

характеризуются средним квадратом амплитуды флюктуаций и пространственно-временной корреляционной функцией.

Во многих практически важных случаях представляет интерес знание звукового поля, создаваемого сложными механическими колебательными системами в окружающей среде. Эти вопросы рассматриваются в двенадцатой главе. Здесь, наряду с общими сведениями, относящимися к выводу волнового уравнения, некоторым методам его решения и понятиям о сферических, цилиндрических и плоских волнах, детально обсуждаются вопросы излучения звука безграничными упругими пластинами и пластинами конечных размеров и приводятся решения соответствующих краевых задач. При этом первоначально рассматривается простейший случай, например, когда вдоль пластины распространяется незатухающая бегущая изгибная волна или существует лишь одна собственная форма колебаний в случае ограниченной пластины. Дается анализ поля излучения при возбуждении пластины точечными и линейными силами; приводится приближенное решение задачи об излучении звука ограниченной пластиной. Точное решение указанной задачи удастся получить лишь при условии, как и следовало ожидать, что пластина закреплена в жесткий неподвижный безграничный экран.

В тринадцатой главе приводятся общие сведения из теории виброизоляции и вибродемпфирования.

Материал заключительной, четырнадцатой главы книги можно рассматривать как полезное дополнение к ее основному материалу. Здесь формулируются уравнения линейной динамической теории упругости, дается вывод уравнений продольных и изгибных колебаний однородных стержней и пластин, при этом приводятся как простейшие уравнения, так и уравнения с учетом поправок на сдвиг и инерцию вращения.

В целом книга представляет собой систематическое изложение линейной теории колебаний в упругих механических колебательных системах. К сожалению, в ней не нашли отражения актуальные вопросы поведения неоднородных распределенных колебательных систем, таких, как неоднородный стержень, неоднородная пластина. Практически почти ничего не говорится о колебаниях оболочек и об излучении ими звука в окружающую среду. Несмотря на отмеченный недостаток, книга явится полезным учебным пособием для студентов старших курсов вузов, аспирантов, научных работников и инженеров, специализирующихся и работающих в области акустики, авиационной и ракетной техники. Поэтому желателен перевод книги на русский язык.

Л. М. Лямшев

Поглощение ультразвуковых волн. Введение в теорию поглощения звука и дисперсии в газах, жидкостях и твердом теле

Ultrasonic absorption. An introduction to the theory of sound absorption and dispersion in gases, liquids and solids. Oxford, Clarendon Press, 1967, XII+427 p. 85 s.

За последние годы как за рубежом так и в Советском Союзе опубликовано много книг и обзорных статей по распространению ультразвуковых волн. Интерес к этому вопросу понятен, так как исследованиями последних десятилетий было показано, что акустические свойства вещества имеют глубокую связь с его строением, физико-химическими свойствами и с кинетикой физико-химических процессов.

Рецензируемая книга написана А. Б. Бхатия — преподавателем университета Альберта в г. Эдмонтоне (Канада) и предназначена для студентов и научных работников, интересующихся ультразвуком. Она носит компилятивный характер. При составлении книги использован ряд обзорных статей, опубликованных за последние годы в иностранной печати. Объем книги 427 стр., включая библиографию, предметный и именной указатели. Она разделена на 14 глав.

В главах 2 и 3 рассматривается распространение звука в идеальных средах. В главе 2 получено волновое уравнение и приведено его решение как в общем виде, так и через термодинамические функции. Затем приводятся выражения для скорости звука в идеальных газах и жидкостях. В параграфе о скорости звука в газах сделана также попытка применить при вычислении скорости звука уравнение состояния Ван-дер-Ваальса. Результаты этих вычислений сравниваются с экспериментальными данными.

В параграфе о скорости звука в жидкостях приводятся расчеты скорости звука, исходя из различных модельных представлений о строении жидкостей (модель Эйринга, уравнение состояния Тонкса и так далее). Все эти вопросы были подробно рассмотрены ранее, например, в книге И. Г. Михайлова, В. А. Соловьева, Ю. П. Сыр-

никова*. Далее, довольно подробно обсуждается распространение как продольных, так и сдвиговых волн в идеальных изотропных и анизотропных твердых телах.

