

MODIFIED CA MODEL BASED ON TWO COUPLED VAN DER POL - MULTIVIBRATOR AND NONLINEAR CURRENT MEDIUM

Sergey Belyakin

Department of General physics, Faculty of Physics,
Lomonosov Moscow State University, Russia



**In This paper, we consider a
nonlinear current medium of
cardiac arrhythmia
represented by coupled,
continuous-time differential
equations,
van Der Pol - multivibrator.**

Виды остановки кровообращения

Фибрилляция желудочков (ЖТ без пульса)
70-80% случаев

Асистолия 10-29% случаев

Электромеханическая диссоциация 3% случаев

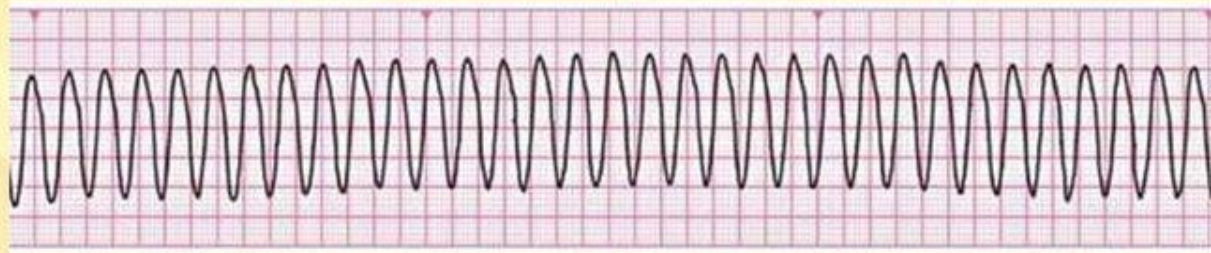


ЭКГ - диагностика остановки сердца

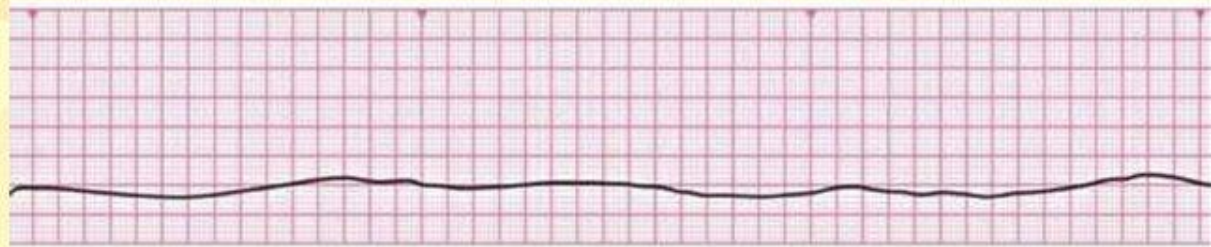
**Фибрилляция
желудочков**



**Желудочковая
тахикардия (без
перфузии / пульса)**



Асистолия

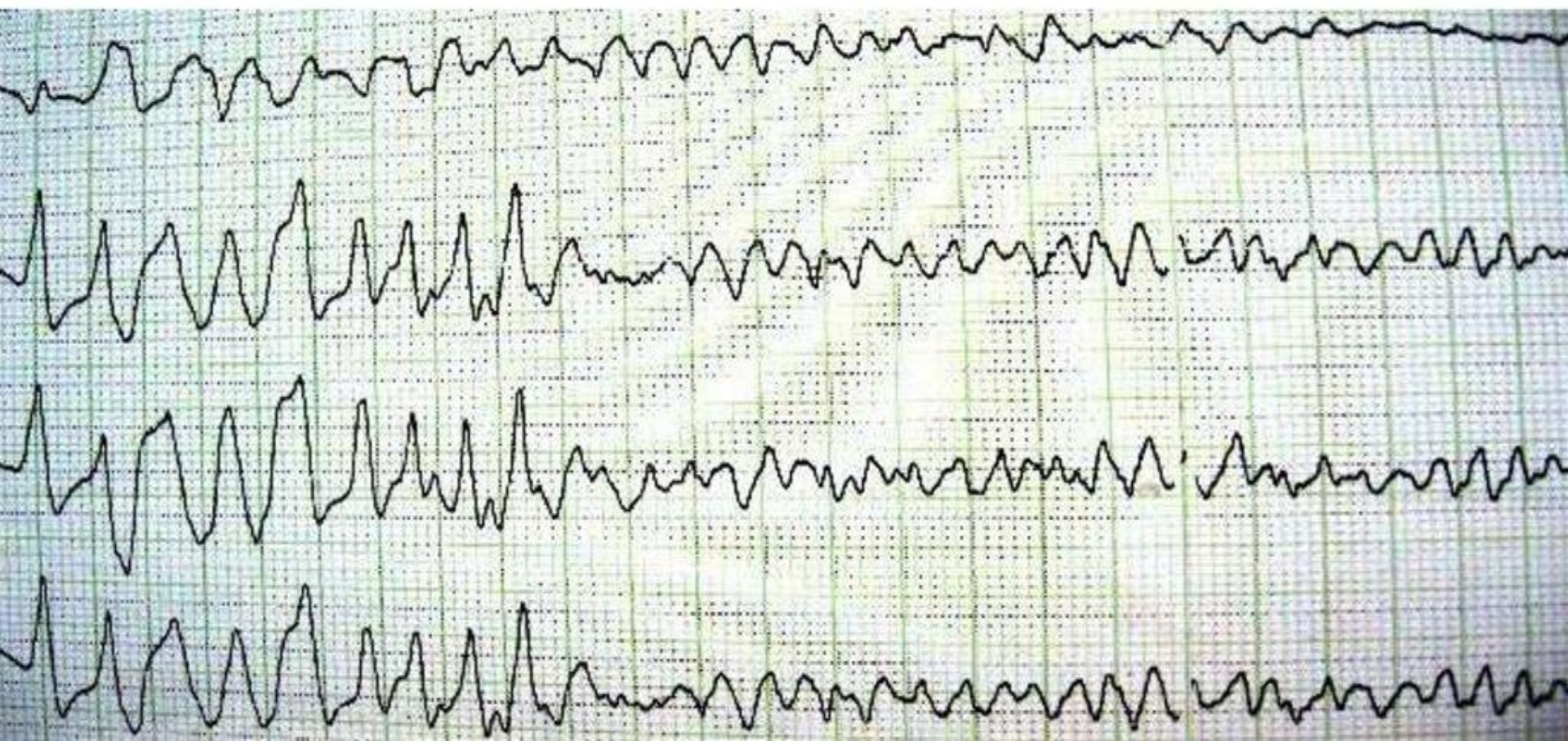


**Электрическая
активность без
перфузии / пульса**



Фибрилляция желудочков

– сопровождается дискоординированной работой миокарда, приводящей к быстрой остановке сердца.

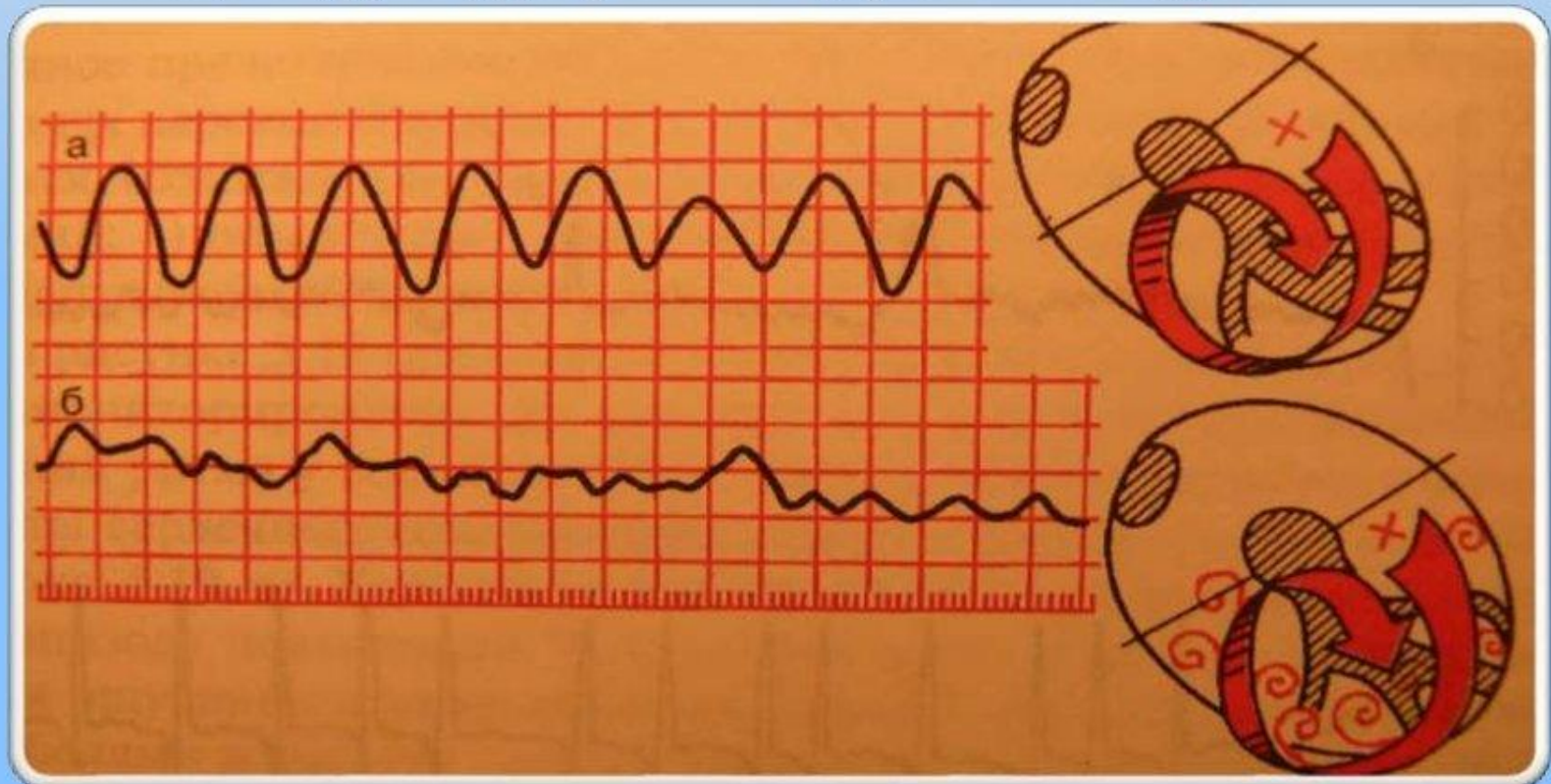


Трепетание (а) и мерцание (б) желудочков

Экг:

