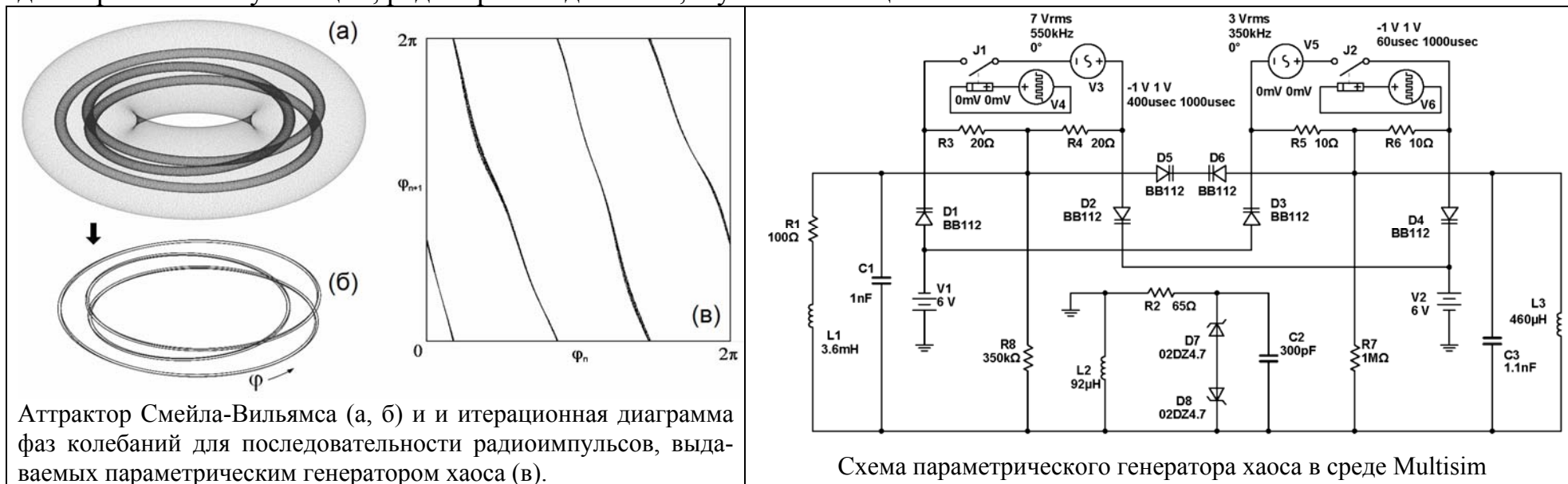


## Параметрические генераторы хаоса

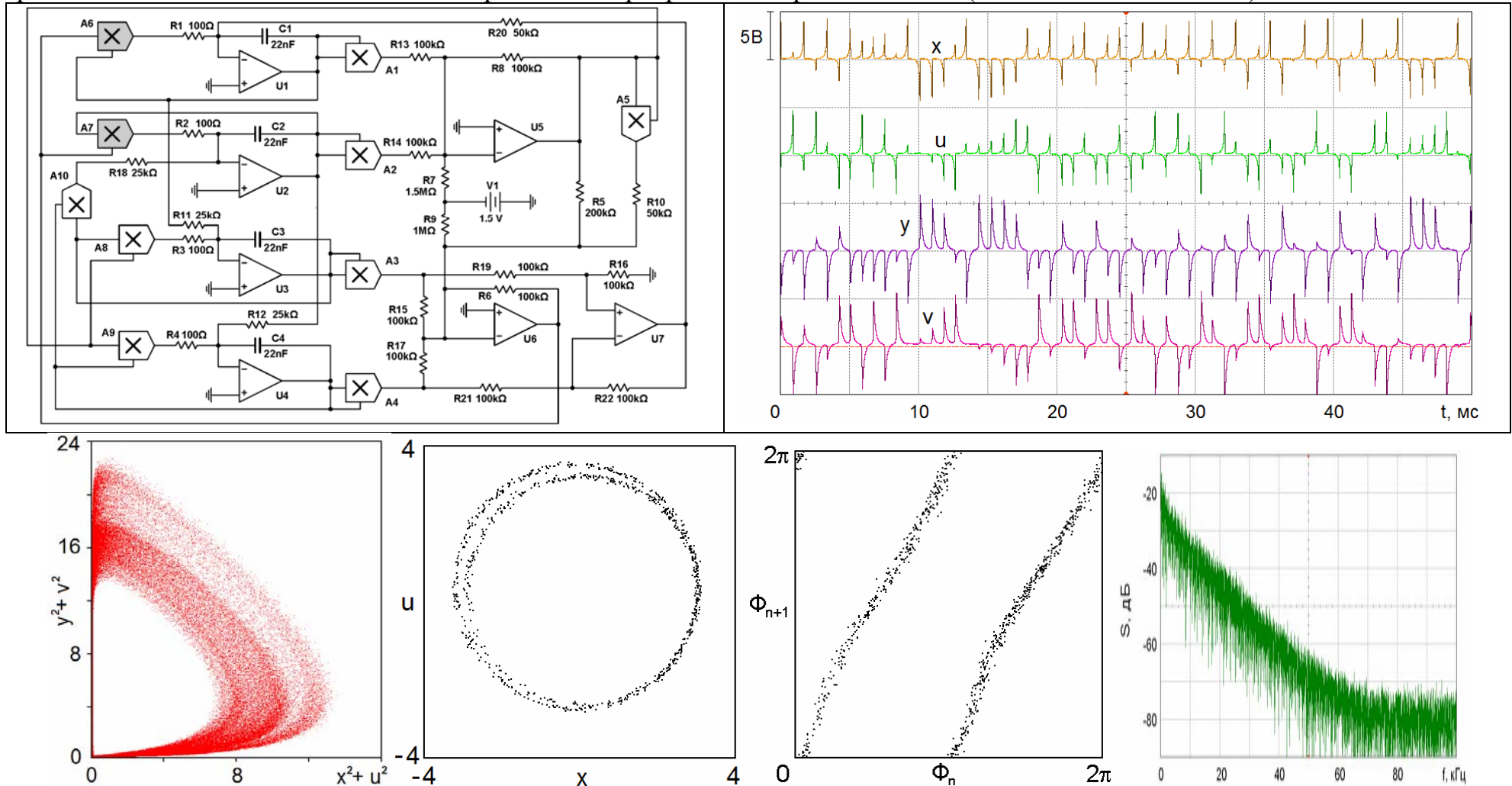
Предложен подход к построению систем – генераторов структурно устойчивого гиперболического хаоса, мало чувствительного к вариации параметров и разного рода возмущениям, основанный на применении принципа параметрического возбуждения колебаний и волн. При попеременном действии накачки на двух частотах, различающихся в определенное число раз, фаза колебаний последовательно выдаваемых радиоимпульсов в сосредоточенных системах и системах с запаздыванием или пространственная фаза паттернов в распределенной системе изменяется согласно растягивающему отображению окружности, что обеспечивает грубый хаос, ассоциирующийся с аттракторами Смейла – Вильямса. В связи с тем, что параметрическое возбуждение колебаний и волн применяется в радиоп физике, нелинейной оптике, акустике, механике, получение грубого хаоса в параметрических системах будет представлять интерес для этих областей. В силу свойства грубости и простоты принципа параметрического возбуждения генераторы хаоса на этой основе перспективны для скрытой коммуникации, радиопротиводействия, шумовой локации.



