

## БИБЛИОГРАФИЯ

Рецензия на книгу «ОКЕАНИЧЕСКАЯ АКУСТИКА» под ред. Дж. А. Де-Санто, 283 стр., 1979 г.

OCEAN ACOUSTICS. EDITOR J. A. DE-SANTO. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1979.

Рецензируемая книга входит в серию «Современные проблемы физики», выпускаемую издательством Шпрингера (ФРГ) на английском языке. Она представляет собой коллективную монографию, написанную известными американскими специалистами в области акустики океана, под общей редакцией Дж. А. Де-Санто.

Основное содержание книги — обсуждение взаимосвязи между изменчивостью Мирового океана и звуковыми полями в нем. Особое внимание уделяется двум проблемам: первая — влияние различных динамических процессов в океане, таких, как течения, вихри, внутренние волны и т. д., на распространение звука, и вторая — применение акустических методов для исследования океана.

В главе 1 (Дж. А. Де-Санто), являющейся вводной, дана характеристика содержания книги и приведена очень краткая историческая справка о гидроакустических и океанографических исследованиях.

Содержание остальных глав можно разделить на три части: теоретические методы расчета звуковых полей в океане (гл. 2, 6), основные океанологические факторы и их влияние на распространение звука (гл. 5 и 7) и некоторые вопросы численного и масштабного моделирования (гл. 3 и 4).

Глава 2 (Дж. А. Де-Санто) посвящена теоретическим методам в акустике океана. Изложены различные методы расчета звуковых полей в стратифицированном океане с плоскопараллельными границами (детерминированная модель). Большой интерес представляет подробный анализ соотношения между нормальными волнами (дискретный спектр поля) и боковой волной (сплошной спектр) в зависимости от способа проведения линий разреза для многозначных функций, определяющих решение задачи. Указан способ решения одной обратной задачи — нахождения «ближнего» звукового поля по известным значениям «дальнего» поля. Рассмотрены также различные методы (лучевая теория, модифицированное параболическое уравнение, конформное преобразование) расчета звукового поля в океане, когда скорость звука  $c$  зависит от двух пространственных координат. Показано, что метод конформного преобразования позволяет получить точное решение уравнения Гельмгольца для одного класса функций  $c(x, y)$ . Отмечается, что в настоящее время развиваются новые методы, в частности комбинированный метод, сочетающий лучевой подход и метод нормальных волн.

Дан обзор приближенных методов расчета звукового поля в среде со случайными неоднородностями (статистическая модель океана). Кратко рассмотрена проблема рассеяния волн на неровных поверхностях. Основное внимание уделено лишь обсуждению математических особенностей методов Релея и согласования полей для случая периодически неровных поверхностей. Приведены элементы общей теории многократного рассеяния волн как при распространении в случайно неоднородной среде, так и при рассеянии на статистически неровной поверхности.

В главе 3 (Ф. Р. Ди-Наполи, Р. Л. Дивенпорт) рассмотрены различные математические модели океана, используемые для численных расчетов звукового поля. Они подразделяются на два класса: стратифицированный океан с плоскопараллельными границами и океан с изменяющимся по трассе профилем скорости звука и в общем случае неплоскопараллельными границами. Отмечается, что в настоящее время достаточно хорошо развиты численные методы лишь для первой модели океана. Они основаны на различных представлениях звукового поля — в виде интеграла Фурье — Бесселя, суммы нормальных волн и боковой волны, лучей, комбинации лучей и нормальных волн. Рассмотрены алгоритмы расчета звуковых полей и обсуждены их достоинства и границы применимости. Для модели океана с изменяющейся по трассе гидрологией численные методы находятся пока в стадии разработки. Указаны основные направления таких разработок.