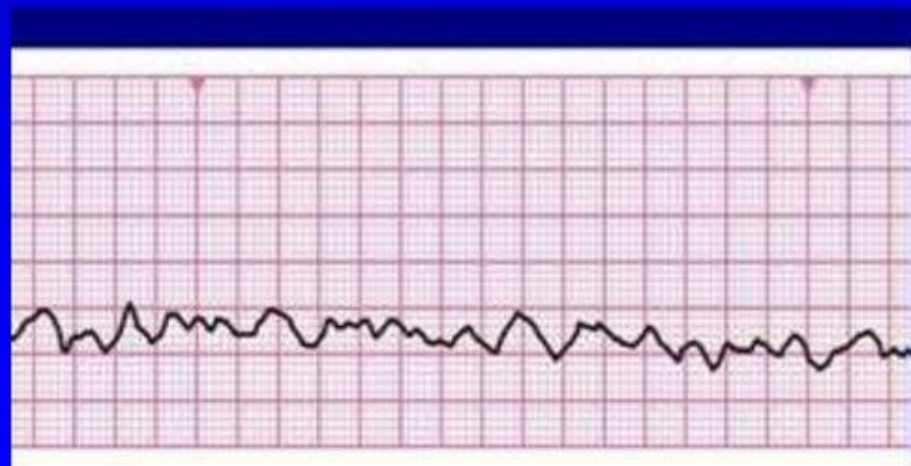
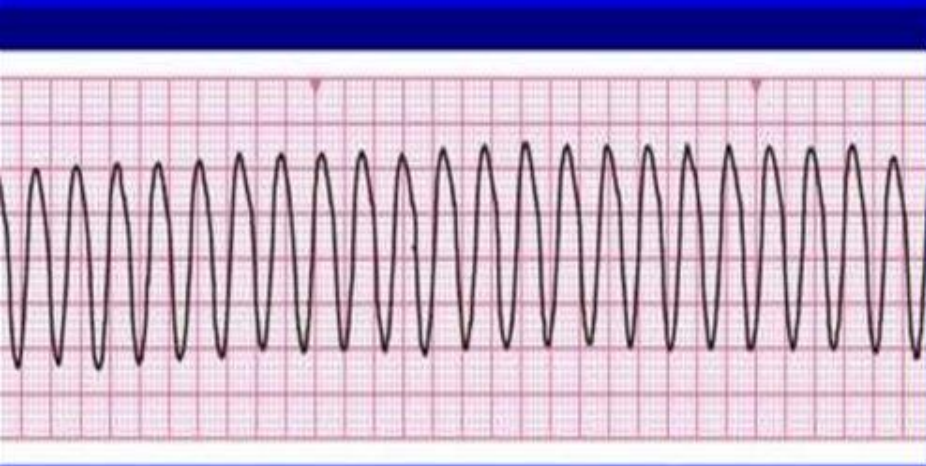
Частые до 200- 300 в минуту регулярные и одинаковые по форме и амплитуде волны трепетания, напоминающие синусоидальную кривую

При мерцании желудочков регистрируются частые, но нерегулярные волны, отличающиеся друг от друга различной формой и амплитудой



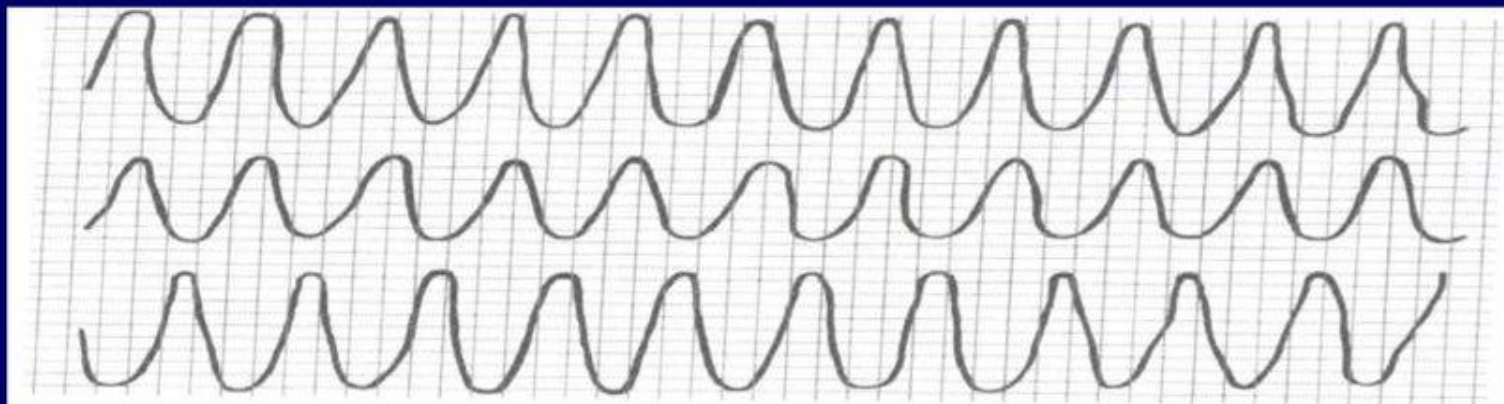
Фибрилляция желудочков

- Неопределенные нерегулярные волны
- Нераспознаваемые комплексы QRS
- Произвольная частота и амплитуда
- Некоординированная электрическая активность
- Крупно / мелковолновая фибрилляция



Трепетание желудочков

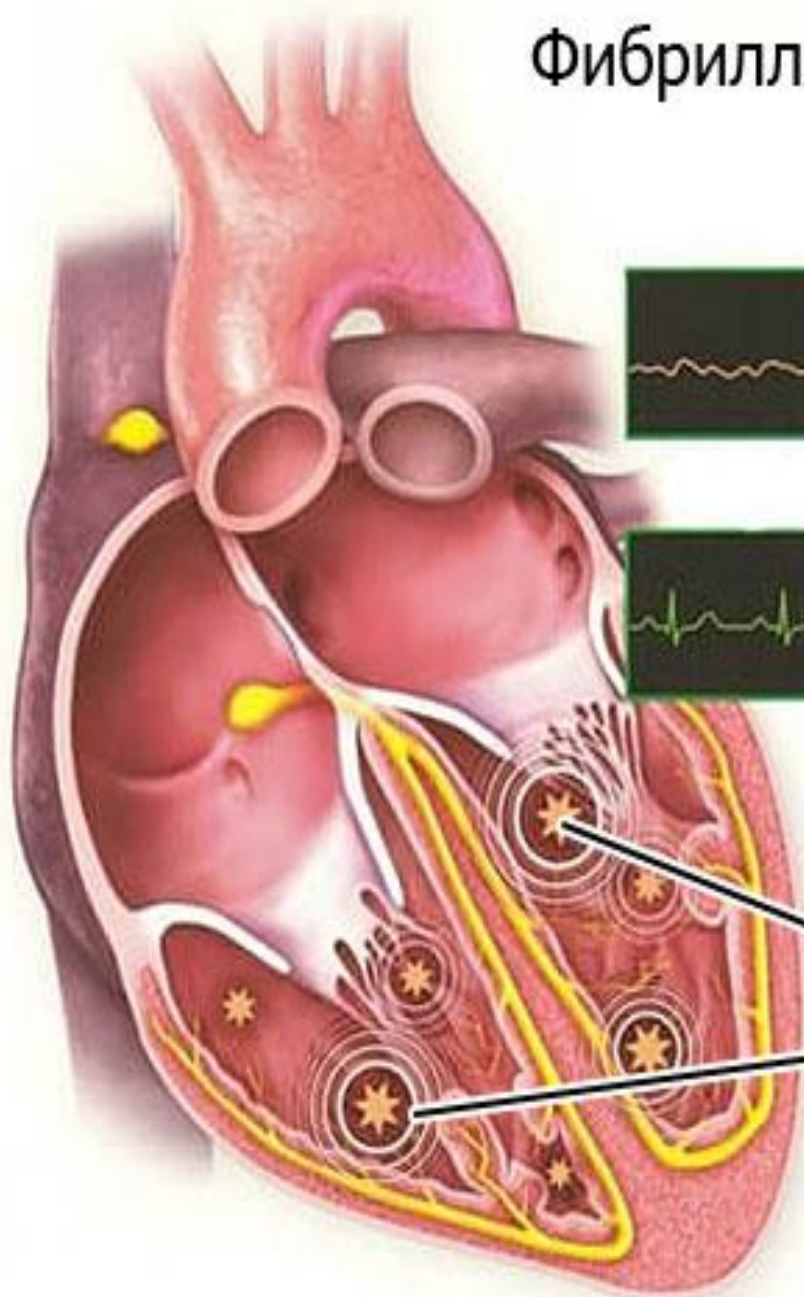
частые регулярные, но неэффективные сокращения
желудочков (180-250 в 1 минуту).



ЭКГ-признаки:

- регулярные частые высокоамплитудные осцилляции до 180-250 в 1 минуту (по типу синусоидной кривой)
- отсутствие дифференцируемых элементов ЭКГ (комплекса QRS, сегмента ST, зубца T)

Фибрилляция желудочков

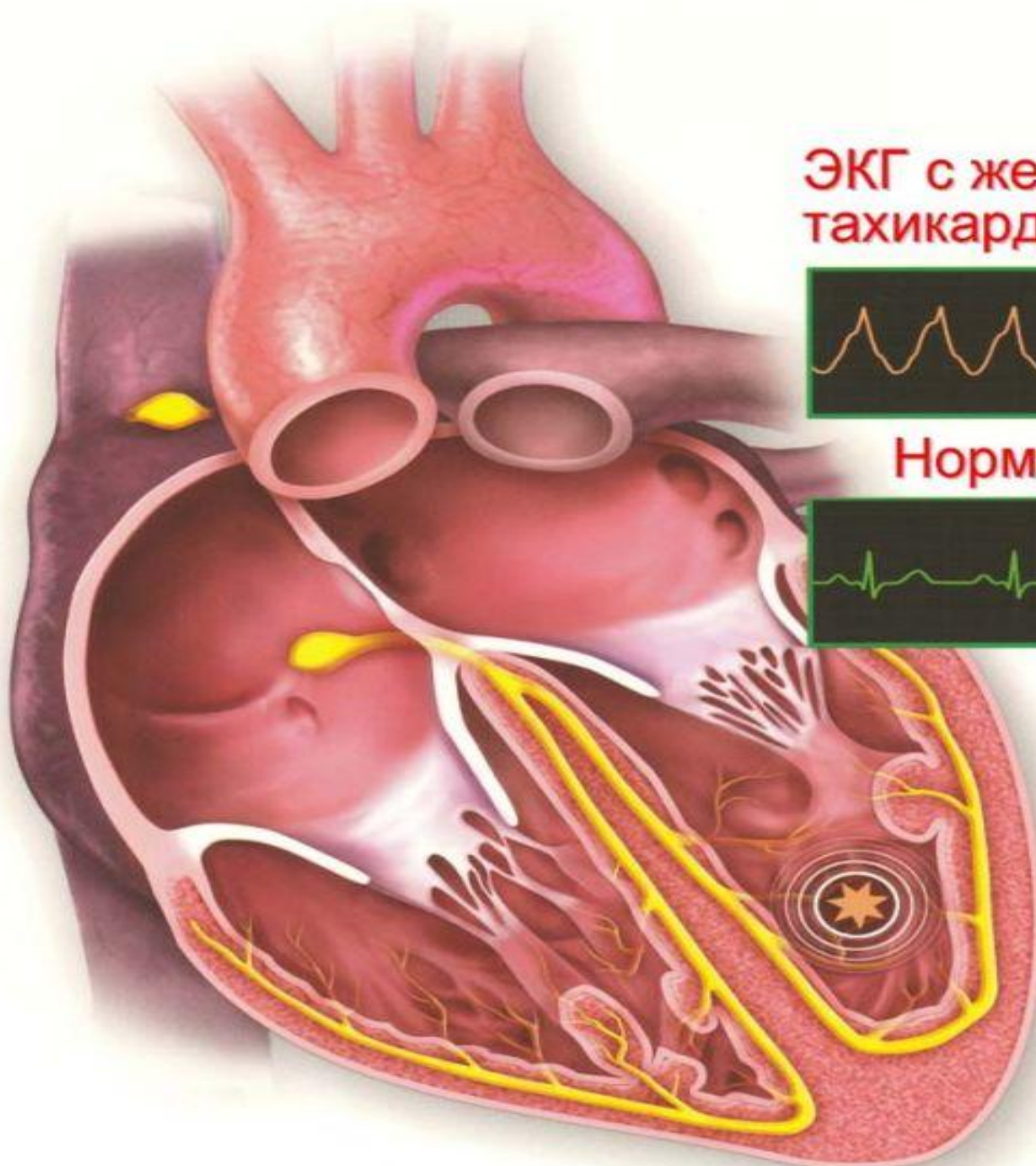


ЭКГ при фибрилляции
желудочков

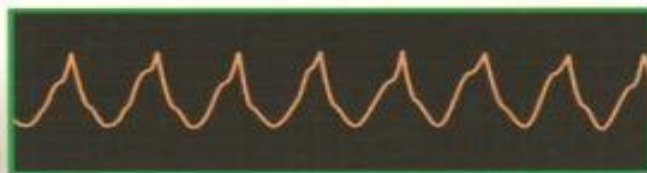


ЭКГ в норме

Патологические импульсы при
фибрилляции желудочков



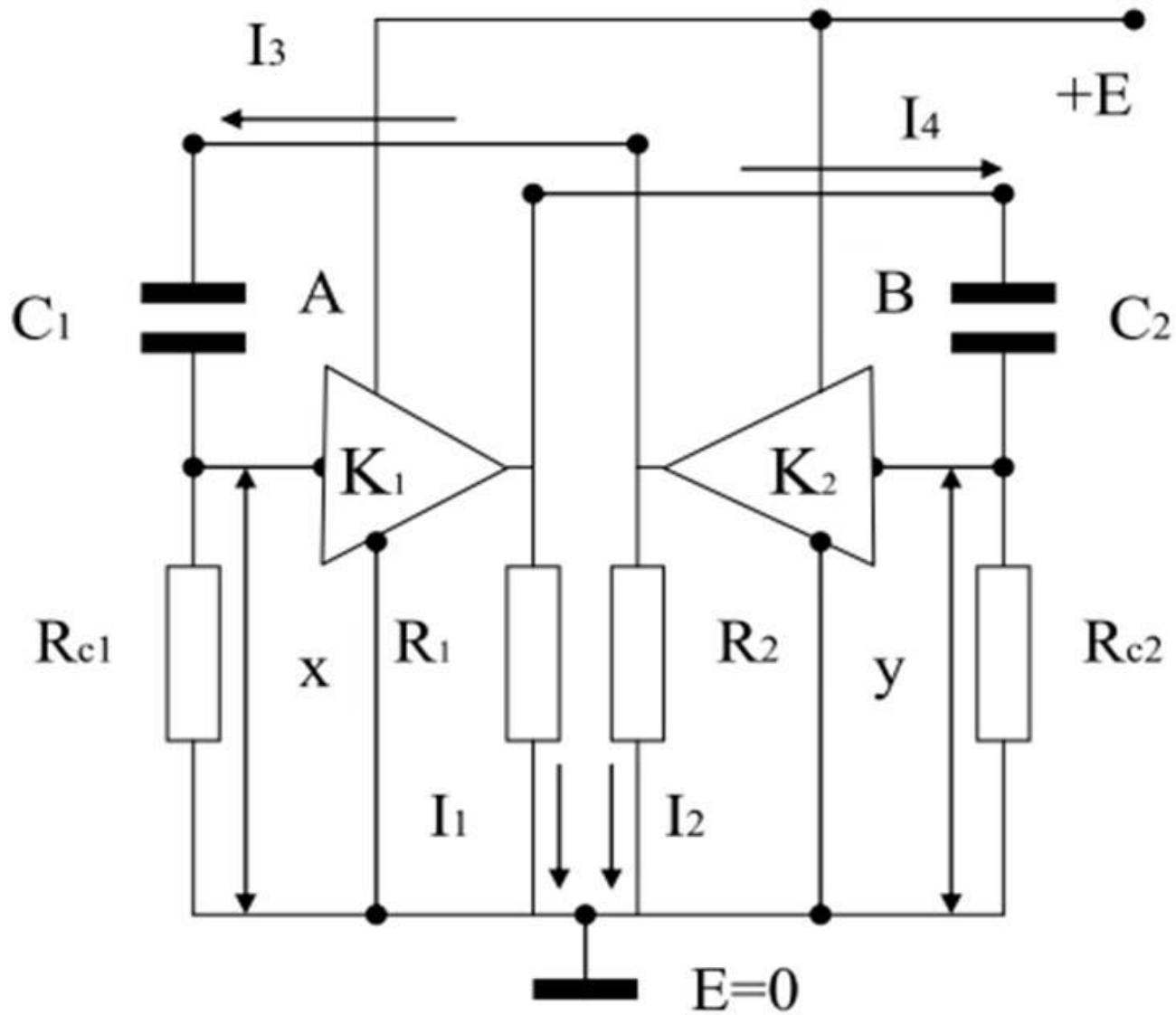
ЭКГ с желудочковой
тахикардией



Нормальная ЭКГ



MULTIVIBRATOR



The equation describe the nonlinear oscillations in the multivibrator

1) Kirgof's law in the absence of input currents:

$$0 = R_1 I_1 + \frac{1}{C_2} \int I_4 dt + y; \quad 0 = R_2 I_2 + \frac{1}{C_1} \int I_3 dt + x.$$

2) Transformation of Kirgof's law:

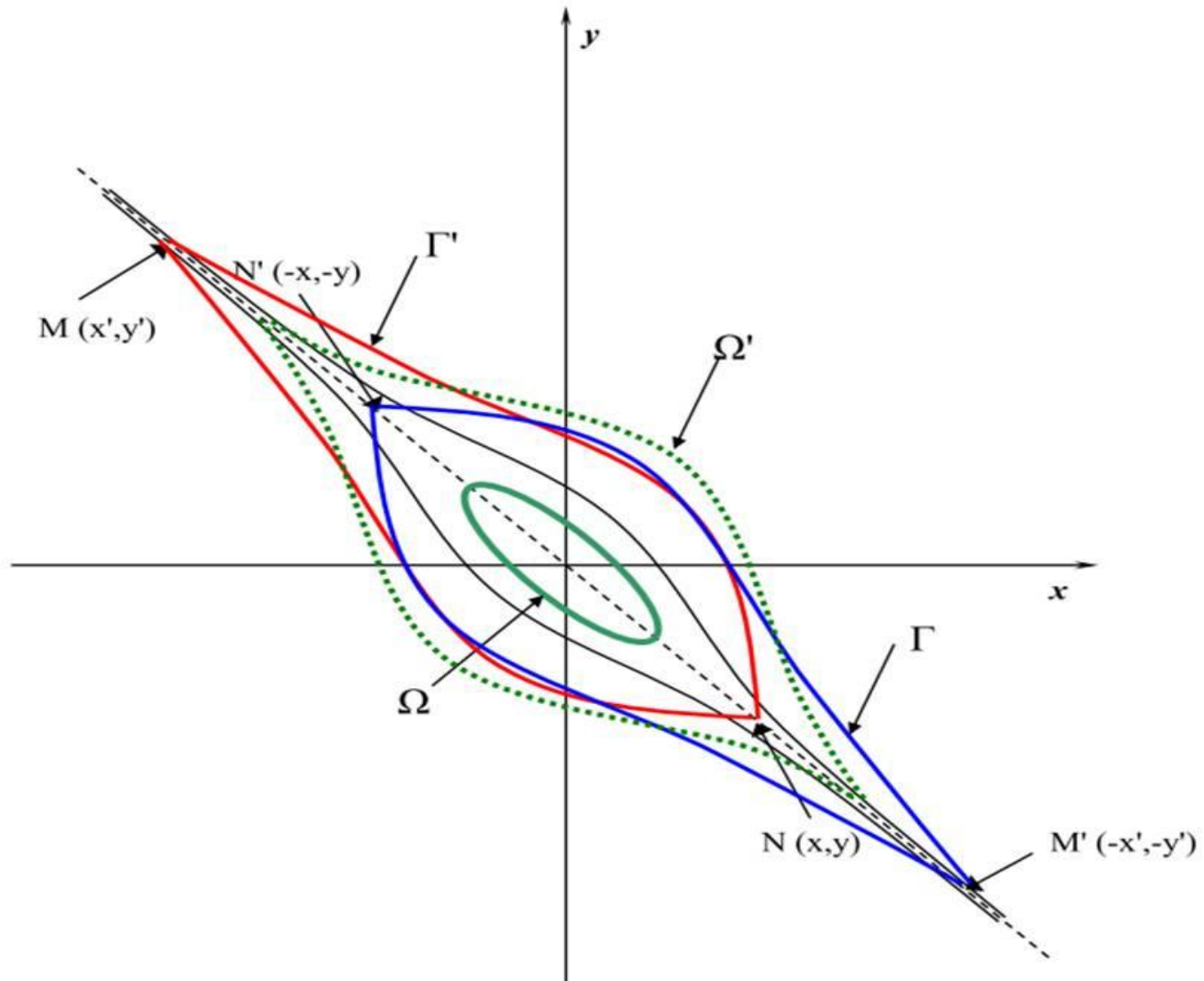
$$x = R_{c1} I_3; \quad y = R_{c2} I_4; \quad K_1 x = R_1 I_1; \quad K_2 y = R_2 I_2.$$

$$\tau_1 = C_1 R_{c1}; \quad \tau_2 = C_2 R_{c2}$$

$$\ddot{x} - \frac{1}{K_1 K_2 - 1} \left(\frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2} \right) \dot{x} - \frac{1}{K_1 K_2 - 1} \cdot \frac{1}{\tau_1 \tau_2} x = 0$$

Phase portrait of a multivibrator

Ω -sin mode, Ω' - RO regular mode, (Γ, Γ') - amplitude-time chaos mode



Modified current CA model on the basis of the multivibrator

$$\ddot{x} + \dot{x} \frac{2\tau^{-1}}{1-K^2} + x \frac{\tau^{-2}}{1-K^2} = 0$$

$$R\dot{x} + C^{-1}\left[x\left(1 + \frac{x^2}{u^2}\right) - u\right] = 0 \qquad \tau\dot{x} + x\left(1 + \frac{x^2}{u^2}\right) - u = 0$$

$$\ddot{x}\tau^2 + \dot{x} \frac{2\tau}{1-\mu^2} + x \frac{1}{1-\mu^2} = \mu\tau^2(\ddot{y} + \ddot{z}),$$

$$\ddot{y}\tau^2 - \dot{y}\tau\left(1 - \frac{y^2}{u^2}\right) + y = -\mu\tau^2\ddot{x},$$

$$\dot{z}\tau + z\left(1 + \frac{z^2}{u^2}\right) - u = -\mu\tau^2\ddot{x} \quad .$$

