

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

533.9(049.3)

ВОЛНЫ В СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ

Кляцкин В. И. Стохастические уравнения и волны в случайно-неоднородных средах.—М.: Наука, 1980.—336 с.

Статистические методы и задачи приобрели к настоящему времени большое значение в ряде областей физики — всюду, где приходится сталкиваться с флуктуационными явлениями совершенно разного происхождения. Множество задач такого рода формулируется при этом в виде стохастических уравнений — дифференциальных (обыкновенных или в частных производных) или интегро-дифференциальных. — т. е. уравнений, содержащих случайные параметры и функции в коэффициентах, в граничных и начальных условиях, в ядрах интегральных уравнений и т. д. Литература, посвященная стохастическим уравнениям, как математическая, так и физическая, продолжает стремительно нарастать, что отражает интенсивное развитие самой теории случайных процессов и полей, наряду с постоянным расширением приложений этой теории. Книга В. И. Кляцкина представляет собой весьма весомый и оригинальный вклад в развитие данного направления и, несомненно, будет очень полезна широкому кругу научных работников, в первую очередь физиков, имеющих дело с разнообразными стохастическими задачами, в особенности волновыми задачами.

Как и предыдущая монография автора (Статистическое описание динамических систем с флуктуирующими параметрами.—М.: Наука, 1975), данная книга рассчитана на достаточно подготовленного читателя, но контингент таких читателей, видимо, уже настолько велик, что первая монография очень быстро разошлась. Разумеется, это произошло и потому, что сам автор уже широко известен благодаря своим многочисленным оригинальным работам, содержащим существенные новые результаты. Если в предыдущей монографии круг рассматриваемых вопросов был ограничен дельта-коррелированными (по времени) случайными воздействиями, то в новую книгу включен ряд позднее полученных результатов, касающихся как вопросов общетеоретического характера (системы с марковскими флуктуациями случайных воздействий, интегральные уравнения, краевые задачи), так и ряда конкретных физических задач о волнах в случайно-неоднородных средах (СНС). Напротив, вопросы статистической гидродинамики, которым в первой монографии было уделено две главы, в данной книге опущены, так как в этой области пока не произошло столь же существенного продвижения, как в теории волн.

Книга содержит 10 глав, которые можно сгруппировать в следующие три части. В первой части (гл. 1 и 2) лаконично, но очень систематично и ясно изложены правила оперирования вариационными производными и характеристическими функционалами. Рассмотрены также некоторые вопросы получения статистических характеристик случайных величин и функций, недостаточно освещенные или отсутствующие в учебной литературе.

Во второй части (гл. 3—5) рассматривается общая теория статистического описания динамических систем (теория стохастических уравнений). Исследованы системы обыкновенных дифференциальных уравнений — как в приближении дельта-коррелированных случайных воздействий, так и для воздействий с конечным временем корреляции τ_0 ; рассмотрено обобщение на негауссовские флуктуации параметров (причем для систем более общего вида, описываемых интегро-дифференциальными уравнениями); описан метод последовательных приближений по τ_0 . В заключение гл. 4 рассмотрено использование методов, заимствованных из квантовой теории поля, применительно к системам, описываемым интегральными стохастическими уравнениями. Наконец, гл. 5 посвящена случайным полям, т. е. уравнениям в частных производных. В ней рассмотрено стохастическое уравнение Лиувилля, его усреднение, а также краевые задачи, в которых условие причинности не выполнено и поэтому использование аппарата, развитого в гл. 3 и 4, оказывается возможным только благодаря применению метода инвариантного погружения.

Главы 6—10 составляют часть третью и посвящены приложениям теории стохастических уравнений к получению и анализу статистических характеристик волн в СНС. Для краткости приведем лишь названия указанных глав. Гл. 6 — Стохастический параметрический резонанс. Гл. 7 — Распространение волн в однородной СНС. Гл. 8—10 — Распространение волн в СНС (метод стохастического уравнения, функциональный метод и приближение геометрической оптики).

Следует отметить, что автор ограничивается только *точно решаемыми* задачами, т. е. такими моделями случайных воздействий, которые не требуют использования каких-либо приближенных процедур с целью получения замкнутых уравнений для усредненных величин. Именно в период после выхода первой монографии автор значительно расширил круг таких задач. Во-первых, в него входят теперь не только дельта-коррелированные воздействия ($\tau_0 = 0$), но и некоторые модели с конечным τ_0 (процессы «телефрафного» типа, марковские процессы). Это существенно, так как распространяет точные решения на стохастические задачи с физически реализуемыми воздействиями. Во-вторых, точно решаемые задачи охватили теперь и ряд систем, описываемых интегральными уравнениями, и краевые стохастические задачи, что тоже является важным достижением.

Ограничение точно решаемыми задачами представляет собой сознательную установку автора. Он считает, что только такие задачи позволяют полностью понять основные закономерности и, в частности, обладают поэтому безусловной педагогической ценностью. Приближенные процедуры всегда связаны с вопросом о границах их применимости, не имеющим, как правило, надежного ответа. Кроме того, точно решаемые задачи открывают наиболее экономный и простейший (даже изящный) путь к цели, который обычно сам подсказывает возможные обобщения. К сожалению, автор не включил в книгу еще несколько типов случайных воздействий, допускающих точное решение, например, случайные процессы с конечным числом состояний. Не увеличив заметно объема книги, эти его результаты еще более расширили бы возможности использования развитого метода в конкретных задачах.

К числу основных описанных в книге физических результатов относится построение полной статистической теории переноса излучения в одномерных слоистых средах. Примененный при этом метод инвариантного погружения открывает новые возможности обобщения теории — на трехмерные задачи, на нелинейные среды, на нестационарные случаи. В частности, трехмерное обобщение делает возможным численное исследование распространения волн в реальных средах, например, акустических волн в океане. Однако новейшие результаты по всем перечисленным направлениям были получены автором и его сотрудниками уже в период завершения работы над книгой и поэтому в ней не отражены.

К новым физическим результатам в трехмерной задаче о распространении волн в СНС относятся также нахождение статистических характеристик волн в параболическом волноводе (гл. 8 и 9) и вопрос о геометрическом приближении в статистической теории волн (гл. 10).

Как отмечено в предисловии автора, рассмотренные в книге примеры взяты в основном из акустики и радиофизики, но аналогичные статистические задачи возникают в гидродинамике, физике плазмы, физике твердого тела, магнитной гидродинамике и т. д. Таким образом, книга полезна очень широкому кругу специалистов. Она вооружает читателя весьма сильным и универсальным математическим аппаратом для решения разнообразных стохастических задач из разных областей физики. Вместе с тем, развиваемый автором единый функциональный подход является самостоятельным направлением математической физики и не отражен с такой последовательностью и полнотой в других монографиях, посвященных статистическим проблемам в физике и технике. Это и определяет ценность рецензируемой книги.

C. M. Рытов