

## БИБЛИОГРАФИЯ

## РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ Л. М. Бреховских, О. А. Годин «АКУСТИКА СЛОИСТЫХ СРЕД». М.: Наука, 1989. 412 С.

Слоистая модель среды широко используется в исследованиях распространения атмосферного и подводного звука, сейсмических волн, а также во многих других задачах. До сих пор не ослабевает обширный поток публикаций по теории распространения волн в стратифицированных средах. Заметным событием в развитии этой теории стал выход монографии «Акустика слоистых сред» — современный вариант широко известной монографии Л. М. Бреховских «Волны в слоистых средах». Благодаря более лаконичному стилю изложения и отказу от освещения вопросов, специфических для электромагнитных волн, авторам удалось без изменения объема обогатить содержание рассмотрением наиболее интересных результатов, полученных за последние 15 лет. О количестве материала, нашедшего отражение в монографии, можно судить по списку литературы, содержащему 555 названий. Значительная часть изложенных в книге результатов принадлежит ее авторам.

Книга состоит из 4 глав. Первая наибольшая по объему глава содержит изложение теории волн с гармонической зависимостью от горизонтальных координат. Вначале выведены волновые уравнения, граничные и начальные условия, а также условия на бесконечности для звука и упругих волн в твердом теле. Следует отметить вывод модифицированных волновых уравнений, не содержащих производных от параметров сред. Использование этих уравнений позволяет в дальнейшем весьма изящно и с минимумом усилий перенести на движущуюся стратифицированную среду общего вида многие результаты, полученные ранее для неподвижных стратифицированных сред.

Следует отметить эффективное использование матричного формализма при описании волн в твердых слоях, что до определенной степени избавляет от громоздкости получающихся формул, делает результаты более наглядными и легко алгоритмируемыми.

Детально проанализированы случаи, допускающие точное решение одномерного волнового уравнения в жидкостях с непрерывно стратифицированными плотностью и скоростями звука и течения. При этом использован подход, позволяющий с единых позиций получить практически все ранее известные точные решения и существенно расширить их круг.

Хотя основное внимание сосредоточено на анализе монохроматических волн, в книге рассмотрено и отражение звуковых импульсов от границы раздела сред.

Общеизвестна высокая чувствительность характеристик звукового поля к изменениям параметров среды. Тем более интересным является установление тех или иных инвариантов поля. Доказан ряд универсальных, не зависящих от вида слоистой неоднородной среды, свойств коэффициентов отражения и прозрачности плоских волн и компонент матрицы рассеяния упругих волн в твердом теле.

Завершается глава анализом волн в средах с более сложными уравнениями состояния. В частности, учтено влияние анизотропии среды и диссипации. Кратко обобщаются поверхностные и объемные волны в пьезоэлектриках. Матричным методом рассмотрены волны в периодических слоистых средах. Показано, что в низкочастотном пределе периодическое локально-изотропное твердое тело может быть заменено некоторой однородной анизотропной средой и определены параметры последней.

В главах 2–4 рассматривается только акустика жидкостей. Вторая глава посвящена приближенным, главным образом, асимптотическим методом исследования волновых полей. Значительное внимание уделено методу ВКБ. Изложены два подхода к его выводу — на основе асимптотических разложений и сходящихся рядов. Рассмотрены необходимые и достаточные условия применимости этого приближения. На основе метода эталонного уравнения построены высокочастотные асимптотики звукового поля в окрестности горизонта поворота, при отражении от «потенциального» барьера, а также при наличии горизонта синхронизма звука с потоком. В последнем случае может возникать интересный эффект усиления звука при отражении, исследованию и физической интерпретации которого уделено значительное внимание.

На физическом уровне строгости описаны методы построения асимптотических разложений интегралов, возникающих при спектральных разложениях звуковых полей. Рассмотрены одно- и многократные интегралы с изолированными критическими точками. Указан и проиллюстрирован довольно простой способ построения равномерных асимптотик интегралов со сближающимися критическими точками. Получены явные формулы для интегралов тех типов, которые возникают в конкретных физических задачах в последующих разделах книги.

В третьей главе на основе представления звукового поля в виде суперпозиции плоских волн подробно исследовано отражение и преломление сферической волны



на плоской границе раздела сред. Получена равномерная асимптотика отраженного поля, в том числе при учете диссипации и относительного движения граничащих сред. Рассмотрено отражение от импедансной поверхности, от границы сред, резко различающихся по плотности, а также от слабой границы раздела. В последнем случае аналитическое решение дополнено прямой численной оценкой поля по его интегральному представлению.