В главе 4 описывается классическая теория поглощения звука в жидкостях и газах. При расчете поглощения сразу же учитываются потери, вызываемые как сдвиговой, так и объемной вязкостями. Отдельно рассматривается вопрос о распространении в жидкостях сдвиговых «вязких» волн. В конце главы приводится расчет поглощения звука, вызванного теплопроводностью и излучением.

В главах 5, 6 и 7 дается описание релаксационных явлений в многоатомных газах. Развитие релаксационной теории в многоатомных газах связывается обычно с именем Кнезера. Автор монографии подчеркивает, что механизм релаксационного поглощения в многоатомных газах был впервые предложен Герцфельдом и Райсом еще в 1928 г. В главе 5 он дает очень подробное изложение теории Герцфельда и Райса для одного и двух времен релаксации обмена между внешними и внутренними степенями свободы молекул. (Первая работа Кнезера была опубликована в 1933 г.) В следующих параграфах этой главы, а также в гл. 6 и 7, достаточно подробно излагаются основные работы по теории релаксации в многоатомных газах, выполненные после Герцфельда и Райса (например, теории Ландау и Теллера, а также Славского, Шварца и Герцфельда, в которых учитывается вклад высших колебательных уровней в общую теплоемкость молекул).

Весьма подробно рассмотрен также вопрос о вращательной релаксации. Теоретические расчеты сравниваются с экспериментальными данными. В советской литературе все эти вопросы изложены в уже упомянутой монографии «Основы молекулярной акустики».

Главы 8, 9 и 10 посвящены вопросу о поглощении и дисперсии ультразвуковых волн в жидкостях. Раздел начинается с достаточно подробного изложения термодинамической теории релаксационных процессов. Упоминается, что эта теория была впервые создана Мандельштамом и Леонтовичем и развита затем в работах Мейкснера и других. Далее, приводятся частные случаи релаксационных процессов (химическая релаксация, реакция изомерии и реакция димеризации).

Глава 10 полностью отведена обсуждению экспериментальных данных по поглощению и дисперсии ультразвука в многоатомных жидкостях, а также в их смесях. Очень подробно рассмотрен вопрос о вращательной изомерии. При составлении этого раздела использованы главным образом работы Лэмба и его сотрудников. Далее обсуждается поглощение звука в сильно ассоциированных жидкостях (жирные кислоты, вода). Подробно изложена теория поглощения ультразвука в воде Холла. Отдельный параграф посвящен вопросу о поглощении ультразвуковых волн в жидкостях, обладающих большой вязкостью. В этом параграфе используются главным образом работы Литовица и его сотрудников.

В заключении раздела о жидкостях приводится краткое упоминание об измерении скорости звука при сверхвысоких частотах (гиперзвук) методом рэлеевского рассеяния света. Известно, что в настоящее время удается измерить как скорость, так и поглощение гиперзвука не только методом рассеяния света, но и непосредственно импульсными методами. В книге Бхатия этот интересный вопрос и уже полученные важные результаты остались без внимания.

Вообще следует сказать, что главы о жидкостях написаны на основании работ только некоторых авторов (Литовиц и Лэмб). Многие интересные работы, выполненные другими авторами, или совсем не упомянуты или упомянуты очень кратко. Вследствие этого и библиографию, приведенную в конце книги, нельзя считать сколько-нибудь полной.

