

surface) and non-inflammation (above the surface).

We indicate the terminal values of the basic parameters (temperature, sizes) of a hot particle that permit inflammation. Thus, for instance, it has been discovered that in the system under consideration the temperature $\Theta_p=0.9$ (at $R_p=0.15$ and $Z_p=0.15$) is the low boundary of the range of temperatures of a particle that permit the inflammation of a liquid CS. We have also established, both experimentally and numerically, a similar boundary for the range of the particle's sizes at a fixed temperature. Thus, for instance, at $\Theta_p=1$ ignition occurs only at $R_p \geq 0.05$ and $Z_p \geq 0.15$. The previous study determined the configurations of energy sources for which the durations of delay are minimal (particles shaped as a parallelepiped), and for which the processes of ignition are characterized by the maximal sluggishness (particles shaped as spheres and hemispheres). The statement of the problem of heat and mass transfer with particles shaped as cylindrical disks is specified by average values of the integral characteristics of ignition in comparison with particles shaped as a parallelepiped or a sphere. Consequently, in the model under consideration the dependencies of τ_d on Θ_p and R_p (Fig. 2) characterize the upper and lower estimations of the ignition time delay for systems of particles shaped as a parallelepiped and a sphere, respectively.

This work was supported by the Grant of the President of the Russian Federation (MK-2391.2014.8).

REFERENCES

1. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Heat and mass transfer at the ignition of a liquid substance by a single «hot» particle // Journal of Engineering Thermophysics. – 2008. – V. 17. – №. 3 – P. 244–252.
2. Glushkov D.O., Strizhak P.A. Transient Heat and Mass Transfer of Liquid Droplet Ignition at the Spreading over the Heated Substrate // Advances in Mechanical Engineering. – 2014. – V. 2014. – Article ID 269321, 9 pages. doi:10.1155/2014/269321.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА ИСПОЛЬЗУЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ НА НАНОСЕНСОРАХ

М.Г. Григорьев, Н.В. Турушев

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Д. К. Авдеева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: Mishatpu@mail.ru

COMPUTER SIMULATION CARDIAC ELECTRICAL ACTIVITY USING AN ELECTROCARDIOGRAPH ON NANOSENSORS

M.G. Grigor'yev, N.V. Turushev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. D. K. Avdeeva

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050,

E-mail: Mishatpu@mail.ru

This article describes the issues related to cardiovascular disease. A method is proposed to address this issue. We consider a Aliyev - Ponfilov model. The algorithm of hardware-software complex. Presents the conclusions.

По данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) от болезней сердца и сосудов каждый год в мире погибают более 17 миллионов человек. Более того, согласно прогнозу ВОЗ к 2030 году умрет ещё около 23,6 миллионов человек. В России, в 2012 году от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) погибли 1 млн. 232 тыс. 182 человека [1].

Основным наиболее распространенным в медицинских учреждениях различного уровня является электрокардиографический (ЭКГ) метод исследования состояния сердечно-сосудистой системы человека. ЭКГ метод является методом функциональной диагностики с количественной оценкой результатов исследования. Впервые кардиографические исследования были проведены в конце 19-го века шотландским ученым Александром Мьюхэдом [2]. Тело представляет собой объемный проводник. Активная работа сердца приводит к генерации электромагнитного поля, которое может быть измерено на поверхности тела. Это поле в ходе возбуждения сердца постоянно меняется и характеристики этого поля в каждый момент времени зависят от того, в каком направлении движется по сердцу волна возбуждения. Изучение этого поля позволяет судить о последовательности возбуждения предсердий и желудочков.

Актуальным для совершенствования диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе и для ранней диагностики сердца взрослых, детей, младенцев и плода, является разработка нового поколения наносенсоров и компьютеризированной ЭКГ - аппаратуры высокого разрешения для применения в поликлиниках и в домашних условиях. Для решения данной задачи необходимо исследование численной модели распространения возбуждения в сердечной мышце. Возбуждение распространяется по сердечной ткани с определенной скоростью, различной для разных отделов сердца (рис. 1).

