

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Бахтина Владимира Константиновича на тему: «Экспериментальное исследование и численное моделирование взаимодействия интенсивных акустических полей с препятствиями», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика.

Известно, что при распространении интенсивных акустических волн в средах без дисперсии, какими являются обычные природные среды вода и воздух, наблюдаются искажения их профиля, в частотном спектре появляются новые гармоники. Когерентное взаимодействие большого числа гармоник приводит к возникновению устойчивых структур – ударных волн. С другой стороны проявление дисперсии ограничивает такое взаимодействие между гармониками. Очевидно, что при дифракции ударных волн на препятствиях возникают свои ограничения на проявления взаимодействия интенсивных акустических волн. Настоящая диссертация ставит своей целью исследование особенностей взаимодействия интенсивных акустических волн с препятствиями в условиях одновременного проявления нескольких физических факторов: нелинейность, дифракция, диссипация. Все эти факторы существенны при описании распространения интенсивных акустических волн в атмосферной и подводной акустике, медицинской акустике и других приложениях, где на пути акустической волны возникают пространственно ограниченные препятствия. Таким образом, становится очевидной актуальность данной диссертационной работы, в которой автор приводит результаты своего исследования. Экспериментальные методики, представленные в настоящей диссертации, могут быть полезны для приложений, где требуется получение ультракоротких сигналов, например, в целях улучшения пространственного разрешения при неразрушающем ультразвуковом контроле, или селективного воздействия на микрообъекты. Представленный метод восстановления амплитудно-частотной характеристики излучателя звука по измерениям его поля в бассейне небольших волновых размеров с отражающими стенками может быть полезен для оптимизации процесса измерения характеристик низкочастотных гидроакустических преобразователей для морских исследований.

Результаты работы автора изложены в диссертации, состоящей из введения, четырех глав, заключения и библиографии. Диссертация содержит 120 страницу, включая 86 рисунков. Библиография включает 94 наименования.

Во **введении** обсуждается актуальность темы исследования, новизна и практическая значимость исследуемой проблемы, приводится краткий обзор литературы, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна, практическая значимость работы, методология исследования, положения, выносимые на защиту, описывается краткое содержание диссертации по главам, обосновывается достоверность полученных результатов, представляются данные об апробации работы и о публикациях.

Первая глава посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию процесса дифракции интенсивного акустического поля на круглом отверстии в экране. В начале главы приведен обзор работ по взаимодействию волн различной природы с круглым отверстием. Приведенные результаты экспериментов показали, что если диаметр отверстия в экране больше ширины пучка по уровню 0,7 от амплитуды первой гармоники, то пилообразный профиль в волне сохраняется на значительных расстояниях (сотни длин волн). В противном случае, значительная часть энергии низших гармоник отфильтровывается, и спектр нелинейной волны становится более высокочастотным. Если диаметр отверстия много меньше ширины падающего пучка пилообразных волн, то спектр пучка, испытавшего дифракцию на отверстии, полностью определяется высокочастотной частью спектра падающего пучка.

Во **второй главе** диссертационной работы рассматривается процесс взаимодействия интенсивного акустического поля с препятствием в виде полуэкрана (препятствие, разделяет пучок пополам и пропускает только одну из половин пучка). Одной из особенностей проявления дифракционных эффектов, полученной в ходе выполненного эксперимента, является выявленная зависимость сдвига дифракционного максимума в поперечном направлении от акустической оси системы при увеличении интенсивности падающего на полуэкран акустического поля. Это является новым результатом.

Третья глава диссертационной работы посвящена экспериментальному исследованию процесса взаимодействия интенсивного акустического поля со ступенчатым препятствием. Экспериментально показано, что при разности хода между двумя частями отраженного пучка $\lambda/2$, характерный период пилообразной волны в отраженном пучке уменьшается в два раза. Пространственное преобразование падающего сигнала препятствием в виде «полуволновой» ступеньки приводит к росту амплитуд четных гармоник в спектре сигнала, в то время как нечетные гармоники оказались подавлены.

Четвертая глава содержит результаты лабораторного эксперимента по проверке развитого автором диссертации метода реконструкции звукового поля, возбуждаемого исследуемым источником в свободном пространстве, по измерениям поля, возбужденного тем же источником в бассейне ограниченного размера с отражающими границами. По данным измерений в лабораторном бассейне восстанавливалась частотная зависимость интенсивности исследуемого источника, усредненная по всем направлениям. Результат сопоставляется с оценками амплитудно-частотной характеристики исследуемого источника, полученными другими методами. Полученные в эксперименте данные были обработаны согласно методике, описанной в этой главе. Здесь же обсуждаются методы оценки точности метода. Для оценки точности предложенного метода полученные значения отношения мощности исследуемого источника к мощности эталонного источника сопоставлялись с альтернативными оценками того же отношения.

