



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Учёному секретарю
диссертационного совета
Д 308.005.01

М.В. БАЛАХАНОВУ
141570, Московская обл.,
Солнечногорский р-н,
г.п. Менделеево

г. Мытищи, Московской обл. 141006

«02» 06 2020 г. № 28/2054
на исх. № 02-15/3277 от 28.04.2020

Уважаемый Михаил Валентинович!

Высылаю Вам отзыв ведущей организации на диссертацию Николаенко Алексея Сергеевича «Разработка и исследование методов определения чувствительности гидроакустического приёмного устройства с элементами конструкции, рассеивающими звук на первичный преобразователь».

Приложение: Отзыв..., на 6 л., в 3-х экз., экз. № 1, 2 - в адрес, экз. № 3 - в дело.

С уважением,

Врид начальника Главного центра

Т.Ф. Мамлеев

ОГУП «ВНИИФТРИ»	
Вх. №	3715
«05»	06 2020 г.
на	1 листах
приложение на	12 листах

Утверждаю
Временно исполняющий должность
начальника федерального государственного
бюджетного учреждения «Главный научный
метрологический центр» Министерства
оборонной Российской Федерации



Т.Ф. Мамлеев

2020 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертацию Николаенко Алексея Сергеевича
«Разработка и исследование методов определения чувствительности
гидроакустического приёмного устройства с элементами конструкции,
рассеивающими звук на первичный преобразователь», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.11.06 - «Акустические приборы и системы»

Диссертация Николаенко Алексея Сергеевича выполнена в федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» и посвящена разработке методов определения чувствительности гидроакустического приёмного устройства (ГПУ), обеспечивающих оценку и учёт его частотных и направленных свойств при измерении подводного шума (ПШ), получение на этой основе практических рекомендаций по совершенствованию конструкции ГПУ и соответствующей нормативной базы.

Актуальность темы выполненной работы

Гидроакустические измерения являются основным источником информации об обстановке в морской среде и о морских объектах. Постоянное расширение спектра задач гидроакустических измерений и повышение требований к их точности обуславливают необходимость разработки и исследований согласованных и метрологически обеспеченных методов и средств измерений различного вида ПШ.

В настоящее время, прослеживаемость результатов измерений ПШ опирается только на нормативно-техническую документацию, регламентирующую методы и средства поверки (калибровки) гидрофонов, но на практике ПШ измеряют не гидрофоном, а с помощью ГПУ. При этом характеристики чувствительности ГПУ могут существенно отличаться от характеристик чувствительности установленного в него гидрофона.

Отсутствие методов определения характеристик ГПУ приводит к тому, что поверяется (калибруется) только гидрофон, а влияние вспомогательных устройств и конструкций ГПУ определяется расчётным методом с

применением теоретических и экспертных оценок. Разработанный метод позволяет получить объективную количественную оценку чувствительности ГПУ и оценить достоверность теоретических расчетов. Это позволяет сделать вывод, что основные направления исследований, проведенных в данной работе, являются актуальными. Автор решает научную проблему по разработке и созданию новых методов и средств измерений, использующих акустические явления для решения научных задач мониторинга и прогнозирования состояния морской экосистемы, предотвращения и ликвидации её шумового загрязнения, проведения акустических сертификационных испытаниях судов.

Структура и основное содержание работы

Структурно диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения с основными результатами работы, списка сокращений и списка цитируемой литературы, включающего 61 наименование.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и объект исследований, поставлены задачи исследования, сформулированы выносимые на защиту основные положения, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

Содержание глав диссертации в целом отражает результаты решения поставленных задач исследований.

В первой главе приведен обзор применяемых в воздушной и подводной акустике методов калибровки по полю приёмников в условиях, отягощенных реверберацией звука в звукомерном помещении. Особое внимание уделено преимуществам и недостаткам использования для калибровки сигналов различного вида, а также способам подавления реверберационных искажений.

