

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Ефимова Д.Ю. посвящена исследованию дифракции гармонических звуковых волн на неоднородных упругих цилиндрических телах. Изучалась возможность использования непрерывно-неоднородных покрытий тел указанной формы для достижения требуемых звукоотражающих свойств. Тема диссертации актуальна в связи со все более широким применением функционально-градиентных и композитных материалов.

В диссертационной работе в рамках моделей гидродинамики идеальной сжимаемой жидкости и линейной теории упругости решен целый ряд прямых и обратных дифракционных задач. Особенно следует отметить успешное решение математически сложных задач для цилиндров конечной длины и цилиндрических рассеивателей в присутствии подстилающих поверхностей. Все задачи являются новыми и их решение вносит вклад в развитие теории дифракции звуковых волн на неоднородных упругих телах.

Из автореферата следует, что автором разработаны программные средства для расчета характеристик рассеянных телами звуковых полей и проведены подробные численные исследования. Выявлены характерные особенности влияния неоднородности материала покрытия и криволинейности фронта падающей волны на дифракционную картину.

Подходы и результаты, полученные в диссертации Ефимова Д.Ю., могут быть использованы как в теоретических исследованиях, так и на практике.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus и входящих в список ВАК. Пакеты программ автора подтверждены государственной регистрацией программ для ЭВМ. Результаты работы докладывались на международных и российских конференциях, на научных семинарах.

В целом, автореферат создает положительное впечатление о работе.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. Не приведены аналитические выражения для законов неоднородности материала покрытия, которые использовались при проведении численных расчетов.
2. В тексте автореферата не приведены условия шарнирного закрепления, используемые автором в пятой главе.

3. В тексте автореферата указано, что в разделах 3.3 и 4.2 рассматривались задачи дифракции сферической звуковой волны на цилиндрических телах. Задачи дифракции звуковых волн с криволинейной геометрией фронта распространения, отличной от геометрии рассеивающего тела, очевидно, приводят к значительным математическим трудностям. В автореферате отсутствуют сведения о том, как автор получил аналитические решения указанных задач.

Отмеченные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы.

Анализ автореферата позволяет сделать заключение, что диссертационная работа Ефимова Дмитрия Юрьевича удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук,
заведующий кафедрой гидромеханики
механико-математического факультета
Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова, профессор

А.В. Аксенов

12 мая 2025 г.

Адрес места основной работы:
119991, ГСП-1, г. Москва,
Ленинские горы 1, Главное здание МГУ,
Механико-математический факультет
Телефон: +7-495-9393958 (служебный)
E-mail: aksenov@mech.math.msu.su

Подпись профессора Аксенова Александра Васильевича удостоверяю:

Начальник отдела кадров
механико-математического факультета



Т.А. Соколова

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Математическое моделирование дифракции звука на пространственно-неоднородных телах, расположенных в акустической среде, имеет важное теоретическое и практическое значение. Такие модели служат основой для решения важных задач в различных областях, в том числе, в гидроакустике, при разработке методов неразрушающего контроля материалов, при проектировании промышленных материалов с программируемыми звукоотражающими характеристиками. В связи с этим возникает необходимость построения все более точных математических моделей, адекватно описывающих реальные процессы звукоотражения от упругих тел. Значительный интерес представляют тела цилиндрической формы, так как форма многих реальных объектов может быть приближена к цилиндрической.

В диссертационной работе автор исследует цилиндрические рассеиватели, обладающие радиальной неоднородностью. Рассматриваются изотропные и анизотропные цилиндры бесконечной и конечной длины, находящиеся в свободном пространстве и вблизи границ полупространств.

