

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Потянихина Дмитрия Андреевича на диссертационную работу 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»

### **Общая характеристика работы**

Представленная на отзыв диссертационная работа изложена на 136 страницах. По своей структуре диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 160 наименований; содержит 31 рисунок и 30 таблиц.

Основное содержание диссертации опубликовано в 20 работах, в том числе в одном свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **Актуальность темы диссертации**

В связи со стремительным ростом таких областей науки, как радиолокация и звуколокация, возникает необходимость в решении обратных задач для моделей электромагнитного и акустического рассеяния, связанных с маскировкой материальных тел от обнаружения средствами электромагнитной или акустической локации. К настоящему времени были разработаны специальные устройства, способные сделать объекты невидимыми для определенных электромагнитных или акустических волн, известные как электромагнитные или акустические маскирующие оболочки. Главной особенностью маскирующих оболочек являются специальные метаматериалы с переменным показателем преломления, которые позволяют волнам, падающим на маскировочную оболочку, огибать ее и далее распространяться без проникновения в объект и без рассеяния. Основная проблема метода маскировки на основе метода волнового обтекания состоит в создании таких искусственных материалов с рассчитанными параметрами среды. Роль указанных параметров играют отдельные компоненты тензоров диэлектрической и магнитной проницаемостей в случае электромагнитной маскировки, либо плотность среды и сжимаемость в случае акустической маскировки, которые должны принимать все значения от нуля до бесконечности. Указанные выше факты позволяют сделать вывод, о том, что в реальных условиях невозможно добиться идеальной маскировки, но принципиально возможно свести погрешности рассеяния к малым значениям

для поставленной задачи. В настоящее время разрабатываются несколько подходов к преодолению трудностей, связанных с технической реализацией. Один из таких подходов, основанный на применении оптимизационного метода и применяется в данной диссертационной работе.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность**

В диссертационной работе проведен подробный анализ известных достижений и теоретических положений отечественных и зарубежных авторов. Все утверждения подтверждены ссылками на источники. Обоснованность научных положений, выводов диссертационного исследования достигается за счет их проверки вычислительными экспериментами при решении задач маскировки материальных тел, согласованием и сравнением новых положений с уже полученными другими авторами результатами по задачам маскировки материальных тел.

Основные результаты диссертации обсуждались на международных конференциях и семинарах. В частности, диссертант выступал на семинаре Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Основные научные положения и выводы, полученные автором в диссертации, основаны на математическом моделировании исследуемых процессов и явлений, численных алгоритмах современной вычислительной математики, методах теории некорректных и обратных задач, методах оптимального управления и сопряженных уравнений. Для численной реализации используется математическая среда Wolfram Mathematica. Результаты численных экспериментов информативны и выполнены в рамках исследования. Это позволяет сделать вывод о высокой степени достоверности диссертационного исследования.

#### **Оценка новизны**

Необходимо отметить ряд оригинальных результатов, полученных в диссертации. Существенно, что новые результаты присутствуют одновременно в трех областях: математическом моделировании, численных методах и комплексах программ.

**В области математического моделирования.** Для теоретического исследования задач маскировки материальных тел, соискателем предложен математический метод исследования, основанный на оптимизационном методе решения обратных задач. С помощью оптимизационного метода задачи, рассматриваемые в диссертационной работе, сводятся к экстремальным задачам условной минимизации определенных функционалов качества. На основании этого удалось доказать разрешимость

однопараметрической и двухпараметрической экстремальных задач, построить системы оптимальности, описывающие необходимые условия экстремума, установить достаточные условия на исходные данные, обеспечивающие локальную единственность и устойчивость решений задач маскировки.

**В области численных методов.** В диссертационной работе разработаны эффективные численные алгоритмы решения двумерных задач маскировки на основе высокоточного метода решения плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений. В качестве такого метода в диссертации использовался метод сингулярного разложения матрицы. Использование этого метода позволило диссертанту разработать надежные устойчивые численные алгоритмы решения задач маскировки.

**В области комплексов программ.** Созданы комплексы программ для компьютерной реализации разработанных алгоритмов. Проверена работоспособность, эффективность, точность алгоритмов, проведен подробный численный анализ полученных решений и предложены способы повышения эффективности маскировочной системы, в том числе за счет применения методов численной оптимизации. Практическая ценность подтверждена одним свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

#### **Список замечаний по диссертации и автореферату**

Рассмотрение представленных в диссертации и автореферате материалов позволяют отметить следующие замечания.

1. Формулировка Теоремы 2.1 начинается *«Пусть при выполнении условий (i)...»*, при этом условия (i) во второй главе не сформулированы.
2. Поскольку текст программы, реализующей численное решение задачи, не приведен, следовало бы уточнить, почему алгоритм реализован в пакете Wolfram Mathematica, какие встроенные процедуры и функции использовались.
3. Несколько неудачно, на мой взгляд, одной и той же буквой М в четвертой главе обозначены параметр полной проводимости РЕМС-материала и количество концентрических слоев.
4. Для иллюстрации согласования полученного диссертантом результата в разделе 4.1 с теоретическими результатами Ruan et al. (2007) следовало привести диаграммы, аналогичные рис. 2 в данной статье, а именно распределение результирующего электрического поля.

#### **Заключение**

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация Лобанова Алексея Викторовича «Теоретический

и численный анализ в задачах маскировки материальных тел методом волнового обтекания» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Работа написана грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Автореферат и публикации автора, две из которых представлены в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а шесть работ проиндексированы в базе данных Scopus, полностью отражают и соответствуют основному содержанию диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Теоретический и численный анализ в задачах маскировки материальных тел методом волнового обтекания» удовлетворяет всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Лобанов Алексей Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории химических и фазовых превращений в материалах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук, 681005, Россия, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Металлургов 1, тел. 8(4217) 54-95-39, mail@imim.ru.

04.04.2016 г.

(дата)

(подпись)

(расшифровка)

Подпись Д.А. Потянихина заверяю  
Директор ИМиМ ДВО РАН, чл.-корр. РАН \_\_\_\_\_ /А.А. Буренин/