Вторая глава посвящена разработке и экспериментальной проверке метода определения частотных характеристик (ЧХ) по полю на низких частотах в условиях незаглушенного бассейна. Сделан вывод о низкой пригодности тонально-импульсного сигнала для определения чувствительности такого габаритного акустического устройства, как ГПУ. Отмечены достоинства метода скользящего комплексного взвешенного усреднения (СКВУ). Автором предложено применение квадратурно-дополненной пары (косинусный и синусный) сигналов с линейной частотной модуляцией, сохраняющих непрерывность фазы при переходе частоты через ноль. Это позволило рассматривать частотные зависимости на участке комплексной плоскости, расположенном слева и справа от начала координат. На интервале превалирования шумовой помехи автор применил интерполяцию зависимости, скорректированную ЧХ излучения, предложил и проверил экспериментально способ измерений комплексной частотной зависимости коэффициента отражения звука от поверхности, основанный на выборочном подавлении осцилляций частотной зависимости передаточного импеданса пары излучатель-приёмник, обусловленных отражениями звука.

В третьей главе приведены результаты применения разработанного метода для определения ЧХ ГПУ. Были созданы измерительный стенд, координатное устройство и массогабаритная модель широко

распространенного автономного гидроакустического регистратора «AURAL-M2» (гидрофон В&К 8104, установленный на герметичный цилиндрический корпус из нержавеющей стали высотой 400 мм и диаметром 150 мм). Представлены результаты эксперимента по измерению ЧХ модели регистратора при изменении угла падения звуковой волны от 0° до 360°. Указано, что расхождение частотных зависимостей носит закономерный характер и уменьшается с понижением частоты, что согласуется с законами акустики. Автор предложил конструкцию координатного устройства, обеспечивающего возможность при различных углах падения звуковой волны измерять ЧХ ГПУ с центром масс, смещенным относительно оси, проходящей через акустический центр гидрофона. Автор предложил и проверил экспериментально способ, позволяющий определять положения доминирующих источников рассеяния звука на корпусе ГПУ с вынесенным гидрофоном по поведению максимумов кепстров набора ЧХ, измеренных при различных углах падения звуковой волны на ГПУ. Автором предложены технические решения, позволяющие ослабить рассеяние звука корпусом приёмника с вынесенным гидрофоном, применив который возможно уменьшить неравномерность ЧХ массогабаритной модели типового приёмника подводного шума с 18 дБ до 2 дБ.

В четвертой главе уточнены понятия чувствительности ГПУ применительно к различным задачам измерений ПШ. Автор предложил способ коррекции характеристики пропускания пространственного фильтра, реализуемого при подавлении влияния отражений от границ бассейна, эффективность которого подтвердил экспериментально на массогабаритной модели ГПУ. Автор обосновал необходимость использования разработанного метода определения ЧХ по полю и предложил способы расчёта чувствительности, позволяющие учитывать частотные и направленные свойства ГПУ при измерениях окружающего ПШ и шума при акустических испытаниях судна в целях сертификации.

В заключении диссертационной работы изложены основные результаты выполненной работы.

Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Наиболее значимые результаты и научная новизна определены следующими положениями:

1. Разработан и реализован метод определения ЧХ чувствительности по свободному полю приёмника в бассейне с отражающими звук границами на частотах ниже 1 кГц.

2. Разработан и экспериментально проверен способ определения положений доминирующих источников рассеяния звука на элементах конструкции ГПУ.

3. Разработан и экспериментально исследован способ восстановления искомой ЧХ чувствительности ГПУ, искаженной постобработкой по методу СКВУ.

4. Предложены и апробированы методы определения чувствительности

ГПУ для измерений шума с фиксированного направления, шума в заданном угловом секторе и окружающего шума.

5. Разработан и экспериментально исследован способ измерений частотной зависимости коэффициента отражения звука в условиях бассейна.

6. Предложены и экспериментально исследованы технические решения по совершенствованию конструкции ГПУ.

