



«Разработка экспериментального образца аппаратно-программного комплекса для неинвазивной регистрации микропотенциалов сердца в широкой полосе частот без фильтрации и усреднения в реальном времени с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти»

Соглашение № 14.578.21.0032 от 05.06.2014

Получатель субсидии	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Индустриальный партнер	Открытое акционерное общество НПО «Экран», г. Москва
Объем средств субсидии	Всего 45,0 млн. руб., по годам: 2014 г – 15,0 млн. руб.; 2015 г. – 15,0 млн. руб.; 2016 г. – 15,0 млн. руб
Объем привлекаемых внебюджетных средств	Всего 55,2 млн. руб., по годам: 2014 г – 18,4 млн. руб.; 2015 г. – 18,4 млн. руб.; 2016 г. – 18,4 млн. руб.
Руководитель проекта	Авдеева Д.К.

Цель проекта

Разработать экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса для регистрации микропотенциалов сердца от 0,3 мкВ в частотном диапазоне (0-10000) Гц в реальном времени без усреднения и фильтрации с использованием разрабатываемых в рамках проекта высокочувствительных, малошумящих, высокостабильных, неполяризующихся, помехоустойчивых медицинских наносенсоров с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти (далее - АПК).

Задача проекта

Разработка аппаратно-программного комплекса для раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти (ВСС) на основе неинвазивной регистрации в реальном времени микропотенциалов сердца с использованием разработанных в рамках проекта высокочувствительных, малошумящих, высокостабильных, неполяризующихся, помехоустойчивых медицинских наносенсоров для широкого применения в медицине высокотехнологичной аппаратуры высокого разрешения для исследования сердца в поликлиниках, медпунктах, санаториях и т.д.

Пути и действия по доведению результата до потребителя

1. Проведение работ по организации серийного производства наносенсоров.
2. Проведение работ по подготовке производства для серийного освоения АПК совместно с Индустриальным партнером.
3. Проведение работ по включению разрабатываемого метрологического оборудования в Государственный реестр средств измерений.
4. Проведение работ по популяризации результатов ПНИ.

В ходе выполнения ПНИ должны быть получены следующие научно-технические результаты

1. Промежуточные и заключительный отчеты о ПНИ.
2. Экспериментальные образцы наносенсоров для съёма биопотенциалов сердца человека (далее наносенсоры).
3. Экспериментальный образец АПК.
4. Стенд для испытаний экспериментальных образцов наносенсоров.
5. Стенд для испытаний экспериментального образца АПК.
6. Эскизная конструкторская и программная документация на экспериментальный образец АПК.
7. Эскизная конструкторская и технологическая документация на экспериментальные образцы наносенсоров.

В ходе выполнения ПНИ должны быть получены следующие научно-технические результаты

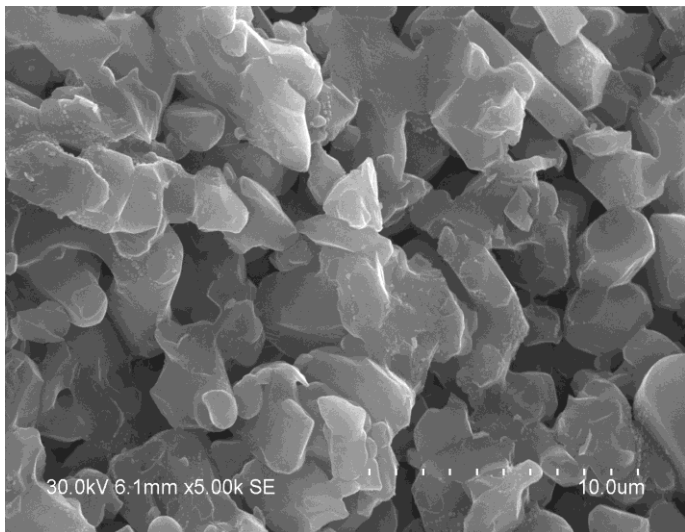
8. Программа и методики испытаний экспериментального образца АПК.
9. Программа и методики испытаний экспериментальных образцов наносенсоров.
10. Техническое задание на проведение ОКР по теме: «Разработка аппаратно-программного комплекса для неинвазивной регистрации микропотенциалов сердца в широкой полосе частот без фильтрации и усреднения в реальном времени с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти».
11. Техническое задание на проведение ОКР по теме: «Разработка наносенсоров для съема микропотенциалов сердца человека».