В **заключении** приведены основные результаты диссертации и выводы. Разработанные методики являются оригинальными и реализованы автором впервые.

Достоинством диссертации является то, что в ней систематизированы известные и оригинальные результаты, демонстрирующие особенности дифракции акустической волны конечной амплитуды на различного типа препятствиях. Здесь использовались различные методы исследования: аналитический анализ и численное моделирование позволили спланировать успешное проведение оригинальных экспериментов, которые выявили новые физические процессы, возникающие при прохождении интенсивной акустической волны через отверстие в экране или при рассеянии на препятствиях в виде полуэкрана или ступенчатых препятствий. Здесь автору удалось, пожалуй, впервые показать, что при дифракции интенсивного акустического пучка на достаточном узком отверстии в экране происходит формирование ультракоротких сигналов. То есть отверстие для акустического излучения выполняет функцию фильтра высоких частот. Так же впервые экспериментально было показано, что при дифракции на полуэкране происходит расщепление максимума излучения в поперечном распределении поля высших гармоник. Все это говорит о **новизне** полученных результатов.

Приведенные в диссертации новые результаты имеют очевидную практическую направленность. Они могут быть существенными при описании распространения интенсивных акустических волн в атмосферной и подводной акустике, медицинской акустике и других приложениях, где на пути интенсивной

акустической волны возникают пространственно ограниченные препятствия. Это свидетельствует об **актуальности** выполненных исследований.

Тщательное описание методики экспериментов, а также сопоставление результатов измерений и компьютерного моделирования, выполненных на основе развитых автором методов, определяет **достоверность** выводов работы. Выводы, сделанные автором, согласуются с общими научными принципами, а методы исследования являются апробированными и современными.

Диссертационная работа не лишена недостатков.

Одним из положений, выносимых автором на защиту, является 5. Использование в качестве калибруемого излучателя источника монополярного типа позволило оценить точность метода эквивалентных источников для восстановления амплитудно-частотной характеристики излучателя в свободном пространстве по измерению его поля в бассейне с отражающими стенками. Экспериментальной проверке этого утверждения посвящена глава 4 диссертации. Но, в выводах к этой главе ничего не говорится о точности предлагаемого метода. Там сказано, что сопоставление с альтернативными оценками «дают близкие результаты: разброс их значений на каждой из рассмотренных частот не превышает 2.5 дБ». Автор никак не отличает точность разработанного им метода от точности альтернативных методов. Таким образом, практическая значимость этого положения, защищаемого автором, представляется не обоснованной. Защита других положений диссертации обоснована.

Диссертация не свободна от опечаток. Например, на стр. 105 сказано «Из рисунка 4.5 видно, что все четыре оценки дают близкие результаты...». Хотя, очевидно, что автор имеет в виду здесь ссылку на Рис. 4.8, где представлены отношения мощности исследуемого и эталонного источников в зависимости от частоты излучения.

Отмеченные недостатки не снижают общей оценки проведенных В.К. Бахтиным исследований. Автор представил в диссертации обширный экспериментальный материал, демонстрирующий новые результаты проявления дифракции акустической волны конечной амплитуды на препятствиях различного типа. Развитые в диссертации методы и численные алгоритмы расчета являются оригинальными, а полученные в ходе исследований результаты имеют как научное, так и практическое значение. Основные результаты, лежащие в основе диссертации, опубликованы в рецензируемых научных журналах и докладывались на Российских и международных научных конференциях.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что представленная диссертация «Экспериментальное исследование и численное моделирование взаимодействия интенсивных акустических полей с препятствиями» представляет

собой законченное научное исследование. Диссертация соответствует паспорту специальности 1.3.7. Акустика и требованиям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации, а её автор — Бахтин Владимир Константинович — заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика.

Официальный оппонент:

доктор физ.-мат. наук (01.04.06. Акустика), профессор, профессор кафедры физики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»



Есипов Игорь Борисович

21.10.2025

Я, Есипов Игорь Борисович, даю согласие на обработку моих персональных данных (приказ Минобрнауки России от 11.07.2015 г. №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Бахтина Владимира Константиновича.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1.

Телефон: +7 (499) 507-86-81, e-mail: katedra_physics@mail.ru.

Подпись профессора И.Б. Есипова заверяю:

Должность, ФИО

