

## 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

Диссертационная работа Квашенниковой А.В. посвящена разработке численной трехмерной модели взаимодействия интенсивных высокочастотных волн накачки при сильном проявлении нелинейных эффектов и исследованию на ее основе особенностей процессов генерации и распространения волны разностной частоты, в том числе и в неоднородных средах при наличии отражений от границ в различных нелинейных режимах работы параметрического излучателя (ПИ). При этом предметом исследования являются пространственно-временные структуры акустических полей и их характеристики (амплитуда давления, интенсивность, мощность, направленность).

В диссертационной работе рассматривается и реализовывается численная одномерная модель на основе уравнения Бюргерса, что дает основу для разработки численных оптимальных алгоритмов для решения трехмерной задачи. Так, реализован конечно-разностный алгоритм решения нелинейного параболического уравнения Хохлова–Заболотской–Кузнецова с учетом дифракционных эффектов и в волнах накачки и волны разностной частоты. В качестве примера исследуется параметрический излучатель звука, имеющий структуру многоэлементной решетки.

Автору удалось также разработать трехмерную полную нелинейную численную модель решения уравнения Хохлова–Заболотской–Кузнецова в спектральном представлении в условиях сильного проявления нелинейных эффектов. Это дало возможность проанализировать отличия результатов моделирования с результатами, полученными при использовании квазилинейного подхода. Сделан важный вывод, что применение сильно нелинейного режима работы ПИ оптимальнее для генерации низкочастотного излучения: эффективность параметрического излучателя (т.е. безразмерная амплитуда давления ВРЧ на оси) сначала растет линейно с увеличением начального давления на излучателе, а затем насыщается при больших давлениях; мощность ВРЧ возрастает с увеличением начальной мощности на излучателе без эффекта насыщения.

В заключительной пятой главе подробно исследованы особенности нелинейной генерации волны разностной частоты в неоднородных средах и при наличии отражений от границ в различных нелинейных режимах работы параметрического излучателя.

Представленная численная модель может быть модифицирована для описания работы ПИ в реальных условиях, например, в случае мелководного акустического волновода, что обеспечивает более точное описание эффектов, происходящих в условиях океанологических экспериментов, что может иметь важную практическую значимость.

Результаты работы опубликованы в известных, в том числе высокорейтинговых журналах, и докладывались на Всероссийских и международных конференциях. К автореферату замечаний нет.

Работа 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».

Доцент кафедры акустики радиофизического факультета  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский  
государственный университет имени Н.И. Лобачевского», к.ф.-м.н.  
(шифр научной специальности 01.04.03)

09.12.2024      Прончатов-Рубцов Н.В.  
подпись, дата

Данные об авторе отзыва:  
Прончатов-Рубцов Николай Васильевич,  
кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры акустики радиофизического факультета  
Национального исследовательского Нижегородского государственного  
университета имени Н.И. Лобачевского.

Адрес:  
603022, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23  
Контакты:  
e-mail: [nikvas@rf.unn.ru](mailto:nikvas@rf.unn.ru)  
телефон: +7 (831) 465-63-05

Я, Прончатов-Рубцов Николай Васильевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ.013.6 и их дальнейшую обработку

09.12.2024  
подпись, дата

Подпись Прончатова-Рубцова Николая Васильевича удостоверяю: