



### ХАОС-91: ОБЗОР НОМЕРА

С 8 по 15 октября 1991 года в пансионате "Волжские дали" под Саратовом состоялась III Всесоюзная школа "Стохастические колебания в радиофизике и электронике". Уже на первых саратовских школах (в октябре 1985 и 1988 годов) стало ясно, что они сразу же вышли за рамки своего названия, поскольку на них обсуждались общие проблемы и методы нелинейной теории колебаний и волн, а также различные нелинейные явления не только в радиофизике и электронике, но и в гидродинамике, физике плазмы, физике лазеров, нелинейной оптике, физике твердого тела, медицине, биологии и других областях науки.

Все чаще организаторы и участники школы стали использовать аббревиатуру ХАОС - хаотические автоколебания и образование структур. Справедливости ради следует отметить, что в целом удачное сокращение не полностью отражает широкий спектр тематики школ, которые, сохранив прикладную направленность, все больше превращаются в школы по нелинейной динамике. Поэтому решение опубликовать материалы школы ХАОС-91 в журнале "Прикладная нелинейная динамика" вполне соответствует и междисциплинарному духу журнала и программе прошедшей школы.

К сожалению, в данный номер вошли далеко не все лекции и доклады школы по следующим причинам: хаосу и структурам в СВЧ электронике, а также нелинейным явлениям в медицине и биологии, в магнитоэлектронике и магнитооптике решено посвятить специальные выпуски. Кроме того, некоторые авторы и рецензенты не прислали статьи и рецензии к указанному сроку, наконец, часть школьных лекций и статей была опубликована раньше в других изданиях.

Журнал открывается статьей Н.М. Даценко и Д.М. Сонечкина, которая содержит краткое изложение основ вейвлетного анализа и иллюстрацию его использования для изучения временных колебаний индекса зональной циркуляции атмосферы. Термин вейвлетный анализ, соответствующий английскому *wavelet transform*, нельзя назвать удачным, но он не имеет хорошего русского эквивалента (авторы предлагают два варианта: волноподобный анализ или анализ волновых пакетов)\*. Метод относится к новым средствам исследования временных рядов данных, соответствующих хаотическому поведению динамических систем. В отличие от методов, близких к обычному спектральному анализу, когда из анализируемого временного ряда можно извлечь информацию о вкладе той или иной гармоники в характер изменения ряда, вейвлетный анализ позволяет получить информацию и о временной локализации этих вкладов.

Обзорная часть статьи, несмотря на ее краткость, несомненно, представляет интерес для широкого круга читателей.

Известный физик Дж. Займан писал в своей книге "Принципы теории твердого тела" (М.: Мир, 1966. С.10): "Все, что я попытался сделать, это дать

\* В журнале "В мире науки" (1991. N 3. С. 95-96) вейвлетный анализ назван теорией всплесков. Подчеркивается, что всплески выделяют как положение, так и масштаб характерных особенностей сигнала (в этом и смысл названия). Упоминается, что "...Массачусетский университет объявил о создании специальных микросхем, способных осуществлять "всплесковое" преобразование".

последовательную математическую трактовку простейших моделей, пригодных для демонстрации простейших принципов...

Коль скоро модель принята, нельзя уклоняться от дальнейших выкладок. На своем опыте я убедился, что не так легко найти в печати прямой вывод простых, хорошо известных формул из первых принципов... Я старался доводить все расчеты до конца - или по крайней мере делать их вразумительными в принципе - не прибегая слишком часто к обычному заклинанию утомленного автора: "Можно показать, что..."

Этому "правилу Займана" вполне удовлетворяет статья А.П. Кузнецова и С.П. Кузнецова, посвященная изложению основных результатов критической динамики одномерных отображений, демонстрирующих сценарий перехода к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода. Более того, если в цитате заменить местоимение "я" на "мы", то она легко впишется в текст статьи. Данная работа полезна читателю как маленькая энциклопедия по сценарию Фейгенбаума, включающая количественную универсальность и скейлинговые свойства систем у порога хаоса, их доказательство на основе метода ренормализационной группы, большое количество конкретных примеров из различных областей физики (конвекция Рэлея-Бенара, оптический резонатор с нелинейной средой, разные варианты осцилляторов под внешним воздействием и др.). Статья снабжена достаточно полной библиографией.

