

# Модель нейрона с подпороговыми колебаниями

Работу выполнили:

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

Научный руководитель:

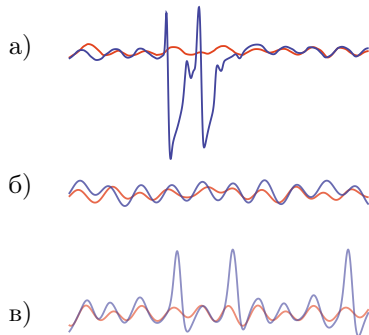
Щапин Д.С.

Нижний Новгород – 2018

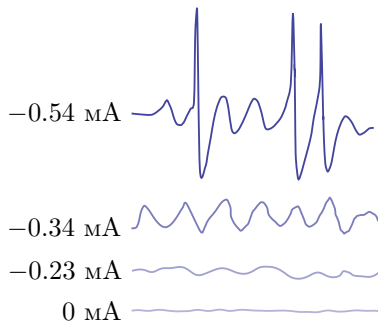
# Цели работы

- 1** Ознакомиться с моделью нейрона с подпороговыми колебаниями
- 2** Изучить модельные уравнения и эквивалентную схему
- 3** Создать компьютерную модель нейрона
- 4** Рассмотреть физическую реализацию модели в виде электронной установки
- 5** Получить экспериментальные данные с установки и сравнить с теоретическими

# Подпороговые колебания в нейронах

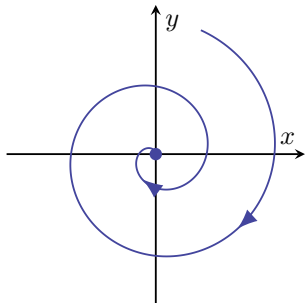


Колебания в нейронах ствола  
головного мозга

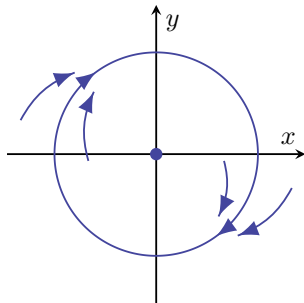


Подпороговые колебания в нейронах  
коры головного мозга

# Генератор Ван-дер-Поля: фазовый портрет



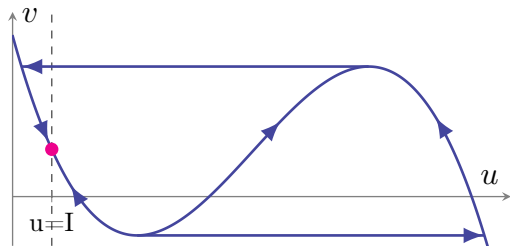
$\gamma < 0$ :  
устойчивый фокус



$\gamma > 0$ :  
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

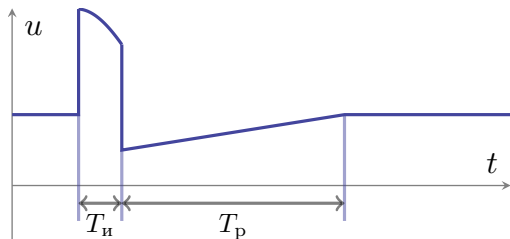


$$\begin{cases} \frac{du}{dt} = f(u) - v \\ \frac{dv}{dt} = \varepsilon(u - I) \end{cases}$$

