

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора

Матросова Валерия Владимировича

на диссертацию Андреева Юрия Вениаминовича «Нелинейная и хаотическая динамика в задачах обработки и передачи информации», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика

Открытие динамического хаоса является одним из наиболее ярких событий в нелинейных науках последних десятилетий. Осмысление того факта, что в нелинейных системах при полном отсутствии каких-либо случайных воздействий возможно возникновение колебаний, обладающих свойствами случайных процессов: сплошным спектром, конечным временем корреляции, высокой чувствительностью к возмущениям, непредсказуемостью поведения на больших временных интервалах и т.д., привело к существенному изменению традиционных взглядов на колебательно-волновые явления. Стало понятным, что для большинства физических, химических, биологических и других природных систем простые периодические автоколебания являются скорее исключением, а правилом для реально наблюдаемых систем являются хаотические автоколебания с той или иной степенью хаотичности.

Изучение фундаментальных свойств динамического хаоса породило естественный интерес к прикладной стороне этого явления, связанной с возможностью построения технических систем, в основе функционирования которых использовались бы свойства динамического хаоса. Одним из перспективных направлений использования динамического хаоса является применение его для хранения, обработки и передачи информации. В настоящее время исследования в этом направлении ведутся широким фронтом, охватывая большое разнообразие явлений, которые имеют как чисто теоретический характер для математиков, так и многообещающий практический смысл для инженеров.

Сказанное позволяет сделать вывод, что тема диссертации Ю.В. Андреева, посвященная решению задач обработки информации с использованием нелинейной и хаотической динамики, актуальна как для радиофизики и нелинейной динамики, так и для приложений в радиотехнике и связи. В своей работе автор диссертации разрабатывает системы, в которых хаотическая динамика конструктивно применяется для создания практически значимых образцов модельных и технических систем передачи и обработки информации. При этом существенно, что одни и те же фундаментальные закономерности хаотических колебаний могут быть по-разному задействованы в различных задачах.

Структура и логика построения работы понятна и вполне объяснима. В диссертации можно выделить четыре направления использования нелинейной динамики и хаотических колебаний для решения актуальных прикладных научно-технических задач.

Первое направление (главы 1,2,3) связано с разработкой принципов и методов записи, хранения и работы с содержательной информацией при помощи динамической системы, в которой для этого используются динамические многообразия, включая хаотические аттракторы. Данное направление включает обзор научно-технической литературы, посвященной вопросам обработки информации в живых системах и их связи с хаотической динамикой, а также вопросам реализации искусственных информационных систем, базирующихся на идеях нелинейной динамики, позволяющие моделировать процессы обработки информации мозгом. На основе проведенного анализа делается вывод об общности закономерностей информационных процессов в нелинейных системах и возможности реализации выявленных механизмов в динамических системах различной природы. Именно исходя из общности закономерностей информационных потоков во второй и третьей главах диссертации строится теория записи и обработки информации на динамических аттракторах.

Безусловно, сам по себе процесс обработки информации – это всегда некий алгоритм, и с точки зрения динамики любому такому алгоритму можно сопоставить динамическую систему. Однако фундаментальным свойством развиваемой в диссертации теории является то, что в ней проложен мост между возможностью оперировать содержательной информацией и возможностью задействовать для этого свойства хаотических колебаний. Благодаря этому, построена система памяти, которая содержит тексты или изображения, доступ к которым осуществляется при помощи хаотической динамики, которая и дает свойство ассоциативности, возможности распознавания, реализацию многих других функций и операций обработки информации.

Второе направление (глава 4) связано с решением проблемы разделения суммы хаотических сигналов, порождаемых известными динамическими системами, на исходные составляющие. Поскольку речь идет о разделении сигналов по форме, эти сигналы в данной работе рассматриваются как информационные, а сама задача в каких-то аспектах может трактоваться как передача нескольких информационных потоков по единому физическому каналу связи.

Ранее для разделения сигналов использовались различные спектральные, статистические подходы, есть работы, использующие методы хаотической синхронизации, и только в данной работе впервые эта задача была решена с

непосредственным использованием динамики хаотических систем, порождающих разделяемые сигналы. При этом разделение хаотических сигналов методом обратного итерирования динамических систем позволило достичь эффективности (по уровню шума в канале) близкой к теоретическому пределу. Установление самого факта наличия такого предела и метод его оценки также впервые представлены в данной диссертационной работе.

Третье и четвертое направление являются наиболее прагматичными частями диссертации, в которых исследуются проблемы применения хаотических сигналов для передачи информации в беспроводных системах связи, а также проблема формирования поля излучения от ансамбля источников хаотических радиоимпульсов. По сути, анализируются условия передачи информации, которые складываются в результате применения хаотических радиоимпульсов – фрагментов хаотических радиокосильаний, которые являются физическим носителем для информационных символов. В работе показано, что такой метод передачи имеет несколько практически интересных следствий, обусловленных малым временем когерентности хаотических колебаний.