"Богатым" получился раздел "Прикладные задачи нелинейной теории колебаний и волн" - в смысле объектов исследования, и в смысле методов, используемых для их анализа.

В статье Ю.П. Блюха, А.В. Бородкина, М.Г. Любарского, И.Н. Онищенко и Я.Б. Файнберга метод функционального отображения применен к изучению теоретической модели одного из первых генераторов хаоса - шумотрону, предложенному В.Я.Кисловым с сотрудниками. Применение упомянутого метода к сложной распределенной системе с запаздывающей обратной связью, которой является шумотрон, позволило авторам значительно продвинуться в аналитическом изучении прибора, упростить вычислительный эксперимент и выявить особенности механизмов возникновения режимов автомодуляции. Несомненно, что "изюминкой" работы является удачная и реалистическая модель активного элемента анализируемой системы, в которой выделены "линейный" участок с инерционными свойствами и "нелинейный", где их можно не учитывать. Важно, что подобная модель может быть применена и к другим распределенным генераторам.

Статья Д.М. Сонечкина касается проблемы, которую можно сформулировать в виде вопроса: "Существует ли маломерный климатический аттрактор?" Для оценки характеристик аттрактора вместо известного алгоритма Грассбергера - Прокаччиа используется алгоритм, основанный на скейлинговых свойствах расстояния от произвольной точки аттрактора до ее первого, второго и т.д. ближайшего соседа в конечной выборке.

Алгоритм расчета размерности аттрактора по "ближайшим соседям" применен к анализу рядов временных колебаний полей среднемесячной температуры воздуха на европейском континенте в течение двадцатого века.

На основе расчетов автор выдвигает гипотезу о том, что типичная фазовая траектория (она составляет выборку данных) посещает внутренние области аттрактора чаще, чем его граничные области. Это означает неоднородность климатического аттрактора. Эффектным в рамках упомянутой гипотезы выглядит объяснение теплых зим последнего десятилетия, которое некоторые метеорологи связывали с "парниковым эффектом", предполагающим изменение аттрактора в целом. В статье описаны также вычислительные эксперименты по поиску периодических траекторий температурных рядов, которые можно использовать для прогноза текущего состояния атмосферы.

Критерий возникновения хаоса при слабонелинейном взаимодействии волн,

который является обобщением аналогичного критерия при взаимодействии типа волна- частица, сформулирован в статье В.А. Буца, А.Н. Куприянова, О.В. Мануйленко и А.П. Толстолужского. В ней также приведены примеры применения критерия к задаче о взаимодействии высокочастотных и низкочастотных волн в нелинейных средах и результат проверки его в прямых численных экспериментах.

Заключает раздел статья С.В. Сочнева, в которой изложен способ построения одномерного отображения с заданной корреляционной функцией и плотностью распределения случайной величины. Практическая направленность работы ясна: отыскание путей создания простых генераторов шума с наперед заданными свойствами.

Разнообразием анализируемых систем отличается и раздел, посвященный детерминированному хаосу: представлены результаты исследования возникновения хаотического аттрактора с канторовой структурой в простой модели динамики ядерных спинов в ферромагнетике (В.В. Зверев), приведены данные, полученные при экспериментальном и теоретическом изучении переходного хаоса, связанного со столкновением странного аттрактора с границей его области притяжения, в радиотехнических автогенераторах с четной нелинейностью (В.В. Рождественский, И.Н. Стручков), обсуждаются пути к хаосу в кусочнолинейной модели автогенератора на туннельном диоде (А.В. Андрушкевич, А.А. Кипчатов, Л.В. Красичков, А.А. Короновский).

