

ОТЗЫВ

официального оппонента Ярошука Игоря Олеговича на диссертацию Лобанова Алексея Викторовича «Теоретический и численный анализ в задачах маскировки материальных тел методом волнового обтекания», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертации

Для маскировки материальных тел от их обнаружения с помощью акустических или электромагнитных волн придумано много различных методов и стратегий. К настоящему времени методы и стратегии маскировки разбивают на два основных класса: классы активных и пассивных стратегий. Класс активных стратегий основан на использовании для подавления рассеяния маскируемого объекта активных источников способом, который берет свое начало от метода активного гашения звуковых полей, предложенным Г.Д. Малложинцем в 70-х годах прошлого века. Класс пассивных стратегий имеет множество разновидностей. Но на данном этапе времени самыми известными и хорошо изученными среди методов маскировки 2-го класса являются метод оптических преобразований для решения задач электромагнитной маскировки и метод акустических преобразований для решения задач акустической маскировки. В практическом плане эти методы состоят в построении вокруг маскируемого тела пространственной структуры в виде объемной оболочки, которая «заставляет» падающие на маскируемый объект волны огибать тело и далее распространяться без проникновения в объект и без рассеяния. Однако следует подчеркнуть, что техническая реализация решений задач маскировки, полученных с помощью пассивных стратегий, связана со значительными техническими трудностями. Действительно, для того, чтобы добиться эффекта точной маскировки, маскировочная оболочка должна быть заполнена неоднородной анизотропной средой. Параметры этой среды, отдельные компоненты тензоров диэлектрической и магнитной проницаемостей в случае маскировки от электромагнитной локации, либо плотность среды и сжимаемость в случае маскировки от акустической локации, должны принимать все значения от нуля до бесконечности. Последнее означает, что параметры среды, заполняющей оболочку, являются сингулярными. Это существенно усложняет проблему технической реализации соответствующих маскировочных оболочек. На решение этой проблемы направлены усилия отечественных и зарубежных коллективов исследователей. Чтобы упростить проблему технической реализации полученных решений, задачу построения точной маскировочной оболочки часто заменяют приближенной задачей построения слабо рассеивающей

оболочки. Данная диссертационная работа Лобанова А.В. посвящена как раз анализу задачи приближенной маскировки от электромагнитной или акустической локации на основе применения методов оптимизации.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Основные результаты диссертации являются новыми. Проблемы и их решения последовательно раскрываются в четырех главах. Работа изложена на 136 страницах, иллюстрирована примерами, включая 31 рисунок и 30 таблиц.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, указана научная новизна, а также представлены основные теоретические и практические результаты.

В первой главе диссертации рассматривается задача управления для двумерного уравнения Гельмгольца в ограниченной области с липшицевой границей при однородном условии Дирихле на одной части границы и неоднородном импедансном граничном условии на покрытой части границы. В качестве управления выбирается поверхностный импеданс. Указанная задача имеет смысл модельной задачи, отвечающей импедансной маскировке. Доказывается разрешимость как прямой задачи, так и задачи управления. Выводится система оптимальности и на основе ее анализа устанавливается единственность и устойчивость оптимальных решений конкретных задач управления для рассматриваемой модели.

Во второй главе диссертации рассматривается задача управления для двумерной модели электромагнитного поля, описывающей рассеяние E-поляризованных электромагнитных волн на анизотропном проницаемом включении с частично покрытой для маскировки границей. Указанная задача возникает при проектировании средств электромагнитной маскировки двумерных материальных тел. В качестве управления выбирается функция, входящая в импедансное граничное условие на покрытой части границы. Доказывается разрешимость как исходной прямой задачи, так и задачи управления. Выводится система оптимальности и на основе ее анализа устанавливается единственность и устойчивость оптимальных решений относительно определенных возмущений функционала качества и падающей волны.

В третьей главе диссертации исследуются обратные задачи для трехмерной модели акустического поля, описывающей акустическое рассеяние на трехмерном неоднородном изотропном включении. С помощью оптимизационного метода указанные задачи сводятся к обратным экстремальным задачам, в которых роль управлений играют переменный индекс рефракции и плотность граничных источников звукового поля, расположенных на внутренней границе маскировочной оболочки.

Доказывается разрешимость прямой и экстремальных задач и выводятся системы оптимальности, описывающие необходимые условия экстремума. На основе их анализа устанавливаются достаточные условия на исходные данные, обеспечивающие единственность и устойчивость оптимальных решений.

В четвертой главе диссертации разрабатываются и исследуются вычислительные аспекты решения задач маскировки материальных тел для 2-D уравнения Гельмгольца, обсуждаются результаты проведенных вычислительных экспериментов. По своей структуре четвертая глава разделена на три раздела. Раздел 4.1 посвящен рассмотрению 2-D задачи маскировки на основе идеальной акустической оболочки, в нем приводится формальная постановка задачи маскировки, которая сводится к нахождению с помощью метода Фурье решения задачи рассеяния плоской волны на цилиндрической анизотропной оболочке с определенными параметрами среды. В конце раздела приводятся и обсуждаются результаты вычислительных экспериментов по решению рассматриваемой 2-D задачи маскировки. Раздел 4.2 посвящен исследованию одного из способов повышения эффективности маскировочной оболочки путем замены внутреннего слоя слоем, наполненным специальным материалом (характеризуемым так называемым адмиттансом слоя), являющимся обобщением идеального проводника и идеального диэлектрика. На основе этого разрабатывается численный алгоритм решения видоизмененной задачи маскировки, далее приводятся результаты вычислительных экспериментов. Раздел 4.3 посвящен развитию оптимизационного метода построения многослойной цилиндрической оболочки, состоящей из концентрических однородных слоев. Целью является нахождение набора постоянных параметров среды в каждом слое оболочки, исходя из условия минимума эффективной площади рассеяния. Программная реализация алгоритма оптимизации, реализована в Wolfram Mathematica. Результаты вычислительных экспериментов приводятся в конце раздела.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Практическая ценность полученных автором результатов

В работе получены теоретические результаты. Тем не менее, они могут использоваться на практике, а именно: построенные в первых трех главах системы оптимальности для каждой из экстремальных задач могут быть положены в основу численных алгоритмов, предназначенных для численного решения конкретных экстремальных задач. А разработанные в четвертой главе диссертации численные алгоритмы могут использоваться при решении как задач маскировки, так и близких обратных задач акустического или электромагнитного рассеяния.

Список замечаний по диссертации и автореферату

Отметим достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации и выскажем мнение о научной работе соискателя в целом.

1. При анализе вычислительных экспериментов в разделе 4.2 автор делает некоторый вывод о выборе оптимального значения адмиттанса слоя. Решалась ли для установления этого вывода задача оптимизации?

2. При построении математического аппарата в первых трех главах диссертант использует функционалы качества типа интегрального квадрата разности рассеянного поля и заданного поля. В то же время при проведении расчетов в главе 4 он использует более простые функционалы качества. В связи с этим возникает вопрос: а можно ли использовать в расчетах функционалы качества, введенные в первой части работы?

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Диссертационная работа содержит оригинальные результаты из всех трех составляющих областей специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Математическое моделирование представляет собой математический метод исследования задач маскировки материальных тел, который основан на оптимизационном методе решения обратных задач для уравнения Гельмгольца. При помощи этого метода доказаны теоремы о корректной разрешимости однопараметрической и двухпараметрической экстремальных задач маскировки, построены и проанализированы системы оптимальности, описывающие необходимые условия экстремума. Установлены достаточные условия на исходные данные, обеспечивающие локальную единственность и устойчивость построенных решений задач маскировки. В области численных методов разработаны численные алгоритмы решения задач маскировки, основанные на использовании высокоточных численных методов и метода регуляризации некорректных задач. В области комплексов программ разработан комплекс программ, предназначенный для численного решения двумерных задач маскировки материальных тел. Предложены способы повышения эффективности маскировочной системы, в том числе за счет применения методов численной оптимизации.

Соответствие содержания автореферата и диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих журналах, включенных в перечень ВАК. Статьи представлены в автореферате в списке публикаций.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Таким образом, диссертационная работа Лобанова Алексея Викторовича «Теоретический и численный анализ в задачах маскировки материальных тел методом волнового обтекания» на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новый математический метод исследования задач маскировки материальных тел, разработаны численные алгоритмы решения задач маскировки, разработан комплекс программ, предназначенный для численного решения двумерных задач маскировки материальных тел; эти результаты имеют существенное значение для специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор исследования Лобанов Алексей Викторович заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:
заведующий лабораторией статистической
гидроакустики Тихоокеанского
океанологического института им. В.И.
Ильичева ДВО РАН, доктор физико-
математических наук, старший научный
сотрудник

Ярошук Игорь Олегович

21 марта 2016 года

Адрес организации: 690041, Россия, Приморский край, г. Владивосток, ул. Балтийская 43, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаборатория статистической гидроакустики.
Телефон: +7(423) 231-26-17
e-mail: yaroshchuk@poi.dvo.ru

Подпись Ярошука Игоря Олеговича
заверяю