

ОТЗЫВ

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»

В диссертации А.С.Николаенко обобщаются итоги разработки новых методов и приборов для гидроакустических измерений в научных, экологических и технологических целях.

Предмет работы – методы определения чувствительности гидроакустического приемного устройства (ГПУ) с учётом его направленных и частотных свойств.

Задачи, решаемые в диссертации связаны с учётом частотных и направленных свойств ГПУ при создании методов определения его чувствительности, включают:

- разработку метода определения частотной характеристики чувствительности по свободному полю приёмника на частотах ниже 1 кГц в бассейне с отражающими звук границами;
- подтверждение корректности разработанного метода при измерениях существенно неравномерной частотной характеристики;
- разработку способа определения положений доминирующих источников рассеяния звука на элементах конструкции ГПУ;
- предложение решения по уменьшению рассеяния звука элементами конструкции ГПУ и проверку их эффективности.
- предложения по получению чувствительности ГПУ при измерениях окружающего шума, подводного звука, падающего на ГПУ с опорного направления и в угловом секторе.

Актуальность темы диссертации обусловлена ростом объёмов гидроакустических измерений и повышением требований к их точности. Наиболее значимыми являются измерения, выполняемые при решении

Формальный отзыв
Вп. № 3833
«10» 06 2020 г.
на 7 листах
приложение на 1 листах

практических задач по подводному мониторингу акустического шума, оценке шумовой загрязнённости акватории, измерении параметров первичного гидроакустического поля судов. Исследование направлено на снижение погрешности измерений за счёт учёта влияния дифракции звука на корпусе, используемого гидроакустического приёмного устройства, в соответствии с измерительной задачей. В настоящее время возможности имеющейся эталонной базы по прямой количественной оценке частотных и направленных свойств ГПУ существенно ограничены. В наибольшей степени это ограничение характерно для частот ниже 1 кГц. Обозначенная актуальность отражена в цели диссертационной работы – определение в лабораторном бассейне чувствительности ГПУ, соответствующей конкретной задаче измерений.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 101 странице. Список литературы включает 61 библиографическую ссылку.

Во Введении логично обоснована актуальность темы диссертации, последовательно сформулированы цели, задачи, объект и предмет исследования, основные положения, выносимые на защиту, обоснованы научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об апробации результатов работы.

В Главе 1 дается обзор применяемых в воздушной и гидро- акустике методов калибровки по полю приёмного устройства в условиях, отягощенных реверберацией звука в звукомерном помещении. Обобщен анализ применяемых в акустике методов калибровки по свободному полю приёмников звука в незаглушенных помещениях при переотражениях звука. Изложены преимущества и недостатки различных видов калибровочных сигналов и способов выделения полезного сигнала на фоне реверберационных помех. Отмечено принципиальное ограничение нижней частоты измерений традиционными методами из-за конечного разрешения измерений по частоте. Для измерений частотной характеристики ГПУ обосновано преимущество использования ЛЧМ-сигнала и подавления искажений принятого сигнала

методом скользящего комплексного взвешенного усреднения (СКВУ).

Глава 2 посвящена разработке и экспериментальной проверке метода определения частотной зависимости чувствительности приёмника по свободному полю на частотах ниже 1 кГц в условиях незаглушенного бассейна. Приводится описание разработанного метода, суть которого заключается в применении прямой и обратной развёртки ЛЧМ-сигнала, с сохранением непрерывности фазы при переходе частоты через ноль, в сочетании с методом СКВУ для получения частотной характеристики на всей комплексной плоскости. Это позволяет применить интерполяцию на частотном интервале вблизи ноля с низким отношением сигнал/шум и избежать переходного процесса начала излучения. Предложено использовать априорную информацию о частотной зависимости излучения для коррекции экспериментальной частотной характеристики. Метод реализован в программно-аппаратном комплексе. Представлены результаты экспериментов по низкочастотной калибровке гидрофона с плоской частотной характеристикой и результаты моделирования и измерений существенно неравномерной частотной зависимости с заранее определёнными параметрами, подтверждающие правильность принятых решений, лежащих в основе разработанного метода. Разработанный метод успешно применён на ключевых сличениях калибровок гидрофонов в диапазоне частот от 125 до 1000 Гц. Исследования предложенного метода привели к созданию нового способа измерений частотной зависимости коэффициента отражения звука от поверхности на который получен патент.

В Главе 3 даются результаты эксперимента с массогабаритной моделью регистратора подводного шума, а именно приводятся результаты применения разработанного метода при исследованиях массо-габаритной модели распространенного автономного гидроакустического регистратора «AURAL-M2» – частотные характеристики чувствительности модели регистратора при изменении угла падения звуковой волны от 0° до 360° на частотах от 70 Гц до 20 кГц. Экспериментальные результаты согласуются с законами акустики – расхождение частотных зависимостей носит закономерный характер и

уменьшается со снижением частоты. Полученные подробные частотные характеристики при различных углах падения звуковой волны позволили предложить оригинальный способ локализации значимых источников рассеяния на корпусе регистратора. Представлены технические решения по изменению конструкции ГПУ, которые позволяют ослабить рассеяние звука на незвукопрозрачных элементах конструкции ГПУ. Предложен способ уменьшения вносимых обработкой по методу СКВУ искажений частотной характеристики за счет коррекции характеристики пропускания фильтра, реализуемого при СКВУ.