Достоверность результатов и обоснованность выводов

Достоверность полученных результатов подтверждена:

- малым отличием результатов сравнения калибровок гидрофона B&K 8104 в гидроакустическом бассейне и в камере малого объема из состава Государственного первичного эталона единиц звукового давления и колебательной скорости в водной среде ГЭТ 55-2017;

- положительными результатами ключевых сличений CCAUV/W-K2;

- малым отличием измеренных значений фазового сдвига отраженной звуковой волны и коэффициента отражения звука от границ раздела вода-воздух от справочных значений;

- результатами исследований акустических свойств обтекателя приемной системы «Батарея-ТОФ»;

- результатами исследований акустических свойств массогабаритного макета автономного регистратора ПШ «AURAL-M2».

Практическая значимость полученных результатов

Результаты исследования обеспечили возможность:

- расширить частотный диапазон передачи единицы звукового давления по полю в бассейне за счёт уменьшения нижней границы диапазона с 1 кГц до 125 Гц;

- выполнить калибровки опорного гидрофона ключевых сличений CCAUV/W-K2 на частотах от 125 Гц до 1 кГц с расширенной неопределенностью 0,4 дБ ($k=2$);

- уменьшить до 0,2 дБ составляющую погрешности измерений ЧХ чувствительности ГПУ, обусловленную отличием характеристики пропускания пространственного фильтра, применяемого для подавления влияния отражений в бассейне, от прямоугольной;

- выполнять исследования акустических свойств ГПУ, включая влияние обтекателя, на частотах ниже 1 кГц;

- предложить технические решения по уменьшению рассеяния звука элементами конструкции ГПУ;

- учитывать направленные и частотные свойства ГПУ при измерениях шума путём использования чувствительности, рассчитанной по набору ЧХ чувствительности при различных углах падения звука, в полосе частот и угловом секторе;

- получать непрерывные частотные зависимости коэффициента отражения для различных углов падения звука, при исследованиях акустических свойств поверхностей и звукопоглощающих покрытий.

Полученные в данной работе результаты определяют научную и практическую ценность диссертации. Использование результатов

подтверждаются актом о внедрении результатов диссертации ФГУП «ВНИИФТРИ».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертации могут быть использованы в ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России и на морских полигонах Военно-Морского Флота при совершенствовании метрологического обеспечения гидроакустических измерений.

Замечания по работе

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Не приведён обзор ГПУ, применяемых в настоящее время для измерений ПШ.

2. Не указаны предельные соотношения размеров ГПУ и гидроакустического бассейна для реализации калибровки в исследованном диапазоне частот от 125 до 1000 Гц.

3. Отсутствуют рекомендации по учету направленности ГПУ при натурных измерениях ПШ.

4. Не оценен технико-экономический эффект от внедрения полученных результатов.

5. Не в полной мере отражены вопросы дальнейшей реализации новых научно-технических решений для совершенствования методов (методик) измерений.

6. По тексту диссертационной работы имеются отдельные редакционные и стилистические неточности.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы и свидетельствуют о возможности дальнейшего совершенствования результатов и продолжения исследований. Выводы, рекомендации и вынесенные на защиту основные положения достаточно обоснованы. Диссертация изложена логично и последовательно.

По теме диссертации опубликованы 18 работ, включая 5 в журналах, входящих в перечень ВАК, 2 патента, основные результаты докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях международного и всероссийского масштабов. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает ее основные положения.

Заключение

Диссертация написана самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения. Выводы, рекомендации и выносимые на защиту основные положения достаточно обоснованы. По уровню решения важной научно-технической проблемы и её практической значимости диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор - Николаенко Алексей Сергеевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.06 - «Акустические приборы и системы».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России (секция № 2), протокол № 13-20
от 26 мая 2020 года.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
кандидат технических наук



А.Г. Максак

Ведущий научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
доктор технических наук



В.В. Супрунчук

Старший научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



Ю.А. Кувыкин