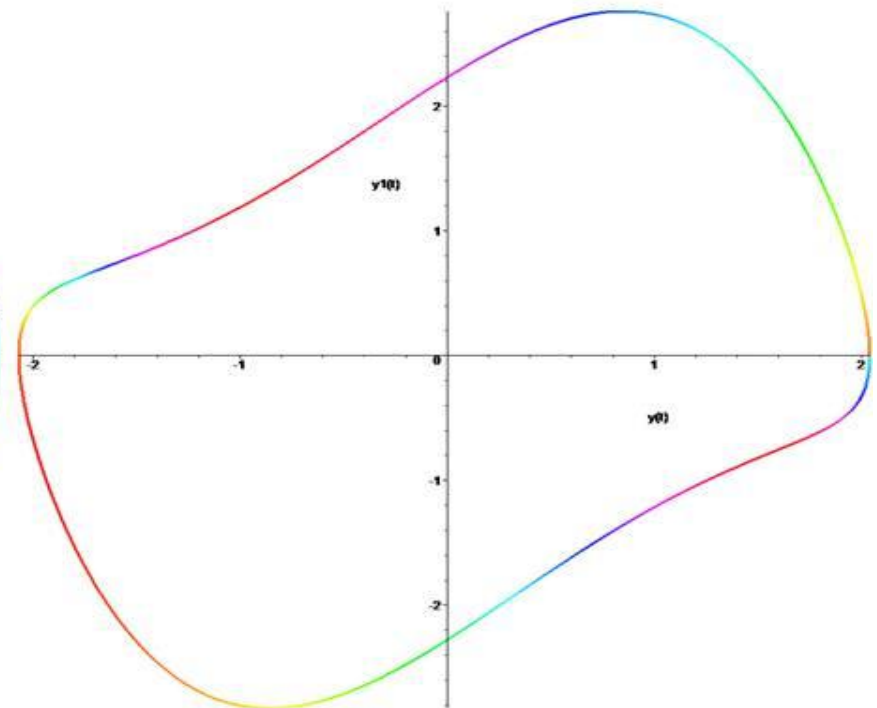
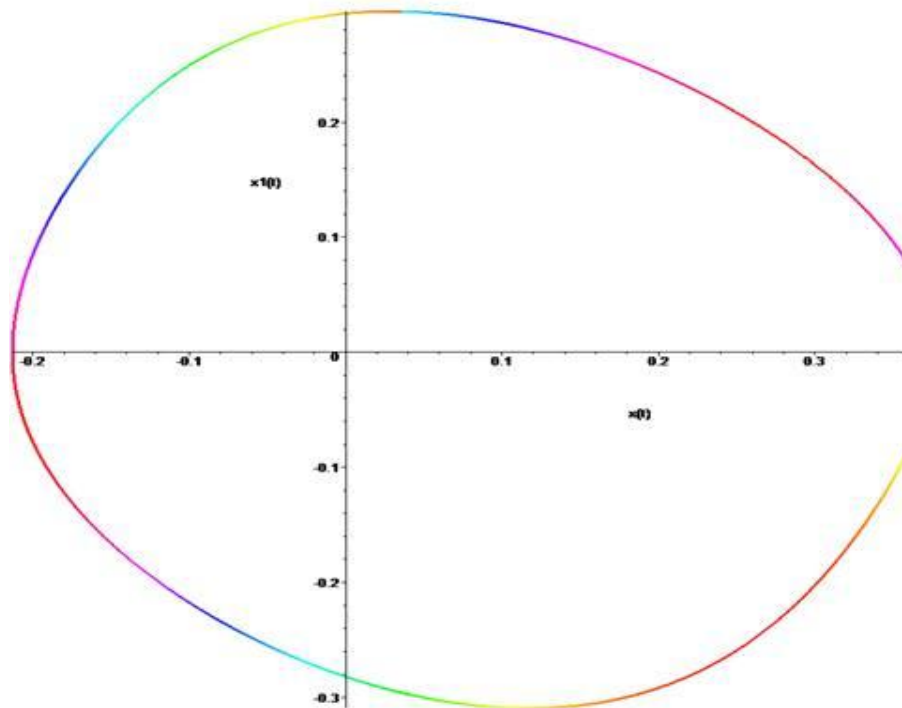
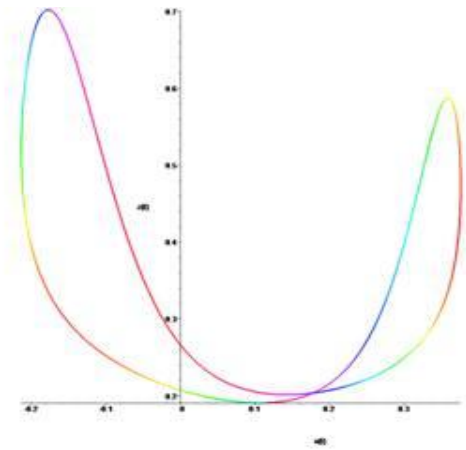
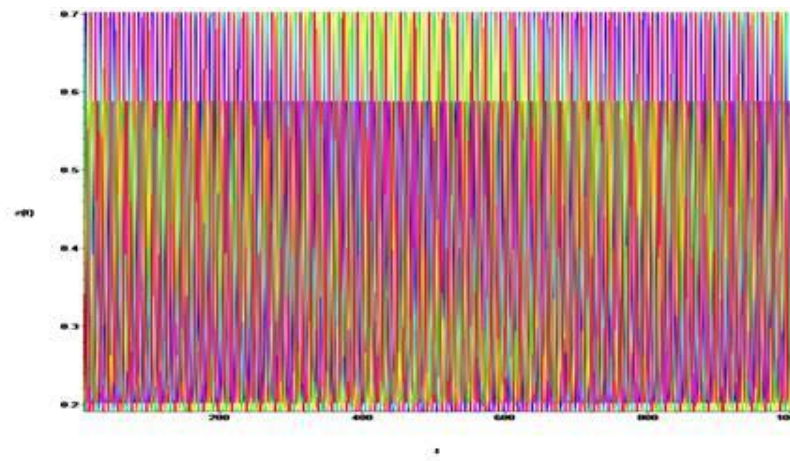
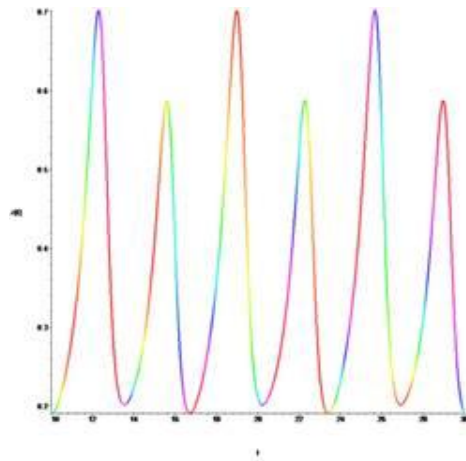
The mathematical model of CA is a system of three differential equations of the second order, with elements of feedbacks and external periodic action $f = A\sin(2\pi nt/\tau)$

$$\ddot{x}\tau^2 + \dot{x}\frac{2\tau}{1-\mu^2} + x\frac{1}{1-\mu^2} = \mu\tau^2(\ddot{y} + \ddot{z}),$$

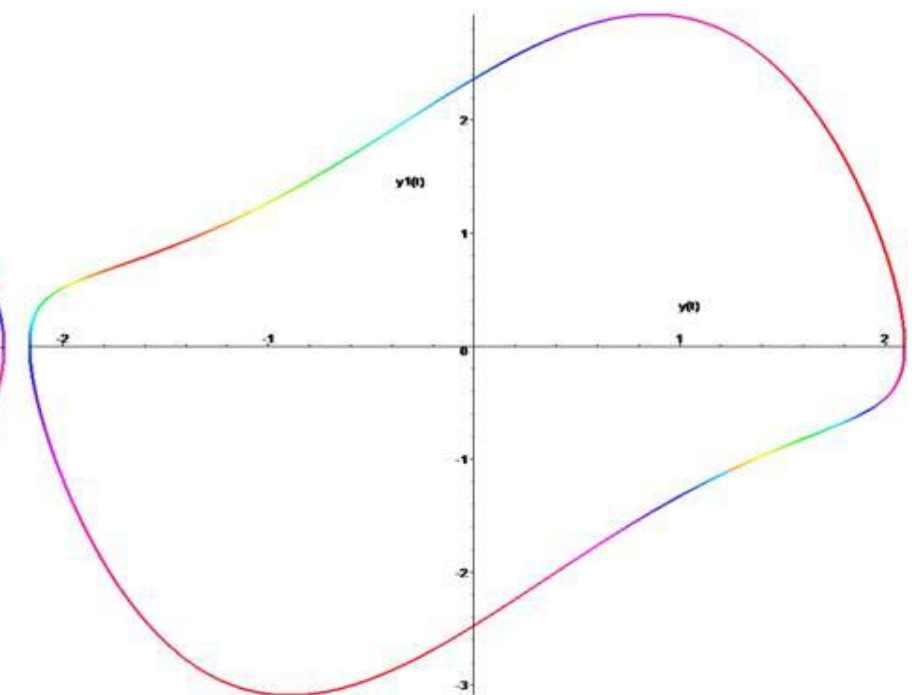
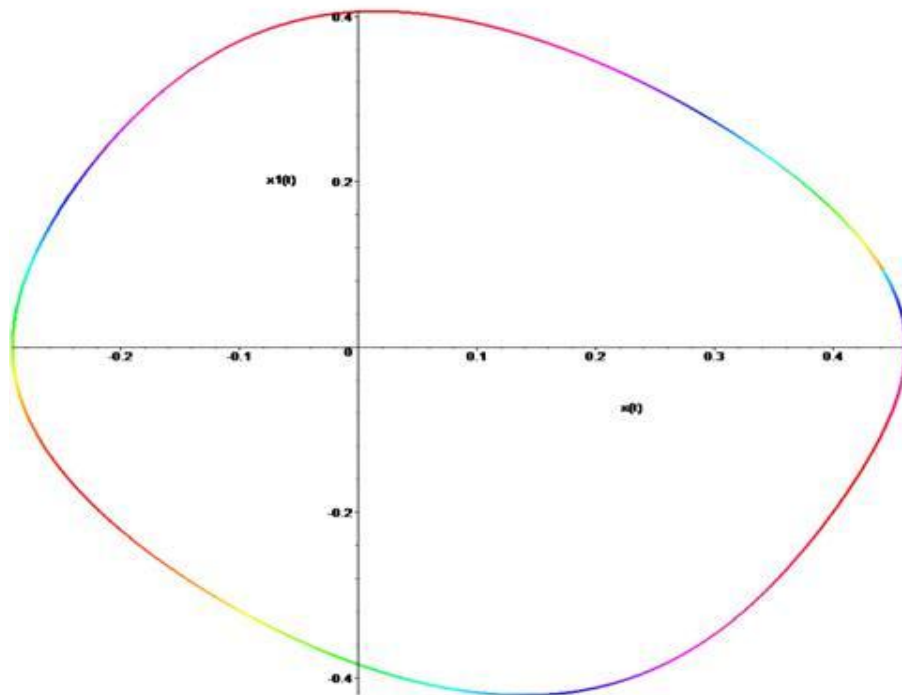
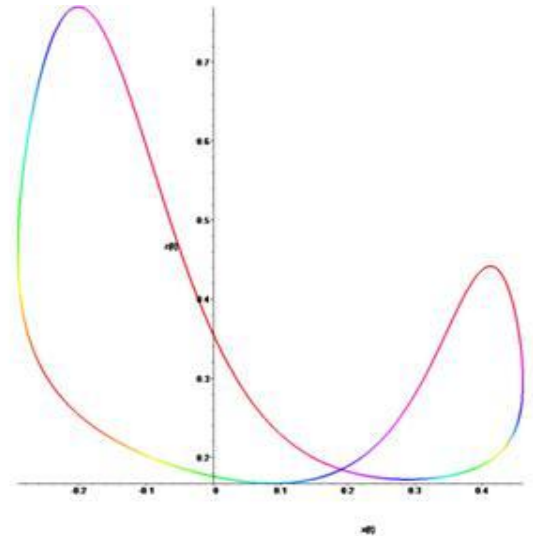
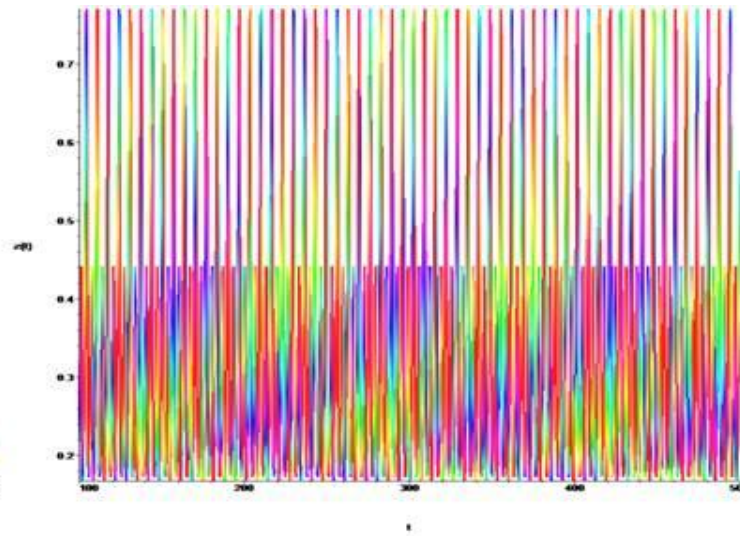
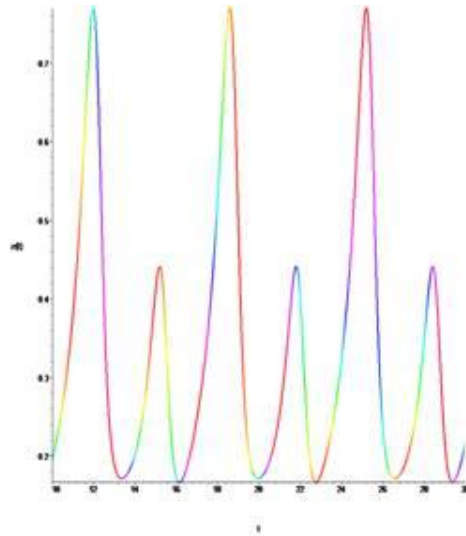
$$\ddot{y}\tau^2 - \dot{y}\tau\left(1 - \frac{y^2}{u^2}\right) + y = -\mu\tau^2\ddot{x} + A\sin\left(\frac{2\pi nt}{\tau}\right),$$

