

Упрощение уравнений Ходжкина-Хаксли активности первичного афферентного нейрона вестибулярного аппарата

Научный руководитель – Буданов Владимир Михайлович

Позднеева Елена Валерьевна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления,
Москва, Россия

E-mail: pozdneeva@gmail.com

Моделирование активности различных клеток живых организмов представляет особый интерес в различных областях современной науки.

Значительный прорыв в сфере моделирования активности нервных клеток связан с исследованиями Ходжкина и Хаксли в 40-50 гг. прошлого столетия, которые были отмечены Нобелевской премией в области физиологии и медицины в 1963 году [3]. Предложенная ими модель распространения возбуждения в гигантском аксоне кальмара была взята за основу группой ученых с кафедры Прикладной механики и управления во главе с заведующим кафедрой В.В. Александровым для описания активности первичного афферентного нейрона вестибулярного аппарата [4].

В свою очередь, последняя модель послужила материалом для исследования математических свойств описывающей ее системы дифференциальных уравнений [4]:

$$\begin{aligned} C_2 \frac{dV_2}{dt} &= I_{Syn} - I_{Na} - I_K - I_{L_2}, \\ \tau_n(V_2) \frac{dn}{dt} &= (n_\infty(V_2) - n)Q_{10}. \end{aligned}$$

В описание токов I_{Na}, I_K, I_{L_2} входят функции, описывающие процессы активации и инактивации токов и содержащие экспоненциальные зависимости в знаменателях; кроме того, в систему входят параметры V_2 и n в высоких степенях (третьей и четвертой). Эти факторы усложняют исследование математических свойств системы, таких, как характер особых точек, наличие предельного цикла или автоколебательных процессов.

Таким образом, целью работы «Упрощение уравнений Ходжкина-Хаксли активности первичного афферентного нейрона вестибулярного аппарата» является построение такой системы дифференциальных уравнений второго порядка, которая наилучшим образом аппроксимировала бы правые части указанной выше системы уравнений и при этом не содержала бы не только экспоненциальных зависимостей, но и включала бы члены не выше третьей степени.

В докладе будет сообщено о поиске аппроксимации этой системы системой дифференциальных уравнений второго порядка вида

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -2uv - \mu(u - b), \\ \frac{dv}{dt} &= u^2 - v^2 - p^2. \end{aligned}$$

с линейным членом с малым множителем μ [1], [2], а также представлены полученные графические результаты сравнения временных зависимостей и предельных циклов исходной (для первичного нейрона) и полученной в результате аппроксимаций (с точностью до замены параметров) систем дифференциальных уравнений второго порядка.

Источники и литература

- 1) Буданов В.М. Об одной изохронной нелинейной задаче // Вестник Моск. ун-та, Сер. 1. Математика. Механика. М., 2013. С. 1 – 4.
- 2) Буданов В.М. Изохронный нелинейный осциллятор //XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Казань. 20 – 24 августа 2015 г. С.603 – 604.
- 3) Hodgkin A.L. and Huxley A.F. A Quantitative Description of Membrane Current and Its Application to Conduction and Excitation in Nerve // J.Physiol. V117. 1952, P. 500 –544.
- 4) Sadovnichii V.A., Aleksandrov V.V., Alexandrova T.B., Konik A.A., Pakhomov B.V., Sidorenko G.Yu., Soto E., Tikhonova K.V. and Shulenina N.E. Mathematical Simulation of correction of output signals from the gravito-inertial Mechanoreceptor of vestibular apparatus // Moscow Univ. Mech. Bull., Vol. 68. No. 5. 2013. P. 111– 115.