



Исследование воздействия импульса тока прямоугольной формы на модель мембраны клетки миокарда морской свинки



Б.Б. Горбунов

Кафедра биомедицинских систем

Московского государственного института электронной
техники (технического университета), г. Зеленоград

**Модель мембраны
клетки миокарда —
объект исследования
воздействия импульсов
дефибрилляции на
сердце**

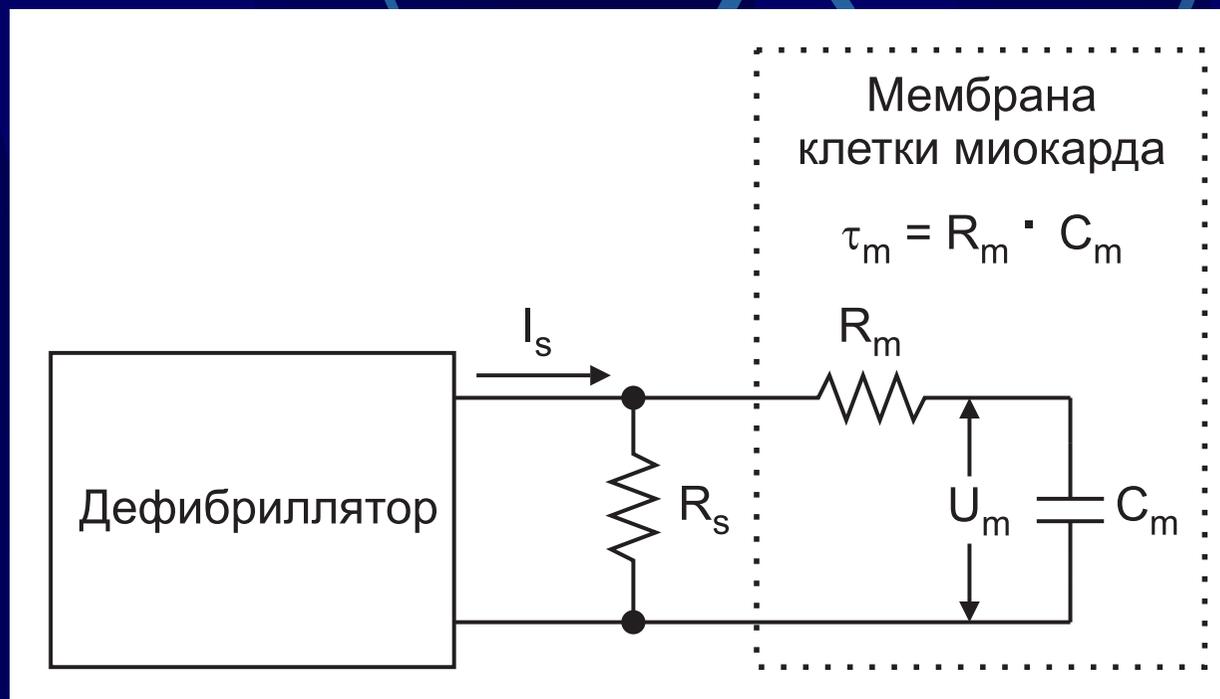


Эксперименты на животных дорогостоящи и занимают много времени



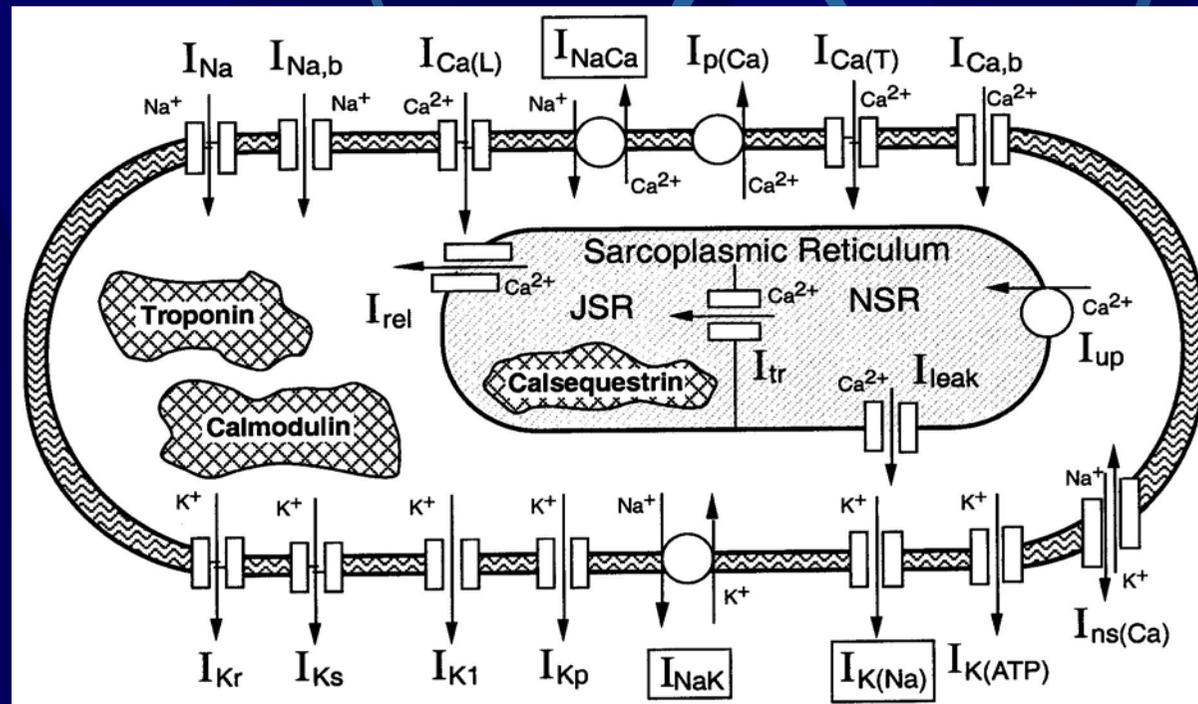
Вычислительные эксперименты на модели мембраны клетки миокарда обеспечивают возможность получения предварительных результатов для последующей проверки в экспериментах на ЖИВОТНЫХ