Зеленые надписи и стрелки указывают время прихода волны возбуждения в данную область сердца. Голубые врезки показывают форму профиля бегущей волны (т.н. «потенциала действия») в разных

областях сердца, обусловленную различием свойств элементов возбудимой среды, которую формируют ткани сердца. Бежевая врезка — нормальное распространение бегущей волны возбуждения из пейсмекерной зоны в центре (синусового узла) в сторону краев (по рабочему миокарду) в простейшей имитационной математической модели [3].

В результате формируется пространственно-временная организация возбуждения сердца, обеспечивающая его функционирование. При моделировании процесса распространения возбуждения необходимо учитывать все особенности организации возбуждения в сердце.

Для моделирования распространения возбуждения предложена одна из простейших моделей возбудимых сред [4], двухкомпонентная модель Алиева-Панфилова. Модель реализована в виде уравнений типа «реакция – диффузия».

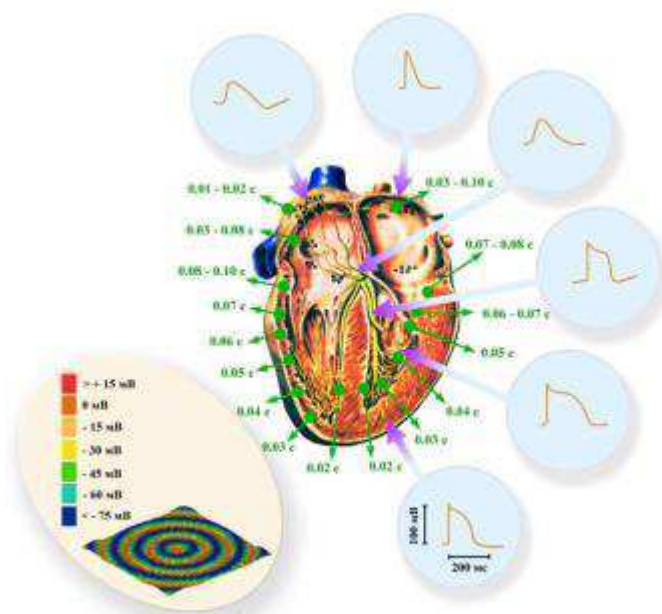


Рис. 1. Схема пространственно-временной организации нормальной работы сердца человека.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -ku \cdot (u - a) \cdot (u - 1) - uv + \Delta u,$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\left(\varepsilon_0 + \frac{\mu_1 v}{u + \mu_2}\right) \cdot (v + ku \cdot (u - a - 1)),$$

где $u(x, y, t)$ – безразмерная функция, соответствующая трансмембранному потенциалу, и $v(x, y, t)$ – безразмерная функция, соответствующая медленному мембранному току восстановления. При этом связи между клетками сердечной мышцы описываются диффузионными членами уравнений, а динамика отдельной клетки – реакционными нелинейными членами уравнений. Проведя ряд экспериментов, были определены параметры модели, при которых система лучше всего соответствует свойствам сердечной мышцы: $k = 8.0$, $\varepsilon_0 = 0.01$, $\mu_1 = 0.2$, $\mu_2 = 0.3$, $a = 0.15$.

Для реализации моделирования процесса распространения возбуждения в сердце, в рамках концепции оценки состояния сердечно-сосудистой системы (ССС), на базе лаборатории № 63 института неразрушающего контроля предполагается разработка аппаратно – программного комплекса. Алгоритм работы АПК представлен на рис. 2.

