

**Динамические системы-хамелеоны**

**Научный руководитель – Буркин Игорь Михайлович**

**Кузнецова Оксана Игоревна**

*Аспирант*

Тульский государственный университет, Тула, Россия

*E-mail: Scream-lady@yandex.ru*

Сейчас хорошо известно о существовании скрытых аттракторов в системах управления, которые могут приводить к нежелательным последствиям, таким как, например, авария американского многоцелевого истребителя Раптор и шведского истребителя Грифон. В работе [2] приводятся методы и алгоритмы аналитико-численного поиска скрытых аттракторов в разнообразных динамических системах. Однако, до сих пор не существует универсального способа локализации скрытых аттракторов. Недавно в работе [3] был описан класс "систем-хамелеонов". Это динамические системы, обладающие как самовозбуждающимся, так и скрытым аттрактором в зависимости от значений входящих в них параметров.

В работе [1] были развиты идеи и предложен метод конструирования однопараметрических систем-хамелеонов вида

$$\dot{x} = Ax + bf(\sigma, \varepsilon), \sigma = c^T x, \quad (1)$$

где  $A$  матрица размером  $n \times n$ ,  $b$  и  $c$   $n$ -векторы,  $f(\sigma, \varepsilon)$  скалярная функция,  $\varepsilon \in [0, 1]$  параметр. На основании теорем, доказанных в [2], строится система вида (1) такая, что при малых  $\varepsilon > 0$  она имеет легко обнаруживаемый самовозбуждающийся орбитально асимптотически устойчивый цикл. Численно отслеживается эволюция этого цикла при возрастании  $\varepsilon$  до 1. При некотором  $\varepsilon \in (0, 1)$  происходит бифуркация, при которой меняется тип аттрактора системы и появляется скрытый цикл или скрытый аттрактор.

Рассмотрим систему:

$$\frac{d^4x}{dt^4} + \frac{d^3x}{dt^3} + \frac{dx}{dt} = -f(\sigma, \varepsilon), \sigma = \frac{d^2x}{dt^2}, f(\sigma, \varepsilon) = 2\varepsilon \arctg(4\sigma) \exp\left(\frac{\sigma}{3}\right) + (1 - \varepsilon) \frac{4(\sigma^3 + 3\sigma)}{(\sigma^2 + 4)}.$$

Она имеет аттрактор (цикл), самовозбуждающийся из единственного нулевого положения равновесия при  $\varepsilon \in [0, \frac{1}{15})$ . При  $\varepsilon \in (\frac{1}{15}, 0.88)$  цикл является скрытым. При  $\varepsilon \in (0.88, 1)$  в системе присутствует скрытый хаотический аттрактор.

**Источники и литература**

- 1) Буркин И.М., Кузнецова О.И. О некоторых динамических системах-хамелеонах // Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». 18-20 декабря 2017 г. Воронеж, 2017. С. 44-50.
- 2) Burkin I.M., Khien N. Analytical-numerical methods of finding hidden oscillations in multidimensional dynamical systems // Differential Equations, 2014. V. 50 (13), P. 1695–1717.
- 3) Rajagopal K., Akgul A., Jafari S., Karthikeyan A., Koyuncu I. Chaotic chameleon: Dynamic analyses, circuit implementation, FPGA design and fractional-order form with basic analyses // Chaos, Solitons and Fractals, 2017. V. 103. P. 476-487.