Простейшая модель мембраны клетки миокарда, используемая в методе характеристических энергий



Модель мембраны клетки миокарда морской свинки

Luo-Rudy Mammalian Ventricular Model II



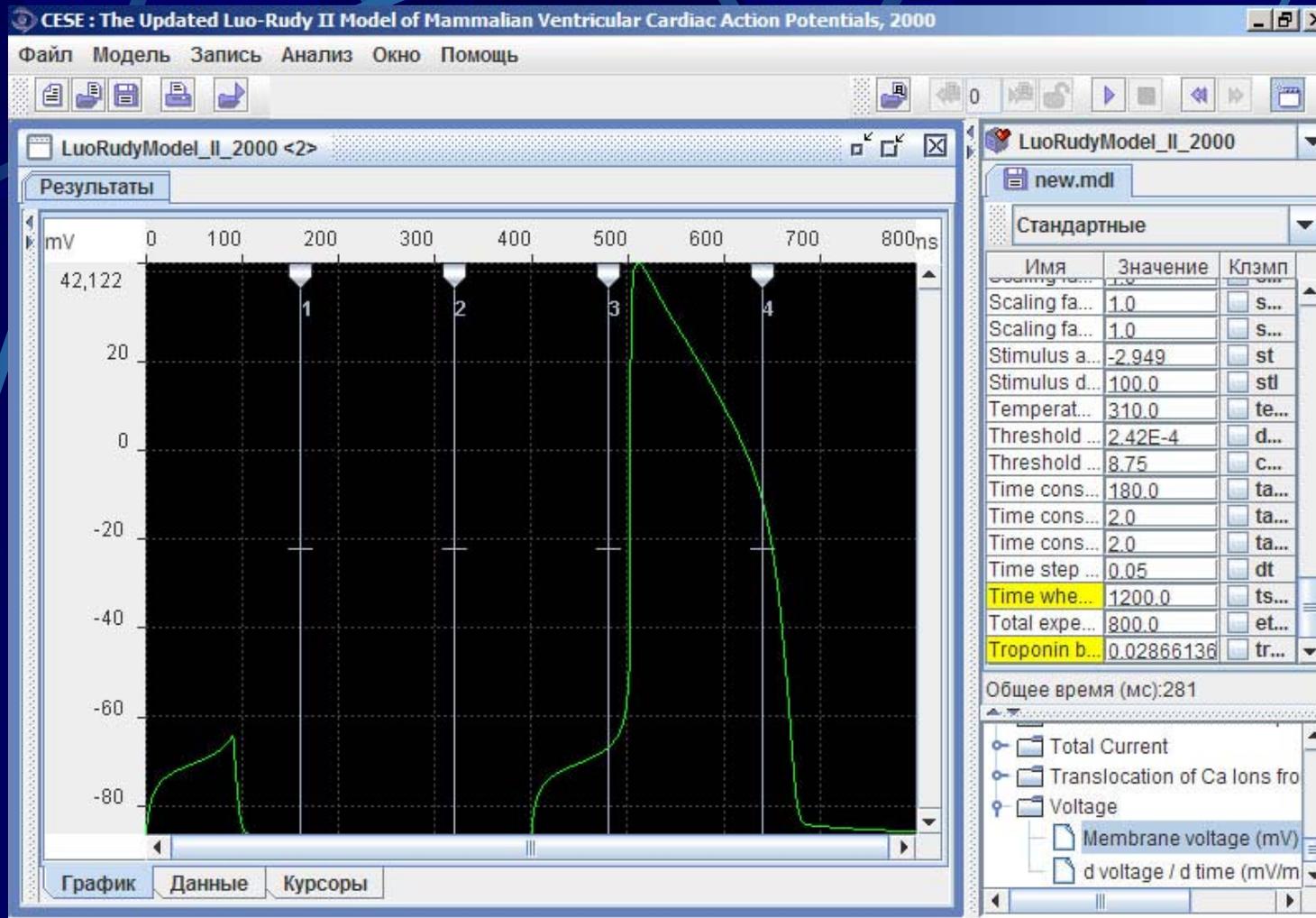
Среда моделирования

Для моделирования была использована свободно распространяемая среда моделирования Cell Electrophysiology Simulation Environment (CESE) OSS 1.4.7

www.simulogic.com/products/platforms/

В состав программного обеспечения среды входят 5 базовых моделей, среди которых и использованная модель мембраны миокарда морской свинки Luo-Rudy Mammalian Ventricular Model II (dynamic), 1994-2000