Значительная часть книги (147 из 398 страниц, главы 11, 12, 13) отведена рассмотрению вопроса о распространении ультразвуковых волн в твердых телах. Этот раздел начинается с теоретического обсуждения поглощения плоских упругих волн в изотропных твердых телах, вызванных теплопроводностью. Далее упоминается о термоэластическом затухании и об измерениях внутреннего трения в твердых телах. В двух параграфах главы 11 описывается распространение ультразвука в поликристаллических твердых телах. Дается краткое изложение теории Зинера и приводятся результаты экспериментального исследования потерь в некоторых поликристаллических материалах в функции частоты и размеров зерна. Согласно теории Зинера, развитой затем в работах М. А. Исаковича** (о чем в книге Бхатия не упоминается), частотная зависимость поглощения может иметь различное значение в зависимости от соотношения между размерами зерен и длиной волны. При определенном соотношении размеров зерен и длины волны сильно возрастает влияние теплопроводности на поглощение звука. Значительное влияние на поглощение в поликристаллах имеет также рассеяние звука. При определенных размерах зерен в выражении для коэффициента поглощения может появиться член, пропорциональный четвертой степени частоты звука. В рецензируемой книге этот вопрос рассмотрен достаточно подробно.

* Михайлов И. Г., Соловьев В. А., Сырников Ю. П., Основы молекулярной акустики. М., «Наука», 1964.

** М. А. Исакович, Ж. эксп. и теор. физ., 1948, 18, 386.

Глава 12 посвящена поглощению звука, вызванного взаимодействиями звуковых волн с электронами и фононами. Здесь описывается поглощение, связанное с вязкостью газа свободных электронов. Подробно освещаются также магнитоакустические эффекты: поглощение, вызванное присутствием магнитного поля, определение энергии Ферми, циклотронный резонанс для звуковых волн и так далее. В отдельном параграфе рассказывается о поглощении звука в сверхпроводниках. Рассмотрен также вопрос о взаимодействии звуковых волн с электронами в полупроводниках. Упомянуты работы по фоточувствительности затухания звука и по влиянию примесей на затухание. Очень кратко сообщается об использовании полупроводников для усиления ультразвука. В заключение этой главы исследуется затухание звука, вызванного фонон-фононным взаимодействием. Здесь должно внимание уделено теоретическим работам советских авторов, впервые разработавших эту проблему (А. И. Ахиезер, Л. Д. Ландау, Г. В. Румер).

В главе 13 обсуждается вопрос о поглощении звука, вызванном дислокациями. После короткого введения о свойствах дислокаций дается довольно подробное изложение теории Гранато и Люкке и сравнение теории с экспериментом. Далее, в специальном параграфе приводится описание релаксации дислокаций, открытой впервые Бордони, а также теории этого явления разработанной Зегером и Донтом. Релаксационный пик Бордони, как известно, наблюдается в металлах в области температур 100°K . Зегер и Донт интерпретировали этот пик как тепловую активацию у барьера Пайерлса. Вообще следует сказать, что эта часть книги, касающаяся распространения звука в твердых телах, представляет несомненный интерес и ее следовало бы перевести на русский язык. В советской обзорной литературе почти нет статей и монографий по этому вопросу, если не считать вышедшего в 1963 г. сборника переводных статей*.

Последняя, глава 14 книги называется: «Затухание, вызванное диффузией, и затухание вблизи критических точек системы». В ней кратко рассмотрено затухание звука, вызванное рассеянием звуковых волн вблизи критической точки в газах вследствие локальной флюктуации плотности, а также затухание в бинарных жидких смесях вблизи критической температуры смешения, вызванное флюктуациями концентрации. В заключение этой главы приводится термодинамическая теория поглощения звука, вызванного диффузией в смесях двух газов с разными молекулярными весами и в смесях жидкостей вблизи критической температуры смешения. Наконец, кратко обсуждаются релаксационные эффекты, возникающие вследствие диффузии примесей в решетку в твердых телах, а также затухание звука вблизи критической температуры фазовых переходов второго рода. К сожалению, эти интересные вопросы изложены очень сжато.

Вообще, книга написана неровно. Некоторые разделы написаны излишне подробно, другие же, часто очень важные, изложены схематично и кратко.

И. Г. Михайлов

* «Ультразвуковые методы исследования дислокаций». Пер. с англ. М., ИЛ, 1963.