

# Модель нейрона с подпороговыми колебаниями

Работу выполнили:

Платонова М.В., Рогов М.А., Сарафанов Ф.Г.

Научный руководитель:

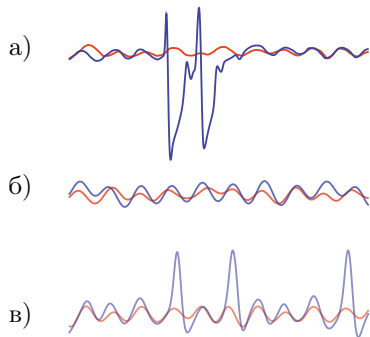
Щапин Д.С.

Нижний Новгород – 2018

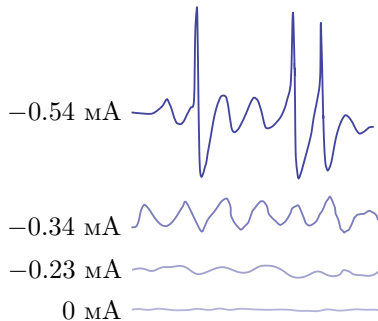
# Цели работы

- 1** Ознакомиться с моделью нейрона, обладающей свойствами генерировать подпороговые колебания и импульсы возбуждения
- 2** Феноменологически получить модельные уравнения и качественно исследовать их динамику
- 3** Рассмотреть электронную схему, соответствующую модельным уравнениям
- 4** Осуществить компьютерный и физический эксперименты, сравнить результаты

# Подпороговые колебания в нейронах

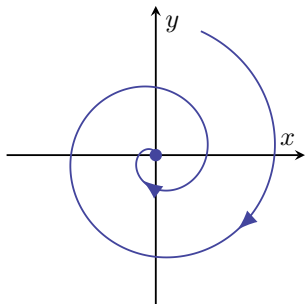


Различные виды колебаний в нейронах ствола головного мозга [1]

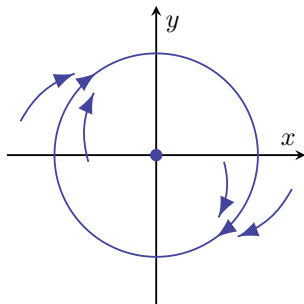


Зависимость динамики колебаний в нейронах коры головного мозга от тока стимуляции[1]

# Генератор Ван-дер-Поля: фазовый портрет



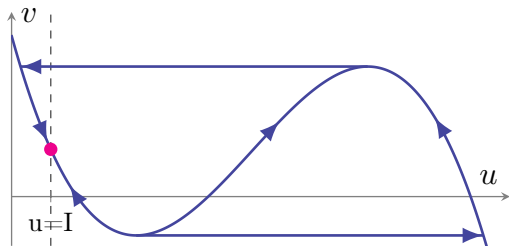
$\gamma < 0$ :  
устойчивый фокус



$\gamma > 0$ :  
предельный цикл

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = \mu(\gamma - x^2)y - \omega^2 x \\ \frac{dx}{dt} = y, \quad \mu \ll 1 \end{cases}$$

# Модель ФитцХью-Нагумо: фазовый портрет

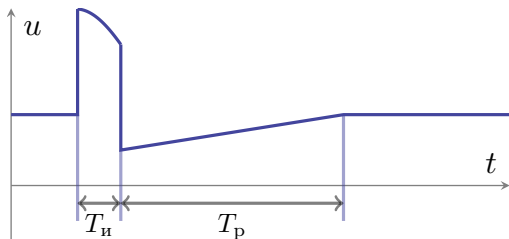


$$\begin{cases} \frac{du}{dt} = f(u) - v \\ \frac{dv}{dt} = \varepsilon(u - I) \end{cases}$$

