

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ  
В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ  
ТАЛАМОКОРТИКАЛЬНОЙ ЯЧЕЙКИ**

*А. В. Колосов<sup>1</sup>, И. В. Нуйдель<sup>2</sup>, В. Г. Яхно<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
Россия, 603950 Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

<sup>2</sup>Институт прикладной физики РАН  
Россия, 603950 Нижний Новгород, БОКС-120, ул. Ульянова, 46

E-mail: 7418880@mail.ru; nira\_appl@mail.ru; yakhno@appl.sci-nnov.ru

В работе рассматривается математическая модель элементарной ячейки таламокортикальной сети и характерные для нее динамические режимы, описывающие взаимодействие таламуса, ретикулярных ядер таламуса и коры.

В таламокортикальной системе при нормальной обработке информации происходит стробирование входного сигнала во времени. Нарушение нормального функционирования приводит к эпилепсии, когда восприятие информации нарушается. Рассмотрение данной системы приведет к пониманию закономерностей нарушения восприятия человека, чему соответствуют автоколебания в таламокортикальной сети.

Сосредоточенная математическая модель описывается системой трех дифференциальных уравнений. Для данной системы строится трехмерное фазовое пространство, позволяющее отслеживать изменения «состояний равновесия» системы при изменениях параметров.

Анализ такой системы впервые производится с использованием трехмерного фазового пространства; рассматривается поведение траекторий изображающих точек, и становится наглядным изображение состояний равновесия системы. Из-за большого количества параметров системы построение такого пространства даёт возможность предсказывать развитие системы в последующие моменты времени при любых параметрах.

Проведена классификация динамических режимов в системе (невозбужденный, возбужденный и автоколебания) в зависимости от величины постоянного внешнего сигнала, поступающего на таламус. Показано, что отклик системы состоит из первого импульса и следующих за ним импульсов автоколебаний, период которых отличается от длительности первого импульса. Исследована зависимость характерных времен первого импульсного отклика и периода автоколебаний от величины внешнего сигнала.

Численный анализ модели показал существование U-образной зависимости длительности первого импульса и уменьшение периода автоколебаний в ответ на

увеличение значений внешнего сигнала. Полученные результаты важны для дальнейшего рассмотрения правдоподобности гипотезы, в соответствии с которой таламокортикальные сети управляют активностью участков коры мозга и ориентированы (в норме) на интеграцию полученных на них результатов для принятия решений на более высоких уровнях нейросетевой обработки в мозговых структурах.

Ключевые слова: Нейроподобные сети, автоколебания, релаксационные колебания, эпилепсия, тормозная связь, возбуждающая связь, стробирование сигнала, сенсорный сигнал.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-5-72-83

Ссылка на статью: Колосов А.В., Нуйдель И.В., Яхно В.Г. Исследование динамических режимов в математической модели элементарной таламокортикальной ячейки // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2016. Т. 24, No 5. С. 72–83.

## RESEARCH OF DYNAMIC MODES IN THE MATHEMATICAL MODEL OF ELEMENTARY THALAMOCORTICAL CELL

*A. V. Kolosov<sup>1</sup>, I. V. Nuidel<sup>2</sup>, V. G. Yakhno<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State University  
Gagarin St., 23, 603950 Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup>Institute of Applied Physics of the RAS  
Ul'yanov St., 46, 603950 Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: 7418880@mail.ru; nira\_appl@mail.ru; yakhno@appl.sci-nnov.ru

In the work the mathematical model of the thalamocortical network's unit cell and its characteristic dynamical modes in system, describing the interaction between a thalamus, thalamus reticular nucleus and a cortex, is studied.

During normal information processing, input signal gating occurs in time in the thalamo-cortical network. The violation of the normal functioning leads to an epilepsy, when the perception of information is disrupted. The consideration of this system will lead to an understanding of the human perception's violation regularities, which correspond to the thalamo-cortical network's self-oscillation.

The focused mathematical model is described by a system of three differential equations. For this system a three-dimensional phase space is constructed, enabling us to track changes of the system's «equilibrium states» when parameters change.

The analysis of the system for the first time is performed using a three-dimensional phase space; the behavior of the representative points' trajectories is considered, and the

representation of equilibrium states of the system becomes obvious. Due to the large number of parameters of the system to build that space makes it easier to predict the development of the system in subsequent time for any parameters.

The classification of dynamical modes in system (unexcited, excited and a self-oscillation), depending on the magnitude of the constant external signal incoming to the thalamus, is carried out. It is shown that the response of the system consists of a first pulse and following it self-oscillation pulses, whose period is different from the duration of the first pulse. The dependence of characteristic times of the first impulse response and the period of the self-oscillation with the external signal is studied.

The numerical analysis of the model revealed the existence of U-shaped dependence of the first pulse duration and a decreasing of the period of the self-oscillation in the response to the increase of the external signal value. The results are important for further consideration of the plausibility of the hypothesis, according to which the thalamocortical networks control the activity of the areas of the cerebral cortex and focused (normally) on the integration of the obtained results for decision-making at higher levels of neural network processing in brain structures.

Keywords: Neuronlike network, self-oscillation, relaxation oscillations, epilepsy, inhibitory connections, excitatory connections, signal gating, sensor signal.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-5-72-83

Paper reference: Kolosov A.V., Nuidel I.V., Yakhno V.G. Research of dynamic modes in the mathematical model of elementary thalamocortical cell // *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2016. Vol. 24. Issue 5. P. 72–83.