

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12.11.2025 г. № 29.

О присуждении Бахтину Владимиру Константиновичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование и численное моделирование взаимодействия интенсивных акустических полей с препятствиями» по специальности 1.3.7. Акустика принята к защите 25 июня 2025 г., протокол № 20, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособрнадзора № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель, Бахтин Владимир Константинович, 15 декабря 1995 года рождения, в 2021 году окончил магистратуру радиофизического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика. С 2021 по 2025 год обучался в аспирантуре радиофизического факультета по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.06. Акустика. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника отдела акустики океана в федеральном государственном бюджетном научном учреждении "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук" (ИПФ РАН), а также ассистента кафедры акустики радиофизического факультета (0,25 ставки) и младшего научного сотрудника (0,25 ставки) НИИ Механики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация выполнена на кафедре акустики радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, профессор Гурбатов Сергей Николаевич, заведующий кафедрой акустики радиофизического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Есипов Игорь Борисович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.06. Акустика), профессор, профессор на кафедре физики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»,
2. Канев Николай Георгиевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 1.3.7. Акустика) научный сотрудник АО «Акустический институт имени акад. Н.Н. Андреева».

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, г. Москва, в своем **положительном** отзыве, утвержденном 14.10.2025 г., подписанном доктором физико-математических наук, академиком РАН Руденко О.В., заведующим кафедрой акустики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», указала, что диссертация Бахтина Владимира Константиновича удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Бахтин Владимир Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых WoS, Scopus и RSCI, опубликовано 4 работы. Основные результаты диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях.

Авторский вклад соискателя в опубликованные в соавторстве работы заключается в проведении натурных экспериментов, численного моделирования, обработке экспериментальных данных, анализе полученных результатов, формулировании выводов и подготовке текстов публикаций.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Гурбатов, С. Н. О дифракции пилообразной нелинейной волны на узком круглом отверстии в экране / С. Н. Гурбатов, П. Н. Вьюгин, Д. А. Касьянов, В. В. Курин, А. В. Тюрина, М. С. Дерябин, **В. К. Бахтин** // Акустический журнал. – 2021. – Т. 67, № 3. – С. 235–243.
2. **Бахтин, В. К.** Об особенностях трансформации профиля акустических нелинейных волн, отраженных от ступенчатой структуры / В. К. Бахтин, С. Н. Гурбатов, Д. А. Касьянов, М. С. Дерябин // Акустический журнал. – 2023. – Т. 69, № 3. – С. 295–303.
3. **Bakhtin, V. K.** Some peculiarities of Intense Acoustic Beam Diffraction on a Semiscreen obstacle / V. K. Bakhtin, S. N. Gurbatov, M. A. Garasev, D. A. Kasyanov, M. S. Deryabin // Acoustical Physics. – 2024. – Vol. 70, No. 6. – P. 933–939.
4. **Бахтин, В. К.** Оценка амплитудно-частотной характеристики источника звука по измерениям в бассейне с отражающими границами / В. К. Бахтин, А. Л. Вировлянский, М. С. Дерябин, А. Ю. Казарова // Акустический журнал. – 2024. – Т. 70, № 6. – С. 838–843.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов от:

1. Максимова Алексея Олеговича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.06. Акустика, ведущего научного сотрудника лаборатории нелинейных динамических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук.
2. Пивнева Петра Петровича, кандидата технических наук по специальности 01.04.06. Акустика, доцента, заведующего кафедрой электроакустической и медицинской техники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета.
3. Салина Михаила Борисовича, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.06. Акустика, заведующего лабораторией виброакустики ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр "Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук" (ИПФ РАН).
4. Малеханова Александра Игоревича, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03. Радиофизика, заведующего отделом геофизической акустики федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова

Российской академии наук" (ИПФ РАН).

5. Миронова Михаила Арсеньевича, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.06. Акустика, начальника теоретического отдела АО «Акустический институт им. акад. Н.Н. Андреева».

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.

Замечания из отзыва ведущей организации.

1. В некоторых разделах на графиках не указаны абсолютные значения давления в волне после прохождения препятствия.
2. Не приведено убедительное подтверждение того, что сглаживание переднего фронта «иглообразной» волны в эксперименте происходит за счет прохождения через непрозрачную область экрана.
3. Излишне лаконично описаны алгоритмы численного расчета, в частности, модифицированная схема для расчета дифракции на полуэкране.
4. Результаты алгоритма восстановления АЧХ источника звука проведены только для излучателя монопольного типа, что не позволяет в полной мере продемонстрировать достоинства рассматриваемого алгоритма.

Замечания из отзыва официального оппонента Есипова И.Б.

Одним из положений, выносимых автором на защиту, является 5. Использование в качестве калибруемого излучателя источника монопольного 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.

Замечания из отзыва официального оппонента Канева Н.Г.

1. На стр. 29 указано, что акустический импеданс экрана коренным образом отличается от акустического импеданса воды. Здесь было бы уместно привести характерные значения акустического импеданса экрана и указать является ли экран жестким или мягким по отношению к воде.
2. На рис. 1.7 и в тексте описания к нему не указана частота, на которой проведено измерение в линейном режиме.
3. Нормировка на максимальное значений звукового давления на двух графиках на рис. 1.8 дает максимальное значение 1 в точке падения волны и в точке за экраном и не позволяет оценить ослабление звука экраном. Глядя на рис. 1.8, можно заключить, что пиковое значение звукового давления в этих точках одинаково. А на рис. 1.9-1.11 четко видно ослабление волны при удалении от экрана.
4. Колебательная скорость является векторной величиной. В формуле (1) колебательная скорость является скаляром, не указано направление скорости.
5. В разделе 1.2.5 опущены вычисления распределения давления в плоскости на расстоянии 250 мм от излучателя, преобразование этого распределения фильтром, АЧХ которого приведена пунктиром на рис. 1.15, что было бы полезно.
6. Критерий сохранения пилообразного профиля после прохождения отверстия в экране, приведенный в разделе 1.2.7, сформулирован достаточно общими словами на стр. 44. Здесь требуется более точная математическая формулировка.
7. В последнем абзаце раздела 3.4.3 утверждается, что при некоторой ширине ступенчатого препятствия степенной закон распределения амплитуд гармоник дифрагированной волны не восстанавливается к асимптотике. Это требует количественного обоснования: какие отличия от закона могут считаться значимыми.
8. Общее замечание к проведенному эксперименту. Необходимо было привести оценку влияния или не влияния отраженного стенками бассейна звука на результаты измерений, представленных в главах 1-3. Оценки показывают, что при длительности импульса 1-4 мкс их пространственная длина не превышает 6 мм, что значительно меньше характерных размеров задачи (расстояние до стенок бассейна от экрана и точек измерения, между экраном и точками измерения и т.д.), поэтому отраженные стенками бассейна волны должны разрешаться во времени. Однако, для убедительности эта ситуация требует тщательного анализа.

Замечания из отзыва на автореферат Максимова А.О.

При описании эксперимента по дифракции интенсивного акустического пучка на

препятствии в виде узкого, по сравнению с длиной волны, отверстия в экране проводится численное моделирование на основе уравнения Хохлова-Заболоцкой-Кузнецова (ХЗК). При выводе уравнения ХЗК из волнового уравнения, в правой части которого присутствует малая добавка, учитывающая нелинейные члены, волна рассматривается квазиплоской, распространяющейся вдоль оси x . При этом быстрой является зависимость от переменной

. Зависимость от координат при этом должна быть медленной. В условиях, когда длина волны превышает поперечные размеры отверстия, это условие нарушается. Уравнение ХЗК хорошо описывает поле от источника до препятствия, хуже – за препятствием – в этой области желательно использовать аналог широкоугольного параболического уравнения, и имеет крайне ограниченную применимость в пространственной области порядка длины волны вблизи отверстия.

Замечание из отзыва на автореферат Пивнева П.П.

К недостаткам работы можно отнести то, что апробация метода производилась на примере одного простейшего гидроакустического преобразователя. Для полноценного подтверждения работоспособности метода было бы не плохо проведение исследований с использованием нескольких различных преобразователей, имеющих разную конструкцию.

Замечание из отзыва на автореферат Салина М.Б.

1. Неудачно сформулирован раздел «Научная новизна» автореферата. Обычно в разделе «новизна» автореферата используют такие слова и обороты, как например: «впервые...», «...превосходящий опубликованные аналоги», «расширен изученный диапазон в сторону...» и т.п... Здесь слово «впервые» встречается один раз и в целом раздел «Новизна» похож на перефразированные блок результатов
2. В блоке текста, посвященного первой главе, определённые выводы делаются исходя из ширины падающего на экран пучка», но нигде по тексту автореферата не поясняется как эта величина оценивается или измеряется.
3. Вопрос относительно последней, четвертой главы: учитываются ли и играют ли роль в этом случае нелинейные эффекты, подобные тем, что обсуждались в главах с 1 по 3 до этого.
4. Одно из положений, выносимых на защиту, звучит как: «Использование ... позволило оценить точность метода эквивалентных источников...». По этому вопросу в автореферате приведены какие-то промежуточные данные, похожие на некую самодиагностику алгоритма. Попутно использовано много новых обозначений без определения, например, $w_j = |b_j/a_j|$. В классическом понимании оценки точности: сравнения с другим методом, сравнения с эталоном или сравнения с аналитической зависимостью – не приведено.