В диссертации построена математическая модель, на основе которой автором получены аналитические решения новых прямых и обратных задач дифракции звуковых волн на деформируемых телах цилиндрической формы. Используемые автором подходы и методы решения задач дали возможность изучить акустические свойства неоднородных цилиндрических тел бесконечной и конечной протяженности, находящихся в безграничном пространстве и в присутствии подстилающих поверхностей. В качестве первичного поля возмущения рассматриваются не только плоские волны, но и волны, излучаемые линейным и сферическим источниками звуковых волн, структура которых существенно сложнее структуры плоских волн. Учет криволинейности волнового фронта весьма важен, когда источник находится на небольшом расстоянии от рассеивателя, что часто имеет место на практике.

Проведенные численные исследования позволили автору выявить существенные закономерности при дифракции звука на неоднородных телах.

Достоверность полученных в диссертации результатов вытекает из корректной постановки задач и обоснованности применяемых математических методов.

Из автореферата следует, что полученные в диссертации результаты с достаточной полнотой освещены в публикациях автора и обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

По содержанию автореферата замечаний нет.

Анализ автореферата позволяет утверждать, что диссертационная работа Ефимова Дмитрия Юрьевича удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры алгебры, математического анализа и геометрии ФГБОУ
ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.
Толстого»

(300026, г. Тула, проспект Ленина, 125),
e-mail: dobrovol@tspu.ru, телефон: +7 910 585-09-42)



Добровольский Николай Михайлович

Заведующий / Начальник отдела
делопроизводства и связи

Б.И.И.
29.04.25

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Большинство результатов математической теории дифракции звука, связанных с задачами рассеяния звуковых волн упругими телами цилиндрической формы, относятся к случаям, когда цилиндрическое тело имеет бесконечную протяженность и располагается в безграничном пространстве.

В диссертации Ефимова Д.Ю. получены решения ряда новых прямых и обратных задач рассеяния звуковых волн цилиндрами бесконечной и конечной протяженности, расположенными как в свободном пространстве, так и в присутствии ограничивающих поверхностей. Изучено влияние упругих радиально-неоднородных изотропных и анизотропных покрытий цилиндрических тел на их акустические характеристики.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести получение аналитических решений сложных с математической точки зрения дифракционных задач и проведение большого объема численных расчетов. Это позволило оценить влияние неоднородности и анизотропии материала покрытий цилиндрических тел на рассеяние звука, а также проанализировать эффекты, связанные с учетом конечных размеров цилиндров и множественных переотражений, возникающих между цилиндрическими телами и подстилающими поверхностями.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Она определяется, в частности, возможностью использования результатов работы при проектировании промышленных материалов для шумоподавления, геофизических исследований, в медицинской диагностике, дефектоскопии, гидроакустике.

Судя по автореферату, работа Ефимова Дмитрия Юрьевича представляет собой законченное научное исследование. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для решения указанных задач, проведен большой объем численных расчетов.

Основное содержание диссертации изложено в опубликованных работах, имеются два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания:

1. В разделе 2.2, в котором решены задачи дифракции цилиндрических звуковых волн на неоднородных упругих цилиндрах, когда оси источника и рассеивателя не являются параллельными, следовало бы для единообразия

привести решение дифракционной задачи для сплошного цилиндра при падении цилиндрической волны произвольной моды, как это сделано в случае полого цилиндра.

2. В автореферате целесообразно было бы привести сведения о расчетных параметрах: указать физико-механические свойства упругого цилиндра и его неоднородного покрытия, а также содержащей среды.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Считаю, что диссертация Ефимова Дмитрия Юрьевича соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Автор диссертации заслуживает присуждения искомой степени.

Доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.04), профессор,
заведующий кафедрой математического
моделирования и вычислительной математики
ФГБОУ ВО «Тверской государственный
университет»

Зингерман
02.04.25

К.М. Зингерман

170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33.

Телефон: 8-4822-58-05-22, доб. 119 (рабочий).

E-mail: zingerman.km@tversu.ru

Подпись Зингермана Константина Моисеевича удостоверяю:

И.о. ученого секретаря



О.Н. Медведева

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Проблема взаимодействия звуковых волн с деформируемым твердым телом представляет значительный теоретический и практический интерес, например, для гидроакустики, неразрушающего контроля материалов, медицинской диагностики и др. Изучение акустических свойств цилиндрических тел имеет важное значение, так как геометрические формы множества реальных объектов можно хорошо аппроксимировать телами цилиндрической конфигурации.