Глава 4 посвящена уточнению понятия чувствительности ГПУ применительно к различным задачам измерений подводного шума. Предложены меры по учёту частотных и направленных свойств ГПУ при измерениях шума с фиксированного направления, шума в заданном угловом секторе и окружающего шума – использовать чувствительность, усреднённую в полосе частот и угловых секторах.

В Заключении резюмированы основные результаты диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется объективностью принятых в работе методов исследований, а также вытекает из выполненного автором обзора литературы по теме диссертации, подтверждается совпадением теоретических расчетов с полученными экспериментальными результатами.

Достоверность результатов работы вытекает из состоятельности используемых в работе методов исследования и подтверждается результатами исследований предложенного автором метода измерений, результатами экспериментов по его апробации, а также положительными результатами ключевых сличений CCAUV/W-K2.

Научная новизна диссертационной работы обеспечивается новизной разработанных автором подходов к решению поставленных задач:

1. Разработан и реализован метод определения ЧХЧ 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 проверен способ восстановления искомой частотной характеристики чувствительности ГПУ по свободному полю, искаженной постобработкой по методу СКВУ.

4. Предложены методы определения чувствительности ГПУ для измерений шума с фиксированного направления, шума в заданном угловом секторе и окружающего шума.

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

Практическая значимость и внедрение. Разработанные программно-аппаратные средства и предложенные технические решения позволили успешно выполнить калибровки опорного гидрофона ключевых сличений ССАUV/W-K2 и подтвердить заявленные бюджеты неопределенностей.

Разработанные методы применены:

- в рабочем эталоне МБ2 «Стенд для исследований влияния конструкции приёмных модулей на акустические характеристики измерительных гидрофонов»;
- при исследованиях акустических свойств обтекателя гидроакустической приёмной системы «Батарея-ТОФ»;
- при исследованиях и оценке свойств звукопоглощающих покрытий бассейна при выполнении НИР «Покрытие».

Работа не свободна от недостатков. Оппонент хотел бы отметить следующие недостатки:

1. Представляется, что недостаточно прояснено, о каких элементах конструкции, «отягощающих» первичный приемник, идет речь. Тем более, что, по утверждению автора (с которым нельзя не согласиться), при работе на низких частотах чувствительность всей конструкции стремится к чувствительности собственно гидрофона.

2. Недостаточно ясно, действительно ли измерение подводных шумов в натуральных условиях возможно только комплексами, включающими как гидрофон, так и «отягощения»? Возможно, имеются примеры работ, выполненных только с помощью коммерческих калиброванных гидрофонов авторитетных фирм?

3. Очевидно, что чем дальше гидрофон удален от «отягощающего» корпуса, тем меньше его влияние на гидрофон. Эффект автор продемонстрировал экспериментально. Однако, относя гидрофон от корпуса, автор использует как параметр ширину полосы частот приема. Но связь расстояния с шириной полосы не раскрыл, ограничившись ссылками на публикации.

4. Демонстрируя конструктивные приемы уменьшения рассеяния звука, автор не дает рекомендаций, которыми непосредственно мог бы воспользоваться разработчик. Наличие таких рекомендаций, как размеры, допуски, материалы, и т.п., несомненно, повысило бы ценность работы.

И, наконец, последнее замечание может показаться придиркой. Действительно, оно носит редакционный характер, но все равно, остается важным.

5. Изобилие аббревиатур в некоторых разделах затрудняет чтение и понимание текста. В итоге, это обстоятельство мешает пропаганде результатов этой тщательно выполненной работы.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертация А.С.Николаенко представляет собой законченную исследовательскую работу, в которой получены новые и актуальные физические результаты. Результаты диссертационной работы отражены в авторитетных публикациях. Имеется апробация результатов. По теме диссертации автором опубликованы 18 печатных работ, включая два патента, 5 статей в рекомендованных ВАК изданиях и 11 печатных работ в других российских и зарубежных научных сборниках. Результаты докладывались на авторитетных конференциях.

Содержание диссертации адекватно и полно отражено в автореферате.

В связи с этим считаю, что диссертация А.С.Николаенко «Разработка и исследование методов определения чувствительности гидроакустического приёмного устройства с элементами конструкции, рассеивающими звук на первичный преобразователь» является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном и техническом уровне. Работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. за № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Николаенко Алексей Сергеевич - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.06 «Акустические приборы и системы».

Официальный оппонент,
заведующий Отделением физической и прикладной акустики
АО «Акустический институт имени академика Н.Н.Андреева»,
доктор физ.-мат. наук, профессор

С.В. Егереv

АО «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева»
Россия, 117036, г. Москва,
улица Шверника, 4
телефоны: служебный +7(499) 126-74-01,
мобильный : +7-985-784-99-02;
e-mail: egerev@akin.ru

Подпись профессора С.В. Егеревa удостоверяю
Заместитель генерального директора-научного руководителя
АО «Акустический институт имени академика Н.Н.Андреева»



Н.С. Исаев