



Исследования  
и разработки  
Москва 2016

Приоритетное направление:

Науки о жизни

Программное мероприятие: 1.3, очередь 4  
«Проведение прикладных исследований,  
направленных на создание опережающего  
научно-технологического задела для  
развития отраслей экономики»

## Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Соглашение № 14.579.21.0102 от 23.09.2015 на период 2015 - 2016 гг.

Тема: Разработка электронных систем управления и энергообеспечения функционирования имплантируемых педиатрических насосов крови.

Руководитель проекта: ведущий научный сотрудник, д.т.н. В.М. Гринвальд

### Получатель субсидии

Общество с ограниченной ответственностью «ЭСДИАР»

### Индустриальный партнер

Акционерное общество «Зеленоградский инновационно – технологический центр»  
(АО «ЗИТЦ»)

АО «ЗИТЦ» основано в 1998 году как организация по поддержке научно-производственной деятельности в области микроэлектроники, электроники, информационно-телекоммуникационных и биомедицинских технологий ([www.zitc.ru](http://www.zitc.ru)).

Основными направлениями деятельности АО «ЗИТЦ» являются:

- Проведение прорывных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области информационно-телекоммуникационных технологий, микроэлектроники, микросистемной техники, биомедицинских систем.
- Развитие инфраструктуры для инновационной деятельности в области электроники, микроэлектроники, нано- и микросистемной техники и информационно-телекоммуникационных технологий и реализация перспективных инновационных проектов.
- Предоставление технологических услуг в области электроники и микроэлектроники малым наукоемким компаниям г. Зеленограда и Московского региона на базе созданных центров коллективного пользования (ЦКП) современным оборудованием.
- Коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности, в т.ч. в области медицинской техники

Предметом деятельности АО «ЗИТЦ» в разрабатываемом проекте является софинансирование ПНИ, выполняемых ООО «ЭСДИАР», и коммерциализация результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, полученных в рамках проекта.

### Цели и задачи проекта

#### Цель исследования

Разработка, изготовление экспериментального образца и проведение исследований электронной системы управления и энергосбережения имплантируемых педиатрических насосов крови (ИПНК)

#### Задачами проведенных прикладных научных исследований являлось:

1. Исследование принципов построения электронных систем управления и энергообеспечения функционирования имплантируемых педиатрических насосов крови.
2. Разработка схемных, конструкторских, технологических и программных решений системы управления и энергообеспечения функционирования имплантируемых педиатрических насосов крови.
3. Разработка математической модели сердечно-сосудистой системы ребенка с учётом имплантации насоса крови.
4. Создание стенда имитации работы сердечно-сосудистой системы ребенка, предназначенного для проведения стендовых исследовательских испытаний макетов системы управления ИПНК, разрабатываемых в рамках проекта.
5. Изготовление и проведение исследовательских испытаний экспериментального образца системы управления и энергообеспечения.
6. Разработка технических требований для проектирования, производства и эксплуатации миниатюризованных электронных систем управления и энергообеспечения имплантируемых насосов крови для применения в педиатрии.

### Ожидаемые результаты проекта

1. Экспериментальный образец системы управления и энергообеспечения имплантируемых педиатрических насосов крови.
2. Стенд имитации работы сердечно-сосудистой системы ребёнка.
3. Научно-техническая документация на результаты, полученные в ходе выполнения проекта.
4. Результаты, запланированные к получению в ходе проекта, соответствуют мировому уровню и уникальны для РФ. В настоящее время в мире отсутствуют сертифицированные и коммерчески выпускаемые имплантируемые педиатрические насосы крови.

### Перспективы практического использования

- Результаты проекта имеют перспективы использования в детских кардиохирургических центрах РФ.
- Социальным эффектом от внедрения результатов проекта станет рост выживаемости детей с сердечной недостаточностью, повышение уровня их жизнеобеспечения.
- Экономическим эффектом внедрения результатов проекта является замещение в перспективе иностранных систем вспомогательного кровообращения при их коммерческом внедрении (удешевление систем при сохранении технических характеристик и надёжности).

### Текущие результаты проекта

#### Математическая модель сердечно-сосудистой системы ребёнка с ИПНК

$$Q_{\text{VAD}} = \begin{cases} \frac{2SV}{T_{ST}} \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos \left( \frac{2\pi(t-T_D)}{T_{ST}} \right) \right) & \text{— скорость кровотока, создаваемого сердцем} \\ 0 & \end{cases}$$

$$Q_{\text{IPNK}} = q \cdot n \quad \text{— скорость кровотока, создаваемого ИПНК}$$

$$\Delta p_R = Rq, \quad \Delta p_L = L \frac{dq}{dt}, \quad \Delta p_C = \frac{V - V_0}{C} \quad \text{— падение давления на сегментах сердечно-сосудистой системы}$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{P_v - P_{ao} - Q(R_{a,lv} + R)}{L} \quad \text{— скорость изменения кровотока, в сегментах сердечно-сосудистой системы}$$

$$P_v = \frac{1}{3} (\sigma_f - 2\sigma_{m,r}) \ln \left( 1 + \frac{V_w}{V_v} \right) \quad \text{— давление в желудочке сердца в зависимости от его объема}$$

#### Экспериментальный образец системы управления и энергообеспечения ИПНК



#### Стенд имитации работы сердечно-сосудистой системы ребенка



#### В процессе выполнения проекта :

- 1) проведен анализ научно-технической литературы и нормативно-технической документации, относящихся к разрабатываемой теме;
- 2) разработаны варианты технических решений системы управления и энергообеспечения имплантируемых педиатрических насосов крови, обоснован оптимальный вариант решения;
- 3) сформулированы методы и алгоритмы управления ИПНК;
- 4) предложена математическая модель сердечно-сосудистой системы ребенка с учетом функционирования ИПНК;
- 5) разработаны конструкторская и технологическая документация и программное обеспечение экспериментального образца системы управления и энергообеспечения ИПНК и стенда имитации работы сердечно-сосудистой системы ребенка;
- 6) изготовлен экспериментальный образец системы управления и энергообеспечения ИПНК и стенд имитации работы сердечно-сосудистой системы ребенка, предназначенный для проведения испытаний in vitro.

В результате выполнения проекта разработан и изготовлен экспериментальный образец электронной системы управления и энергообеспечения ИПНК, включающий в себя:

- модуль управления ИПНК, позволяющий задавать и поддерживать расход крови от 0,5 до 4,0 л/мин и производить мониторинг корректности функционирования системы в целом;
- модуль автономного электропитания, обеспечивающий бесперебойную работу ИПНК в течение 4 час;
- зарядное устройство, обеспечивающее возможность одновременной зарядки до 4-х модулей автономного электропитания.

Полученные результаты проекта направлены на использование в ПНИЭР по теме: «Миниатюризация имплантируемых насосов крови для их применения в педиатрической кардиохирургии».

Создан принципиально новый продукт, внедрение которого в производство и его последующая коммерциализация позволит значительно снизить детскую смертность от острой сердечной недостаточности. Ежегодная потребность в ИПНК в России составляет более 1 000 устройств, что показывает потенциал использования полученных результатов.

Проект выполнен в консорциуме с Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева»