

Е. В. АЛЕКСЕЕВ
В. А. ЛЕВИН
Д. А. ТЕРЕШКО

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ
В ЗАДАЧАХ ДИЗАЙНА
УСТРОЙСТВ
НЕВИДИМОСТИ
МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ



Г. В. АЛЕКСЕЕВ
В. А. ЛЕВИН
Д. А. ТЕРЕШКО

**АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ
В ЗАДАЧАХ ДИЗАЙНА
УСТРОЙСТВ
НЕВИДИМОСТИ
МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2021

УДК 517.956.2
ББК 22.311
А 47



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 21-11-00002, не подлежит продаже

Алексеев Г.В., Левин В.А., Терешко Д.А. **Анализ и оптимизация в задачах дизайна устройств невидимости материальных тел.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — 328 с. — ISBN 978-5-9221-1919-1.

Монография посвящена описанию и разработке методов решения задач дизайна средств, обеспечивающих невидимость материальных тел от их обнаружения с помощью различных физических полей (электромагнитных, акустических, магнитных, тепловых). Основное внимание уделяется описанию, развитию и анализу оптимизационных методов решения задач дизайна устройств невидимости. Освещаются как теоретические, так и вычислительные аспекты методов. Описываются и анализируются две основные группы стратегий маскировки материальных тел: группы пассивных и активных стратегий.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов в области математического моделирования физических процессов, а также студентов, магистрантов и аспирантов физико-математических специальностей.

Научный редактор
чл.-корр. РАН *В.В. Пухначев*

Рецензент
доктор физ.-мат. наук, профессор *Д.С. Аниконов*

Научное издание

АЛЕКСЕЕВ Геннадий Валентинович
ЛЕВИН Владимир Алексеевич
ТЕРЕШКО Дмитрий Анатольевич

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ДИЗАЙНА УСТРОЙСТВ НЕВИДИМОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ

Редактор *Е.С. Артоболевская*
Оригинал-макет: *Е.В. Сабеева*
Оформление переплета: *А.В. Андросов*

Подписано в печать 21.10.2021. Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 20,5. Уч.-изд. л. 22,55. Тираж 300 экз. Заказ № 2237.

Издательская фирма «Физико-математическая литература»
МАИК «Наука/Интерпериодика». 117342, г. Москва, ул. Бултерова, д. 17 Б
E-mail: porsova@fml.ru, sale@fml.ru. Сайт: <http://www.fml.ru>
Интернет-магазин: <http://www.fmlib.ru>

Отпечатано с электронных носителей издательства
в ООО «Типография «Перфектум»
428000, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 52

© ФИЗМАТЛИТ, 2021

ISBN 978-5-9221-1919-1

© Г. В. Алексеев, В. А. Левин, Д. А. Терешко, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Теоретический и численный анализ двумерных задач дизайна цилиндрических тепловых оболочек	19
1.1. Постановка прямой и обратной задач для модели теплопереноса	22
1.2. Разрешимость прямой задачи теплопереноса	27
1.3. Точное решение прямой задачи теплопроводности	33
1.4. Применение оптимизационного метода	35
1.5. Единственность и устойчивость оптимальных решений	40
1.6. Естественная дискретизация экстремальных задач. Многослойные оболочки	49
1.7. Результаты вычислительных экспериментов	55
Глава 2. Оптимизация в двумерных задачах дизайна концентраторов потока тепла	68
2.1. Постановка прямой задачи для модели теплопереноса	72
2.2. Постановка задач концентрирования потока тепла. Сведения к экстремальным задачам	75
2.3. Результаты вычислительных экспериментов	79
Глава 3. Численное решение задач дизайна сферических слоистых тепловых оболочек	93
3.1. Постановка прямой задачи. Анализ точного решения	93
3.2. Постановка обратных задач. Применение оптимизационного метода. Экстремальные задачи	98
3.3. Анализ результатов вычислительных экспериментов	101
Глава 4. Численное решение задач дизайна цилиндрических электрических маскировочных оболочек	111
4.1. Постановка прямой и обратной задач. Свойства точного решения прямой задачи	111
4.2. Применение оптимизационного метода	116

4.3. Дискретизация экстремальных задач. Применение метода роя частиц	120
4.4. Результаты вычислительных экспериментов.	123
Глава 5. Оптимизационный метод в трехмерных задачах электрической маскировки материальных тел.	133
5.1. Постановка прямой и обратной задач для трехмерной модели электропроводности.	134
5.2. Анализ точного решения. Разрешимости прямой задачи.	137
5.3. Применение оптимизационного метода. Формулировка и анализ экстремальных задач	144
5.4. Экстремальные задачи в случае слоистой оболочки. Применение метода роя частиц	147
5.5. Анализ результатов вычислительных экспериментов	152
Глава 6. Теоретический анализ задачи магнитной маскировки на основе оптимизационного метода	163
6.1. Постановка и анализ прямой задачи магнитного рассеяния	163
6.2. Формулировка и анализ обратной задачи магнитного рассеяния	171
6.3. Единственность и устойчивость оптимальных решений	177
Глава 7. Оптимизационный метод в двумерных задачах электромагнитной маскировки	185
7.1. Постановка двумерной задачи рассеяния в однородной среде, содержащей анизотропное пронцаемое препятствие	186
7.2. Функциональные пространства. Предварительные результаты	187
7.3. Разрешимость исходной задачи сопряжения. Оценки решений.	192
7.4. Постановка и разрешимость экстремальных задач	200
7.5. Единственность и устойчивость решений задач управления.	209
Глава 8. Оптимизационный метод в трехмерных задачах электромагнитной маскировки	217
8.1. Постановка краевой задачи	218
8.2. Функциональные пространства. Предварительные результаты	221
8.3. Разрешимость краевой задачи. Вывод оценок решения.	224
8.4. Постановка и разрешимость экстремальных задач	231

8.5. Единственность и оценки устойчивости решений экстремальных задач	239
8.6. Анализ задачи маскировки для модели рассеяния на частично пронизываемом изотропном препятствии	244
8.6.1. Постановка краевой задачи	244
8.6.2. Функциональные пространства. Предварительные результаты	245
8.6.3. Разрешимость краевой задачи. Вывод оценок решения	248
8.6.4. Постановка и разрешимость задачи управления	253
8.6.5. Единственность и оценки устойчивости решений экстремальных задач	256
Глава 9. Оптимизационный метод в задачах акустической маскировки материальных тел	263
9.1. Постановка задачи	263
9.2. Функциональные пространства. Анализ разрешимости прямой задачи акустического рассеяния.	268
9.3. Разрешимость экстремальной задачи. Система оптимальности	279
9.4. Единственность и устойчивость оптимальных решений	287
Список литературы	293