- [A.S. Kuznetsov, S.P. Kuznetsov. Parametric generation of robust chaos with time-delayed feedback and modulated pump source. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 18, 2013, 728-734.](#)
- [В.П. Круглов, А.С. Кузнецов, С.П. Кузнецов. Гиперболический хаос в системах с параметрическим возбуждением паттернов стоячих волн. Нелинейная динамика, 2014, т.10, №3, 265-277.](#)
- [С.П. Кузнецов. Параметрический генератор грубого хаоса: схемотехническая реализация и моделирование в программной среде Multisim. Вестник СГТУ, 2014, № 3 \(76\).](#)

## Первая реальная автономная система с аттрактором Смейла-Вильямса

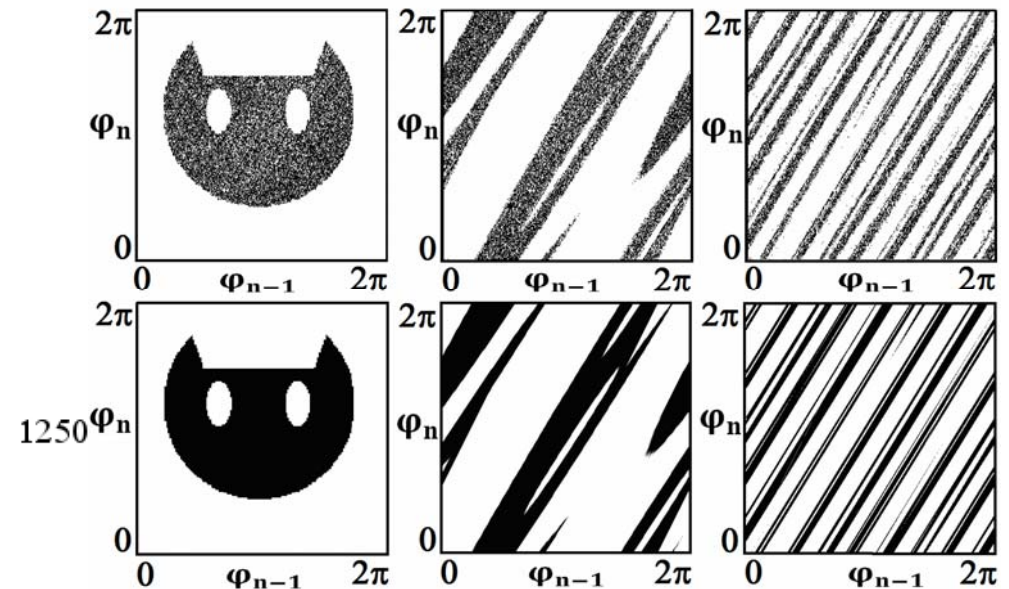
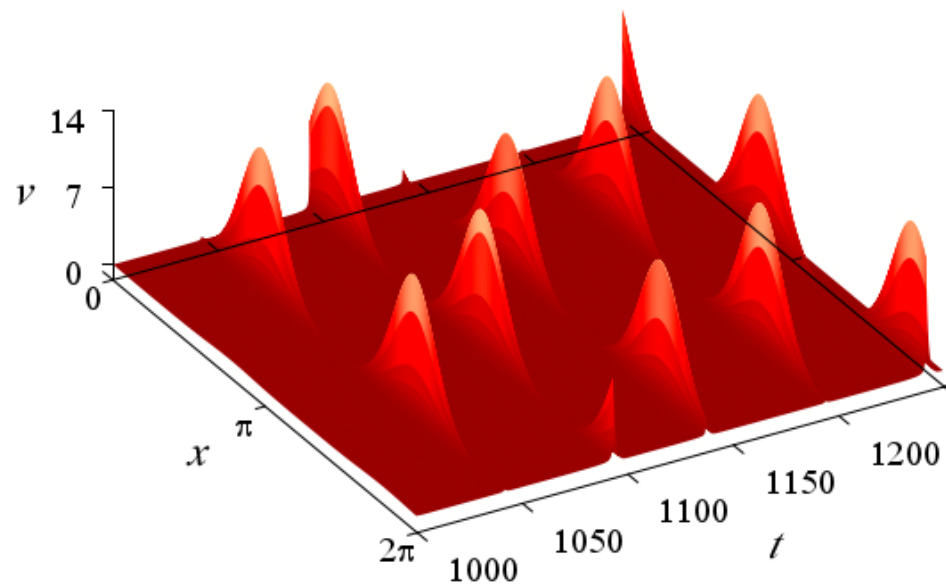
Впервые реализовано электронное устройство, представляющее собой автономную динамическую систему с гиперболическим аттрактором типа Смейла – Вильямса. Проведено экспериментальное исследование лабораторного макета генератора гиперболического хаоса и продемонстрировано соответствие наблюдаемой динамики результатам численных расчетов и схмотехнического моделирования в программной среде Multisim (совместно с лаб. СФ-6).