Диссертация Ефимова Д.Ю. посвящена математическому моделированию взаимодействия акустических волн с твердыми деформируемыми телами цилиндрической формы, имеющими покрытия в виде упругого неоднородного по толщине слоя.

Актуальность работы обусловлена, в частности, все более широким применением на практике функционально-градиентных и композитных материалов.

В диссертационной работе решены новые задачи дифракции гармонических плоских, цилиндрических и сферических звуковых волн на упругих цилиндрах с неоднородными по толщине покрытиями. При этом изучались как изотропные, так и трансверсально-изотропные покрытия.

Важным достоинством диссертации является получение аналитических решений дифракционных задач для цилиндрических рассеивателей конечной длины, а также учет влияния ограничивающих поверхностей.

Автором разработаны программные средства расчета характеристик рассеянных цилиндрическими телами акустических полей, что позволило провести подробные численные исследования. Проведен ряд численных экспериментов, которые показали возможность изменения звукоотражающих свойств цилиндрических тел с помощью неоднородных покрытий. Для трансверсально-изотропных неоднородных покрытий были найдены оптимальные законы неоднородности, позволяющие минимизировать интенсивность рассеянных акустических полей.

Полученные в диссертации результаты являются новыми, имеют научное и практическое значение в области математического моделирования волновых процессов.

По автореферату имеются замечания:

1. При решении задач дифракции на цилиндрических телах конечной длины целесообразно было бы провести сравнение результатов численных расчетов, полученных для конечного цилиндра в случае, когда его длина много больше его радиуса, со случаем, когда цилиндрическое тело имеет бесконечную длину. Из текста автореферата остается неясным, проводилось ли такое сравнение.

2. Не указаны способы и точность вычисления полученных в работе несобственных интегралов.

Отмеченные замечания не снижают научную ценность диссертации.

Считаю, что диссертация Ефимова Дмитрия Юрьевича отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Доктор физико-математических наук,
профессор кафедры механики и компьютерного моделирования
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Минаева Надежда Витальевна

394000, г. Воронеж, Университетская пл., 1.

Телефон: +7 (473) 2208267.

E-mail: nminaeva@yandex.ru



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Минаевой Н.В.

начальник отдела кадров

И. Зверева 17.04.20

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Изучение динамического взаимодействия деформируемых твердых тел с акустической средой имеет важное теоретическое и практическое значение.

В диссертации Ефимова Д.Ю. рассматриваются задачи дифракции гармонических звуковых на неоднородных упругих цилиндрических телах. Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что многие реальные объекты имеют форму цилиндрического тела или хорошо аппроксимируются цилиндрическими телами. Требуемые звукоотражающие характеристики тел можно достичь с помощью специальных покрытий. В диссертационной работе в качестве таких покрытий предложены неоднородные упругие покрытия.

В диссертации получены решения дифракционных задач не только для цилиндрических рассеивателей бесконечной длины, но и для конечных цилиндров, что представляет значительный практический интерес. Найдены решения задач для случаев, когда падающие волны являются плоскими, цилиндрическими и сферическими. Проведены подробные численные исследования, которые позволили автору выявить существенное влияние непрерывно-неоднородных упругих покрытий на звукоотражающие свойства цилиндрических тел.

Полученные в диссертации результаты имеют научную и практическую ценность.

Замечания:

1. В автореферате при описании математической модели дифракции звуковых волн на упругих телах не приведены условия излучения на бесконечности для отраженного поля и условия ограниченности для внутренних волновых полей.

2. Из текста автореферата не ясно, как контролировалась точность расчетов при проведении численных исследований.

3. Формула (1.4) автореферата содержит элементы, описываемые одновременно как в тензорной, так и в тензорно-индексной форме. Это ошибкой не является, но вызывает некоторое недоумение.