$$\dot{z}\tau + z\left(1 + \frac{z^2}{u^2}\right) - u = -\mu\tau^2\ddot{x}.$$

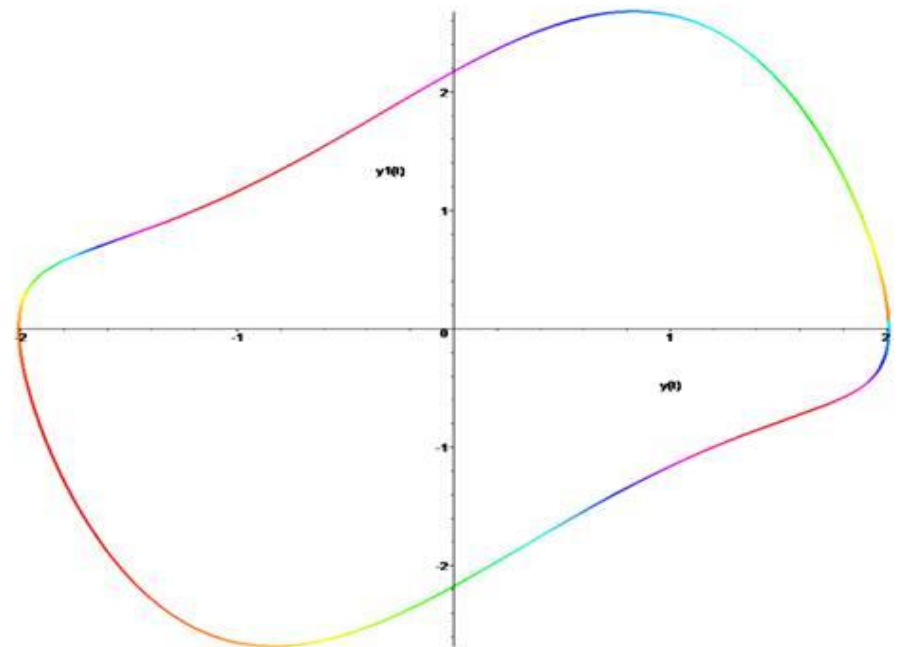
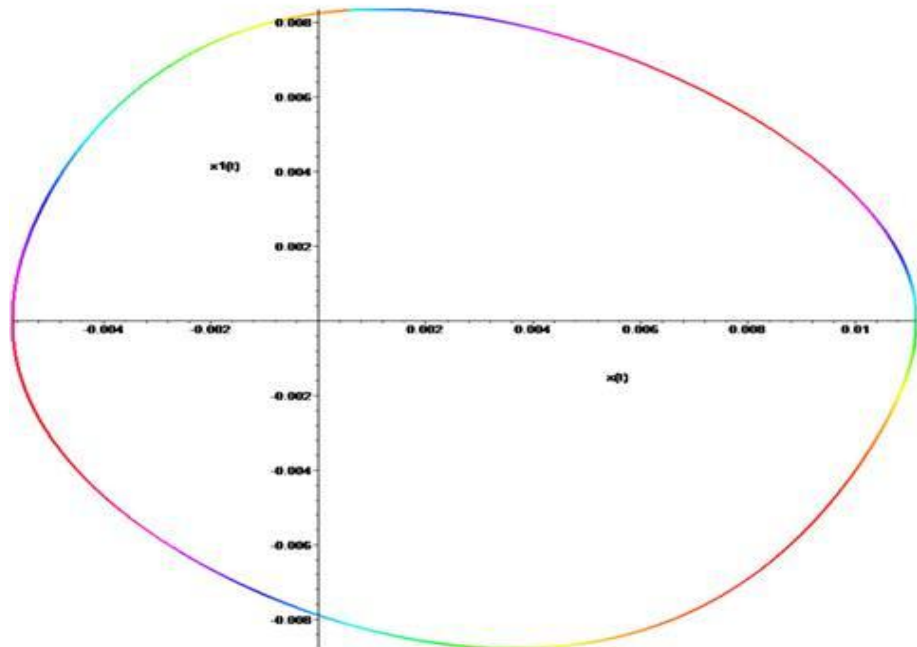
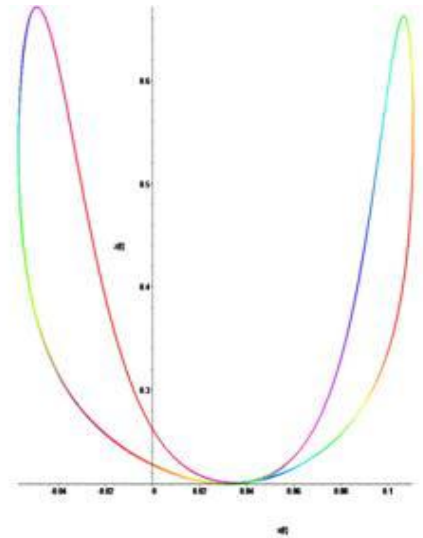
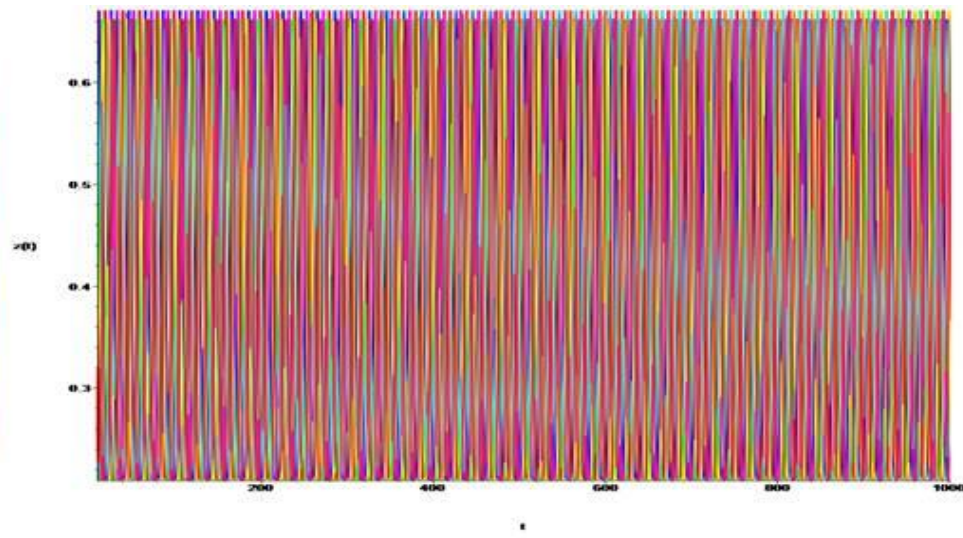
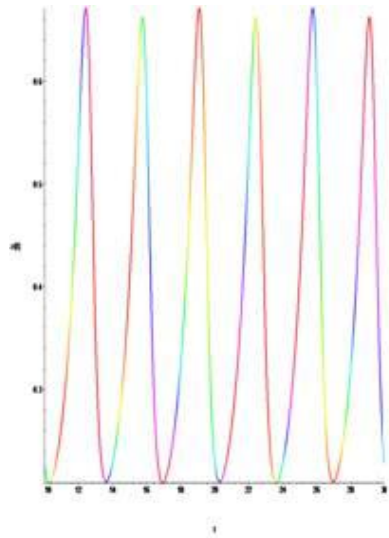
$A=0.0$, $u=1$, $\mu=0.3$, $\tau=1$