При рассмотрении дифракционных явлений, возникающих при отражении ограниченных пучков, в центре внимания авторов находится эффект смещения пучка вдоль отражающей поверхности. Построена строгая теория этого явления, установлена зависимость его от различных параметров задачи, проанализированы границы применимости представлений о смещении пучка. Очень важно, что наконец внесена ясность в давно дискутировавшийся вопрос о причинах расхождений результатов разных методов описания этого эффекта.

В книге существенно развита теория боковых волн. Наряду с классическим материалом, читатель найдет здесь анализ влияния поглощения звука и движения среды на боковые волны, методику расчета их полей в слоисто-неоднородных средах, в том числе при направленном источнике звука. Представляет интерес анализ влияния малых случайных неровностей на границе раздела сред, которые при определенных условиях приводят к увеличению средней интенсивности боковой волны.

В четвертой главе рассматривается поле сосредоточенного источника звука в как слоистой, так и трехмерно-неоднородной средах. Обсуждаются вопросы взаимности, в частности, доказана теорема обращения потока для слоистой движущейся жидкости. Следует также отметить ряд точных решений волновых уравнений для точечного источника — в однородной равномерно движущейся жидкости, в неподвижной среде со степенным профилем плотности и линейно изменяющейся скоростью звука.

В заключительных разделах этой главы изучаются высокочастотные звуковые поля. Метод геометрической акустики изложен для неподвижной и движущейся сред. Методами эталонных интегралов и эталонных функций получена равномерная и локальная асимптотика поля вблизи простой каустики. Дано красивое решение задачи об асимптотике поля при наличии точки возврата каустики. Рассмотрены и более сложные особенности лучевых структур.

Сказанное выше уже позволяет судить о широте охвата материала в книге. Подать ей и глубина рассмотрения. Везде, где это возможно, авторы стараются извлекать из сложных формул наглядные и физически значимые следствия, предварять математические преобразования указанием на лежащие в их основе качественные соображения.

К сожалению, в рецензируемой монографии значительно меньше места, чем в книге «Волны в слоистых средах», уделено волноводному распространению звука. Однако его детальное рассмотрение значительно увеличило бы и без того немалый объем книги. Видимо, по той же причине кое-где (главным образом, в двух последних главах) опущены фрагменты математических преобразований, которые далеко не все читатели сочтут тривиальными. На мой взгляд, в книге недостаточно иллюстраций, как поясняющих изложение рисунков, так и расчетных графиков.

Несмотря на отмеченные недостатки, монография Л. М. Бреховских и О. А. Година, несомненно, представляет большую ценность. В ней рассмотрены многие важные проблемы, прежде не освещенные в монографической литературе. Она будет весьма полезна ученым-акустикам и послужит стимулом новых исследований. Не мало ценного могут почерпнуть в ней и физики, изучающие волны другой природы. Нетрудно предвидеть, что книга будет широко использоваться в курсах теории волн для студентов — физиков и геофизиков.

Монография «Акустика слоистых сред», несмотря на установленную издательством непривычно высокую цену, в течение нескольких недель перешла из разряда книжных новинок в разряд дефицитных изданий. Это косвенно свидетельствует о том, что высказанная высокая оценка книги разделяется многими акустиками.

*Ю. П. Лысанов*

## ХРОНИКА

### УЛЬТРАЗВУК В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

30 августа — 2 сентября 1989 г. в г. Брно, Чехословакия состоялся очередной восьмой по счету симпозиум с международным участием «Ультразвук в биологии и медицине» (УБИОМЕД-VIII). Симпозиумы УБИОМЕД — традиционные научные мероприятия, проводимые раз в 2–3 года поочередно в странах-членах СЭВ, как правило, с приглашением ведущих ученых из капиталистических стран. Ранее подобные симпозиумы состоялись в ПНР, ГДР, ЧССР, Венгрии и СССР. Предыдущий симпозиум УБИОМЕД-VII был проведен в 1986 г. в ГДР.

Симпозиум УБИОМЕД-VIII был организован Секцией по применению ультразвука в медицине и биологии Биологического общества Чехословакии, медицинским факультетом Брненского Университета им. Пуркинье, факультетом электротехники Технического университета в Брно и рядом других организаций. Участниками сим-