[С.П. Кузнецов, В.И. Пономаренко, Е.П. Селезнев. Автономная система – генератор гиперболического хаоса. Схмотехническое моделирование и эксперимент. Известия вузов – Прикладная нелинейная динамика, 21, 2013, №5, 17-30.](#)

## Новые распределенные системы с гиперболическими аттракторами

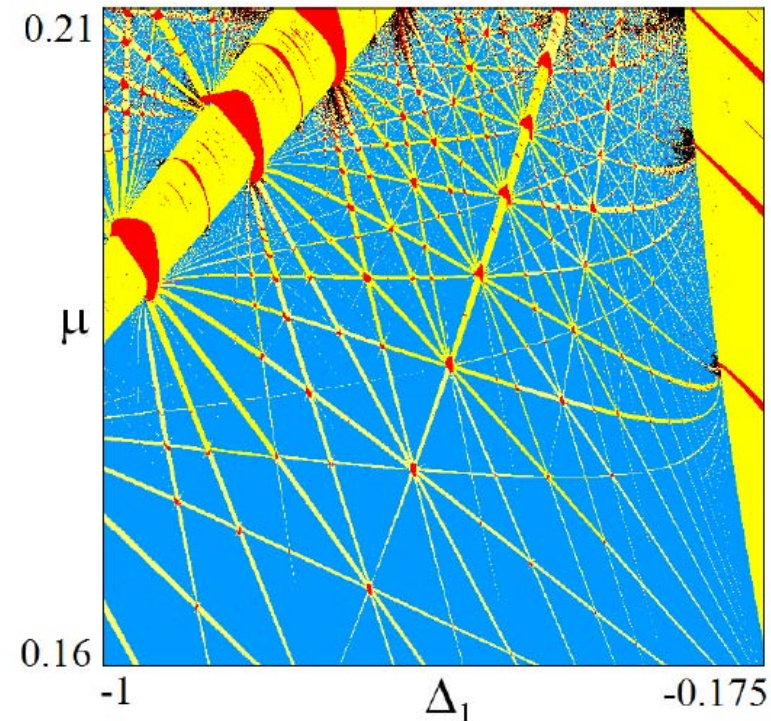
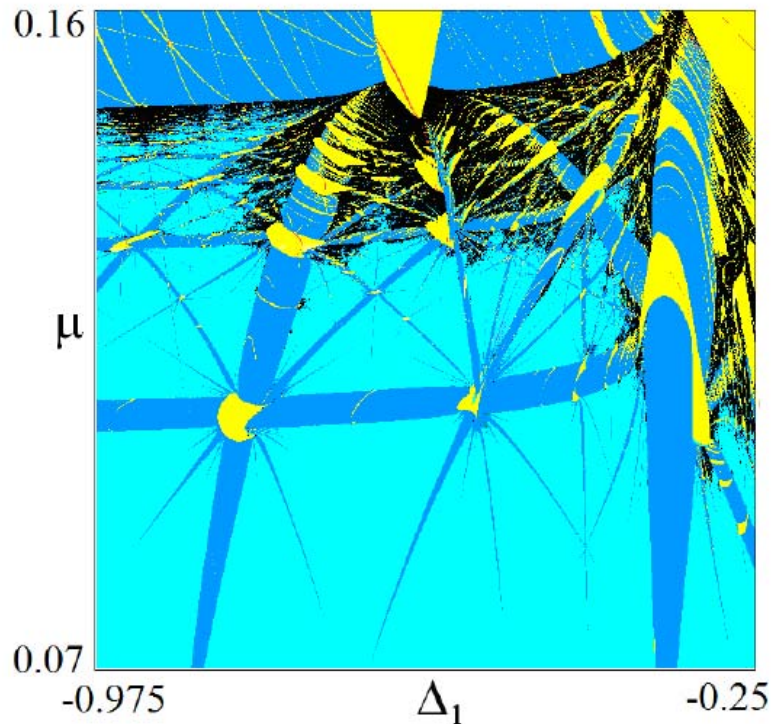
Введены в рассмотрение и изучены в рамках численного моделирования новые примеры автономных распределенных систем, демонстрирующих грубый хаос, обусловленный гиперболическими аттракторами. Одна система, описываемая нелинейными дифференциальными уравнениями с частными производными, получена, как модификация уравнения Свифта – Хохенберга, а вторая – как модификация логистического дифференциального уравнения с двумя дополнительными цепями запаздывающей обратной связи. Для системы с запаздыванием показана возможность реализации в зависимости от параметров аттрактора Смейла – Вильямса, динамики Аносова и DA аттрактора Смейла (совместно с университетом Потсдама, Германия).