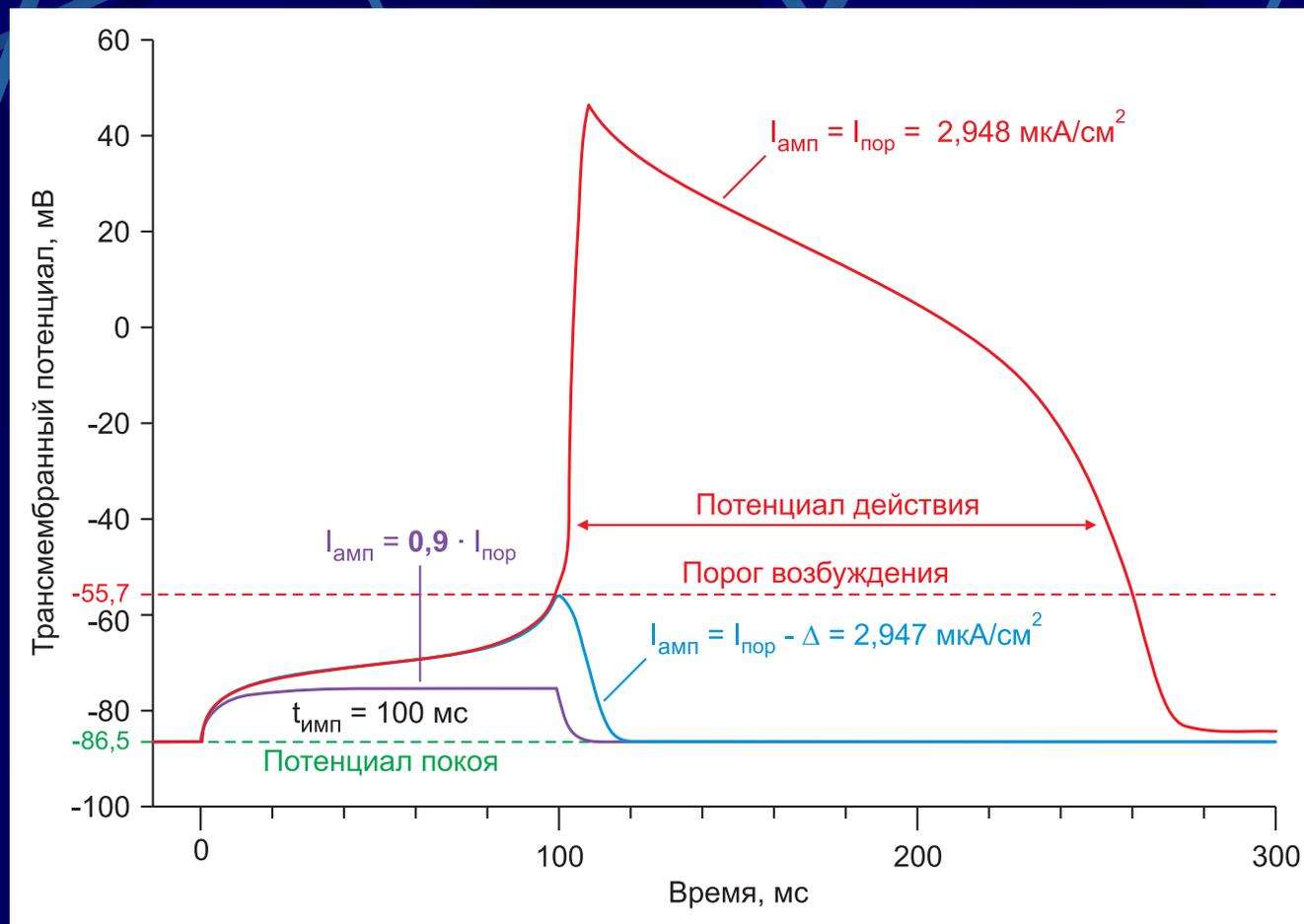
Вид окна среды моделирования



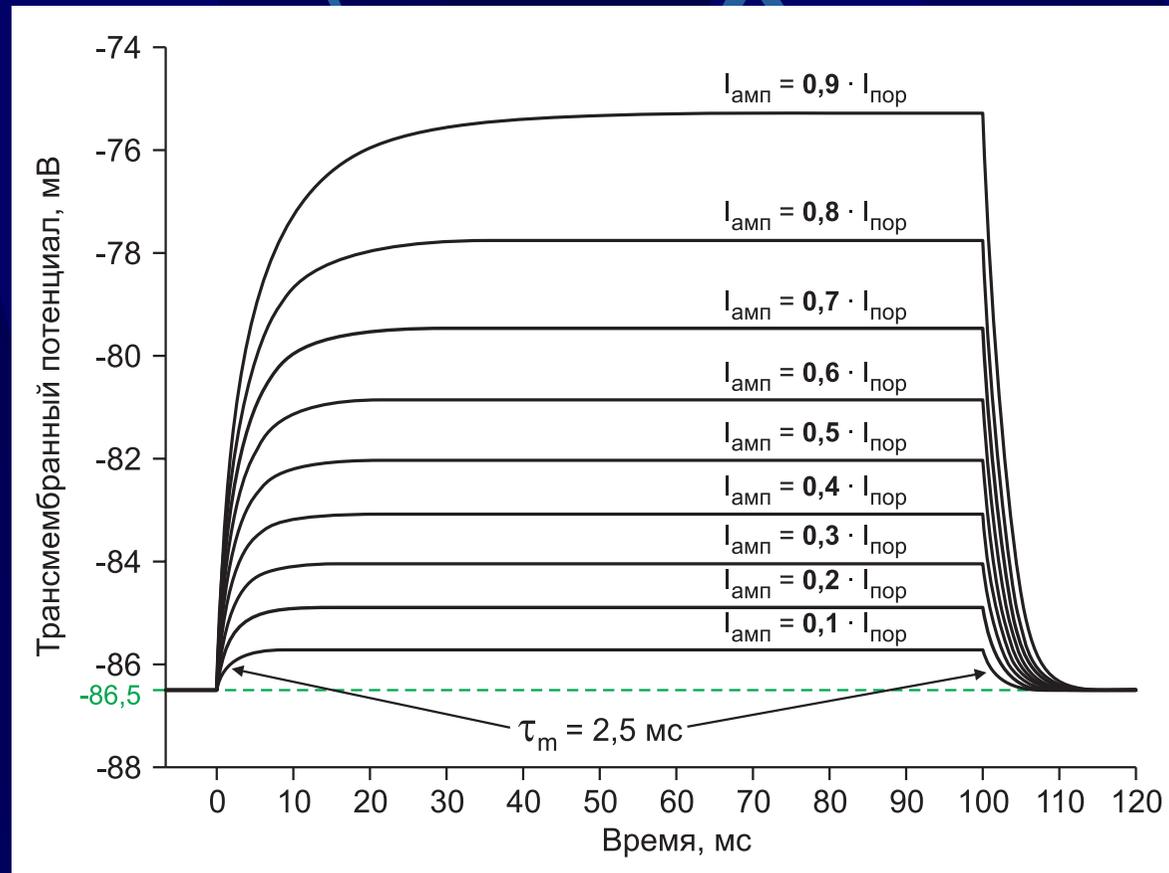
Параметры модели, варьируемые в эксперименте

Наименование	Обозначение	Размерность
Длительность воздействующего прямоугольного импульса тока	stl	мс
Амплитуда плотности тока воздействующего импульса	st	мкА/см ²