В ходе выполнения ПНИ должны быть получены следующие научно-технические результаты

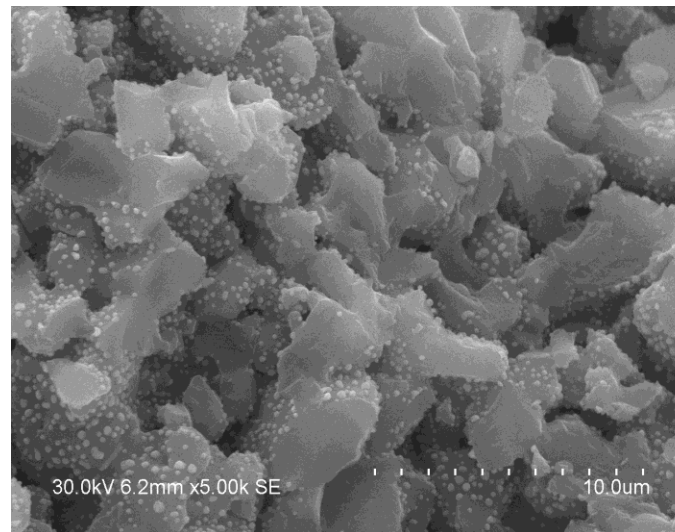
12. Техническое задание на проведение ОКР по теме: «Разработка промышленного образца испытательного стенда для метрологической проверки аппаратно-программного комплекса для регистрации микропотенциалов сердца».
13. Техническое задание на проведение ОКР по теме: «Разработка промышленного образца испытательного стенда для метрологической проверки наносенсоров съема микропотенциалов сердца»;
14. Проект технических условий на наносенсоры.
15. Проект технических условий на АПК.

Работы, проведенные в отчетном периоде

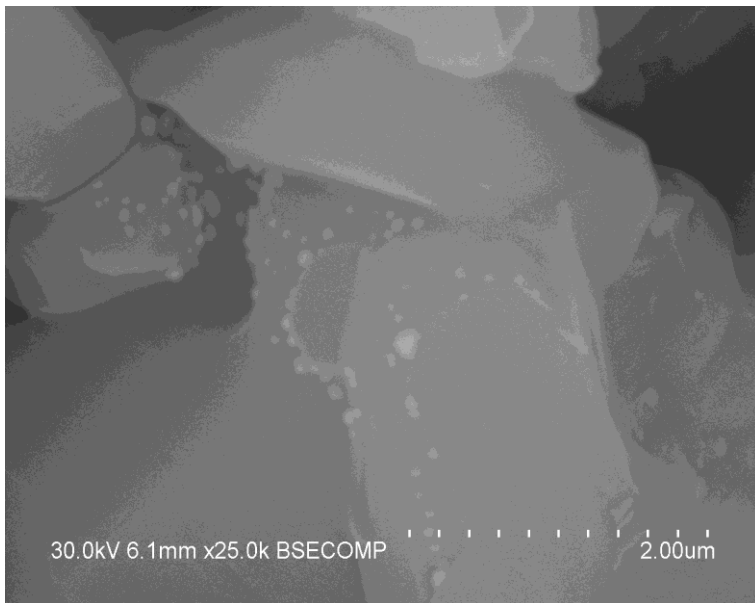
1. Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ.
2. Проведение патентных исследований согласно ГОСТ Р 15.011-96.
3. Выбор и обоснование направления исследований. Разработка технических решений по созданию экспериментальных образцов наносенсоров, математической электродинамической модели сердца и экспериментального образца АПК.



Изображение пористой внутренней структуры керамической диафрагмы

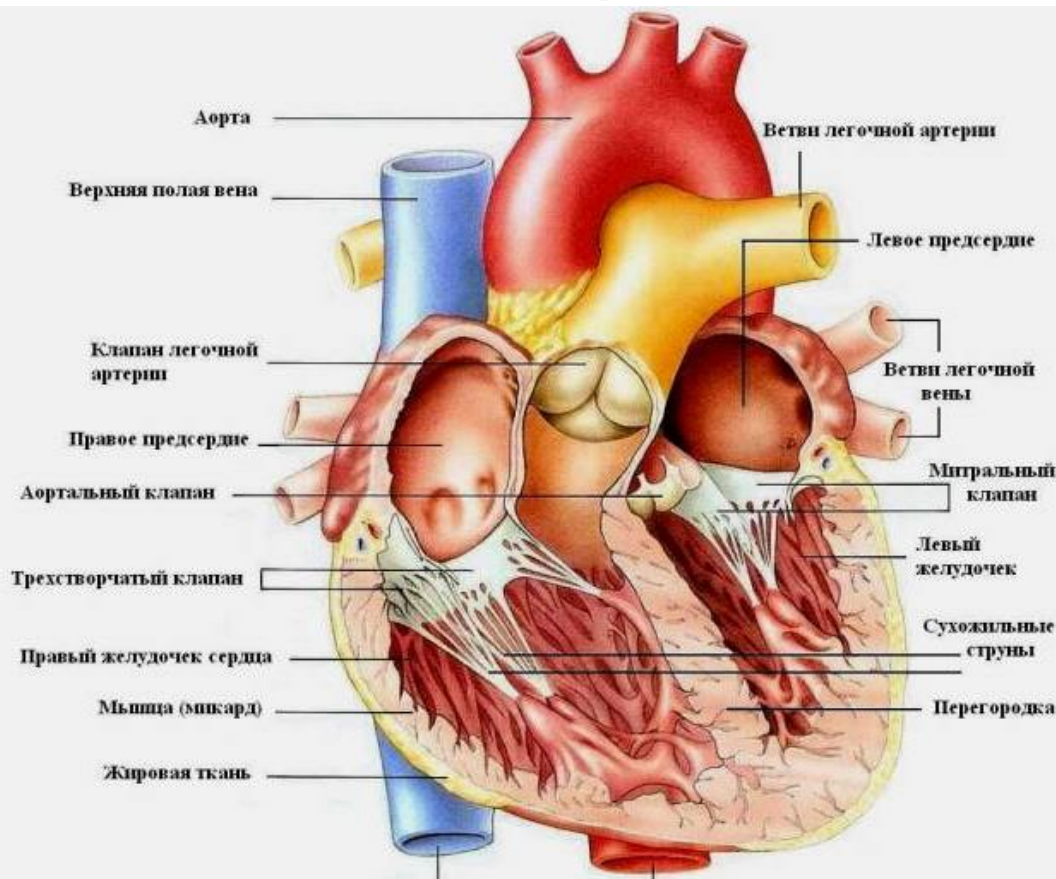


Изображение пористой внутренней структуры керамической диафрагмы с наночастицами серебра



Фрагмент изображения пористой внутренней структуры керамической диафрагмы с наночастицами серебра

Объект моделирования



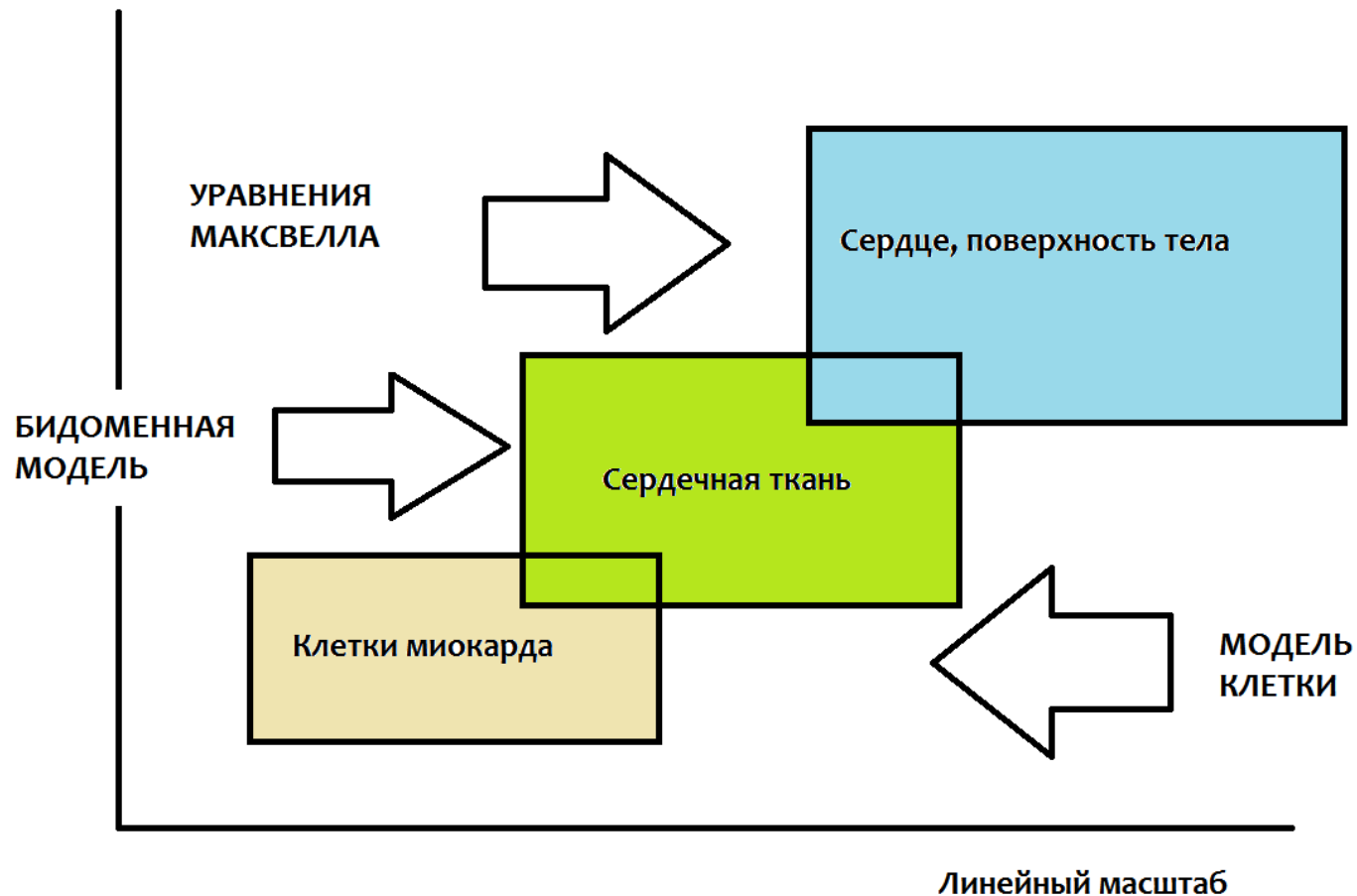
Сердце человека это сложный орган, как с анатомической, так и с физиологической точек зрения

Функции сердца

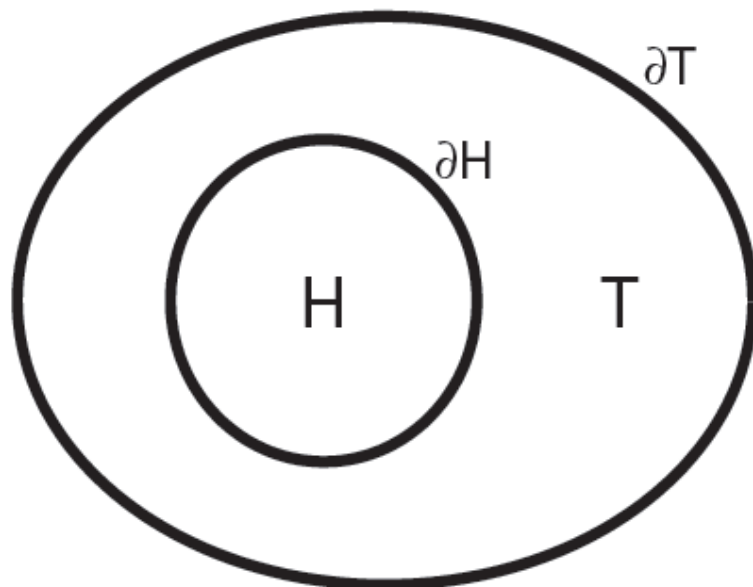
- автоматизм,
- проводимость,
- возбудимость,
- рефракторность,
- сократимость.

Сердце - сложная динамическая система, состоящая из большого числа взаимодействующих подсистем, обладающая сложной геометрической формой.

Разномасштабный подход к моделированию сердца (multiscale modeling of heart)



Расчетная область



- H – сердечная ткань (бидоменная модель)
- ∂H – поверхность сердца
- T – торс человека (уравнения Максвелла)
- ∂T – поверхность тела человека

Уравнения для клетки сердца

Необходимы для замыкания бидоменной модели.

$$-C_m \frac{dv}{dt} = I_{Na} + I_{si} + I_K + I_{K1} + I_{Kp} + I_b + I_{app} ;$$

$$\frac{dC_{cai}}{dt} = -0,0001 I_{si} + 0.07(0,0001 - C_{cai}) ;$$

$$\frac{dg}{dt} = \alpha_g(1 - g) - \beta_g g ,$$

Система обыкновенных дифференциальных уравнений, связывающих изменение трансмембранного потенциала действия, ионные токи, внутриклеточные и внеклеточные концентрации, управляющие переменные.

Модель ткани сердца (бидоменная модель)

Определяющие соотношения

$$\nabla \cdot (\sigma_i^* \nabla v) + \nabla \cdot (\sigma_i^* \nabla u_e) = \frac{\partial v}{\partial t} + I_{ion}^*, \quad \vec{x} \in H;$$

$$\nabla \cdot (\sigma_i^* \nabla v) + \nabla \cdot ((\sigma_i^* + \sigma_e^*) \nabla u_e) = 0, \quad \vec{x} \in H;$$

Граничные условия

$$u_e = u_T, \quad \vec{x} \in \partial H;$$

$$n \cdot (\sigma_i^* \nabla v + (\sigma_i^* + \sigma_e^*) \nabla u_e) = n \cdot (\sigma_T^* \nabla u_T), \quad \vec{x} \in \partial H;$$

$$n \cdot (\sigma_i^* \nabla v + \sigma_i^* \nabla u_e) = 0, \quad \vec{x} \in \partial H;$$

Индексы i, e – внутриклеточные и межклеточные величины, индекс T - величины вне сердца, в теле