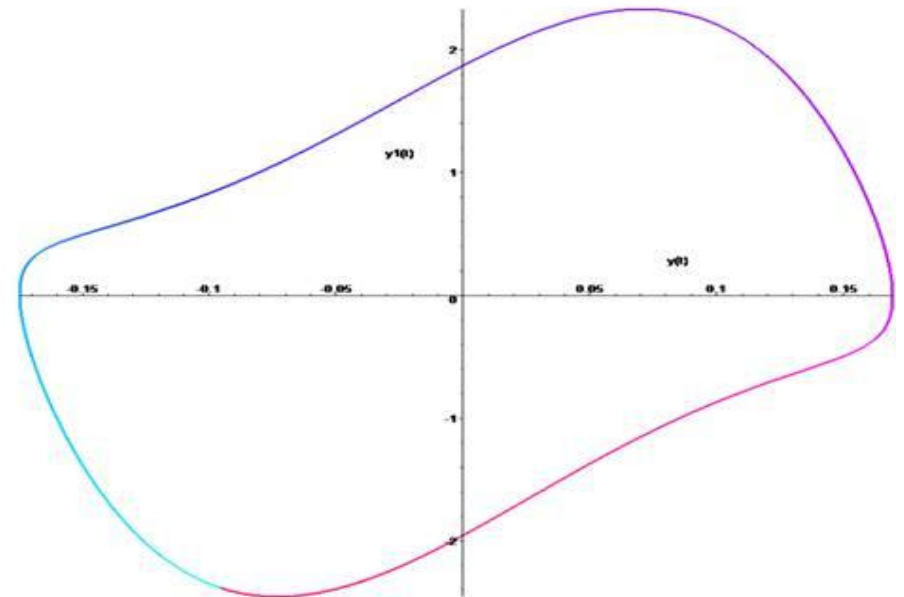
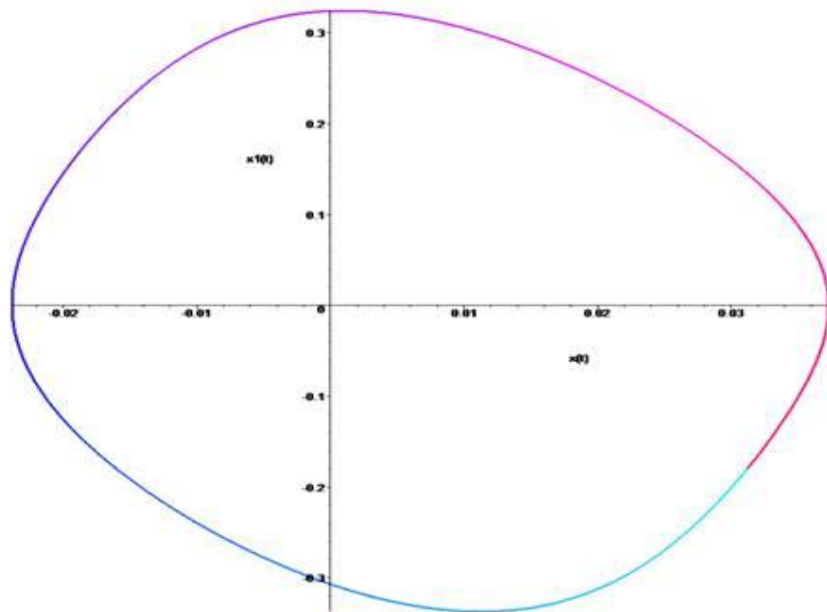
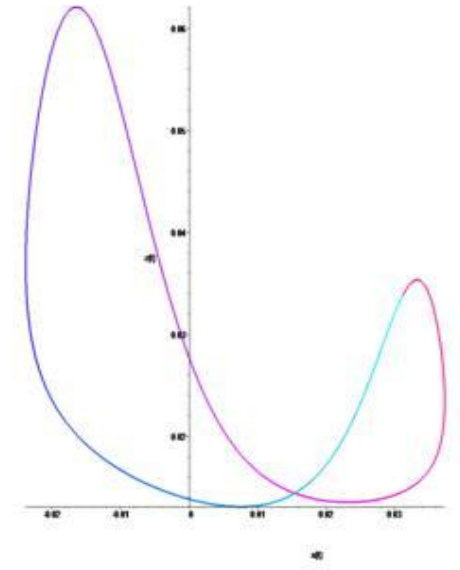
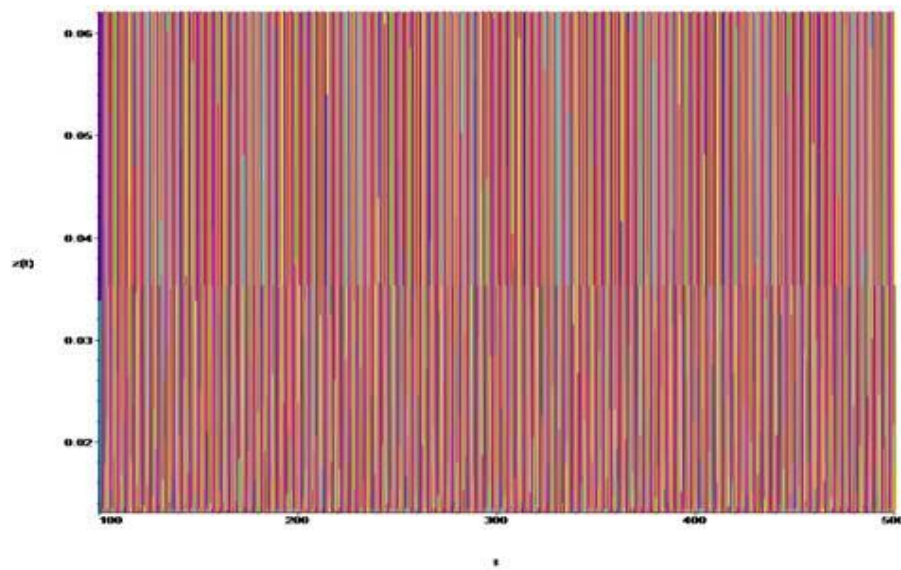
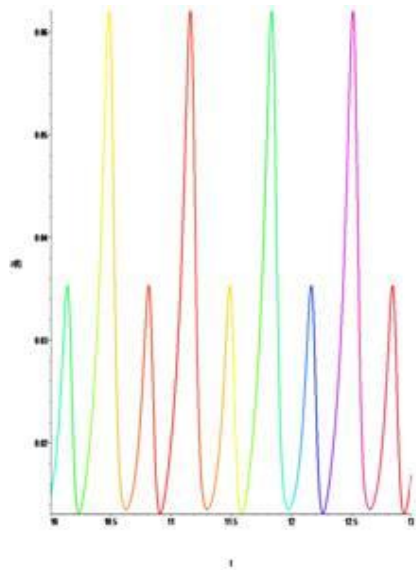
$A=0.0$, $u=1$, $\mu=\sqrt{0.5}$, $\tau=1$



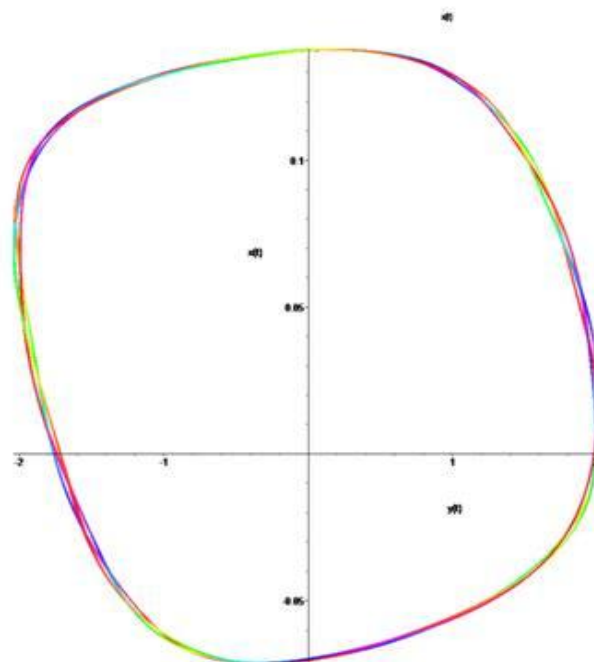
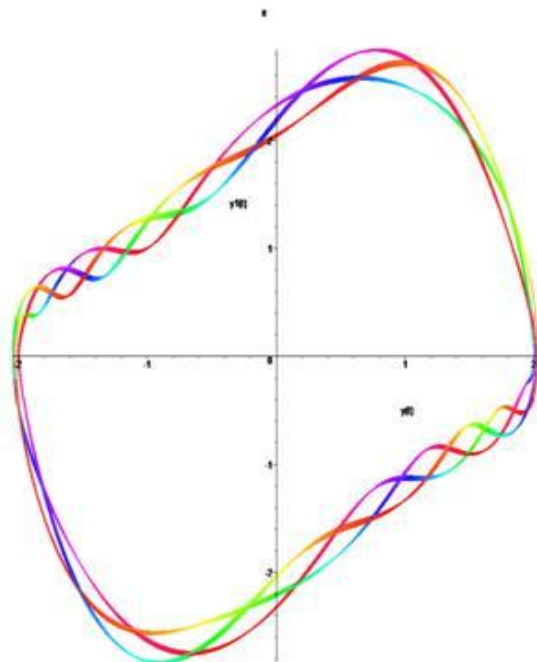
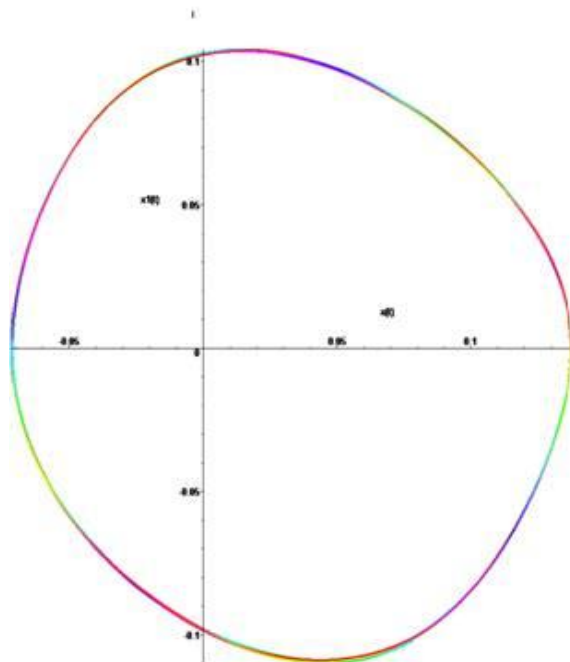
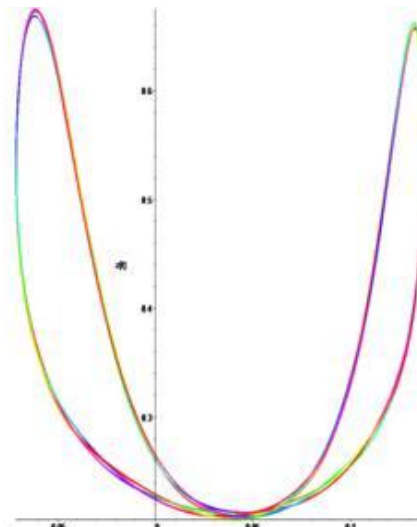
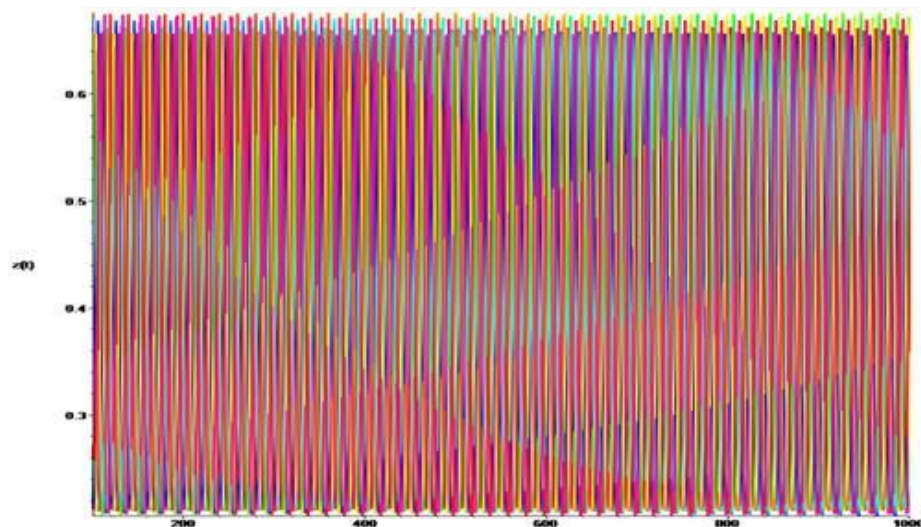
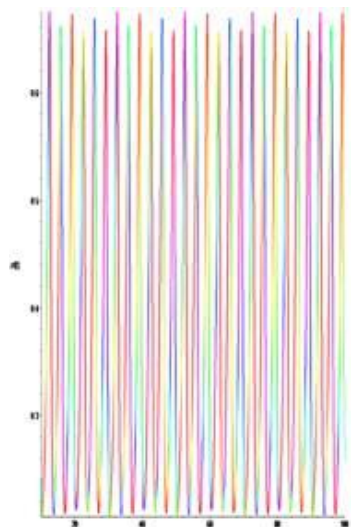
$A=0.0$, $u=1$, $\mu=0.008$, $\tau=1$



