

Максимальная температура – 28,9 °С

Минимальная – 25,5 °С

Средняя – 26,8 °С

**Вывод:** В ходе исследовательской работы мы изучили тепловой метод контроля, а так же ознакомились с устройством тепловизора на примере тепловизора FLIRP65, получили необходимые навыки работы с тепловизором. Научились базовым процедурам обработки тепловизионных изображений с помощью программы ThermoCamResearcher.

## МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРАНСМЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПО МИОКАРДУ

**Григорьев М.Г.**

*Томский политехнический университет, г. Томск*

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

*кафедры информационно-измерительной техники*

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 2008 году от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) погибли 1 млн. 232 тыс. 182 человека (рисунок 1)[1].

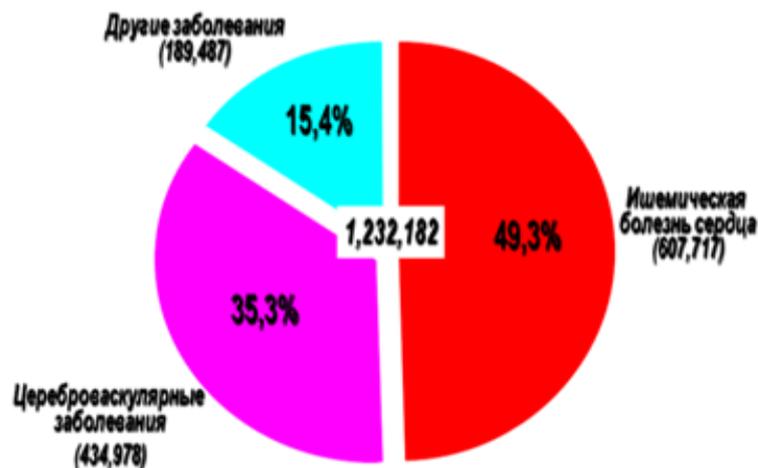


Рис. 1. Отчет ВОЗ по ССЗ за 2008 г.

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.

Решением данной проблемы занимается множество предприятий, но особого успеха добились лишь единицы.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время отсутствуют аппаратно-программные комплексы (АПК) для массового применения (в отделениях функциональной диагностики и кардиологии, в стационарах, в поликлиниках и медико-санитарных частях, в машинах скорой помощи, а также в частной медицинской практике, в домашних условиях, в постоянно носимых аппаратах) с целью неинвазивного углубленного исследования сердца путем регистрации низкоамплитудных потенциалов сердца с поверхности тела человека без процедуры осреднения кардиоциклов и фильтрации. Подобные аппараты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Краткий обзор по фирмам – производителям

Название фирмы	Кол-во отведенных	Уровень сигнала, мкВ	Частотный диапазон, Гц	Цена, тыс. руб
Геолинк-Электроникс (Россия)	3	6	0,03-10,0	270
Rozinn (США)	3	8	0.05-70	385
OXFORD (Англия)	3	5	0,05-100	400
ФГБОУ ВПО НИ ТПУ (Россия)	3-12	0,3	0-10000	<50
Davis Medical Electronics Inc. (США)	3-12	2	0.05-60	227
HELLIGE (США)	3-12	5	0,05 -100	417
CardioMem CM 3000 (Германия)	3	8	0,03-70	160
Scan Tech Medical, LLC (США)	3	6	0.05-100	163

Как видно из таблицы, рыночная стоимость кардиографов известных компаний непомерно велика по сравнению с предложенным нами продуктом. Это связано с тем, что в устройстве используются разработанные нами наносенсоры, позволяющие без использования фильтров и осреднения получать сигналы нановольтового уровня.

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 (рисунок 2).

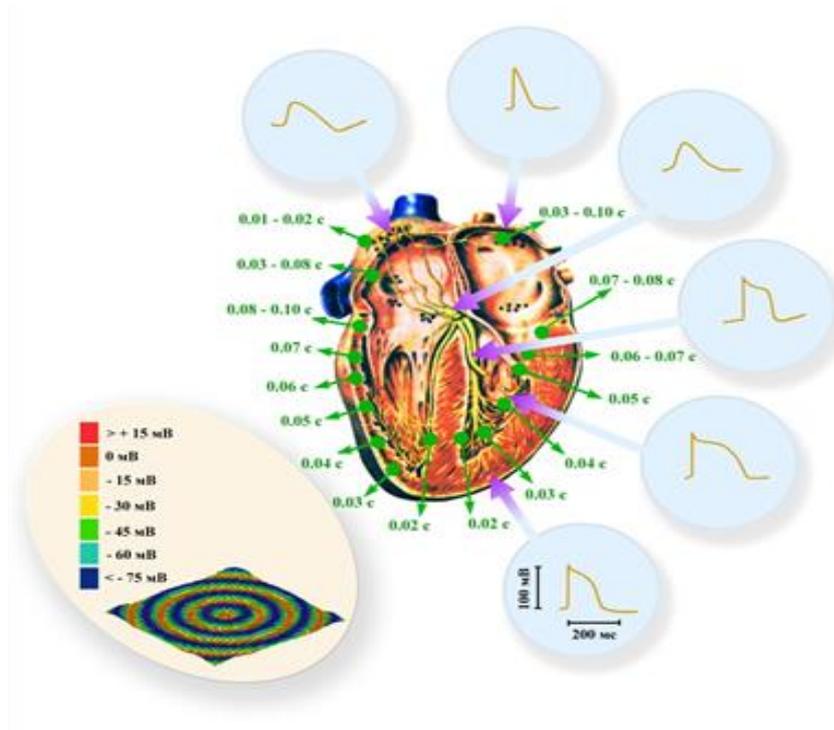


Рис. 2. Схема пространственно-временной организации нормальной работы сердца человека.

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».

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

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

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 рисунке 3.



Рис. 3. 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 (рисунок 4).

### **Список информационных источников**

1. Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень N°317. // Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>. – Загл. с экрана.

2. Alexander Muirhead // Wikipedia.com: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Muirhead](http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Muirhead).

3. Сердце человека // Wikipedia.ru: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце\\_человека](http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце_человека)

4. Простейшие модели возбудимых сред // Mathematical Cell: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://www.mathcell.ru/ru/obzors/obzor\\_Elkin2](http://www.mathcell.ru/ru/obzors/obzor_Elkin2)

## **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ КАРКАСОВ В МОНОЛИТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ**

*Данилов В.И., Данилова М.Э., Станевич С.Т.*

*Павлодарский государственный университет имени С. М. Торайгырова,  
г. Павлодар, Казахстан*

В настоящее время монолитный железобетон стал преобладающим конструктивным материалом для возведения каркасных зданий. Применение монолитного железобетона в зданиях позволяет повысить их жесткость, огнестойкость конструкций, обеспечивает большую устойчивость против прогрессирующего обрушения, способствует быстрому затуханию колебаний.

Мировой опыт строительства показал, что разнообразие архитектурного облика зданий, объемно-планировочных и конструктивных решений обеспечивается монолитным строительством, так как оно является более мобильным, гибким и экономичным, возрастают также и темпы строительства. Это приводит к тому, что значительная часть нагрузок действует уже в процессе возведения здания, что требует обеспечения необходимого уровня качества показателей конструкций на всех этапах строительства.