Модель распределения потенциалов в теле человека

Определяющие соотношения

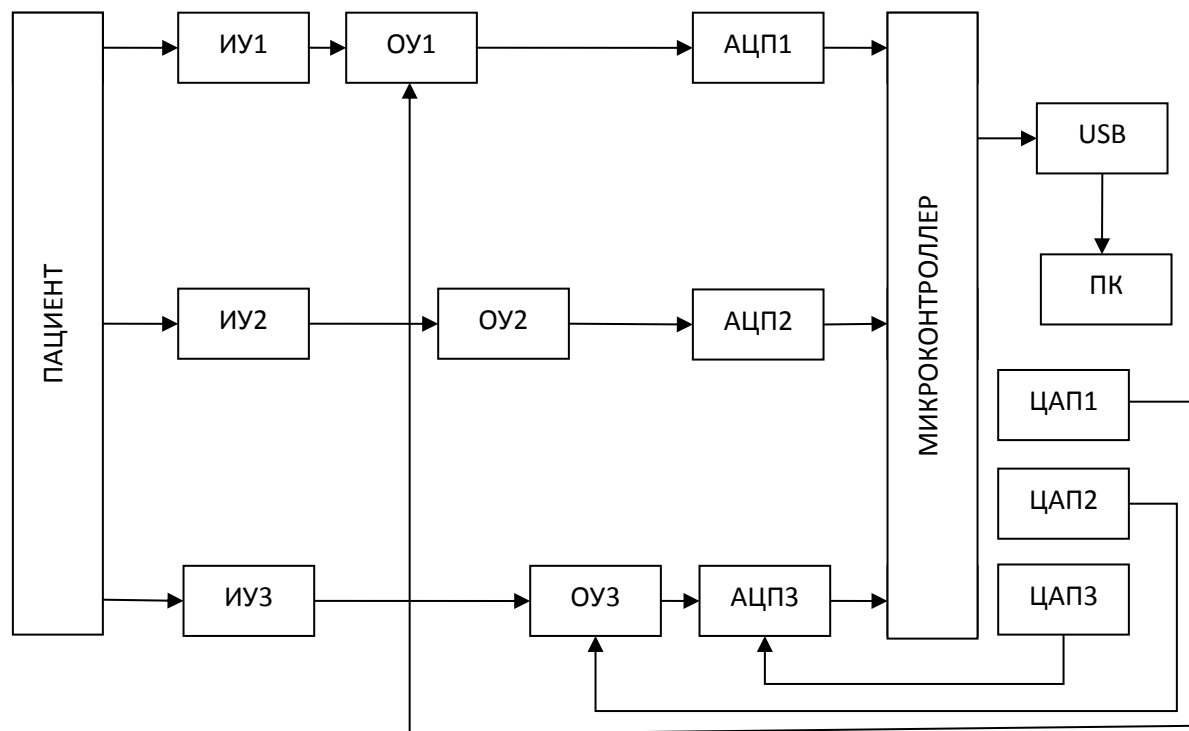
$$\nabla \cdot (\sigma_T^* \nabla u_T) = 0, \quad \vec{x} \in T;$$

Граничные условия

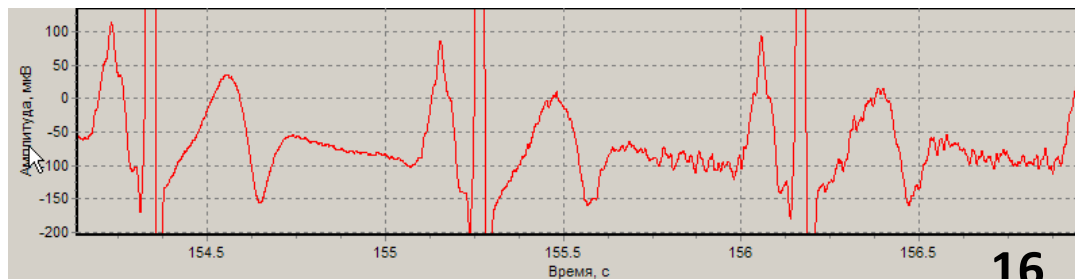
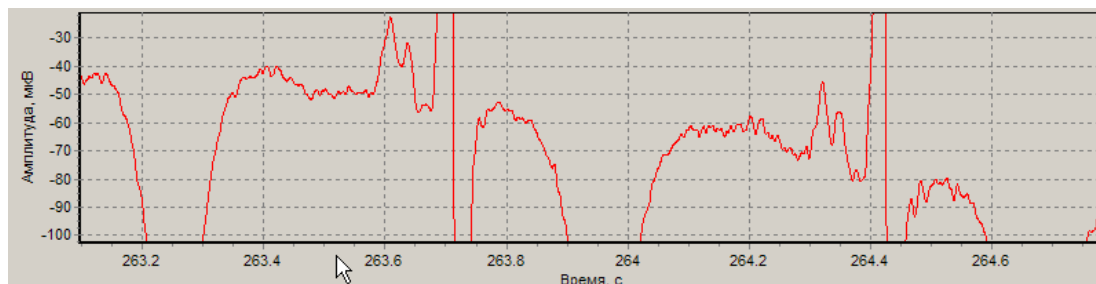
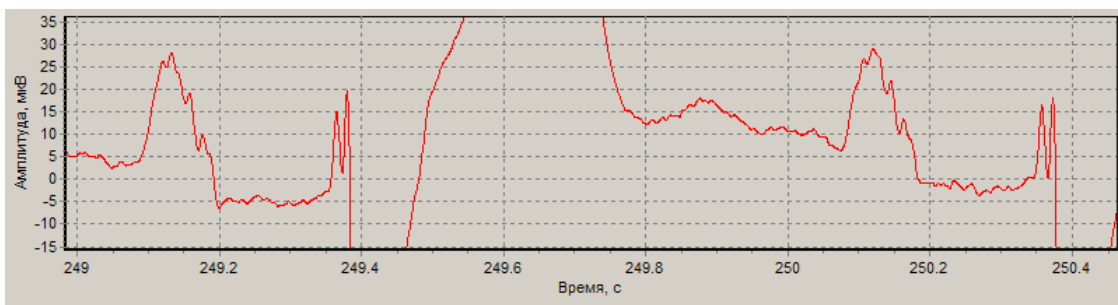
$$\vec{n} \cdot \sigma_T^* \nabla u_T = 0, \quad \vec{x} \in \partial T.$$