В главе 4 (Дж. Г. Зорниг) дан обзор методов и результатов физического моделирования в гидроакустике. Модельные эксперименты проводились как в специаль-

ных ваннах, так и небольших акваториях (озерах, бухтах и т. д.). Основное внимание уделено исследованию рассеяния звука на неровных поверхностях. Описаны методы создания моделей — неподвижных и изменяющихся во времени — неровных поверхностей, а также моделей объемных рассеивателей (цилиндры, сферы, диски, пластинки и т. д.). Представлены методы обработки данных модельных измерений. Обсуждены ограничения масштабного физического моделирования. Приведены некоторые результаты измерений различных характеристик поля, рассеянного на статистически неровной поверхности — среднего (когерентного) поля, средней интенсивности, функции взаимной корреляции на разных частотах. Экспериментальные данные сопоставлены с результатами теоретических расчетов.

В главе 5 (Дж. П. Дуган) приведены сведения об океанологических факторах (температуре, солености, плотности, скорости звука), существенно влияющих на распространение звука. Значительная часть главы посвящена изменчивости океана. Для нее вводится классификация, аналогичная той, которая принята для характеристики изменчивости метеорологических полей. Подробно рассматриваются крупномасштабные («климат»), мезомасштабные («погода») и мелкомасштабные изменения океанологических полей. Приводятся элементы теории волн Россби, являющихся основной причиной мезомасштабных изменений в океане, и внутренних волн, вызывающих значительные флуктуации звуковых полей. В последних разделах главы рассмотрена тонкая структура физических полей в океане и изменчивость в верхнем слое.

Глава 6 (Н. Блейстейн, Дж. К. Коэн) посвящена методам решения обратных задач. В последние годы обратным задачам уделяется повышенное внимание, поскольку именно они лежат в основе акустических методов исследования океана. Предложены два метода решения обратных задач. Первый из них дает возможность получить изображение объекта выпуклой формы по характеристикам рассеянного поля, измеренным в дальней зоне по отношению к объекту. Метод применим на высоких частотах и при достаточно большой разнице волновых сопротивлений объекта и среды. Вторым методом, предназначенным для определения малых отклонений скорости звука в среде, например в подводном грунте, имеет большое значение для морской геологии. В основе метода лежит интегральное уравнение Фредгольма первого рода для функции, описывающей отклонения скорости звука от ее среднего профиля, который предполагается известным. Для некоторых частных случаев расположения излучателя и приемника интегральное уравнение может быть обращено и искомая функция находится в виде квадратур от измеренных данных. Рассмотрены различные случаи, когда флуктуации скорости звука зависят от одной, двух или трех координат.

В главе 7 (Р. П. Портер) дан обзор акустических методов исследования океана. Подробно рассмотрены методы измерения скорости и направления течений на различных глубинах с помощью поплавков нейтральной плавучести (поплавки СОФАР). Они являются также удобным средством наблюдения за движением колец (рингов), образующихся вблизи интенсивных фронтальных течений, таких, как Гольф-стрим. Для измерения синоптических вихрей в открытом океане предлагается методика, основанная на измерении времени распространения коротких звуковых импульсов одновременно в противоположных направлениях между парами заякоренных излучателей-приемников. Рассмотрены также методы исследования приливов, внутренних волн, флуктуаций показателя преломления (скорости звука), основанные на измерении флуктуаций амплитуды и фазы звукового сигнала, расширения его частотного спектра. Приведены теоретические соотношения, определяющие связь между флуктуациями звуковых полей и динамическими процессами в океане. Автор предсказывает значительное развитие акустических методов исследования океана в ближайшие годы. Предполагается, что будут созданы акустические системы, способные вести наблюдение за движением водных масс на больших акваториях.

Говоря о книге в целом, следует отметить ее высокий теоретический уровень и актуальность выбранной тематики, охватывающей ряд развивающихся разделов современной акустики океана. Конечно, некоторые вопросы изложены очень кратко и схематично. Сюда относится, например, рассеяние волн на взволнованной поверхности и неровном дне океана. Однако достаточно полное изложение всех вопросов даже в рамках избранной тематики вряд ли возможно.

*Л. М. Бреховский, Ю. П. Лысанов*