- [V.P. Kruglov, S.P. Kuznetsov, A. Pikovsky. Attractor of Smale-Williams type in an autonomous distributed system. Regular and Chaotic Dynamics, 19, 2014, No 4, 483-494.](#)
- [D.S. Arzhankhina, S.P. Kuznetsov. Robust chaos in autonomous time-delay system. Известия вузов – Прикладная нелинейная динамика, 22, 2014, №2, 36-49.](#)

## Квазипериодичность и синхронизация малых ансамблей осцилляторов

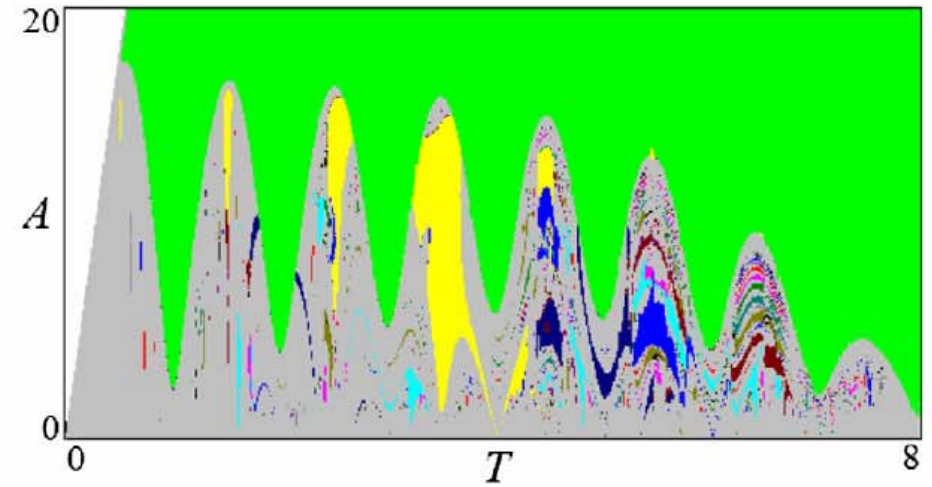
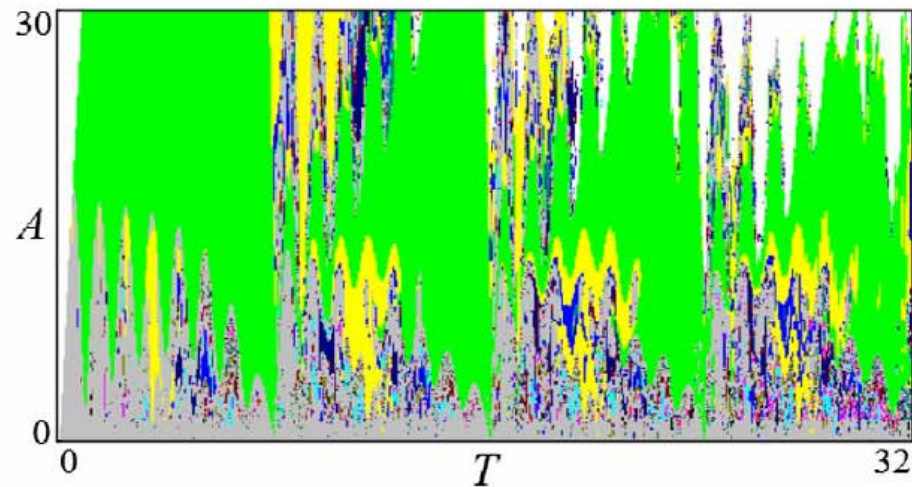
Исследована динамика модельных систем, построенных из трех, четырех и пяти фазовых осцилляторов или осцилляторов ван дер Поля. Построена карта режимов в пространстве параметров и проанализирована картина областей, возникающая вместо языков Арнольда. На основе полученных результатов рассмотрена задача синхронизации трех лазеров в фазовом приближении. С помощью бифуркационного анализа, метода карт ляпуновских показателей и построения фазовых портретов найдены области полной синхронизации, частичной синхронизации, резонансных двухчастотных режимов и трехчастотной квазипериодичности.