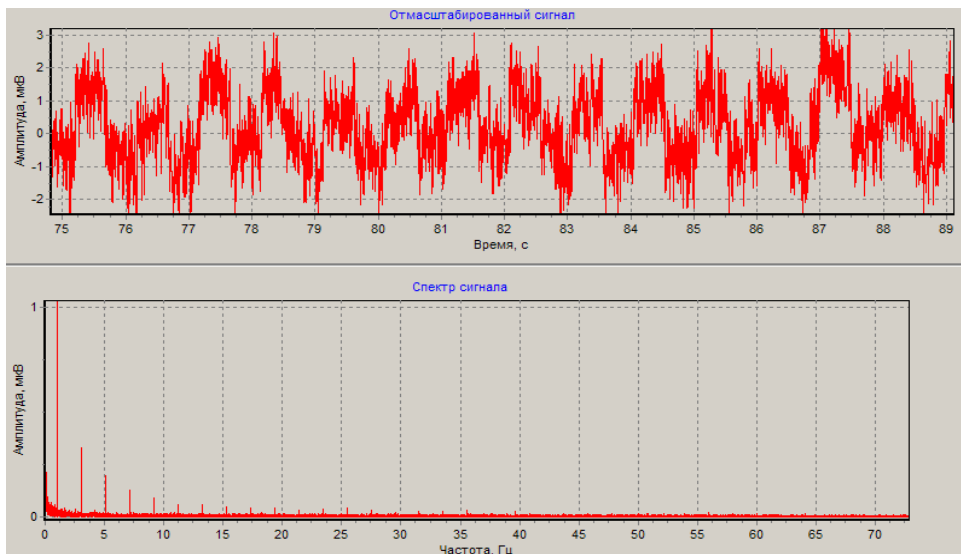
Индекс T - величины в теле

Данная модель применима к решению задачи исследования механизмов, приводящих к появлению низкоамплитудных высокочастотных составляющих в ЭКГ сигнале и для обнаружения и локализации некротических участков ткани сердца, путем варьирования распределения величины тензора проводимости сердечной ткани и характеристик трансмембранного потенциала (ТМПД) .



