



ОТ РЕДАКТОРА

Современное естествознание в настоящее время находится в состоянии далеко от равновесия, что обусловлено удивительными открытиями, к которым привели исследования динамики нелинейных систем и процессов. Целый ряд явлений и эффектов, представлявших совсем недавно загадки для науки, сейчас стали доступны как для теоретического описания, так для численного и экспериментального анализа. Большая доля успехов в этом направлении связана с резко возросшими возможностями, которые предоставляет современный вычислительный эксперимент.

Формирующаяся во многом благодаря достижениям нелинейной физики современная картина мира допускает, как и раньше, использование чисто детерминистического (динамического) и статистического (с учетом действия флуктуаций) описания. Можно привести весомые аргументы в пользу динамического описания определенных закономерностей эволюции нелинейных систем. В то же время существует обширный класс процессов, для которых учет роли флуктуаций оказывается первостепенным фактором.

Настоящий выпуск журнала включает в основном работы, относящиеся ко второму направлению. Речь идет об исследованиях, в той или иной степени относящихся к современной статистической теории нелинейных динамических систем. Ничто не ново под луной! Более 60 лет назад эта проблема была сформулирована классиками теории колебаний А.С. Понтрягиным, А.А. Андроновым и А.А. Виттом в статье «О статистическом рассмотрении динамических систем» (ЖЭТФ, 1933, т.3, вып.3, с.165). Так уж получилось, что в те времена (и много еще лет спустя) заложенные в этой работе фундаментальные идеи не овладели умами большинства исследователей. Понадобилось еще полвека, чтобы общество осознало неизбежную в них потребность и были созданы условия для их осмысления и развития.

Так почему же вопрос о роли флуктуаций в нелинейной динамике так важен? Представьте себе, что Вы находитесь на самой вершине большой горы. Ваше состояние равновесия, естественно, неустойчиво. Сколь угодно малые флуктуации приведут к падению с горы и, что самое важное, именно направление силы случайного воздействия определит ваше будущее (если уцелеете!), так как условия с разных сторон подножия горы могут оказаться принципиально различными.

Для нелинейных систем с изменением параметров типичны бифуркации. В точке бифуркации системы мы имеем практически полную аналогию с положением на вершине горы: дальнейшая ее эволюция может полностью определяться возмущением.

Приведенный простой пример естественно не исчерпывает всего многообразия возможных явлений, обусловленных откликом нелинейных систем на шумовое возмущение. Например, известно, что в нелинейных системах с шумом могут реализоваться режимы функционирования, которые принципиально исключены в соответствующих детерминированных системах! В таких случаях говорят об индуцированных шумом переходах.

Мне кажется, что читателям журнала, уже достаточно ясна важность обсуждаемого вопроса. Становится понятной причина интереса со стороны физиков к построению моделей эволюции живой природы, к исследованию процессов самоорганизации живой и неживой материи, к исследованиям детерминированного хаоса и турбулентности. Все эти проблемы безусловно относятся к области статистической теории нелинейных динамических систем или, как сейчас говорят, к проблеме описания нелинейного броуновского движения.

Я хотел бы несколько слов уделить вопросу роли шумов в динамике хаотических систем. Открытие детерминированного хаоса в системах, моделируемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, для которых доказана теорема существования и единственности решений, 20 лет назад вызвало шок в научном мире! Сейчас и того хуже: стало ясно, что фундамент детерминистического описания, базирующийся на доказательстве решения задачи Коши для нелинейных динамических систем, дал трещину! Дело в том, что выше критической точки рождения детерминированного хаоса, как стало ясно из последних работ группы Л.П. Шильникова, система характеризуется бесконечным числом решений, классификация которых оказывается в принципе невозможной! Ведь по сути дела, речь идет о достижении предела применимости детерминистического описания, которое для нелинейных систем может вообще не работать! Каков же выход из создавшейся ситуации? Однозначного ответа на этот вопрос, по-видимому, пока не существует. Один из наиболее конструктивных путей связан с решением задачи обоснования существования и нахождения наиболее вероятных решений в зашумленных хаотических системах. Вы скажете, что эта задача уже давно поставлена и в общетеоретическом плане решена: существует теория марковских процессов и есть уравнение Эйнштейна - Фоккера - Планка. Да, есть! Однако, если система с динамическим хаосом, то ее размерность $N \geq 3$, она принципиально нелинейна и диссипативна. Для автоколебательных режимов в подобных системах еще не доказана теорема существования стационарного распределения!

В экспериментальном плане также масса сложностей. Даже современные мощные компьютеры пока не дают нам возможности приблизиться к решению подобных задач. Здесь возникает целый ряд принципиальных трудностей, которые можно отчасти преодолеть численным интегрированием стохастических дифференциальных уравнений.