- [А.П. Кузнецов, И.Р. Сатаев, Л.В. Тюрюкина, Н.Ю. Чернышев. Синхронизация в фазовой модели трех связанных лазеров. Квантовая Электроника, \*\*44\*\*, 2014, № 1, с. 17-22.](#)
- [А.П. Кузнецов, И.Р. Сатаев, Л.В. Тюрюкина, Н.Ю. Чернышев. Синхронизация и многочастотные колебания в низкоразмерных ансамблях осцилляторов. Известия вузов – Прикладная нелинейная динамика, \*\*22\*\*, 2014, №1, 27-54.](#)
- [A.P. Kuznetsov, Y.V. Sedova. Low-Dimensional Discrete Kuramoto Model: Hierarchy of Multifrequency Quasiperiodicity Regimes. International Journal of Bifurcation and Chaos, \*\*24\*\*, 2014, No 7, 1430022.](#)

## Синхронизация квазипериодической динамики импульсами

Исследована синхронизация модельных систем с квазипериодической динамикой внешним сигналом в виде периодической последовательности импульсов. В пространстве параметров выявлена картина расположения областей различных режимов, включающая мелкомасштабные и крупномасштабные структуры, в том числе области существования аттракторов в виде трехмерных торов. (Совместно с СГТУ имени Гагарина Ю.А. и группой профессора Курца в университете Гумбольдта, Берлин, Германия.)