В работе А.М. Намаюнаса и А.В. Тамашявичюса описано аналоговое электронное устройство, работающее в масштабе реального времени и позволяющее находить корреляционную размерность странных аттракторов, если известна временная реализация одной переменной. Приведены результаты анализа, полученные с помощью этого устройства, хаотического сигнала LC-генератора, к колебательному контуру которого подключена параллельно инерционно-нелинейная цепочка из последовательно соединенных полупроводникового диода и катушки индуктивности. Экстравагантный, в какой-то степени, результат статьи состоит в том, что измеренные и рассчитанные по алгоритму Грассбергера - Прокачиа значения корреляционной размерности (достаточно хорошо совпадающие) оказались меньше двух. Авторы связывают этот результат с особенностями топологии аттрактора и, в первую очередь, с его неоднородностью. Приводятся аналогичные примеры и из "чужих" работ. Уместно вспомнить замечание Г. Шустера из его известной книги "Детерминированный хаос. Введение" (М.: Мир, 1988. С.130-131): "Каплан и Йорки (Kaplan, Yorke, 1979) предложили следующую обобщенную формулу для любого странного аттрактора:

$$D_{ky} = j + \frac{\sum_{i=1}^j \lambda_i}{|\lambda_{j+1}|} .$$

Здесь  $D_{ky}$  - хаусдорфова размерность по Каплану - Йорки, а показатели Ляпунова

упорядочены ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$ ), так что  $j$  - наибольшее целое, для которого  $\sum_{i=1}^j \lambda_i > 0$ .

Хотя эта формула проверялась численно (Russel et al., 1980) и показано, что она справедлива для некоторых систем, однако, по-видимому, она точна лишь для однородных аттракторов, и определение границ ее применимости остается актуальной задачей для дальнейшего исследования". Заметим, что раздел, из которого взята цитата, также называется "Гипотеза Каплана - Йорки".

В рубрике "Автоволны. Самоорганизация" - всего одна статья (А.Л. Санина, Ю.Л. Ермолаева, Д.Б. Мизандронцева), где приведены результаты численного

решения уравнений электронной гидродинамики (уравнение непрерывности и уравнение движения электронов) и уравнения для электрического поля (обобщенное уравнение Пуассона) в предположении периодического и случайного распределения плотности нейтрализующего ионного фона. Показано, что в анализируемой системе образуются резонансные пространственные структуры.

В следующих номерах журнала будет продолжена публикация материалов школы ХАОС-91, в частности, тех, которые анонсировались в рекламном выпуске.

Редактор выпуска,  
член-кор. РАН, профессор  
Д.И. Трубецков



Редакционная коллегия готовит специальные выпуски журнала:

"Нелинейные колебания и волны, хаос и структуры в магнитоэлектронных и магнитооптических системах"

Редактор выпуска - профессор *Калишиков Борис Антонович*

"Нелинейная динамика живых систем"

Редактор выпуска - профессор *Романовский Юрий Михайлович*

"Нелинейные волны, хаос и структуры в сверхвысокочастотной электронике"

Редактор выпуска - член-кор. РАН профессор *Трубецков Дмитрий Иванович*

Специальные выпуски будут содержать заказные статьи, а также результаты оригинальных исследований, соответствующих тематике выпуска. Авторы, желающие участвовать в специальных выпусках журнала, должны прислать статьи в адрес редакции не позднее 1 сентября 1993 года.

Editorial staff prepares following special issues

"Nonlinear oscillations and waves, chaos, and structures in magneto-electronic and magneto-optic systems"

Editor of issue - professor  
Boris A. Kalinikov

"Nonlinear dynamics of living systems"

Editor of issue - professor  
Yuriy M. Romanovsky

"Nonlinear waves, chaos, and structures in microwave electronics"

Editor of issue - corresponding member of the Academy  
of Sciences of Russia professor Dmitriy I. Trubetskov

Special issues will consist of custom papers and original contributions also, which satisfy the issues subjects. Those who wish to participate in special issues are invited to send off their papers to the editorial office before 1 september 1993.

