

**Буров В.А., Румянцева О.Д.
ОБРАТНЫЕ ВОЛНОВЫЕ
ЗАДАЧИ АКУСТИЧЕСКОЙ
ТОМОГРАФИИ.**

**ЧАСТЬ II: Обратные задачи
акустического рассеяния. —
М.: ЛЕНАНД, 2020. 768 с.**



ОБ АВТОРЕ:

Валентин Андреевич БУРОВ

Доктор физико-математических наук, Заслуженный профессор Московского университета. Окончил физический факультет МГУ по специальности физика (1958 г.) и аспирантуру физического факультета МГУ (1961 г.). Был оставлен на кафедре акустики физического факультета МГУ, где проработал всю жизнь. Научная работа В. А. Булова относится, в основном, к трем крупным областям современной физики: нелинейной акустике, гидроакустике и обратным волновым задачам. Им выполнен ряд основополагающих экспериментов по нелинейной и физической акустике; с группой сотрудников в полной мере освоен морской эксперимент. Теоретические идеи В. А. Булова нашли важное практическое применение; за эти работы он удостоен Государственной премии СССР (1980 г.).

В. А. Буров – признанный специалист в области решения обратных акустических задач, в том числе, прикладных задач акустической диагностики: медицинской томографии, дефектоскопии материалов, океанологии. Глубокие знания фундаментальных основ теоретической физики и математики, мастерское владение экспериментальными методами сочетаются у него с широким научным кругозором и интересом к новым направлениям современной физики, включая космологию и квантовую теорию. В. А. Буровым опубликовано свыше 260 работ в ведущих отечественных и зарубежных журналах. Он является автором двух учебных пособий, одиннадцати авторских свидетельств и трех патентов по разработке линейного и нелинейного ультразвуковых медицинских томографов, предназначенных для диагностики рака молочной железы на самой ранней стадии его развития. Под его руководством защищено более 130 дипломных работ и подготовлены 22 кандидата наук.

Аннотация к книге:

В книге рассматриваются обратные волновые задачи и их прикладные аспекты, связанные с линейной и нелинейной акустической томографией, а также с акустической термотомографией. Подытоживаются основные

результаты исследований, выполненных в лаборатории обратных задач на кафедре акустики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в течение нескольких последних десятилетий. Книга разделена на четыре части, в определенной мере взаимосвязанные между собой. В каждой из частей излагаются теоретические аспекты проблемы, а также обсуждаются перспективы прикладного применения.

Часть II посвящена обратным задачам акустического рассеяния, как в приближении однократного рассеяния, так и с учетом перерассеяний. Помимо общей теории, затрагиваются вопросы единственности и устойчивости решения обратной задачи рассеяния. Большое внимание уделяется обсуждению прикладных возможностей акустических томографических систем, разработанных в последние годы.

ОГЛАВЛЕНИЕ К ЧАСТИ II

Предисловие

Список основных обозначений и символов

Глава 5. Акустическая томография как обратная задача когерентного рассеяния

Раздел 5.1. Обратная задача рассеяния в общей постановке

Раздел 5.2. Акустическая томография на основе линеаризованного волнового описания процесса рассеяния

§ 5.2.1. *Монохроматический режим зондирования плоскими волнами. Пространственная дискретизация и фильтрация в процессе реконструкции*

§ 5.2.2. *Зондирование плоскими импульсными волновыми пакетами*

§ 5.2.3. *Импульсный режим зондирования в ближнем поле*

§ 5.2.4. *Поправки в случае неборновского рассеивателя*

§ 5.2.5. *Численное моделирование решения линеаризованной монохроматической обратной задачи*

Раздел 5.3. Особенности расчета прямой задачи рассеяния на контрастных и сильно поглощающих двумерных и трехмерных неоднородностях

Раздел 5.4. Итерационные методы решения обратных задач рассеяния

§ 5.4.1. *Двухшаговый алгоритм*

5.4.1.1. *Описание алгоритма*

5.4.1.2. *Модельная иллюстрация работоспособности двухшагового алгоритма*

§ 5.4.2. *Многошаговые итерационные процедуры*

5.4.2.1. *Одноэтапный “наивный” алгоритм*

5.4.2.2. *Двухэтапные итерационные схемы*

5.4.2.3. *Одноэтапные и двухэтапные итерационные схемы в \mathbf{K} -пространстве*

5.4.2.4. *Связь двухэтапных и одноэтапных схем с градиентно-итерационными методами*

А) *Двухэтапные схемы*

Б) Одноэтапные схемы

5.4.2.5. Метод постепенного “включения” рассеянного поля

§ 5.4.3. Статистические оценки в обратных задачах рассеяния

5.4.3.1. Оценка характеристик рассеивателя в координатном представлении методом максимальной апостериорной вероятности

