

БИБЛИОГРАФИЯ

Хаотическая и фрактальная динамика

PACS numbers: 01.30.Tt, 05.45, 64.60.A

Мюн Ф.С. *Chaotic and Fractal Dynamics*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, Inc., 1992. 408p.

Хаотические колебания — это неупорядоченные движения, которые возникают в совершенно детерминированных нелинейных динамических системах различной природы и не связаны с действием на эти системы случайных внешних сил, в том числе и случайных шумов. Такие движения наблюдались и раньше (турбулентное движение жидкости), но лишь совсем недавно они были обнаружены и в электрических нелинейных системах, и даже в нелинейных системах с одной степенью свободы. Только недавно хаотические колебания получили адекватное их физической природе математическое описание. Оно связано с новым математическим языком, с новым понятием — фрактальное множество. Отсюда название книг — "Хаотическая и фрактальная динамика".

Книга состоит из следующих разделов: 1. Введение. Новая эра динамики. 2. Как идентифицировать хаотические колебания. 3. Модели хаоса. Отображения и потоки. 4. Хаос в физических системах. 5. Экспериментальные методы в хаотических колебаниях. 6. Критерии хаотических колебаний. 7. Фракталы и динамические системы. 8. Пространственно-временной хаос. В монографию включены четыре специальных приложения: а) глоссарий терминов в нелинейных и хаотических колебаниях; б) численные эксперименты в хаосе; в) хаотические игры; г) книги по нелинейной динамике, хаосу и фракталам. Завершают монографию список цитированной литературы, авторский и предметный указатели.

Автор — Фрэнсис Мун — профессор Корнелльского университета, известный ученый в области теоретической и прикладной механики, читавший лекции по нелинейной динамике, хаосу и фракталам по приглашению более чем в 60 университетах многих стран мира и, судя по изложению предмета книги, хороший лектор и педагог.

Книга начинается с ответа на вопрос: почему хаотическая и фрактальная динамика? Автор подчеркивает, что современная нелинейная динамика, истоки которой восходят к Исааку Ньютону, три столетия назад открывшему второй закон механики, положившему начало динамики, переживает революционные изменения. Основанием этого стало открытие факта, что в нелинейных динамических системах, описываемых нелинейными уравнениями с регулярными (неслучайными) коэффици-

циентами и совершающих колебания под действием регулярных внешних сил, возникают непредсказуемые или хаотические на вид случайные колебания. Другими словами, решения этих уравнений очень чувствительны к незначительным изменениям в начальных условиях, т.е. обнаруживают сильную зависимость от начальных условий. Другое важное свойство хаотических колебаний — потеря информации о начальных условиях, хаотические колебания "забывают" начало. Понимание того, что хаотическая динамика свойственна всем нелинейным физическим явлениям, вызвало в современной нелинейной динамике и вообще в физике ощущение революции.

В "дохаотические" времена были известны три классических типа динамического движения: равновесие, периодическое движение, или предельный цикл, и квазипериодическое движение. Эти состояния получили названия аттракторов, поскольку в присутствии затухания система "притягивается" к одному из перечисленных состояний.

Хаотические колебания представляют собой новый класс движений, которые не сводятся ни к одному из перечисленных. Этот класс движений связан часто с состоянием, получившим название странный аттрактор. Классическим аттракторам соответствуют классические геометрические области в фазовом пространстве: точка, замкнутая кривая или поверхность в трехмерном фазовом пространстве. Странный аттрактор, как оказалось, связан с новым геометрическим объектом — фрактальным множеством. Понятие фрактала было сформулировано Бенуа Мандельбротом. Геометрия фрактала необычна. Фракталы решают проблему описания объектов, для которых традиционный процесс измерения длин, площадей и объемов не дает, на обычный взгляд, разумных результатов. Именно к таким объектам и относится странный аттрактор. Проблема решается применением мер и размерностей Хаусдорфа—Безиковича. Теория такой размерности была построена в 20-е годы. Хаусдорфова размерность может быть дробной величиной, а первоначально данное Мандельбротом определение фракталов относится к тем множествам, хаусдорфова размерность которых больше их топологической размерности.

Книга рассчитана на читателя, делающего первые шаги в понимании предмета хаотической и фрактальной динамики. Автор последовательно выстраивает систему определений, понятий и описаний нелинейных динамических хаотических колебательных систем и прежде всего физических систем. Этому он посвящает четыре главы. В

этих разделах книги, наряду с обычными определениями и понятиями, характеризующими линейные и нелинейные колебательные системы, приводятся определения, присущие описанию хаоса в системах, как, например, отображения и потоки, отображения Пуанкаре, Энона, отображение "подкова", аттрактор Лоренца и др. В пятой главе подробно рассматриваются экспериментальные методы наблюдения хаотических колебаний, а в шестой — критерии возникновения хаоса в нелинейных динамических колебательных системах. Количественная мера хаотических колебаний — показатели Ляпунова и фрактальная размерность детально обсуждаются в седьмой и восьмой главах книги. Рассматриваются три альтернативных определения фрактальной размерности странных аттракторов: поточечная, корреляционная и информационная размерности. Обсуждается связь между различными определениями фрактальной размерности и показателями Ляпунова. Далее рассматриваются понятия мультифрактала, возможности экспериментального измерения фрактальной размерности хаотических колебаний в динамических системах. Подчеркивается, что одной из целей книги служит указание возможности применения новых математических методов для экспериментального изучения поведения и свойств нелинейных динамических систем.

Книга представляет собой хороший учебник. Каждая ее глава снабжена упражнениями и задачами. Глоссарий,

помещенный в приложении, дает возможность быстро познакомиться с новыми понятиями и определениями, присущими предмету хаотических колебаний в нелинейных динамических колебательных системах.

Вплоть до последнего десятилетия XX в. преобладало представление, что порядок возникает из окружающего хаоса и этот порядок узнается лишь по предсказуемой периодической структуре. Теперь эту точку зрения вытесняет другая концепция хаотических явлений. Они возникают согласно регулярным законам и за ними стоит не бесформенный хаос, но хаос со скрытым порядком, фрактальными структурами. Эта новая концепция уже оказала и оказывает большое влияние на развитие современной физики и науки в целом.

Окружающий нас мир представляет собой в широком смысле нелинейную динамическую систему или огромное число таких систем. Современная нелинейная динамика ввела в обиход новые идеи геометрии и топологии такие, как фракталы и фрактальное множество, без освоения которых невозможно более глубокое понимание природы. Книга Фрэнсиса Муна "Хаотическая и фрактальная динамика" будет полезной широкому кругу специалистов, аспирантов и студентов вузов.

Л.М. Лямшев