$I$  – параметр порога возбуждения

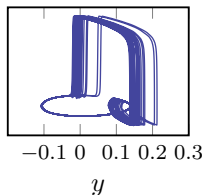
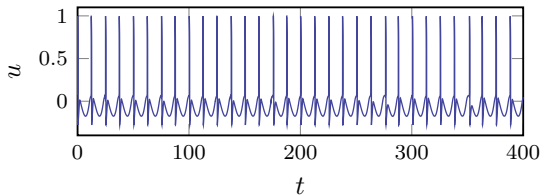
$f(u)$  – кубическая функция

$\varepsilon \ll 1$  – малый параметр

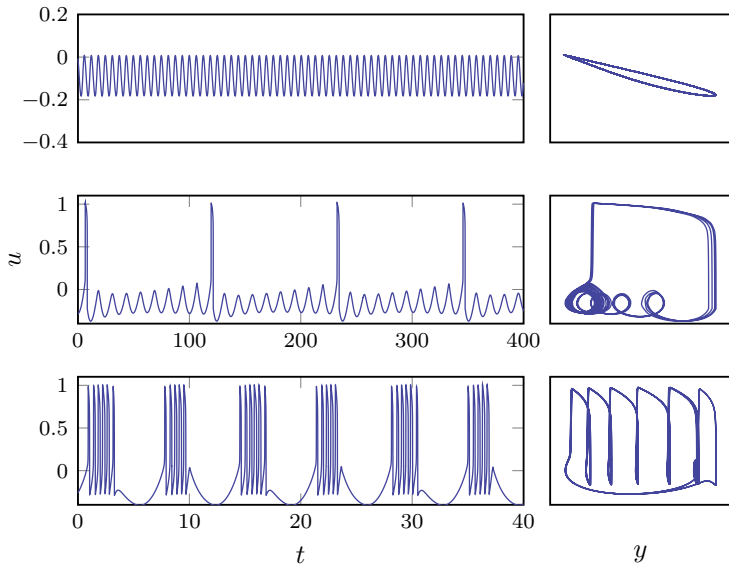


# Математическая модель нейрона

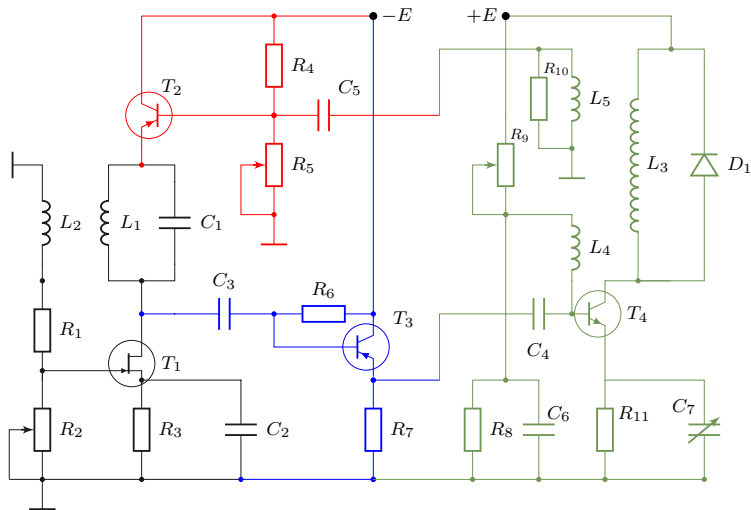
$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_1 \frac{du}{dt} = f(u) - v - d \cdot x \\ \frac{dv}{dt} = \varepsilon_2(u - I) \\ \frac{dx}{dt} = y \\ \frac{dy}{dt} = \mu(\Gamma(u, I) - x^2)y - \omega^2 \cdot x \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} f(u) = u(1 - u)(u - a) \\ \Gamma(u, I) = \gamma(1 - \alpha I + \beta u) \\ a = 0.1 \quad \alpha = 5 \\ \varepsilon_1 = 0.001 \quad \beta = 10 \\ \varepsilon_2 = 1.5 \quad I = -0.09 \\ \gamma = 0.21 \quad d = 0.85 \\ \omega = 1 \end{array}$$