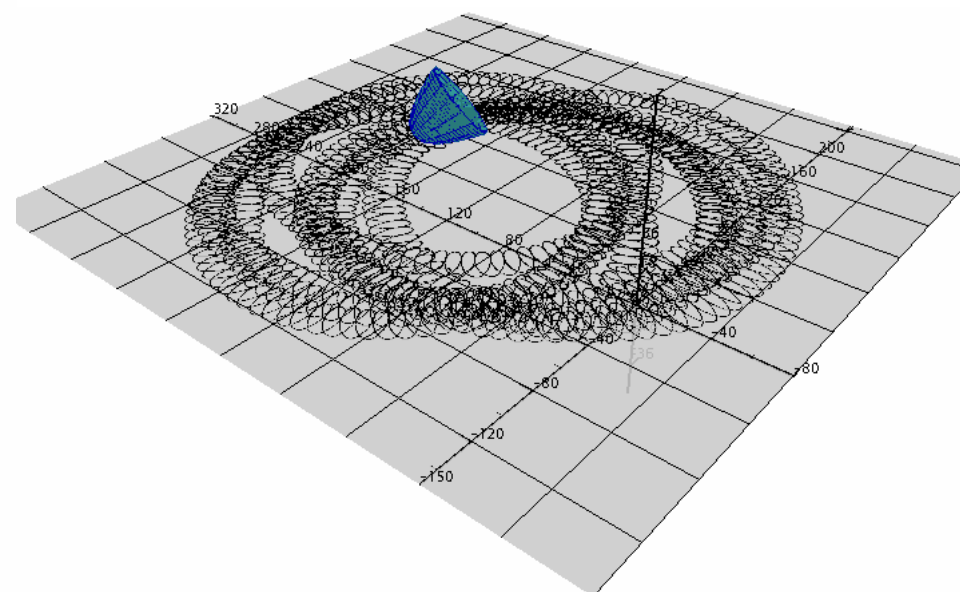
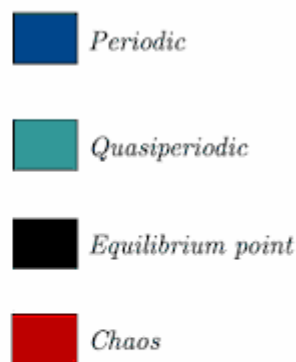
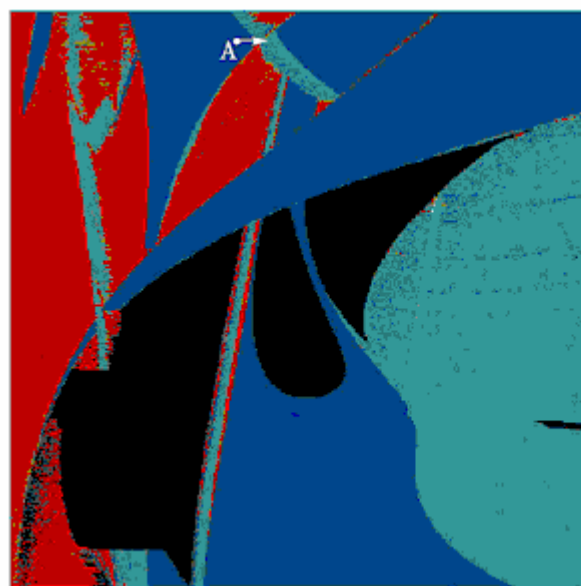


[N.V. Stankevich, J. Kurths, A.P. Kuznetsov. Forced synchronization of quasiperiodic oscillations. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2015, 20, No 1, 316-323.](#)

## Сложная динамика неголономных механических систем

Проведено исследование модельных систем неголономной механики, представляющих интерес для мобильной робототехники. Исследовано движение кельтского камня — твёрдого тела в виде параболоида при наложении неголономной связи, а также движение неоднородного шара на шероховатой горизонтальной плоскости, в отсутствие проскальзывания. Для обеих систем продемонстрирован в численных расчетах эффект реверса — самопроизвольное изменение направления вращения тела на противоположное. Построены карты динамических режимов и выявлены области параметров, где реализуются регулярное и хаотическое поведение систем. Продemonстрировано присутствие перехода к хаосу через удвоения периода по Фейгенбауму, а также возможность реализации странных аттракторов типа Лоренца и так называемых восьмерочных аттракторов. (Совместно с Удмуртским госуниверситетом, Ижевск).

