

ОТЗЫВ

научного руководителя к.ф.-м.н. Юлдашева Петра Викторовича на диссертационную работу Квашенниковой Анастасии Валерьевны «Численное моделирование генерации волны разностной частоты в трехмерных ультразвуковых пучках в условиях сильного проявления нелинейности среды», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. Акустика.

Диссертационная работа А.В. Квашенниковой посвящена развитию нового численного алгоритма для моделирования нелинейных взаимодействий высокочастотных волн накачки, сопровождающихся процессами генерации и распространения низкочастотного излучения, в трехмерной постановке и в условиях сильного проявления нелинейности среды. Разработанный алгоритм основан на численном решении параболического уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова (ХЗК), описывающего эффекты нелинейности, дифракции и поглощения при направленном распространении волн. Хотя ранее уже были разработаны различные численные алгоритмы для моделирования нелинейных акустических пучков, основанные на уравнении ХЗК, а также известны некоторые аналитические решения нелинейных уравнений акустики, их применение для моделирования параметрических взаимодействий связано с использованием различных приближений при описании нелинейных и дифракционных эффектов. Так, большинство моделей разработаны в приближении квазилинейности, хотя в реальных условиях часто необходимо учитывать более сильные нелинейные эффекты, включая образование ударных фронтов в волнах накачки. Основная трудность известных численных моделей при описании сильно нелинейных случаев параметрических взаимодействий связана с большим числом спектральных компонент, необходимых для правильного расчета ударных фронтов в волнах накачки. Кроме того, многие алгоритмы построены для осесимметричных т.е. эффективно двухмерных) задач, что исключает рассмотрение излучателей со сложной структурой, например, многоэлементных решеток. Таким образом, разработка трехмерных алгоритмов для источников произвольной геометрии и с произвольной степенью нелинейных эффектов является актуальной и перспективной задачей.

Работа А.В. Квашенниковой была выполнена на кафедре акустики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Свою научную работу на кафедре акустики Анастасия начала с 2020 г. после поступления в аспирантуру, окончив с отличием бакалавриат и магистратуру радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского. При обучении в ННГУ на кафедре акустики Анастасия занималась численным моделированием нелинейных уравнений акустики для регулярных и шумовых волн в средах без дисперсии, изучала эволюцию и взаимодействие интенсивных акустических волн. Во время работы над диссертацией А.В. Квашенникова показала энтузиазм, заинтересованность, способность к выполнению поставленных задач и освоению нового материала. За время обучения в аспирантуре ею были сданы на отлично все экзамены кандидатского минимума.

Все четыре оригинальных главы диссертационной работы А.В. Квашенниковой содержат интересные и новые научные результаты. Анастасией был разработан полный нелинейный трехмерный спектральный алгоритм решения уравнения ХЗК с частотной фильтрацией для описания двухчастотных параметрических взаимодействий в сильно нелинейных режимах. Разработанная модель позволяет определять оптимальные режимы работы параметрических излучателей с точки зрения увеличения мощности низкочастотного излучения на разностной частоте, но при этом оставаясь в рамках необходимой для конкретных физических задач направленности пучка, а также исследовать параметрические процессы в средах с пространственными неоднородностями скорости звука и в присутствии границ.

За время работы над диссертацией А.В. Квашенникова активно участвовала в выполнении

гранта РФФИ и нескольких грантов РФ, при этом научные и академические успехи Анастасии были также отмечены различными стипендиями: фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС», Правительства РФ для студентов и аспирантов, стипендией Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Результаты работы неоднократно представлялись на Всероссийских и международных научных конференциях, опубликованы в рецензируемых журналах и в трудах научных конференций, а также всегда получали высокую оценку специалистов. Диссертация А.В. Квашенниковой является актуальным исследованием, как в научном, так и в практическом плане. Полученные результаты обладают всеми признаками научной новизны и вносят важный вклад в понимание физики нелинейных взаимодействий акустических волн, а разработанный ею численный алгоритм позволяет описывать такие взаимодействия в различных условиях распространения, включая ударноволновые режимы. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа А.В. Квашенниковой «Численное моделирование генерации волны разностной частоты в трехмерных ультразвуковых пучках в условиях сильного проявления нелинейности среды» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное научное исследование, полностью соответствует специальности 1.3.7. «Акустика» и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую диссертационную работу «Численное моделирование генерации волны разностной частоты в трехмерных ультразвуковых пучках в условиях сильного проявления нелинейности среды» Квашенниковой Анастасии Валерьевны к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7. «Акустика».

Научный руководитель:

доцент кафедры общей физики и
физики конденсированного состояния
физического факультета ФГБОУ ВО
«Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»
кандидат физико-математических наук

П.В. Юлдашев

Дата составления отзыва: 30 августа 2024 года.

119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

Телефон: +7 (495) 939-29-52

E-mail: petr@acs366.phys.msu.ru

Подпись Юлдашева Петра Викторовича УДОСТОВЕРЯЮ:

Учёный секретарь учёного совета
физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук, профессор

С.Ю. Стремоухов