Замечание из отзыва на автореферат Малеханова А.И.

В качестве замечания можно указать на недостаточное обоснование применимости в работе уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова, полученного в параболическом приближении, для описания полей, испытывающих сильные возмущения по поперечной координате. Высказанное замечание не умаляет, однако, достоинств представленной к защите работы и не снижает ее высокой оценки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

Препятствия, находящиеся в поле интенсивной акустической волны и имеющие характерные размеры порядка длины этой акустической волны, являются пространственными фильтрами для распространяющегося интенсивного акустического поля. При малых, по сравнению с шириной пучка, отверстиях в экране волна пилообразного профиля трансформируется в последовательность коротких иглообразных однополярных импульсов, что связано с отфильтровыванием из спектра низкочастотных составляющих. С увеличением диаметра отверстия в экране искажения охватывают все меньшую часть спектра. С помощью численного моделирования получен критерий сохранения пилообразного профиля волны: диаметр отверстия должен быть не меньше ширины акустического пучка по уровню 0,7 на частоте излучателя. В случае дифракции интенсивной волны на полуэкране обнаружена зависимость сдвига максимума распределения поля от акустической оси системы в поперечном направлении от интенсивности падающего на полуэкран пучка. Эффект наблюдается для всех гармоник сигнала и связан с уширением акустического пучка при увеличении характерного акустического давления в нем. Обнаружен эффект возникновения дополнительного максимума в поперечном распределении поля за полуэкраном, который при определённых условиях особенно выражен для высших гармоник. Эффект возникает из-за совместного проявления дифракционных и нелинейных эффектов, причём для его проявления необходимы определённые соотношения интенсивностей пучка до и после взаимодействия с препятствием. Продемонстрирована возможность деления пополам периода пилообразной волны в отраженном от ступенчатого препятствия сигнале. Обнаружено существование выделенных направлений, вдоль которых распространяются отраженные сигналы с устойчивым спектром.

Экспериментально продемонстрирована работоспособность нового метода калибровки интенсивного источника звука в условиях бассейна с отражающими стенками, размеры которого сравнимы с длиной волны.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что экспериментальные

результаты, полученные в работе с использованием разработанных методик, способствуют дальнейшему развитию теории дифракции и нелинейной акустики. Результаты работы могут быть использованы для совершенствования методов калибровки гидроакустических преобразователей в условиях ограниченных бассейнов.

Значение полученных соискателем результатов для практики заключается в возможности их использования для развития техники прецизионных гидроакустических измерений. Сигналы специальной формы и/или со специальным спектральным составом, полученные в результате взаимодействия интенсивных акустических пучков с пространственными неоднородностями, могут быть использованы для улучшения пространственного разрешения при неразрушающем ультразвуковом контроле или селективном воздействии на микрообъекты в различных приложениях.

Экспериментально реализованный в работе метод восстановления амплитудно-частотной характеристики излучателя звука по измерениям его поля в бассейне небольших волновых размеров с отражающими стенками является перспективным для калибровки гидроакустических преобразователей, в особенности низкочастотных.

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила, что представленные в диссертационной работе результаты подтверждаются соответствием данных экспериментов и численного моделирования, а также их согласованием с результатами, полученными в работах других авторов для частных случаев.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении экспериментальных исследований и численного моделирования, обработке полученных данных, анализе результатов, подготовке публикаций в научные журналы.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание:

Является ли нелинейность, про которую вы рассказываете нелинейностью среды? Или, может быть, это нелинейность преобразователя?

Соискатель Бахтин В.К. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечание и привел собственную аргументацию:

Это именно нелинейность среды. Если рассматривать профиль акустического импульса вблизи преобразователя, т.е. на расстояниях много меньших координаты разрыва, то несмотря на высокую амплитуду напряжения накачки, а значит и высокую амплитуду акустического давления на поверхности преобразователя, сигнал будет иметь практически синусоидальный профиль. При приближении к координате разрыва, профиль сигнала все более близок к пилообразному, эффект накапливается по мере распространения сигнала в среде, следовательно это нелинейность среды.

задачи, имеющей значение для развития акустики, присудить Бахтину В.К. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек из них 6 докторов наук по специальности 1.3.7. Акустика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 18, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Бакунов Михаил Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Клюев Алексей Викторович

12.11.2025