Структурная схема прибора

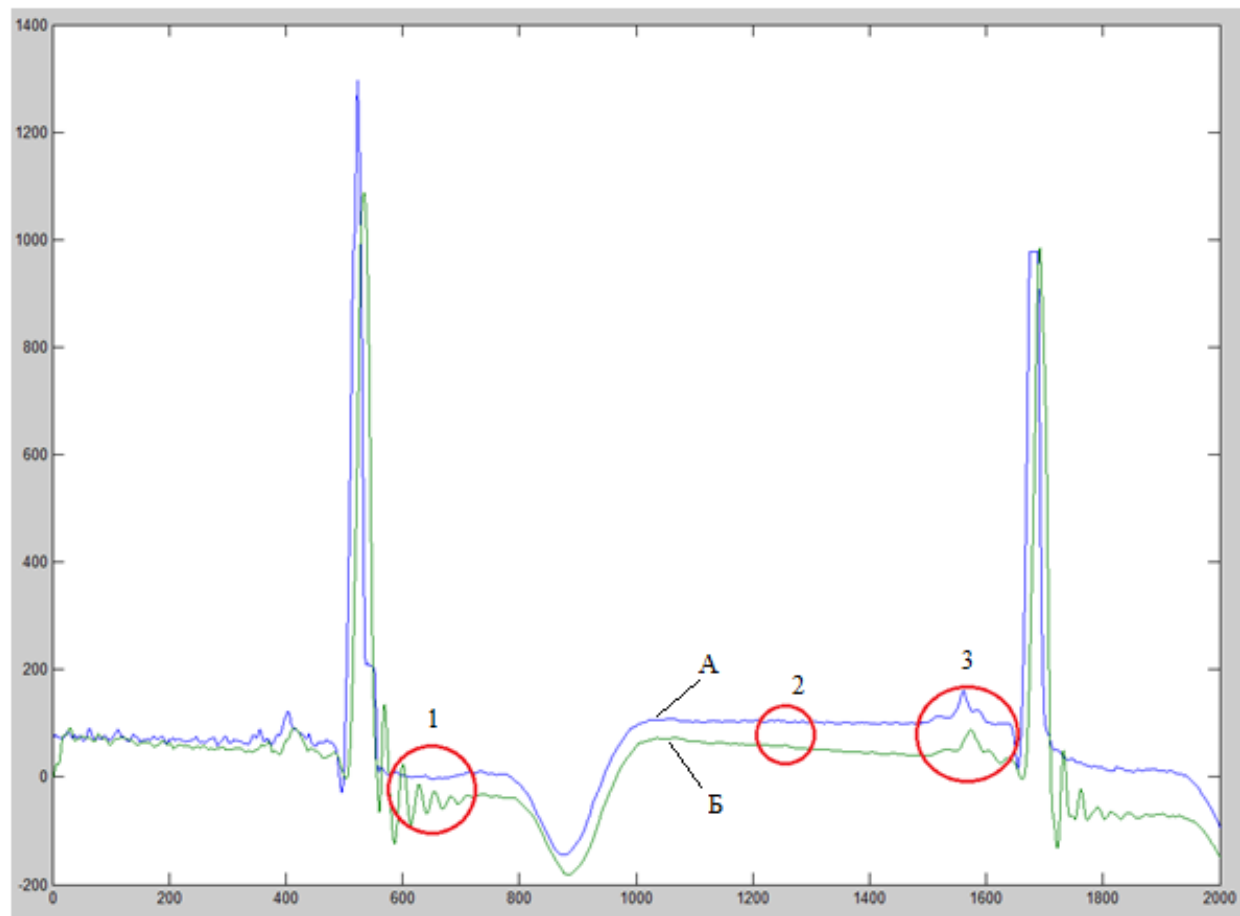




Запись регистрации последовательности импульсов прямоугольной формы частотой 1 Гц и уровнем 1 мкВ



Сигнал после обработки



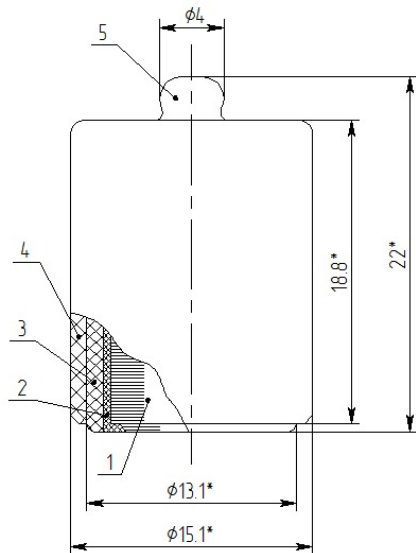
Результат воздействия на электрокардиограмму пациента П51, 1 отведение фильтром 4 порядка с частотой среза 0.05 Гц, 75 Гц и режекторного фильтра 50 Гц
 А – электрокардиограмма пациента П51, 1 отведение, на входе фильтров, Б – на выходе фильтров

Работы, проведенные в отчетном периоде

4. Разработка эскизной конструкторской и технологической документации на экспериментальные образцы наносенсоров.
5. Разработка эскизной конструкторской документации на стенды для проведения испытаний экспериментальных образцов наносенсоров и АПК.
6. Проведение маркетинговых исследований.
7. Ресурсное обеспечение выполнения ПНИ.



ФЮРА.726803.011 ВО



1. *Размеры для справок

Формат Зона	Прз.	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
			<u>Документация</u>		
A3		ФЮРА.726803.011 ВО	Чертеж общего вида		
			<u>Сборочные единицы</u>		
A4	1	ФЮРА.726803.012	Чувствительный элемент	1	
			<u>Детали</u>		
A4	2	ФЮРА.726804.013	Капсула	1	
A4	3	ФЮРА.726804.014	Корпус	1	
A4	4	ФЮРА.726804.015	Крышка	1	
A4	5	ФЮРА.726804.040	Кнопка	1	

ФЮРА.726803.011 ВО

Изм./Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.	Кцзьяма А.А.		17.11.14
Проб.	Абдеева Д.К.		17.11.14
Т.контр.			
Н.контр.	Лимарева АВ		
Утв.			