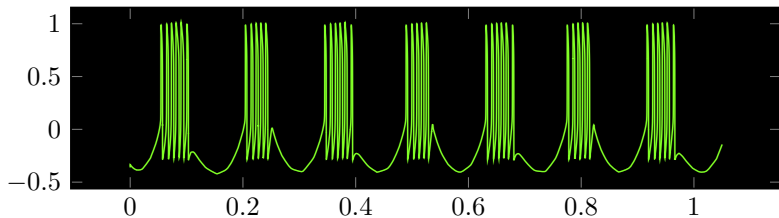
$I$  – параметр порога  
возбуждения

$f(u)$  – кубическая  
функция

$\varepsilon \ll 1$  – малый параметр

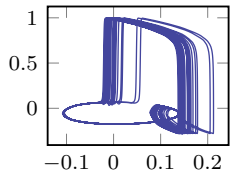
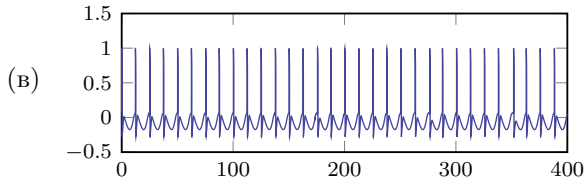
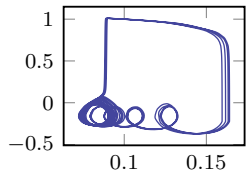
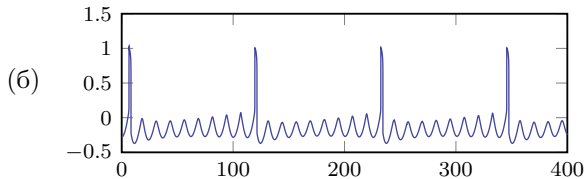
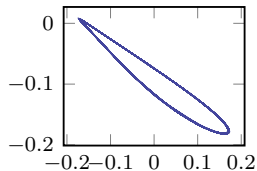
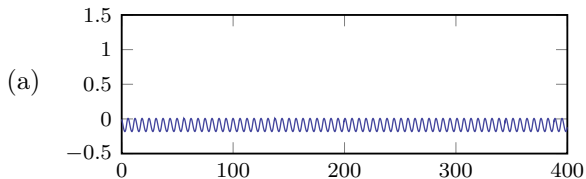


# Математическая модель нейрона

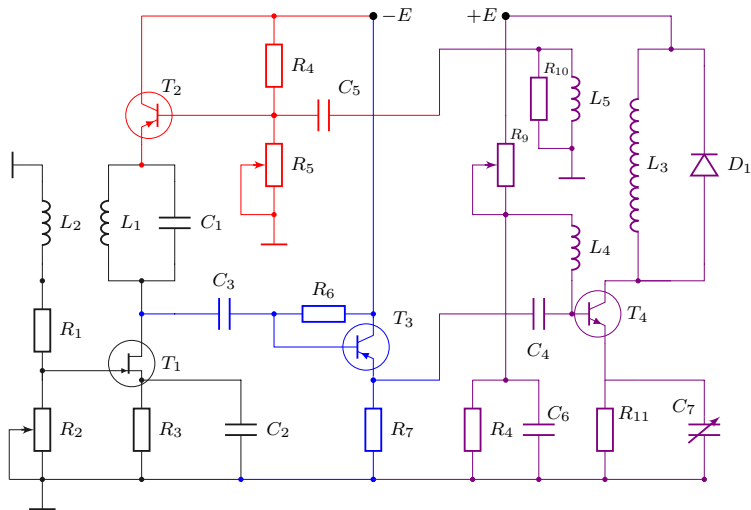


$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_1 \frac{du}{dt} = f(u) - v - d \cdot x \\ \frac{dv}{dt} = \varepsilon_2 (u - I) \\ \frac{dx}{dt} = y \\ \frac{dy}{dt} = \mu(\Gamma(u, I) - x^2)y - \Omega^2(u, I) \cdot x \end{array} \right. \quad \begin{array}{ll} a = 0.1 & \alpha = 5 \\ \varepsilon_1 = 0.001 &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