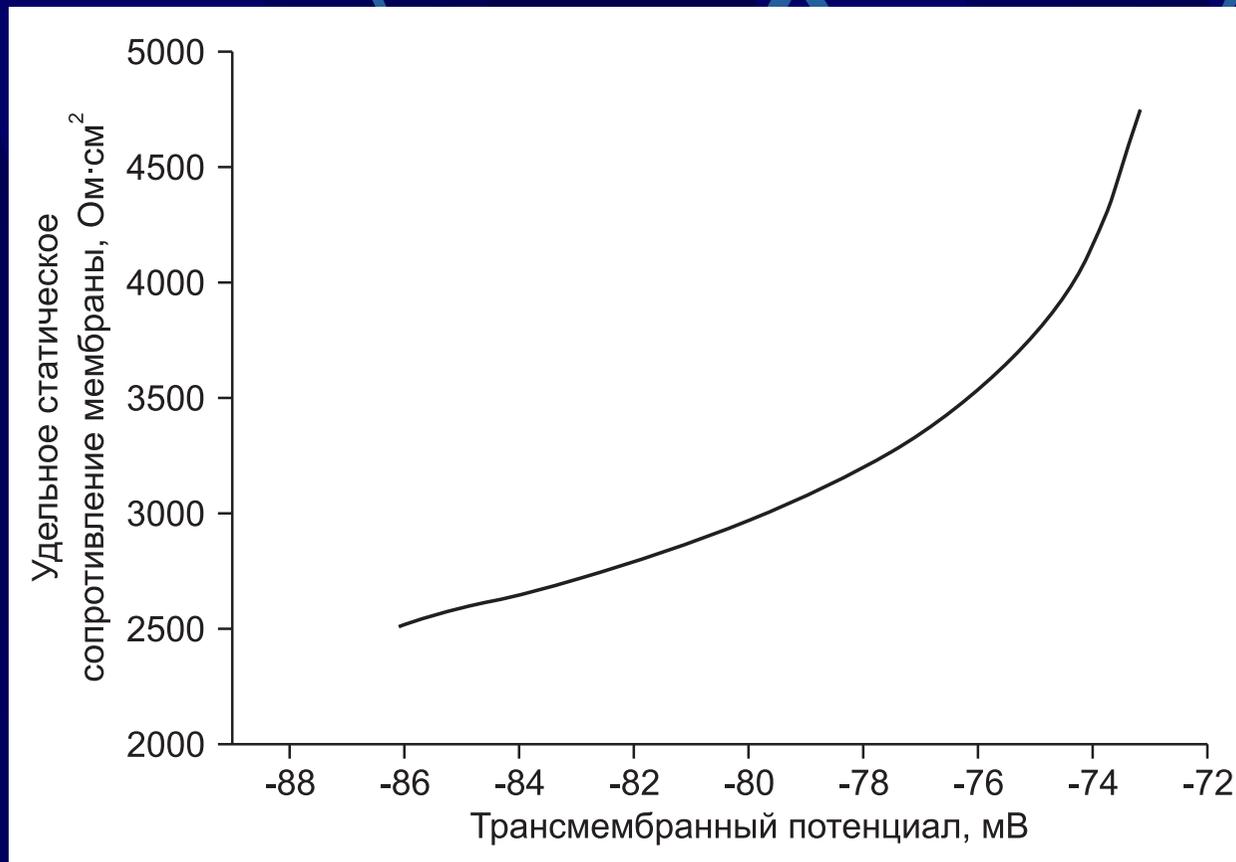
Исследование переходных характеристик мембраны клетки миокарда



Реакция модели мембраны клетки миокарда на воздействие прямоугольных импульсов тока длительностью 100 мс с амплитудой 0,1...0,9 от пороговой



Зависимость удельного статического сопротивления модели мембраны клетки миокарда от значения трансмембранного потенциала



**Электрические параметры модели мембраны
клетки миокарда при плотности возбуждающего
тока 0,1 от пороговой**

$$I_m = 0,295 \text{ мкА/см}^2$$

$$\Delta U_m = 0,756 \text{ мВ}$$

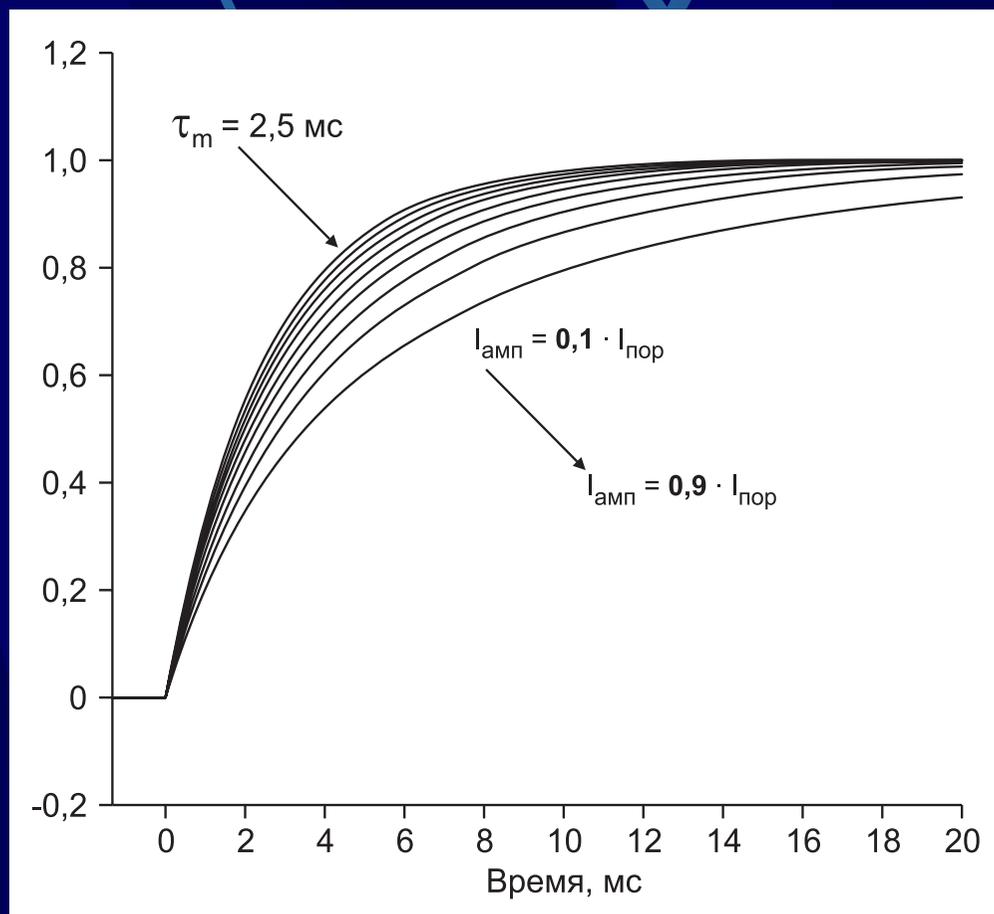
$$\tau_m = R_m \cdot C_m = 2,5 \text{ мс}$$