Замечания и вопросы не снижают научной ценности представленного исследования. Диссертация в целом выполнена на высоком научном уровне, соответствует критериям, установленным Постановлением правительства

№842 от 24.09.2013 г., а её заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности |1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Мы, Пеньков В.Б., Левина Л.В. даем свои согласия на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

**Доктор физико-математических наук,
профессор кафедры общей механики**



22.04.25

Пеньков Виктор Борисович

**Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры прикладной математики**



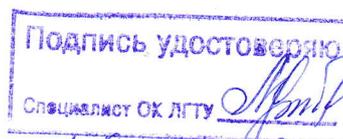
Левина Любовь Владимировна

Научная специальность 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Липецкий государственный технический
университет»

398055, г. Липецк, ул. Московская, 30, ЛГТУ

Е-mail: vbpenkov@mail.ru
sataalkina_lyubov@mail.ru

Телефоны: 8-920-520-61-73
8-900-597-12-17



Меркушова Ю.В.
22.09.2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича
«Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической
формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

Рецензируемый автореферат представляет диссертацию на степень кандидата физико-математических наук, посвященную развитию теории и математического инструментария для исследования звукоотражающих свойств упругих цилиндрических тел с непрерывно-неоднородными упругими покрытиями. Согласно автореферату диссертация включает в себя решения новых прямых и обратных задач дифракции звуковых волн на цилиндрических телах бесконечной и конечной длины с покрытиями, механические упругие характеристики которых обладают свойствами неоднородности и анизотропии, разработку численных и аналитических методов решения этих задач и подробный параметрический анализ соответствующих математических моделей. Сомнений в соответствии диссертации выбранной специальности, таким образом, не возникает.

Вопросов по ключевым пунктам диссертации – актуальности; новизне; положениям, выносимым на защиту; апробации работы; теоретической и практической значимости; публикациям; выводам – не возникает, поскольку содержание этих пунктов действительно отражает фактическое состояние выполненных исследований. Поскольку решены прямые и обратные новые краевые задачи, то нет необходимости детализировать положительные моменты диссертационной работы, они очевидны и чётко изложены в автореферате. Общий вывод, который возможно сделать исходя из автореферата, однозначен: проделана нужная квалифицированная исследовательская работа, результаты которой по уровню и содержанию вполне

соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Отметим некоторые вопросы, возникшие при знакомстве с текстом автореферата.

1. Пункт «Научная новизна» сформулирован слишком кратко, одним предложением. Обычно здесь этот пункт «оформляется» более подробно, по аналогии с положениями, выносимыми на защиту. При этом при формулировке положений новизны желательно (хотя бы в некоторых пунктах) использовать оборот: «Предложено (разработано) ..., позволяющее в отличие от существующих методов, ... описать (решить, исследовать и т.д.) ...»

2. В пункте 5.1.1 сформулировали 4 ограничения на краевые условия. Возникает вопрос: а в условиях внешнего воздействия можно ли их одновременно реализовать?

3. Имеются некоторые технические замечания по тексту работы. Например, в пункте 4 основных выводов как понимать предложение: «Осуществлено математическое моделирование неоднородных упругих покрытий» (что имеется в виду, толщина слоя, механические упругие характеристики материала, оптимальное распределение неоднородности или анизотропии, другое?). К сожалению, пункт 5 выводов вообще не раскрыт ни в автореферате, ни в диссертации, не имеется соответствующего пункта (главы), в котором изложены особенности алгоритмов, численных методов и разработанного программного обеспечения.

Безусловно, что подобные вопросы и недоразумения не влияют на окончательные выводы и положительное отношение к диссертации, представленной рассмотренным авторефератом.

Диссертация Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы» по актуальности темы, поставленным задачам, уровню их решения, научной новизне и практической значимости, а также личному вкладу автора полностью соответствует пп. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Ефимова Дмитрия Юрьевича посвящена решению имеющей важное хозяйственное значение научной задачи о математическом моделировании и исследовании на его основе волнового взаимодействия акустической среды с неоднородными упругими телами.