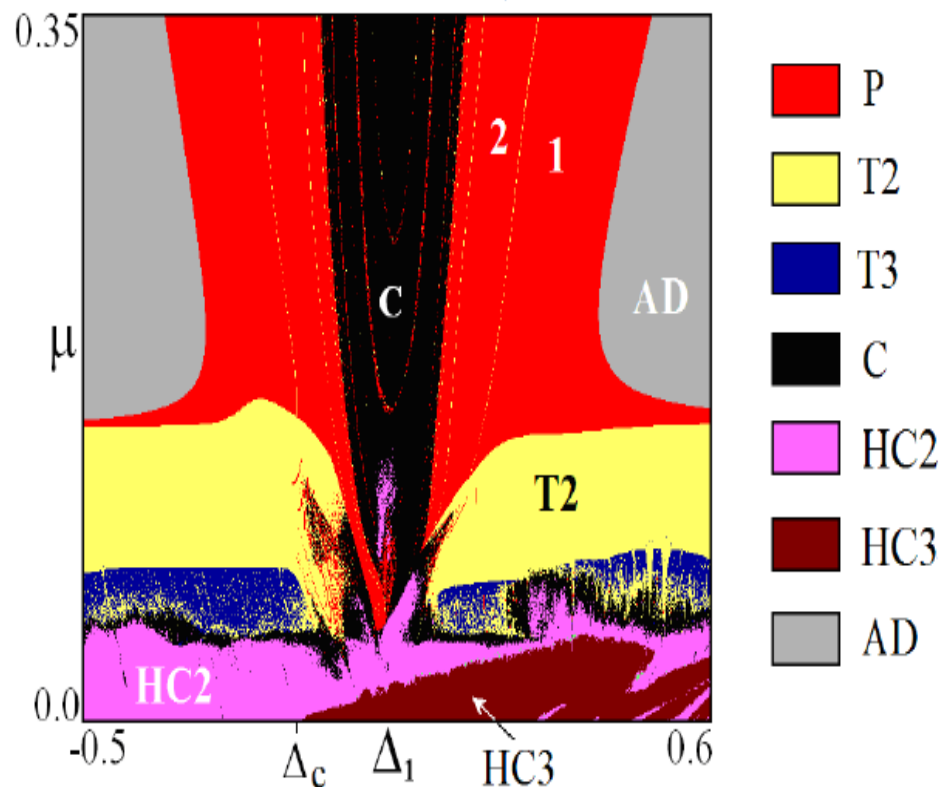
- [А.В. Борисов, А.О. Казаков, И.Р. Сатаев. Регулярные и хаотические аттракторы в неголономной модели волчка Чаплыгина. Нелинейная динамика, 2014, т.10, №3, 361-380.](#)
- [А.В. Борисов, А.О. Казаков, С.П. Кузнецов. Нелинейная динамика кельтского камня: неголономная модель. УФН, 184, 2014, №5, 493-500.](#)
- [A.V. Borisov, A.O. Kazakov, I.R. Sataev. The Reversal and Chaotic Attractor in the Nonholonomic Model of Chaplygin's Top. Regular and Chaotic Dynamics, 19, 2014, No. 6, 718–733.](#)



## Квазипериодичность в ансамбле хаотических систем

Впервые обнаружен эффект возникновения квазипериодических колебаний в результате взаимодействия элементов, обладающих хаотической динамикой. Этот феномен выявлен, интерпретирован и изучен в численных расчетах на примере ансамблей, составленных из различного числа связанных элементов, представляющих собой хаотические системы Ресслера.

- [А.П. Кузнецов, Н.А. Мигунова, Ю.В.Седова, Л.В. Тюрюкина. О квазипериодических колебаниях в связанных хаотических осцилляторах. Вестник СГТУ, 2013, № 4 \(73\), 38-42.](#)
- [А.Б. Адилова, А.П. Кузнецов, А.В. Савин. Динамика связанных дискретных осцилляторов Ресслера. Известия вузов – Прикладная нелинейная динамика, 21, 2013, №5, 108-119.](#)
- [А.П. Кузнецов, Н.А. Мигунова, И.Р. Сатаев, Ю.В. Седова, Л.В. Тюрюкина. Динамика связанных хаотических осцилляторов: от хаоса к квазипериодичности. Нелинейная динамика, 2014, т.10, №4.](#)



## Работы поддержаны

грантами РФФИ **12-02-00342, 12-02-00541, 14-02-00085, 14-02-31342, 14-02-31162**

и грантом Президента Российской Федерации для ведущих научных школ **НШ-1726.2014.2**