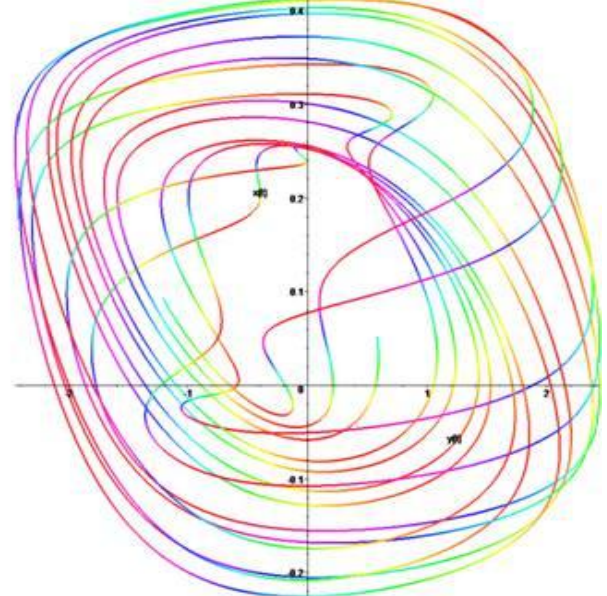
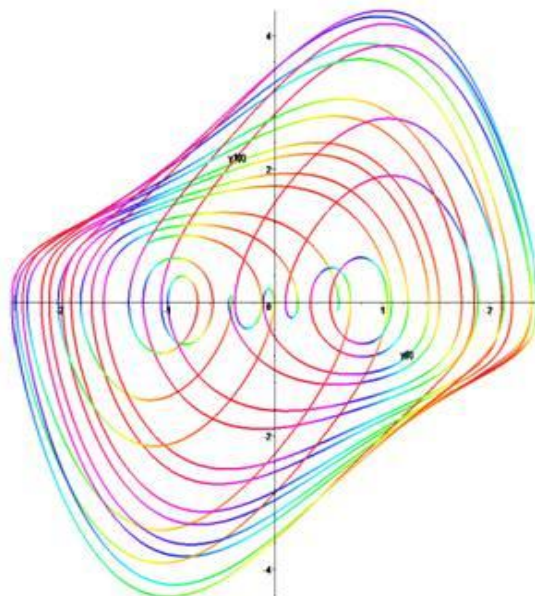
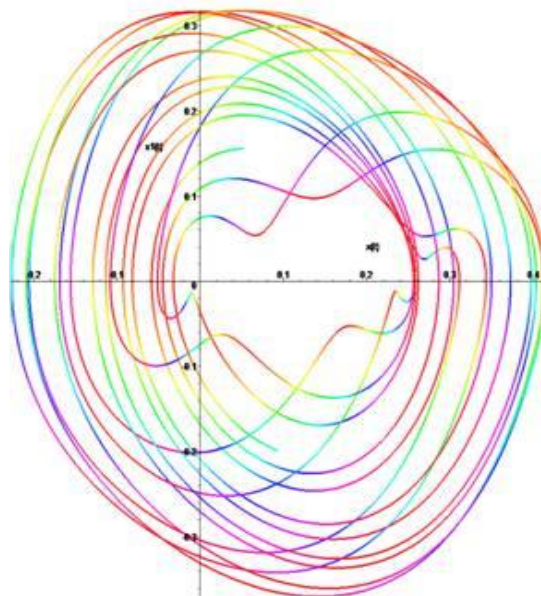
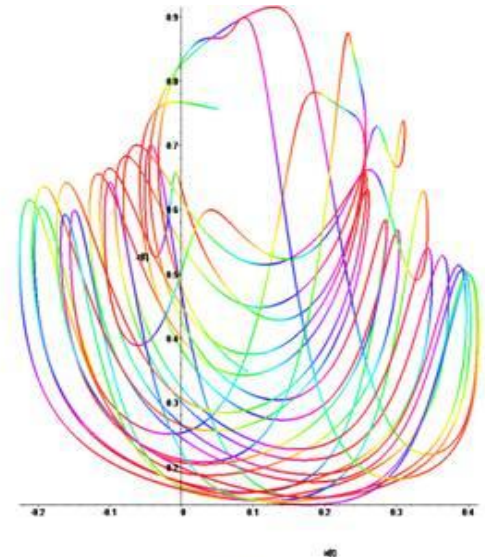
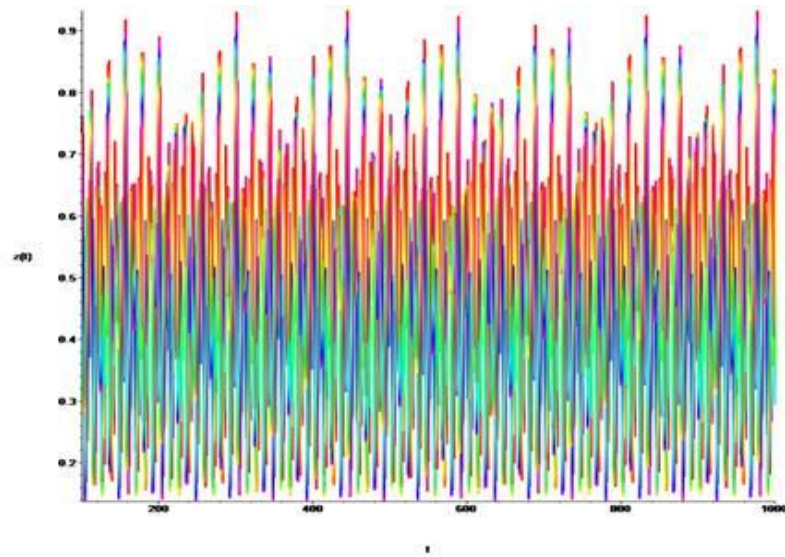
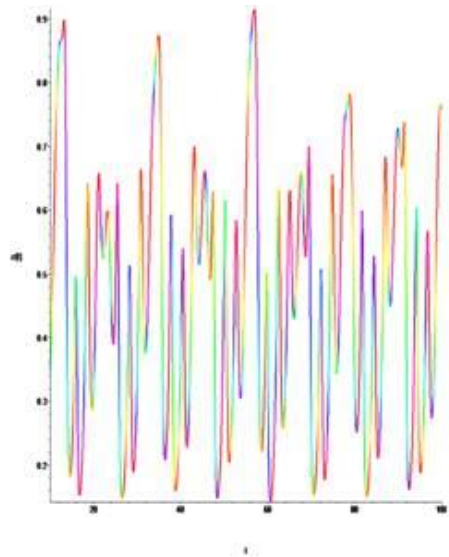
$A=0.0$, $u=0.08015$, $\mu=\sqrt{0.5}$, $\tau=0.1015625$