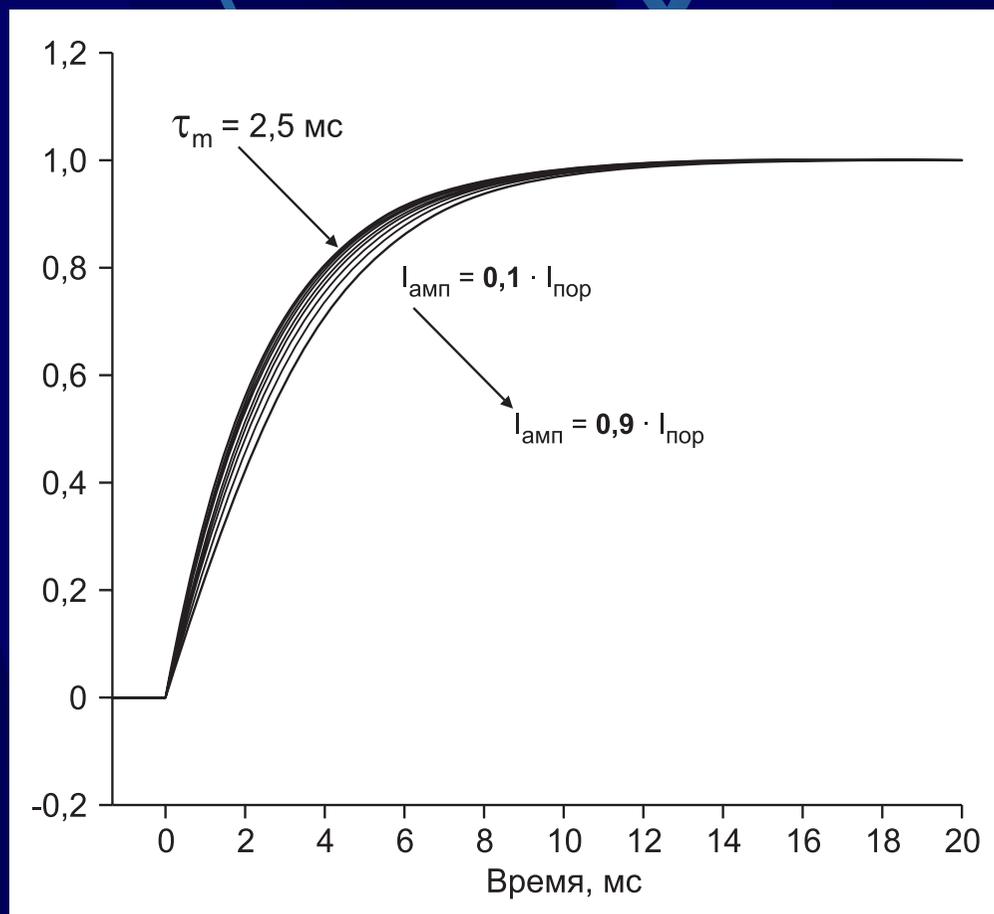
$$R_m \approx 2600 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$$

$$C_m \approx 0,98 \text{ мкФ/см}^2$$

Переходные характеристики модели мембраны клетки миокарда на фронте импульса тока