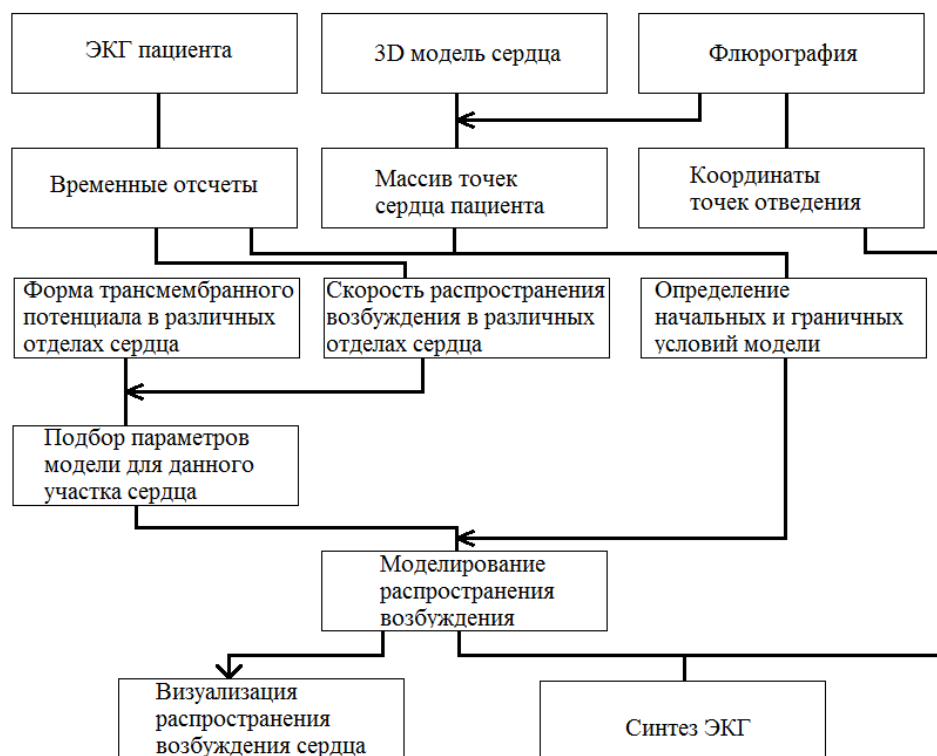


Рис. 2. Алгоритм моделирования процесса распространения возбуждения в сердце.

Согласно алгоритму сначала на основе анализа кардиографической информации осуществляется задание начальных и граничных условий модели, затем определяются параметры модели для различных анатомических отделов сердца, и моделируется распространение возбуждения. По результатам моделирования осуществляется визуализация распространения возбуждения на поверхности сердца пациента.

Использование модели электрической активности сердца позволяет определить «электрический портрет» сердца пациента в течении кардиоцикла, что дает возможность извлечения диагностических

признаков при анализе косвенных параметров, определяемых на основе моделирования электрических процессов в сердце и выходных данных с электрокардиографа на наносенсорах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердечно – сосудистые заболевания. Информационный бюллетень №317. // Сайт ВОЗ [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>. – 11.02.2014.
2. Alexander Muirhead // Wikipedia.com: [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Muirhead. - 11.02.2014.
3. Сердце человека // Wikipedia.ru: [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце_человека. – 18.02.2014.
4. Простейшие модели возбудимых сред // Mathematical Cell: [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.mathcell.ru/ru/obzors/obzor_Elkin2. – 27.02.2014.

АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ БИСИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Абыт Уулу Гулчоро, Н.О. Омурзакова

Научный руководитель: доцент, к. ф.-м. н. Д.А. Турсунов

Ошский государственный университет, Кыргызстан, г.Ош, ул. Ленина, 331, 723500

E-mail: dosh2012@mail.ru

ASYMPTOTICS OF SOLUTIONS OF NONLINEAR BISINGULARLY PERTURBATIONS OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

Abyt uulu Gulchoro, N.O. Omurzakova

Scientific Supervisor: Associated prof., PhD D.A. Tursunov

Osh state university , Kyrgyzstan, Osh, Lenin str., 331, 723500

E-mail: dosh2012@mail.ru

Investigations of the critical values of dynamical system parameters are interesting. Especially it should be noted critical values when the properties of stationary or quasi-stationary modes or bifurcation are changing. Bifurcation is cause of the violation of the condition of asymptotic stability. Limit transition appears in different systems and applied tasks such as laser physics, chemical kinetics, plastic deformation, biophysics, the modified Ziegler system, simulation of crown forest fires, safe combustion with maximum temperature etc. In this paper we used the stationary phase method. The asymptotic solution of singularly perturbed systems of nonlinear ordinary differential equations with turning points in the complex plane with the asymptotic stability condition was built with this method.

Рассмотрим нелинейную систему

$$\varepsilon x'(t, \varepsilon) = D(t)x(t, \varepsilon) + f(t) + \varepsilon^m \tilde{g}(t, x), \quad (1)$$

с начальным условием

$$x(t_0, \varepsilon) = x^0, \quad (2)$$