Наносенсор

Чертеж общего вида

Лит.	Масса	Масштаб
		4:1

Лист	Листов	1
------	--------	---

НИИ Интроскопии

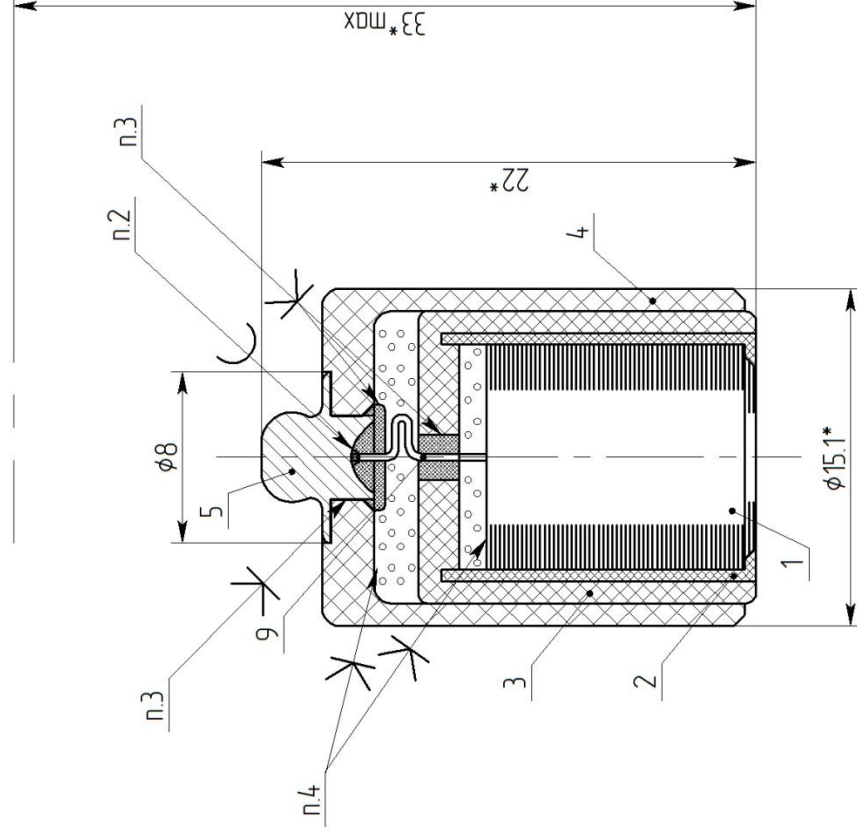
Копировал

Формат А4



ФЮРА.726803.010 СБ

ФЮРА.726803.010
Перв. примен



1. *Размеры для справок
2. Прилой ПСр 45 ГОСТ 19738-74
3. Комплект ЭЗК-10 ОСТ 11.028.006-74
4. Герметик силиконовый
5. Максимальный размер обеспечивается набором диафрагм

Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Кузьма А.А.		17.11.14			4:1
Проб.	Абдеева Д.К.		17.11.14			
Т.контр.				Лист	Листов	1
И.контр.	Лимарева А.В.			НИИ Интроскопи		
Утв.				Формат А4		
ФЮРА.726803.010 СБ				Наносенсор		
				Сборочный чертёж		
				Копировал		

Требования по достижению значений показателей результативности предоставления субсидии

№ п/п	Наименование	Единица измерения	2014 год	
			План	Выполнение
Индикаторы				
1	Число публикаций по результатам исследований и разработок в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (WEB of Science), не менее	единиц	2	2
2	Число патентных заявок, поданных по результатам исследований и разработок, не менее	единиц	1	1
3	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей - участников проекта, не менее	процентов	40	40
4	Объем привлеченных внебюджетных средств (не менее 20% от общего объема финансирования работ),	млн. руб.	18,4	18,4
Показатели				
1	Средний возраст исследователей – участников проекта, не более	лет	45	45
2	Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки, в которых приняла участие и представила результаты проекта организация - исполнитель проекта, не менее	единиц	0	0
3	Число диссертаций на соискание ученых степеней, защищенных по результатам исследований и разработок	единиц	0	1
4	Использование при выполнении ПНИ уникальных научных установок	единиц	0	0
5	Использование при выполнении ПНИ научного оборудования центров коллективного пользования научным оборудованием	единиц	1	1
6	Использование при выполнении ПНИ объекты зарубежной инфраструктуры сектора исследований и разработок	единиц	0	0

Способы и действенность поддержки проекта Индустриальным партнером

1. Популяризация результатов ПНИ.
2. Разработка бизнес-плана.
3. Подготовка площадей для производства АПК.