# Характерные режимы модели



# Схема экспериментальной установки

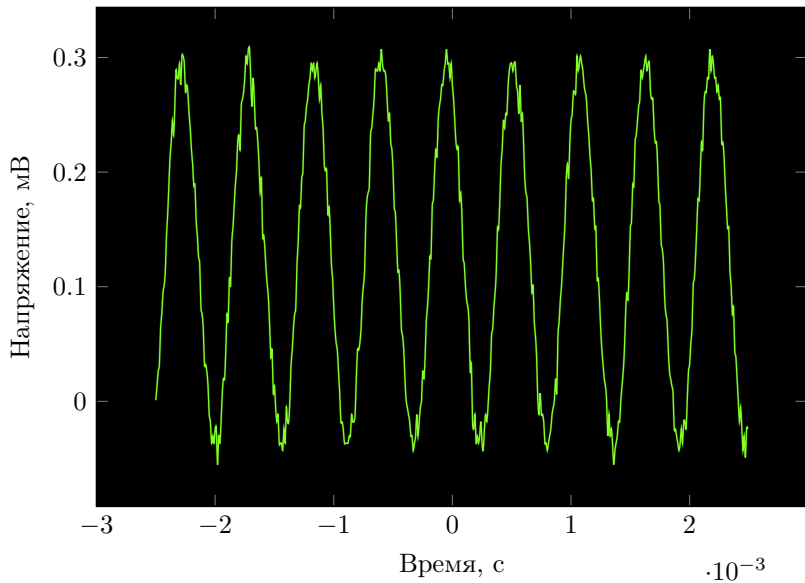


■ – генератор Ван-дер-Поля  
■ – эмиттерный повторитель

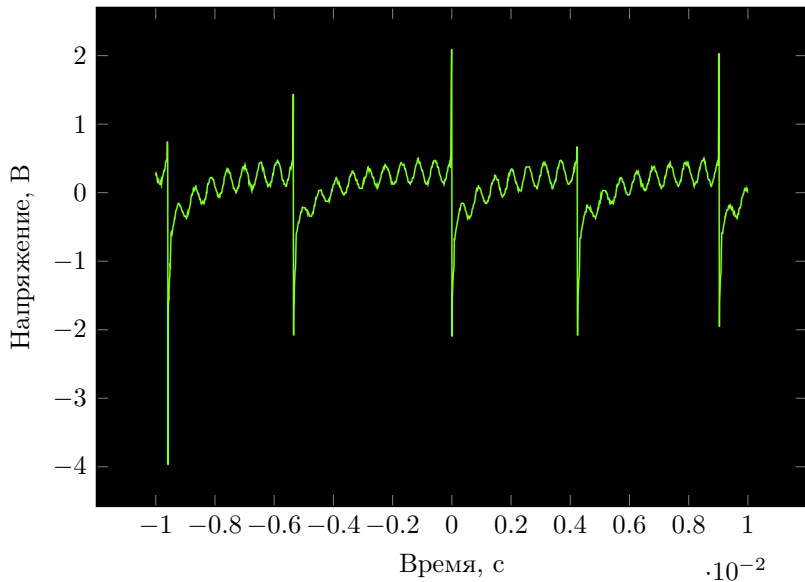
■ – эмиттерный повторитель  
■ – блокинг-генератор



