Самостоятельная работа завершается контролем. Наиболее эффективным является корректирующий контроль результатов самостоятельной работы, который проводится преподавателем непосредственно в процессе выполнения работы в форме консультирования с целью стимулирования активности и интереса студентов, создания положительного эмоционального отношения к контрольно-оценочной деятельности. Констатирующий контроль оценивает процесс и результат завершенной самостоятельной работы, анализирует общие итоги работы и уровень усвоения учебного материала, позволяет сравнить результаты контроля самостоятельной работы данной группы с результатами самостоятельной работы других групп для определения уровня знаний студентов. По результатам контроля определяется общий итог работы, что дает возможность преподавателю прогнозировать дальнейший этап обучения.

При изучении дисциплин «Математика» и «Высшая математика» основанных на компетентностном подходе, основной формой самостоятельной работы по математике является работа над учебным материалом, которая состоит из следующих элементов: изучение материала по учебникам или электронным ресурсам (привитие навыков работы со специальной литературой), решение задач на более углубленном уровне, самопроверка, выполнение самостоятельных, расчетно-графических и контрольных работ, доклад на научной студенческой конференции.

Самостоятельная работа по математике осуществляется в виде аудиторных и внеаудиторных форм. Аудиторная самостоятельная работа предполагает на практических занятиях самостоятельное решении задач по образцу с последующим обсуждением полученных результатов, письменный опрос, тестирование. Она проводится под контролем и в присутствии преподавателя, у которого в ходе выполнения задания можно получить консультацию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется в произвольном режиме времени в удобные для студента часы, вне аудитории, часто дома. Такими видами учебной деятельности является выполнение расчетно-графических работ (РГР) и доклады на учебно-научных студенческих конференциях. Участие в студенческих конференциях приводит студентов к получению новых знаний по темам на изучение которых, отводится мало часов, но важным для технических специальностей. Во время конференций создается та самая учебная среда, в которой студенты активны, происходит обмен информацией, ее анализ и одновременно контроль усвоенных знаний. Студенты получают навыки первых публичных выступлений, учатся пользоваться специальной терминологией.

Организованная таким образом самостоятельная работа отвечает всем рассмотренным ранее критериям, признакам и целям высокой эффективности познавательной деятельности студентов, что позволяет считать, что самостоятельность как признак компетентности является одним из важных показателей повышения качества подготовки специалистов.

Е.В. Панкратова, А.И. Калякулина
ФГАОУ ВПО «НГУ им. Н.И. Лобачевского»

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХ ХАОТИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ, СВЯЗАННЫХ ЧЕРЕЗ ЛДУ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

В данной работе представлены результаты исследования динамики двух систем ФитцХью-Ринцеля, связь между которыми описывается дифференциальным уравнением первого порядка:

$$\begin{cases} \dot{x}_i = x_i - x_i^3/3 - y_i + z_i + \varepsilon(w - x_i) \\ \dot{y}_i = \gamma(x_i - by_i) \\ \dot{z}_i = \mu(c - x_i - dz_i) \\ \dot{w} + hw = \varepsilon \sum_{i=1}^{2}(x_i - w), \quad i = 1,2 \end{cases} \tag{1}$$

В рассматриваемой системе переменная x описывает изменение мембранного потенциала нервной клетки, переменные y и z определяют изменения ионных токов, переменная w моделирует влияние среды [1,2], μ – малый параметр (μ=0.0001), ε – параметр связи, h – вязкость среды. Параметры рассматриваемой системы: γ=0,08, b=0,8, c=–1,21, d=1, – выбраны таким образом, что в отсутствии связи (при ε=0) колебаниям подсистем, Рис. 1(*а*), соответствует сложное притягивающее множество в фазовом пространстве, Рис. 1(*б*)–(*г*) [3].

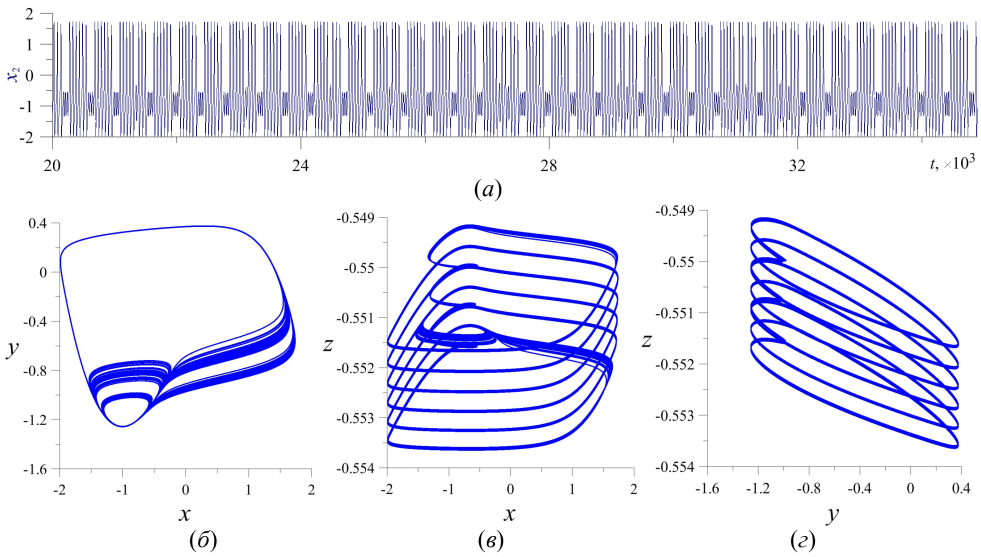

Рис. 1: (*а*) Изменение во времени переменной x и соответствующие представленной реализации проекции аттрактора на плоскости (*б*) (x,y), (*в*) (x,z), (*г*) (y,z).