# Характерные режимы модели



# Схема экспериментальной установки



■ – генератор Ван-дер-Поля

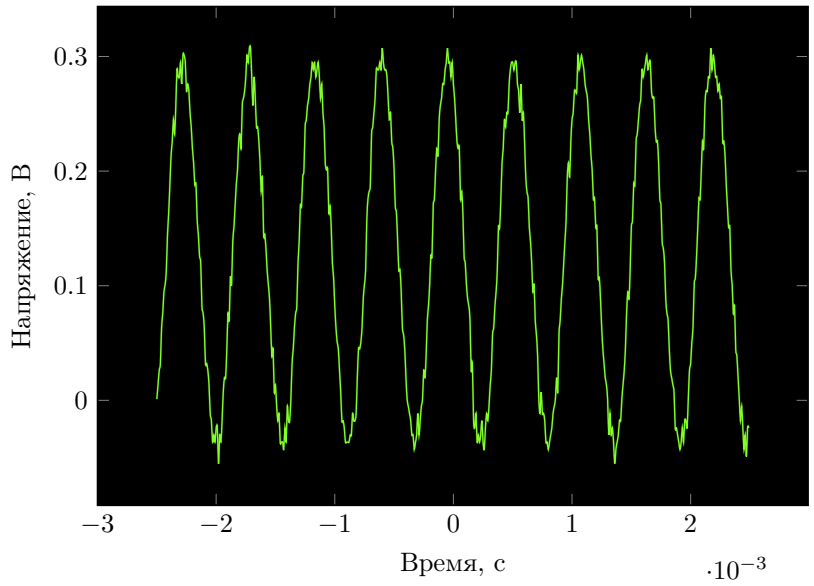
■ – эмиттерный повторитель

■ – эмиттерный повторитель

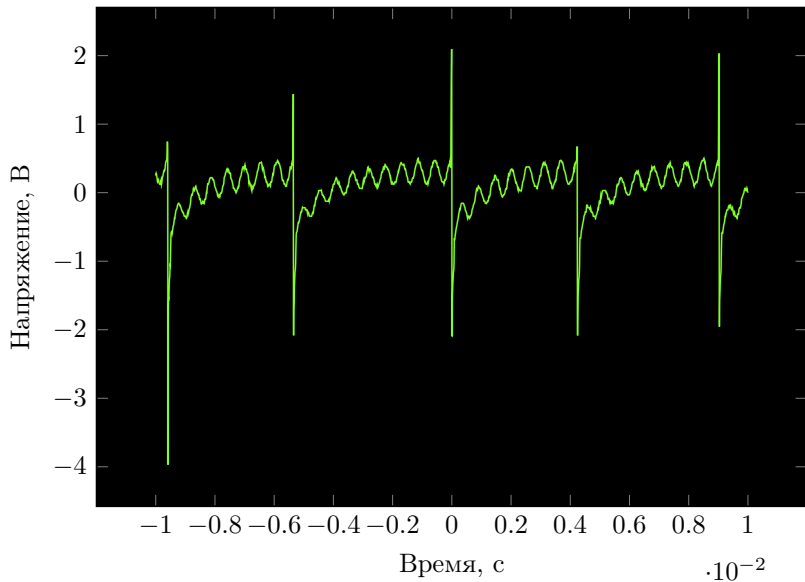
■ – блокинг-генератор



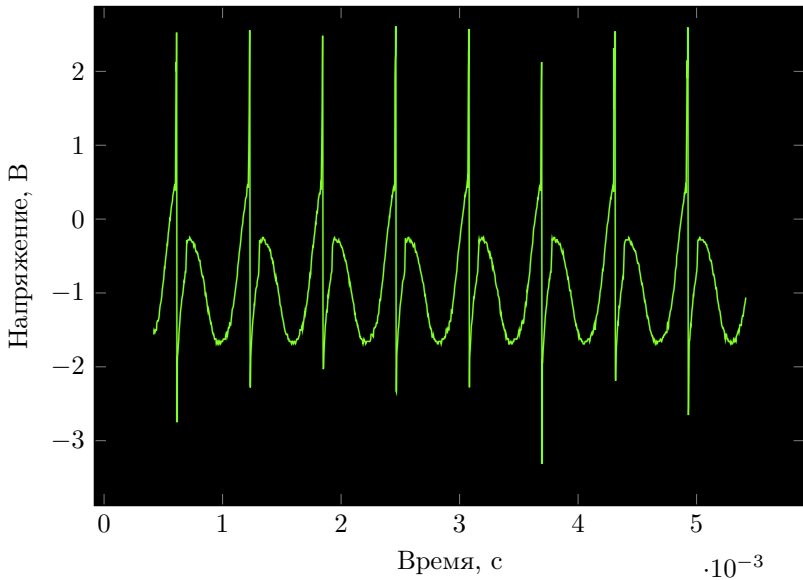
# Подпороговые колебания



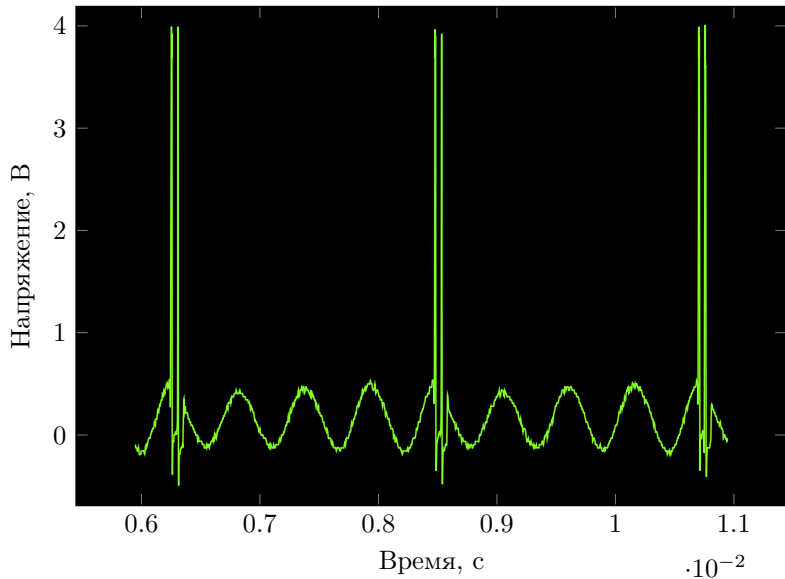
# Один спайк на несколько периодов



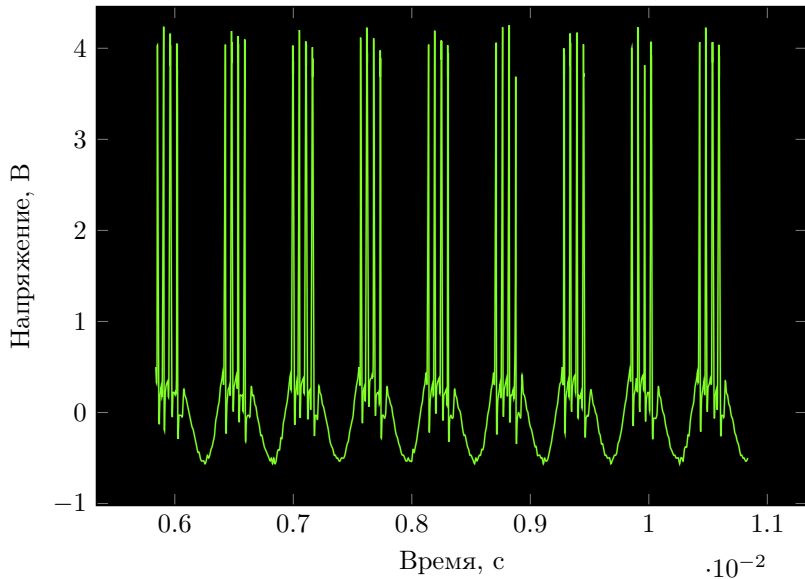
# Один спайк на период



# Два спайка на периоде

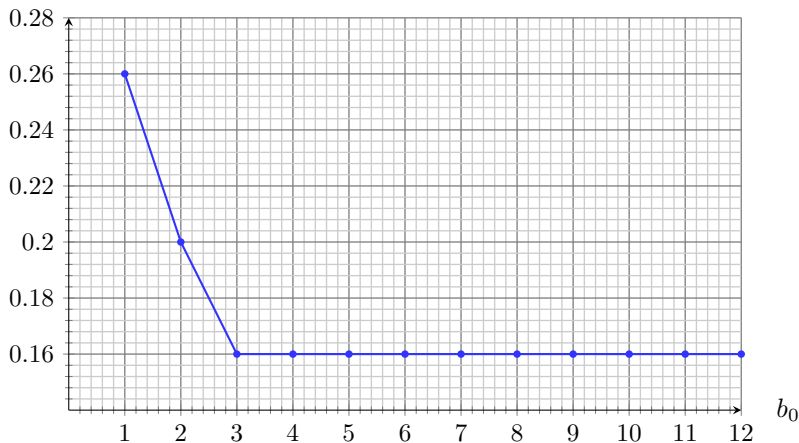


# Спайк-берст



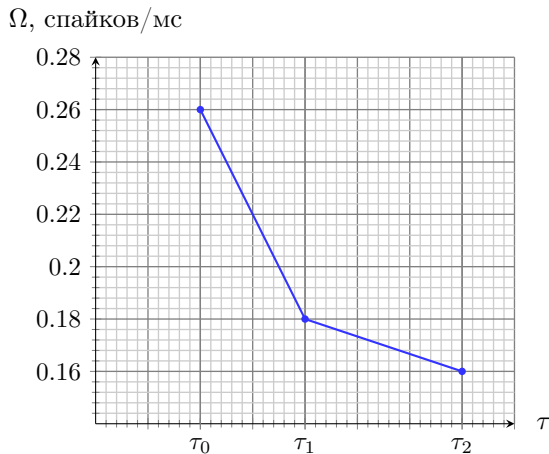
