru

Адрес официального сайта в сети Интернет:

www.vsu.ru



Список основных публикаций по теме диссертации в научных журналах за последние пять лет:

1. Кузькин В.М., Куцов М.В., Пересёлков С.А. Пространственная интерференция нормальных волн в океанических волноводах // Акуст. журн. 2014. Т. 60. № 4. С. 376–383.
2. Besedina T.N., Kuznetsov G.N., Kuz'kin V.M., Pereselkov S.A., Prosovetskiy L.Yu. Estimation of the depth of an immobile sound source in shallow water // J. Phys. Wave Phenom. 2015. V. 23. N. 4. P. 292–303.
3. Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Просовецкий Д.Ю. Помехоустойчивость интерферометрического метода оценки скорости источника звука в мелком море // Акуст. журн. 2016. Т. 62. № 5. С. 556–572.
4. Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Пересёлков С.А. Спектрограмма и локализация источника звука в мелком море // Акуст. журн. 2017. Т. 63. № 4. С. 406–418.
5. Kuznetsov G.N., Kuz'kin V.M., Pereselkov S.A., Kaznachheev I.V. Noise source localization shallow water // J. Phys. Wave Phenom. 2017. V. 25. N. 2. P. 156–163.
6. Kuznetsov G.N., Kuz'kin V.M., Pereselkov S.A., Kaznachheev I.V., Grigor'ev V.A. Interferometric method for estimating the velocity of a noise sound source and the distance to it in shallow water using a vector-scalar receiver // J. Phys. Wave Phenom. 2017. V. 25. N. 4. P. 299–306.
7. Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Пересёлков С.А. Интерференционный метод локализации источников звука в океанических волноводах / Труды ИОФАН. М.: Наука, 2017. Т. 73. С. 112–143.
8. Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Переселков С.А. Локализация источника звука в океаническом волноводе // Изв. РАН. Серия физическая. 2017. Т. 81. № 8. С. 1041–1047.
9. Казначеев И.В., Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Пересёлков С.А. Интерферометрический метод обнаружения движущегося источника звука векторно-скалярным приемником // Акуст. журн. 2018. Т. 64. № 1. С. 33–45.
10. Kuz'kin V.M., Pereselkov S.A., Kuznetsov G.N., Kaznacheev I.A. Interferometric direction finding by a vector-scalar receiver // Phys. Wave Phenom. 2018. V. 26. N. 1. P. 63–73.