

ОТЗЫВ

научного руководителя д.ф.-м.н., доцента Хохловой Веры Александровны 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 исследованию нелинейно-дифракционных эффектов в трехмерных ультразвуковых пучках с исходно двухчастотным излучением волн с близкими частотами. При взаимодействии первичных волн накачки, помимо каскадной генерации высших гармоник и суммарных частот, происходит параметрическая генерация узконаправленного низкочастотного излучения на разностной частоте, т. е. среда распространения играет роль антенны бегущей волны. Длина такой антенны и, соответственно, направленность низкочастотного излучения ограничена областью взаимодействия волн накачки, определяемой их затуханием за счет линейного поглощения, дифракции и поглощения энергии волны на ударных фронтах при сильном проявлении нелинейных эффектов.

Актуальность исследования параметрических процессов в нелинейной акустике на сегодняшний день связана с разработкой и использованием направленных низкочастотных источников в воде и воздухе, а также с развитием новых методов использования ультразвука в медицине. Задача численного описания параметрических процессов в трехмерной постановке для излучателей произвольной формы и при различной степени проявления нелинейных эффектов является актуальной, поскольку существующие аналитические и численные решения построены либо для осесимметричных излучателей, либо используют приближение квазилинейности или умеренного проявления нелинейных эффектов. В представляемой работе был разработан новый алгоритм численного решения нелинейного параболического уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова с граничными условиями произвольной формы. Разработанный алгоритм позволил проанализировать режимы параметрической генерации, когда в профиле волн накачки формируются крутые участки – ударные фронты. Кроме того, впервые были рассмотрены случаи генерации волны разностной частоты в неоднородных средах и с учетом отражений от границ акустического волновода. Проведенные с использованием развитой модели многопараметрические расчеты для существующего подводного параметрического излучателя позволили получить новые количественные результаты, связанные с особенностями пространственной структуры поля, направленностью и эффективностью его работы.

Хотелось бы отметить, что Анастасия поступила в аспирантуру физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в 2020 г. после окончания магистратуры ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Хотя при обучении в бакалавриате и магистратуре на кафедре акустики радиофизического факультета ННГУ Анастасия также проводила исследования в области нелинейной акустики, предложенная тема научной работы в аспирантуре была для нее совершенно новой. Тем не менее, Анастасия блестяще и в срок справилась с выполнением поставленных перед нею научных задач и успешно окончила аспирантуру в сентябре 2024 г., сдав все кандидатские экзамены на отлично. В течение всего времени обучения в аспирантуре под моим научным руководством и работы над диссертацией Анастасия проявляла большую самостоятельность, активность и целеустремленность. На протяжении последних трех лет, а

также в настоящее время, А.В. Квашенникова курирует научную работу студентки специалитета по тематике диссертации, хорошо зарекомендовав себя в качестве наставника и проявив способности к обучению студентов как основам акустики, так и численных методов описания нелинейных акустических волн.

Результаты, полученные в диссертации А.В. Квашенниковой, опубликованы в высокорейтинговых журналах, входящих в базы Web of Science, Scopus и РИНЦ, а также были представлены на различных конференциях всероссийского и международного уровней, где не раз были высоко отмечены специалистами. При этом научная деятельность Анастасии не ограничивалась только темой диссертационной работы по исследованию параметрических взаимодействий в поле высокочастотного параметрического излучателя. Вместе с этим, она также принимала активное участие в развитии биомедицинских приложений нелинейной акустики – экспериментальных исследованиях по механическому разрушению биологических тканей с помощью высокоинтенсивного фокусированного ультразвука методом гистотрипсии с кипением и является соавтором ряда публикаций нашей лаборатории по этому направлению.

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 акустики
физического факультета ФГБОУ ВО
«Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»
доктор физико-математических наук, доцент

В.А. Хохлова

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: vera@acs366.phys.msu.ru

Подпись Хохловой Веры Александровны УДОСТОВЕРЯЮ:

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

С.Ю. Стремоухов