# Влияние потенциала запирания $b_0$

$\Omega$ , спайков/мс



Зависимость частоты спайков от величины  
потенциала запирания  $b_0$

# Влияние времени релаксации на частоту спайков



Зависимость частоты спайков от времени релаксации  $\tau \sim C$  – емкости конденсатора в цепи блокинг-генератора

# Выводы

- 1** Осуществлено знакомство с моделью нейрона с подпороговыми колебаниями
- 2** Качественно исследованы уравнения, соответствующие квазигармоническим колебаниям и порогу возбуждения
- 3** Получены подпороговые колебания, спайк и спайк-берст режим на экспериментальной установке
- 4** Реализована компьютерная модель системы, на которой был получен спайк-берст режим, показано качественное соответствие режиму, полученному экспериментально



# Список литературы

- [1] R.Linas ,R.Yarom. Oscillatory properties of guinea-pig inferior olivary neurones and their pharmacological modulation: an *in vitro* study. —J.Physiol, 1986, т. 376, 163 с.
- [2] Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. — М.:ФизМатИзд, 1959, 916 с.
- [3] Ходжкин А. Нервный импульс. — М.:Мир, 1965, 126 с.

Спасибо за внимание!

Презентация подготовлена в издательской  
системе LaTeX с использованием пакетов  
PGF/TikZ и Beamer