5.4.3.2. Оценка пространственно-спектральных характеристик рассеивателя (K - представление)

5.4.3.3. Численная модель реконструкции рассеивателей

Глава 6. Единственность и устойчивость решения обратной задачи акустического рассеяния

Раздел 6.1. Функциональное описание рассеивателя и описание в виде совокупности точечных рассеивателей. Расширение пространственного спектра вторичных источников

Раздел 6.2. Возможность неединственного восстановления сильных рассеивателей. Условия единственности и устойчивости восстановления

Раздел 6.3. Восстановление сильного рассеивателя как совокупности точечных рассеивателей

§ 6.3.1. Безызыточный набор данных рассеяния

§ 6.3.2. Роль избыточности. Аномальные ошибки

Раздел 6.4. Обратная задача рассеяния для пространственно-распределенных рассеивателей

§ 6.4.1. Двумерная обратная задача рассеяния

§ 6.4.2. Трехмерная обратная задача рассеяния

Раздел 6.5. Статистическая оценка пространственного спектра вторичных источников

§ 6.5.1. Статистический подход к оценке

§ 6.5.2. Оценка взвешенным суммированием детерминированных решений

§ 6.5.3. Определяющее влияние контраста скорости на ширину пространственного спектра вторичных источников

Глава 7. Перспективы развития методов томографирования линейных акустических параметров среды

Раздел 7.1. Состояние акустических томографических систем (разработки последних лет)

Раздел 7.2. Повышение разрешения в направлении, перпендикулярном плоскости двумерного томографирования

§ 7.2.1. Квазитрехмерные ($2\frac{1}{2}$ -мерные) схемы томографирования с

наклонными преобразователями

7.2.1.1. Схемы с совмещенными приемоизлучающими преобразователями

7.2.1.2. Схемы с разделенными группами приемных и излучающих преобразователей

§ 7.2.2. Восстановление трехмерного борновского рассеивателя при неполных данных

Раздел 7.3. Раздельное восстановление упругих и вязких характеристик рассеивателя при неполных данных

§ 7.3.1. *Разделение рассеивающих компонент в многочастотном или импульсном режимах в условиях неточно известной частотной зависимости коэффициента поглощения*

7.3.1.1. *Моделирование алгоритма разделения рассеивающих компонент в трехчастотном режиме при известной частотной зависимости коэффициента поглощения*

7.3.1.2. *Выделение плотностной компоненты рассеивателя*

7.3.1.3. *Влияние отклонения частотной зависимости коэффициента поглощения от предполагаемой*

§ 7.3.2. *Выделение истинных оценок скорости звука и коэффициента поглощения. Определение неизвестной частотной зависимости коэффициента поглощения*

7.3.2.1. *Итерационные схемы для c - и α -компонент*

7.3.2.2. *Итерационный МНК-алгоритм совместного оценивания рассеивающих компонент и степени частотной зависимости*

Раздел 7.4. Восстановление пространственного распределения вектора скорости кровотока в процессе акустического томографирования

§ 7.4.1. *Аддитивно-корреляционный и мультипликативно-корреляционный алгоритмы восстановления общей картины кровотока и вектора его скорости*

§ 7.4.2. *Численное моделирование корреляционно-томографических методов восстановления вектора скорости кровотока*

7.4.2.1. *Прямая задача рассеяния от малоподвижной фоновой среды и движущихся объектов*

7.4.2.2. *Сравнительный анализ результатов восстановления аддитивно-корреляционным и мультипликативно-корреляционным методами*

7.4.2.3. *Помехоустойчивость решения при влиянии медленных движений фоновой среды и аппаратных шумов*

Глава 8. Практическая реализация двухшагового томографирования мягких биотканей

Раздел 8.1. Особенности сбора и упорядочения экспериментальных данных при разреженной антенной решетке с вращением

Раздел 8.2. Нулевой шаг

§ 8.2.1. *Определение времени распространения сигнала в иммерсионной жидкости*

§ 8.2.2. *Определение параметров иммерсионной жидкости, геометрических и фазовых поправок для преобразователей*

§ 8.2.3. *Определение смещения положения геометрического центра антенной решетки от центра вращения*

Раздел 8.3. Первый шаг

§ 8.3.1. *Определение временного сдвига корреляционным методом при мешающем воздействии сигналов от боковых лучевых трубок*

§ 8.3.2. *Восстановление крупномасштабных неоднородностей скорости звука и коэффициента поглощения*

Раздел 8.4. Второй шаг. Восстановление тонкой структуры рассеивателя на неоднородном крупномасштабном фоне

Раздел 8.5. Режим одновременного восстановления карты кровотока

Список литературы к Части II

Предметный указатель к Части II

Цветные иллюстрации к Части II