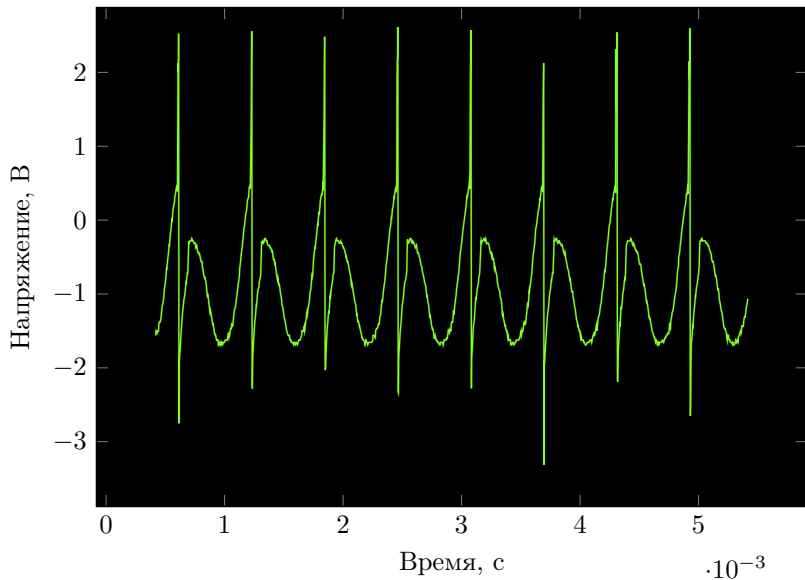
# Подпороговые колебания



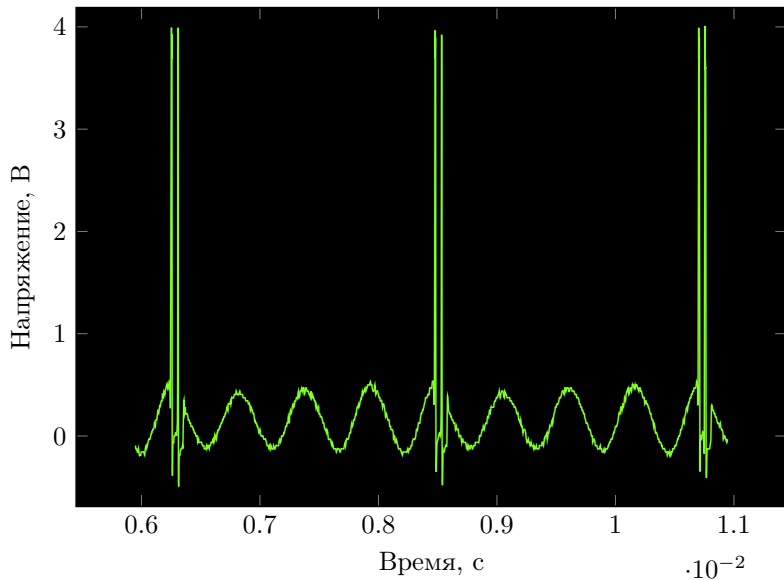
# Один спайк на несколько периодов



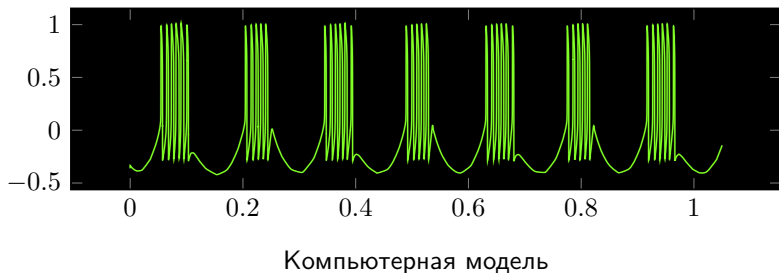
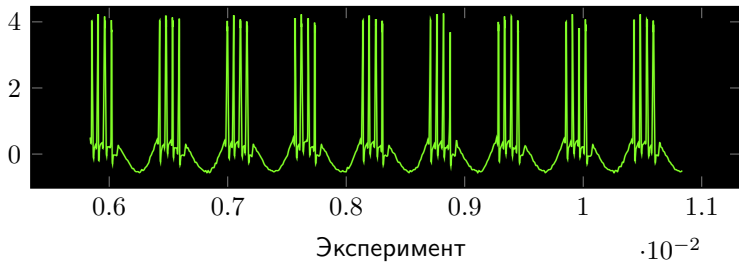
# Один спайк на период



# Два спайка на периоде



# Спайк-берст



# Влияние потенциала запираания $b_0$

$n$ , спайков



Зависимость количества спайков  $n$  от величины  
потенциала запираания  $b_0$  за время 50 мс

# Влияние времени релаксации на частоту спайков

$n$ , спайков



Зависимость количества спайков  $n$  от времени релаксации  $\tau \sim C$  – емкости конденсатора в цепи блокинг-генератора за время 50 мс

# 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



# Спасибо за внимание!

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