Для нахождения координат состояния равновесия на синхронном многообразии (x_1=x_2=x, y_1=y_2=y, z_1=z_2=z) запишем систему:

$$\begin{cases} x - x^3/3 - y + z + \varepsilon(w - x) = 0 \\ \gamma(x - by) = 0 \\ \mu(c - x - dz) = 0 \\ -hw + 2\varepsilon(x - w) = 0. \end{cases} \tag{2}$$

Из трёх последних уравнений системы (2) следует, что:

$$y = \frac{x}{b}, \quad z = \frac{c - x}{d}, \quad w = \frac{2\varepsilon x}{2\varepsilon + h}. \tag{3}$$

Подстановка полученных выражений в первое уравнение системы (2) и выполнение некоторых преобразований, приводит к приведенному кубическому уравнению относительно x:

$$x^3+3\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)x-\frac{3c}{d}=0. \qquad (4)$$

Так как $h>0$, $\varepsilon>0$, $b>0$, $d>0$, $b+d>bd$, дискриминант уравнения (4)

$$D=\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3+\left(\frac{3c}{2d}\right)^2 \qquad (5)$$

положителен, следовательно, уравнение (4) имеет единственный вещественный корень. Будем искать решение (4) в виде:

$$x=\xi-\frac{1}{\xi}\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right). \qquad (6)$$

Подстановка (6) в (4), позволяет получить уравнение:

$$\xi^6-\frac{3c}{d}\xi^3-\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3=0, \qquad (7)$$

решение которого имеет вид:

$$\xi_{\pm}^3=\frac{1}{2}\left(\frac{3c}{d}\pm\sqrt{\frac{9c^2}{d^2}+4\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3}\right). \qquad (8)$$

Для получения x_{eq} подставим в (6)

$$\xi_{+}=\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left(\frac{3c}{d}+\sqrt{\frac{9c^2}{d^2}+4\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3}\right)}. \qquad (9)$$

Учитывая, что

$$\frac{\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left(\frac{3c}{d}+\sqrt{\frac{9c^2}{d^2}+4\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3}\right)}}=-\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left(\frac{3c}{d}-\sqrt{\frac{9c^2}{d^2}+4\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3}\right)}, \qquad (10)$$

получим:

$$x_{eq}=\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left(\frac{3c}{d}+\sqrt{\frac{9c^2}{d^2}+4\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3}\right)}+\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left(\frac{3c}{d}-\sqrt{\frac{9c^2}{d^2}+4\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{d}+\frac{\varepsilon h}{2\varepsilon+h}-1\right)^3}\right)}. \qquad (11)$$

Таким образом, на синхронном многообразии координаты единственного состояния равновесия системы (1) :

$$O_{eq}=\left(x_{eq},\ \frac{x_{eq}}{b},\ \frac{c-x_{eq}}{d},\ \frac{2\varepsilon x_{eq}}{2\varepsilon+h}\right). \qquad (12)$$

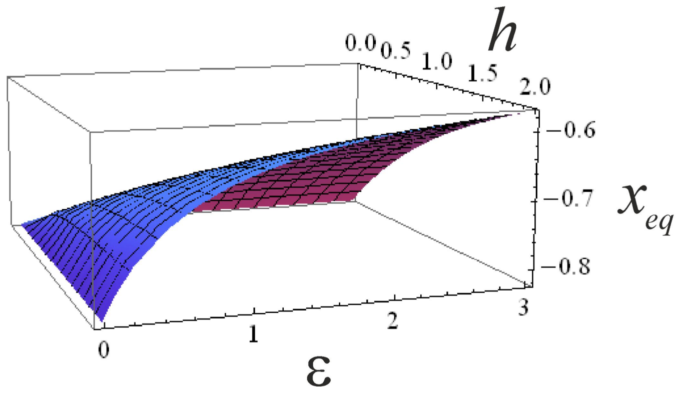

Рис. 2: Зависимость $x_{eq}(\varepsilon,\ h)$.

На Рис. 2 показана зависимость x_{eq} от параметра среды h и параметра связи ε.

На основе использования критерия Рауса-Гурвица (см., например, [4]) было получено разбиение плоскости параметров $\varepsilon(h)$ на две области, одна из которых соответствует режиму отсутствия колебаний, другая – режиму различной колебательной активности. Граница устойчивости состояния равновесия, полученная аналитически, была подтверждена результатами прямого численного моделирования. Численно было установлено, что в области, где состояние равновесия O_{eq} становится неустойчивым, в зависимости от выбора параметров h и ε устанавливаются различные колебательные режимы поведения.

Таким образом, в настоящей работе показано, что в системе (1) при изменении параметров среды и связи возможны установление сложных как периодических так и непериодических колебаний пачечного типа, генерация периодических последовательностей импульсов, а также полное подавление генерации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 15-01-08776 и 14-02-31727), Минобрнауки (контракт 1.115.2014/ К).

Список литературы:

[1] Resmi V., Ambika G., Amritkar R.E. //Synchronized states in chaotic systems coupled indirectly through a dynamic environment. Phys. Rev. E. 2010. V. 81. C. 046216.
[2] Resmi V., Ambika G., Amritkar R.E., Rangarajan G. // Amplitude death in complex networks induced by environment. Phys. Rev. E. 2012. V. 85. C. 046211.
[3] Белых В.Н., Панкратова Е.В. //Хаотическая синхронизация в ансамблях связанных нейронов, моделируемых системой ФитцХью-Ринцеля. Известия вузов. Радиофизика. 2006. Т. 49, №11. С. 1002.
[4] Четаев Н.Г. Устойчивость движения. - М: Наука, 1965, 234 с.