Актуальность. Одной из наиболее актуальных проблем современной механики является исследование взаимодействия акустических волн, распространяющихся в сплошных средах, с различными деформируемыми преградами

Изучение влияния непрерывно-неоднородных упругих покрытий на звукоотражающие свойства упругих цилиндрических тел является актуальной проблемой. Успешное достижение практического результата в этом направлении существенно ускоряется, если для определения требуемых характеристик специальных упругих покрытий, отражающих акустические волны, используется математическое моделирование взаимодействия этих волн с отражающими их телами тем более с учетом того, что отражающие тела погружены в жидкую среду.

Целью работы автор выбрал исследование влияния непрерывно-неоднородных покрытий упругих цилиндрических тел, находящихся в идеальной жидкости, на дифракцию гармонических звуковых волн.

Автором использованы теоретические методы исследования - математический аппарат и численные методы механики деформируемого твердого тела, механики идеальных жидкостей, теории акустических волн.

Результаты диссертации достоверны, так как получены в результате строгих математических рассуждений известными апробированными аналитическими и численными методами.

Результаты диссертации являются новыми, так как получены в результате решения новых прямых и обратных задач дифракции звуковых волн на упругих цилиндрических телах.

Результаты обладают научной и практической значимостью. Практическая значимость состоит в возможности использования результатов при подборе материалов и конструировании звукоотражающих покрытий, для эхолокации различных объектов с известными механическими свойствами, распознавания обладающих ими материалов.

Научная новизна состоит в постановке и решении новых задач о дифракции звуковых волн на неоднородных упругих телах.

Апробация диссертационной работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на представительных научных конференциях и семинарах. Они отражены в статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, в том числе индексируемых в базах Web of Science, Scopus, рекомендуемых ВАК для публикации результатов диссертаций.

Замечание по содержанию автореферата.

1. В работе используются представления волновых полей в жидкости и упругом теле в виде бесконечных рядов и несобственных интегралов в бесконечных пределах. Из текста автореферата остается неясным, как именно рассчитывались указанные бесконечные суммы и интегралы по бесконечной вещественной прямой.

2. Было бы уместно сделать оговорку (желательно с количественными оценками) о тех последствиях и ограничениях, к которым приводит пренебрежение в уравнениях движения жидкости ее вязкостью, а также диссипативными процессами, которые могут развиваться в отражающих звуковые волны материалах и в жидкости.

3. В реферате автор не указывает тех конкретных задач, которые он считает необходимым решить для достижения поставленной цели; не выделен раздел «Разработанность темы диссертационного исследования», хотя оценка степени разработанности и ее анализ изложены в разделе «Актуальность темы».

Заключение

Диссертация Ефимова Дмитрия Юрьевича «Дифракция звуковых волн на неоднородных упругих телах цилиндрической формы» представляет собой решение актуальной научной задачи математического моделирования - создание математических моделей, новых численных методов и комплексов программ, необходимых для исследования взаимодействия акустических волн, распространяющихся в сплошных средах, с различными деформируемыми преградами.

Отмеченные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Судя по автореферату, диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научно-методическом уровне.

Считаю, что работа Ефимова Дмитрия Юрьевича удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по научной специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (физико-математические науки), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук
по специальности 01.02.04 – механика
деформируемого твердого тела,
профессор по кафедре «Физика»,
профессор кафедры «Техническая физика и математика»
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
ул. Комсомольская, д. 95.
Орловская область, г. Орел,
302026 Российская Федерация,
Контактный телефон: 8 960 655 00 77.
E-mail: V.S.Shorkin@yandex.ru

М.Ш.
24.04.05

В.С. Шоркин

«Подпись Шоркина Владимира Сергеевича заверяю»
И.о. проректора по научно-технологической деятельности
и аттестации научных кадров
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»



С.Ю. Радченко

С.Ю. Радченко