

УДК 517.9

АТТРАКТОР БЕЛЫХ В ОТОБРАЖЕНИИ ЗАСЛАВСКОГО И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИ СГЛАЖИВАНИИ

С. П. Кузнецов

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
РАН Россия, 410019 Саратов, ул. Зеленая, 38

Саратовский национальный исследовательский государственный университет Россия,
410012 Саратов, Астраханская, 83

Удмуртский государственный университет Россия, 426034 Ижевск, Университетская, 1

E-mail: spkuz@yandex.ru

Поступила в редакцию 3.10.2017, после доработки 3.11.2017

Если при задании оператора эволюции динамических систем допустить использование негладких или разрывных функций, то ситуации квазигиперболической хаотической динамики реализуются достаточно просто. Это имеет место, например, на аттракторах в модельном отображении Лози и в отображении Белых. В настоящей статье рассматривается квазигиперболический аттрактор Белых в отображении, описывающем динамику ротатора с диссипацией в присутствии периодических толчков, у которых интенсивность зависит по пилообразному закону от мгновенной угловой координаты ротатора, а также исследуется трансформация аттрактора при сглаживании пилообразной функции. Представлены преобразования, сводящие задачу к отображению Белых стандартной формы. Приводятся результаты численных расчетов, иллюстрирующих динамику системы с непрерывным временем на аттракторе Белых. Представлены и обсуждаются также результаты для модели со сглаженной пилообразной функцией в зависимости от параметра, характеризующего масштаб сглаживания. На графиках зависимости показателей Ляпунова при сглаживании пилообразной функции можно видеть появление окон периодической динамики, что говорит о нарушении квазигиперболической природы аттрактора. Приведены также карты динамических режимов на плоскости параметров системы, где присутствуют области периодических движений («языки Арнольда»), уменьшающиеся по мере уменьшения характерного масштаба сглаживания и исчезающие в предельном случае разрывной пилообразной функции. Поскольку изначально аттрактор Белых введен в контексте радиофизических задач (фазовая автоподстройка частоты), предпринятый здесь анализ представляет интерес с точки зрения возможного использования хаотической динамики на этом аттракторе в электронных устройствах.

Ключевые слова: динамическая система, аттрактор, хаос, отображение, ротатор, показатель Ляпунова.

DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-1-64-79

Образец цитирования: Кузнецов С.П. Аттрактор Белых в отображении Заславского и его трансформация при сглаживании // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2018. Т. 26, № 1. С. 64–79. DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-1-64-79

BELYKH ATTRACTOR IN ZASLAVSKY MAP AND ITS TRANSFORMATION UNDER SMOOTHING

S. P. Kuznetsov

Kotelnikov Institute of Radio-Engineering and Electronics of RAS, Saratov Branch 38,
Zelenaya, 410019 Saratov, Russia

Saratov State University 83, Astrakhanskaya, 410012 Saratov, Russia

Udmurt State University 1, Universitetskaya, 426034 Izhevsk, Russia

E-mail: spkuz@yandex.ru

Received 3.10.2017, revised 3.11.2017

If we allow non-smooth or discontinuous functions in definition of an evolution operator for dynamical systems, then situations of quasi-hyperbolic chaotic dynamics often occur like, for example, on attractors in model Lozi map and in Belykh map. The present article deals with the quasi-hyperbolic attractor of Belykh in a map describing a rotator with dissipation driven by periodic kicks, the intensity of which depends on the instantaneous angular coordinate of the rotator as a sawtooth-like function, and also the transformation of the attractor under smoothing of that function is considered. Reduction of the equations to the standard form of the Belykh map is provided. Results of computations illustrating the dynamics of the system with continuous time on the Belykh attractor are presented. Also, results for the model with the smoothed sawtooth function are considered depending on the parameter characterizing the smoothing scale. On graphs of Lyapunov exponents versus a parameter, the smoothing of the sawtooth implies appearance of periodicity windows, which indicates violation of the quasihyperbolic nature of the attractor. Charts of dynamic regimes on the parameter plane of the system are also plotted, where regions of periodic motions («Arnold's tongues») are present, which decrease in size with the decrease in the characteristic scale of the smoothing, and disappear in the limit case of the sawtooth function with a break. Since the Belykh attractor was originally introduced in the radiophysical context (phase-locked loops), the analysis undertaken here is of interest from the point of view of possible exploiting of chaotic dynamics on this attractor in electronic devices.

Key words: dynamical system, attractor, chaos, map, rotator, Lyapunov exponent.

DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-1-64-79

References: Kuznetsov S.P. Belykh attractor in Zaslavsky map and its transformation under smoothing. *Izvestiya VUZ, Applied Nonlinear Dynamics*, 2018, vol. 26, iss. 1, pp. 64–79.

DOI: 10.18500/0869-6632-2018-26-1-64-79