В силу некогерентности, хаотические радиоимпульсы накапливаются по мощности в точке приема, что дает возможность приемнику эффективно увеличивать отношение сигнал/шум – основную характеристику приемопередающих систем, благодаря чему при прочих равных условиях увеличивается достоверность передачи информации через канал с шумом. Это явление названо эффектом многолучевого усиления, так как оно имеет место в канале связи, где сигнал попадает в точку приема по нескольким различными путями (лучам) из-за многократных отражений от окружающих предметов.

Наконец, задача описания поля, формируемого ансамблем излучателей хаотических радиоимпульсов, интересна с точки зрения создания систем, в которых передача информации осуществляется коллективным образом, путем согласованного во времени излучения хаотического сигнала несколькими источниками информации. В работе исследованы свойства поля, складывающегося вдали от такого ансамбля излучателей, что является физической основой для создания сетевых систем беспроводного обмена информации, в которых элементы таких систем могут объединяться, например, для увеличения дальности связи.

Таким образом, можно заключить, что автор внес крупный вклад в развитие прикладных методов использования нелинейной динамики и хаоса для решения задач хранения, обработки и передачи информации. Диссертационная работа обладает несомненной новизной, которая заключается в следующем:

– предложен и исследован метод записи конечных скалярных и векторных информационных последовательностей на динамических аттракторах одномерных и многомерных отображений;

– реализованы различные функции обработки информации на основе нелинейной динамики отображений с информацией, записанной на аттракторах;

– предложен и исследован метод разделения зашумленной суммы хаотических сигналов на компоненты с использованием уравнений, порождающих эти сигналы одномерных отображений;

– исследованы особенности распространения сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов в многолучевой среде, связанные с быстроспадающей автокорреляционной функцией хаотических сигналов;

– обнаружено, исследовано и экспериментально подтверждено явление многолучевого усиления хаотических радиоимпульсов при распространении в многолучевой среде;

– исследованы энергетические характеристики излучения ансамбля некогерентных сверхширокополосных хаотических излучателей; определена структура поля излучения, получены оценки энергетических характеристик направленности излучения.

Все указанные научные результаты получены впервые, они вносят существенный вклад в развитие теории динамических хаотических систем в радиофизике и имеют важное прикладное значение. Достоверность полученных результатов подтверждена численными и натурными экспериментами и не вызывает сомнений.

По диссертации имеются некоторые замечания.

1. Говоря о научно-практическом значении диссертационной работы, автор делает утверждение, что разработанный «метод разделения суммы хаотических сигналов на компоненты открывает новые подходы к одновременной передаче информационных сигналов на нескольких хаотических несущих в общем канале связи». Этот вывод представляется довольно оптимистичным, поскольку описанный метод применим только дискретных сигналов одномерных отображений. Вопрос разделения суммы хаотических сигналов многомерных отображений и динамических систем с непрерывным временем требует отдельного рассмотрения.

2. В главе 5 анализируется возможность многолучевого усиления различных СШП импульсов и делается вывод, что для ЛЧМ-импульсов эффект тоже может наблюдаться. Но для этого длина импульсов должна быть достаточно велика, однако спектр длинного ЛЧМ-импульса «разваливается».

3. Несколько непривычно выполнена оценка границы дальней зоны излучения ансамбля хаотических излучателей в главе. 6. Удивляет, что итоговое выражение включает только геометрические размеры ансамбля.

Указанные замечания никак не влияют на положительную оценку работы в целом. Можно сделать заключение, что диссертация Андреева Ю.В. представляет собой законченное исследование новой актуальной проблемы радиофизики, связанной с использованием нелинейной и хаотической динамики. В ней решена крупная научная задача – хранение и обработка информации с помощью динамических аттракторов нелинейных динамических систем, обнаружено явление многолучевого усиления хаотических радиоимпульсов, а также сделан существенный вклад в решение проблемы создания сверхширокополосной беспроводной инфраструктуры передачи информации.

Диссертация написана ясно, хорошим языком, оформлена в соответствии с правилами ВАК. Содержание диссертации соответствует специальности радиофизика. Основные результаты опубликованы в научных журналах и монографиях, доложены на авторитетных российских и международных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Юрия Вениаминовича Андреева соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика (физико-математические науки).

Официальный оппонент

Матросов Валерий Владимирович

доктор физико-математических наук, профессор, декан радиофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23,
тел. 8(831) 462-32-60, e-mail: matrosov@rf.unn.ru



Дата 09.01.19

Печать

Подпись и ф.и.о.н., профессора Матросова Валерия Владимировича заверяю

Ученый секретарь