

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Квашенниковой Анастасии Валерьевны «Численное моделирование генерации волны разностной частоты в трёхмерных ультразвуковых пучках в условиях сильного проявления нелинейности среды», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика

Хорошо известно, что для акустического зондирования неоднородностей Мирового океана удобно использовать параметрические излучатели звука. Эти относительно легкие и малогабаритные устройства сочетают в себе возможности узконаправленного и широкополосного излучения звука, что делает их практически незаменимыми при дальнем акустическом мониторинге морской среды. Однако при проектировании подобных излучателей большой мощности для предварительных оценок их характеристик необходимо адекватным образом моделировать генерацию волны разностной частоты в трехмерных ультразвуковых пучках в условиях сильного проявления нелинейности среды. Такая оригинальная методика предложена и апробирована в численных экспериментах в диссертационной работе А.В. Квашенниковой.

К наиболее важным результатам, полученным в диссертационной работе, безусловно, следует отнести:

1. Развитый метод расчета нелинейного оператора при использовании спектрального алгоритма. Такой метод позволяет осуществить трехмерное моделирование задачи о параметрической генерации волны разностной частоты за разумное время. Это достигается за счет сокращения числа учитываемых спектральных компонент с нескольких тысяч до десятков при сохранении точности расчета амплитуды давления волны разностной частоты в пределах 2–3%. Показано, что частотную фильтрацию удерживаемых в алгоритме гармоник предпочтительнее проводить на расстоянии трех длин образования разрыва для высокочастотной волны накачки с максимальной амплитудой.

2. Результаты численного моделирования, показывающие, что направленность низкочастотного излучения может быть шире и более сглажена по обоим поперечным направлениям, чем у волн накачки. При этом, чем больше величина разностной частоты, тем более узконаправленное излучение генерируется параметрическим излучателем. Моделирование показало также, что известные аналитические решения задачи о параметрической генерации волны разностной частоты, использующие дополнительные предположения об условиях на излучателе и поведении высокочастотных волн накачки, справедливы лишь в ближнем поле излучателя на оси пучка.

3. Сравнительный анализ полного нелинейного и квазилинейного моделирования трехмерного уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова в ударноволновых режимах. Показано, что использования квазилинейного приближения неприменимо ни для оценки амплитуды давления на оси, ни для

описания направленности волн накачки и волн разностной частоты в сильно нелинейных режимах. Для указанных режимов при параметрах рассматриваемой задачи происходит двукратное увеличение углов расхождения пучка волн разностной частоты.

4. Обнаружено, что ударноволновые режимы работы параметрического излучателя оптимальнее для генерации низкочастотного излучения по двум метрикам. Во-первых, эффективность параметрического излучателя (т.е. безразмерная амплитуда давления волны разностной частоты на оси) сначала растёт линейно с увеличением начального давления на излучателе, а затем насыщается при больших давлениях. Во-вторых, мощность волны разностной частоты возрастает с увеличением начальной мощности на излучателе без эффекта насыщения и составляет порядка 0.05% от мощности волн накачки для параметров рассматриваемой задачи в разрывном режиме против 0.002% в квазилинейном.

Содержание автореферата даёт все основания предполагать, что диссертационная работа А.В. Квашенниковой представляет собой серьезное и глубокое исследование в актуальной для современной акустики области. Её результаты найдут широкое применение при акустическом мониторинге океана.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН», ФГБУН ФИЦ «Институт прикладной физики РАН им. А.В. Гапонова-Грехова», ОАО «Акустический институт им. академика Н.Н. Андреева», ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», ОАО «Концерн «Океанприбор»».

К сожалению, автореферат диссертации имеет недостатки.

Выбранные в главе 5 параметры подводного акустического волновода нельзя назвать типичными хотя бы потому, что для Мирового океана характерна значительная изменчивость этих параметров. К сожалению, из текста автореферата не ясно, насколько характеристики параметрического излучателя зависят от указанных параметров и когда такой зависимостью можно пренебречь.

Высказанные замечания не снижают достоинства работы. По научному уровню проведенных исследований, актуальности исследуемых вопросов и ценности полученных результатов диссертационная работа А.В. Квашенниковой полностью соответствует специальности 1.3.7. «Акустика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и оформлена согласно приложениям № 8 и 9 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного

университета имени М.В. Ломоносова», а её автор — Квашенникова Анастасия Валерьевна — заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. «Акустика».

Материалы диссертационной работы опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных научных журналах.

Главный научный сотрудник лаборатории гидрофизики
Научного центра волновых исследований
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Институт общей физики имени А.М. Прохорова
Российской академии наук», д.ф.-м.н.
(шифр научной специальности 01.04.06)

_____ Петников В.Г.
подпись, дата 04.12.2024

Данные об авторе отзыва:

Петников Валерий Георгиевич,
доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,
главный научный сотрудник лаборатории гидрофизики Научного центра
волновых исследований Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей
физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук» (НЦВИ ИОФ РАН)

Адрес:

119991, Москва, ул. Вавилова, 38

Контакты:

e-mail: petniko@kapella.gpi.ru

телефон: +7 (499) 503-87-77 (доб. 3-84)

Я, Петников Валерий Георгиевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ.013.6 и их дальнейшую обработку

_____ 04.12.2024
подпись, дата

Подпись Петникова Валерия Георгиевича УДОСТОВЕРЯЮ:

ВРИО директора
Научного центра волновых исследований
Института общей физики имени А.М. Прохорова
Российской академии наук (НЦВИ ИОФ РАН)

М.Л. Лямшев