Переходные характеристики модели мембраны клетки миокарда на срезе импульса тока



Сравнение моделей воздействия на мембрану клетки миокарда

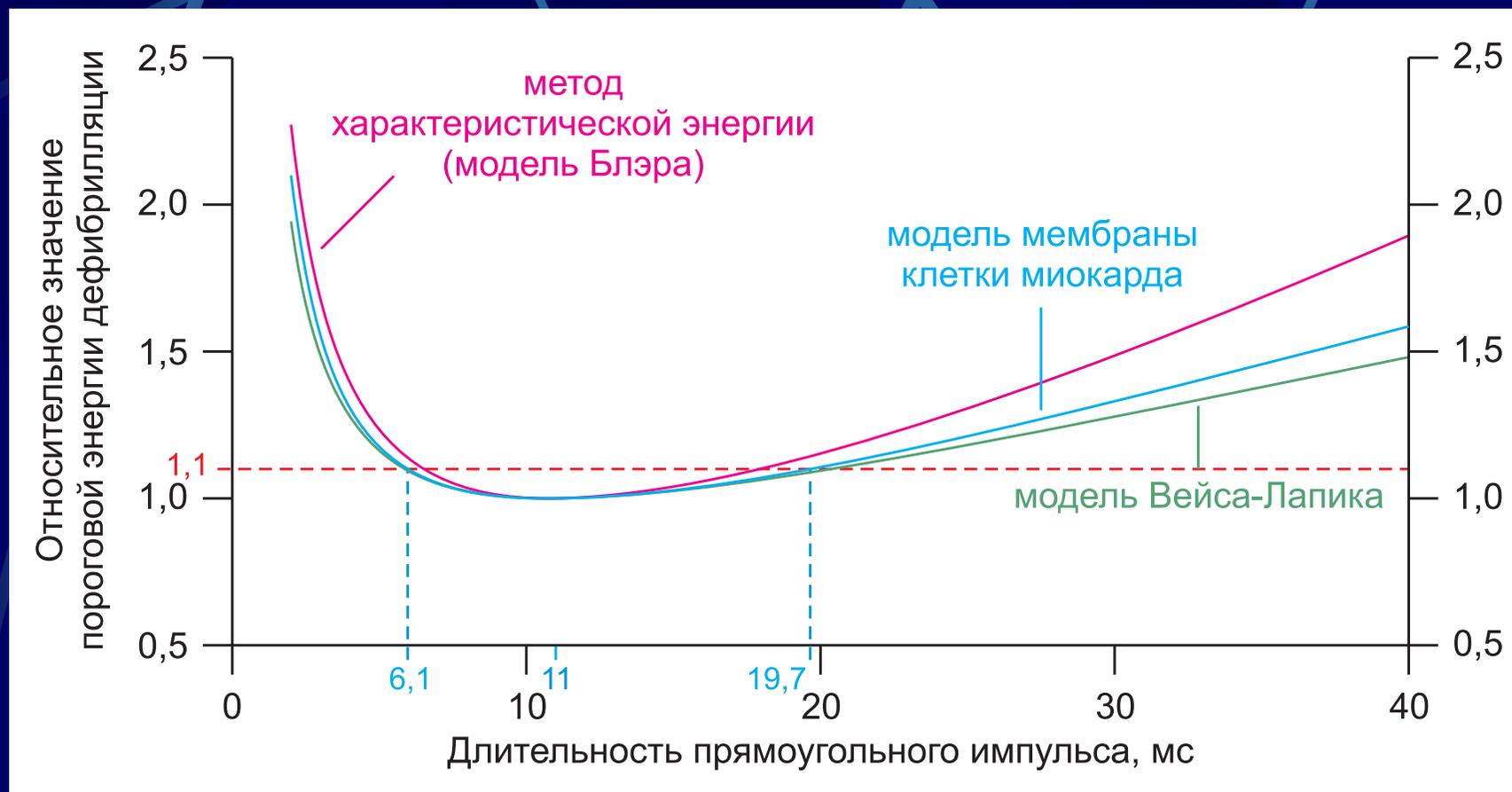
Для построения зависимости пороговой энергии возбуждения клетки от длительности прямоугольного импульса тока для модели Luo-Rudy вычислялся энергетический коэффициент:

$$K_E = I_{\text{пор}}^2 \cdot t_{\text{имп}} [\text{мкА}^2 \cdot \text{мс} / \text{см}^4]$$