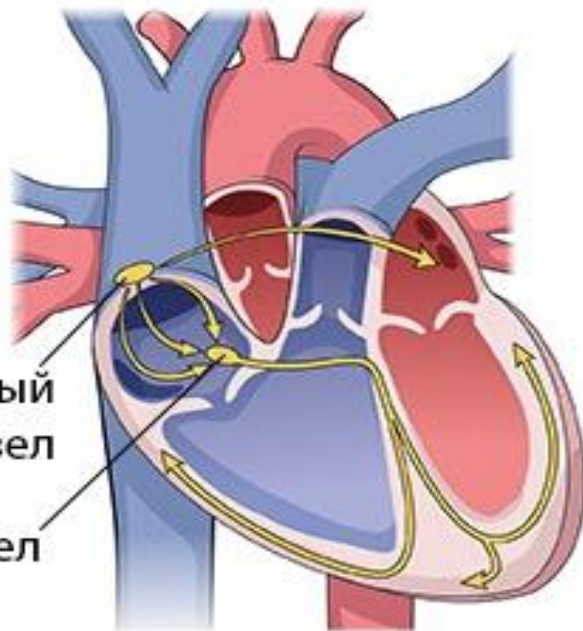


$A=1.0, u=1, \mu=0.1, n=1, \tau=1$



$A=2.0$, $u=1$, $\mu=0.3$, $n=0.25$, $\tau=1$

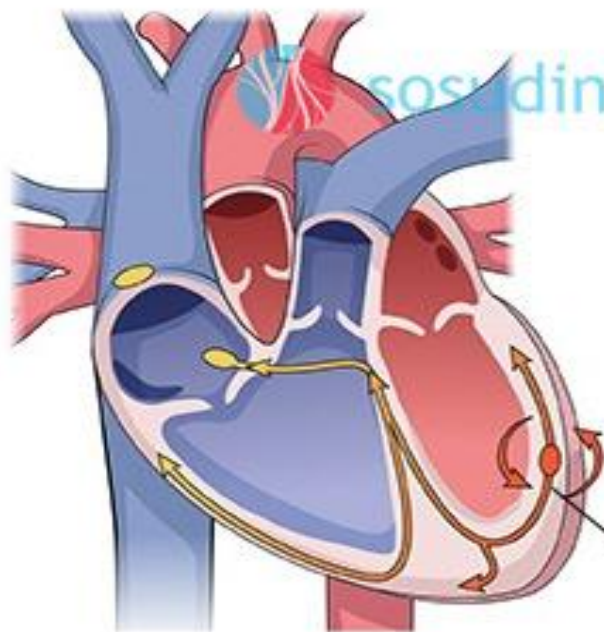




синусовый
узел

АВ-узел

норма

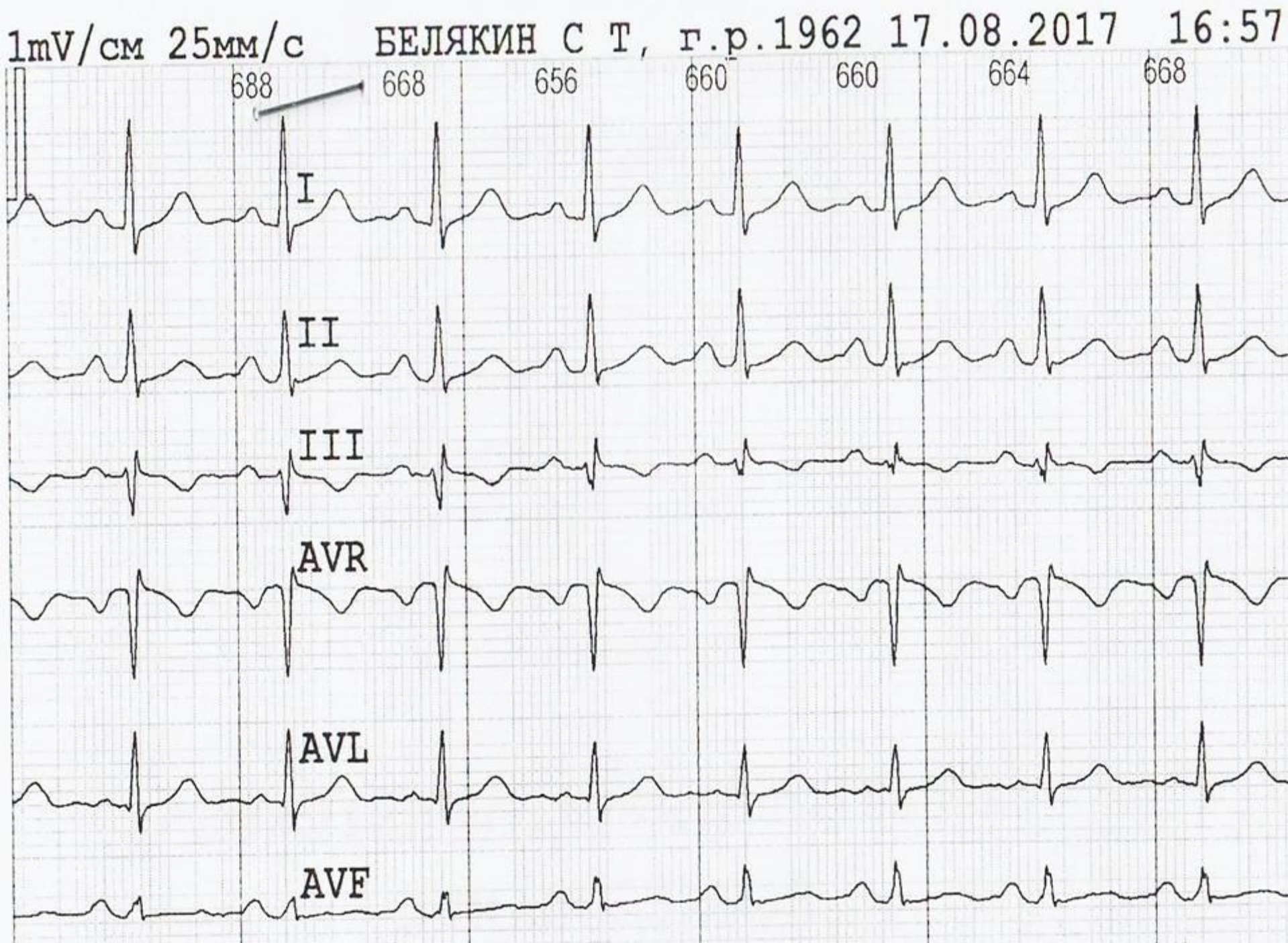


sosydinfo.ru

очаг паталогического возбуждения

желудочковая тахикардия





ЖЕЛУДОЧКОВАЯ ТАХИКАРДИЯ

Синусовый узел

(единственный источник
электрического
импульса
в норме)

Пучок Бахмана

Передние
межузловые
проводящие
пути

Средние
межузловые
проводящие
пути

Задние
межузловые
проводящие
пути

Атриовентрикулярный узел

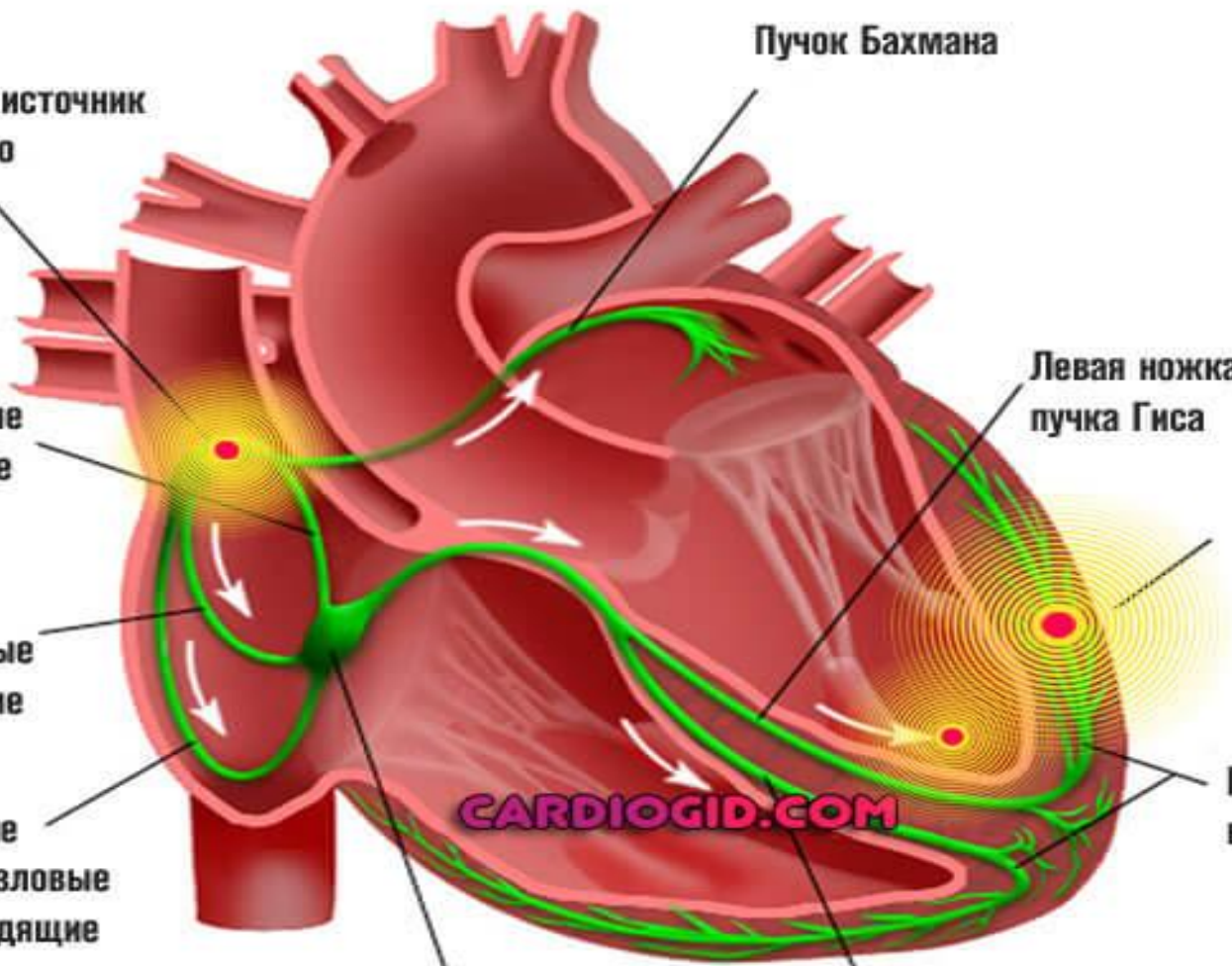
Левая ножка
пучка Гиса

Патологический
источник
электрического
импульса
в левом
желудочке

Проводящие
волокна

Правая ножка
пучка Гиса

CARDIOGID.COM



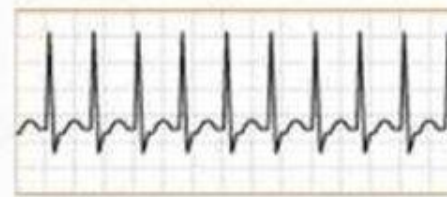
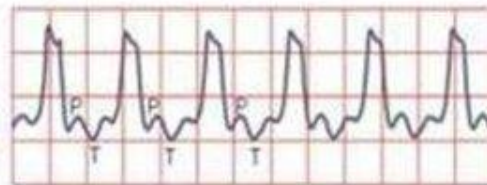
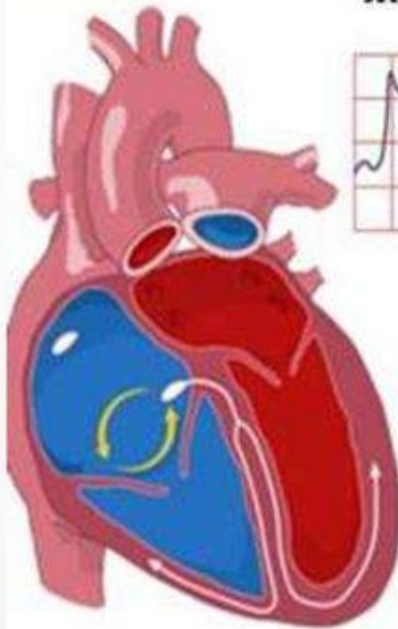
Пароксизмальная тахикардия

Пароксизмальная тахикардия

желудочковая

и

наджелудочковая



Признаки на ЭКГ:

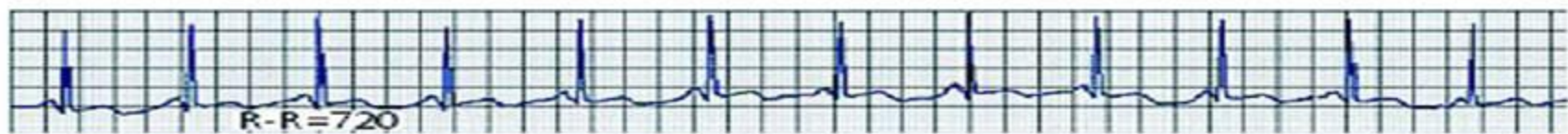
- Внезапное начало и внезапное окончание пароксизма.
- ЧСС от 140 ударов в минуту.
- Правильный (регулярный) ритм. QRS нормальные.
- При предсердной ПТ зубцы Р перед комплексами QRS, но снижены или деформированы.
- При ПТ из AV-узла зубцы Р находятся после комплексов QRS или накладываются на них.



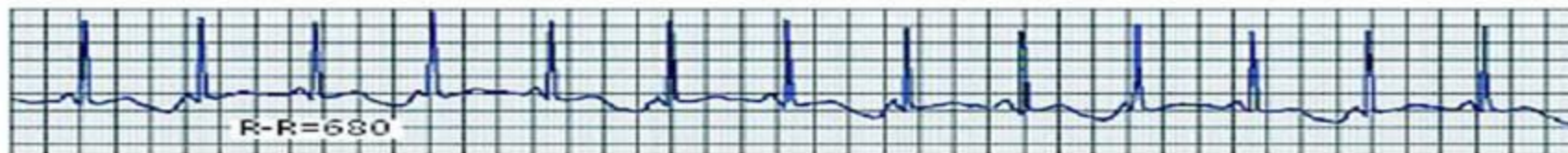
A



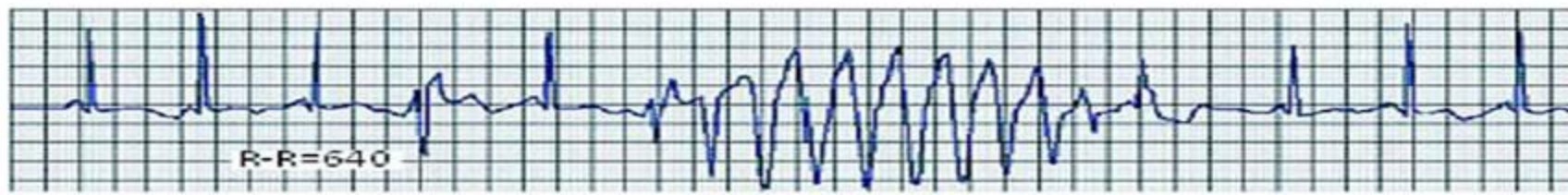
B



C



D



Thank you very much for your attention!

I would like to thank the Organizers for nice opportunity to attend this great Fourth International Conference Modeling of Non-Linear Processes and Systems 2019 in such a beautiful place like Moscow State University of Technology “STANKIN” !