Таким образом, на сегодняшний день проблема динамики зашумленных хаотических систем представляет собой то обширное поле деятельности, на котором можно ожидать много удивительных результатов.

Выпуск открывается статьей А.Б. Неймана, посвященной описанию и иллюстрации классического метода кумулянтного анализа в приложении к задаче исследования бифуркаций в зашумленных динамических системах. Суть этого интересного метода в том, что он позволяет при определенных ограничениях свести задачу анализа стохастических уравнений к традиционной задаче исследования зависимости решения от параметра в детерминированных уравнениях, записанных для моментных функций. Решение, как правило, удается получить лишь в приближении гауссова шума, однако и эта возможность оказывается плодотворной.

Статья профессора Гумбольдтского университета в Берлине Вернера Эбелинга посвящена проблеме смешанной стратегии эволюции по Больцману - Дарвину. Автор использует термодинамический и биологический аспекты эволюции, описывает относительно простые эволюционные модели и обсуждает вопрос с точки зрения проблемы оптимизации.

Раздел «Детерминированный хаос» открывает статья профессора МГУ Р.Л. Стратоновича, посвященная теоретическому анализу проблемы достижения границ в марковском отображении с динамическим хаосом. В качестве конкретного примера описывается осциллятор с отрицательным трением и демпфирующими случайными воздействиями. В статье В.С. Анищенко с соавторами рассматривается проблема возникновения так называемых странных нехаотических аттракторов. Эти аттракторы имеют фрактальную структуру, но характеризуются отсутствием перемешивания (то есть в спектре ляпуновских показателей отсутствуют положительные). Насколько мне известно, в отечественной литературе это первая работа на эту тему. В статье И.М. Старобинца и В.А. Угриновского исследуется проблема управления динамическим хаосом. Предложен оригинальный метод, основанный на принципе максимума из теории оптимальных процессов, который позволяет не только

стабилизировать неустойчивые периодические траектории системы, но и оптимизировать время достижения управления.

Большинство статей раздела «Прикладные задачи нелинейной теории колебаний и волн» посвящены проблеме индуцированных шумом переходов и, в частности, анализу явления стохастического резонанса. Статья М. Дыкмана с соавторами, которые представляют собой международный научный коллектив, дает достаточно содержательный обзор существующих теорий стохастического резонанса. Основное внимание уделено преимуществам теории линейного отклика в описании широкого круга физических примеров систем со стохастическим резонансом. Описанию радиофизических систем, демонстрирующих эффект стохастического резонанса, посвящены статьи Д.Э. Постнова и В.С. Анищенко с соавторами. В работах А.Н. Малахова с соавторами исследуется классическая проблема диффузии броуновских частиц через потенциальный барьер. Известно, что существует весьма ограниченный круг примеров аналитического решения этой задачи. В работах А.Н. Малахова предложена новая модель броуновского движения в системе с кусочно-линейным и кусочно-параболическим потенциалом. В этом случае удалось получить строгое решение задачи. Наконец, в работе Н.Б. Янсон предпринята попытка на основе экспериментальной реализации электрокардиограммы сердца человека решить задачу реконструирования модельных уравнений. Хотя полученные здесь результаты не могут быть окончательными (уж очень сложна проблема!), вызывает уважение смелость автора, которая позволяет надеяться на дальнейшие успехи в этом направлении.

Я надеюсь, что беглый анализ содержания выпуска журнала поможет читателям в выборе наиболее интересных работ, прочтение которых, как мы надеемся, привлечет внимание молодых исследователей к проблеме изучения роли флуктуаций в нелинейных динамических системах.

Редактор выпуска, доктор физ.-мат. наук,
профессор кафедры радиофизики СГУ

В.С. Анищенко



Анищенко Вадим Семенович защитил диссертацию на степень кандидата физико-математических наук (1970) и докторскую диссертацию «Механизмы возникновения и свойства динамического хаоса в радиофизических системах с конечным числом степеней свободы» (1986). С 1979 и по настоящее время работает в области исследований динамического хаоса. В качестве приглашенного профессора читал курс лекций по динамическому хаосу в Гумбольдском университете (Берлин, 1987). С 1988 г. заведующий кафедрой радиофизики Саратовского университета. Автор 175 научных работ, среди которых 6 монографий и 3 учебника по статистической радиофизике. Три монографии написаны на английском языке, из них 2 книги опубликованы в Лейпциге (1987, 1989), готовится выпуск новой монографии издательством «World Scientific». Издательством «Наука» выпущена книга «Сложные колебания в простых системах» (1990), хорошо известная среди специалистов. Соросовский профессор (1994), действительный член Нью-Йоркской академии наук.