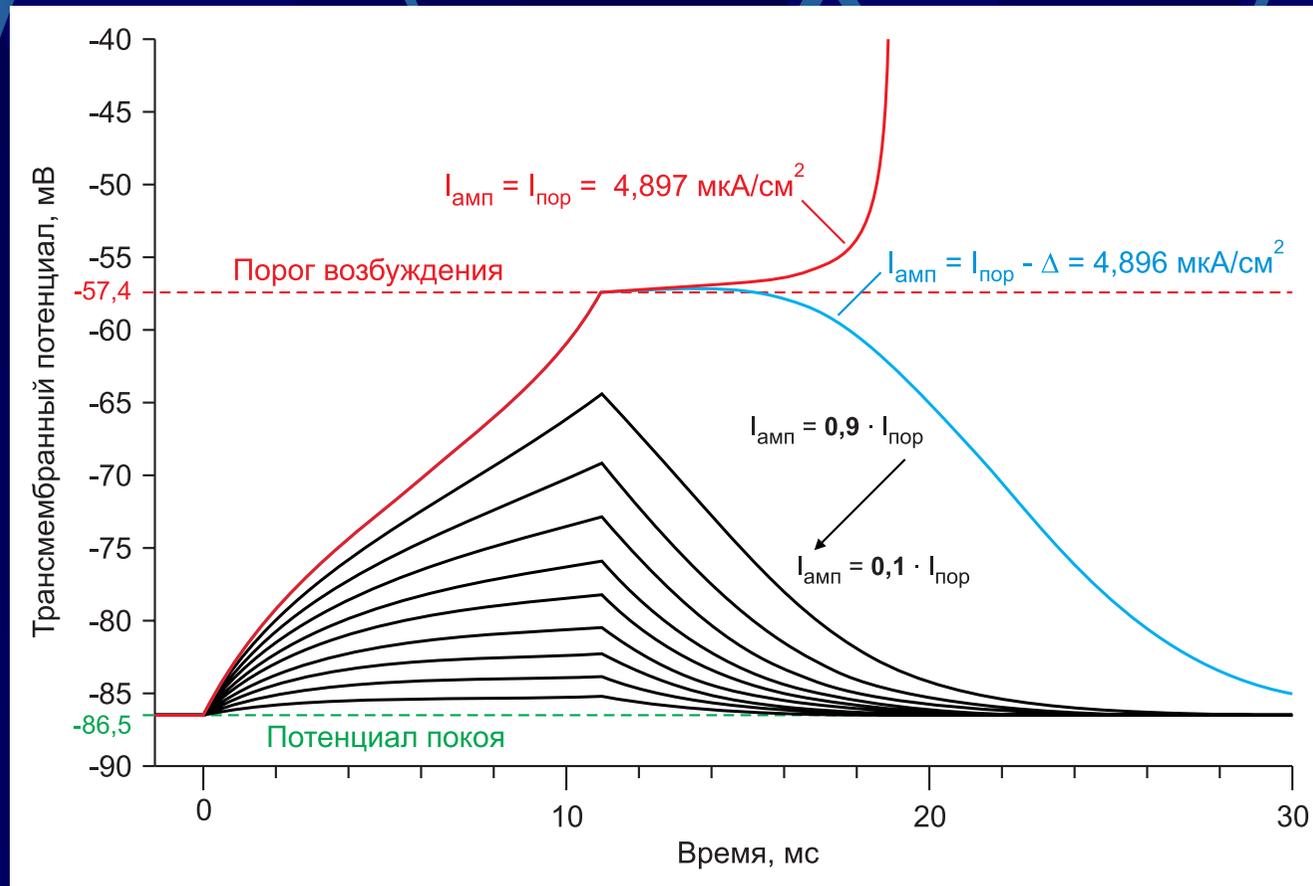
Оптимальная длительность импульса при минимальном значении $K_E = 264 \text{ мкА}^2 \cdot \text{мс} / \text{см}^4$ составила 11 мс, что соответствует постоянной времени $\tau_m = 8,8 \text{ мс}$ (у человека 2...5 мс).

Полученная зависимость относительной пороговой энергии сравнивалась с результатами, получаемыми по методу характеристической энергии (модели Блэра) и по модели Вейса-Лапика.

Зависимость относительного значения пороговой энергии возбуждения клетки от длительности прямоугольного импульса тока



Реакция модели мембраны клетки миокарда на прямоугольный импульс тока оптимальной длительностью 11 мс в зависимости от его амплитуды



Заключение

- Статическое удельное сопротивление модели мембраны клетки миокарда зависит от величины трансмембранного потенциала
- Переходная характеристика модели мембраны клетки миокарда зависит от плотности тока воздействующего прямоугольного импульса. Отличия переходных характеристик на фронте и срезе импульса увеличиваются по мере приближения плотности тока импульса к пороговому значению
- Переходная характеристика модели мембраны клетки миокарда при малой плотности возбуждающего тока представляет собой экспоненту с постоянной времени $\tau_m = 2,5$ мс

- Оптимальная длительность прямоугольного импульса возбуждения для модели мембраны клетки миокарда морской свинки составляет 11 мс, что соответствует постоянной времени $\tau_m = 8,8$ мс (у человека 2...5 мс)
- Модель Вейса-Лапика достаточно точно соответствует реакции модели мембраны клетки миокарда на воздействие прямоугольного импульса тока

Спасибо за внимание!

