

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Новосибирский

государственный технический  
университет», д.т.н., доцент

С.В. Брованов

2022 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации — Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу Костелей Яны Валерьевны «Методика обработки и анализа акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

### **Актуальность работы**

Повышение качества медицинского обслуживания за счет расширения средств диагностики и внедрения автоматизированных методов обработки медицинских данных является, несомненно, актуальной задачей. Автором в работе заявляется перспективная задача повышения качества определения состояния гипоксии у плода путем анализа его акустического сигнала сердцебиений. Использование такого типа сигналов позволяет упростить и снизить себестоимость устройства мониторинга его состояния и сформировать мобильный аналог существующих решений – электрокардиографии и кардиотокографии. Поэтому можно заключить, что разработка алгоритмов обработки фонокардиограмм, которые позволяют получать показания пульса в условиях наличия различных физиологических и механических помех, а также расширять функционал существующих решений автоматизацией контроля качества сигнала, актуальна.

### **Соответствие темы диссертации научной специальности**

Диссертационная работа посвящена разработке комплекса алгоритмов, которые позволяют выполнять полный цикл обработки фонокардиограммы: сегментацию отдельных звуков сердечной деятельности, определение наличия и степени выраженности сигнала сердцебиений, расчет графика частоты сердечных сокращений. Представленный соискателем комплекс алгоритмов может являться основой для систем мобильного мониторинга состояния плода

посредством фонокардиографии. Таким образом, в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней» ВАК, в данной диссертационной работе решена актуальная задача, соответствующая пунктам 5 и 14 паспорта специальности паспорта специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

### **Краткое содержание работы**

В состав диссертации входят введение, 3 главы, заключение, список литературы из 121 наименований, 10 приложений. Всего в работе присутствует 8 таблиц и 57 иллюстраций. Общий объем диссертации с приложением составляет 170 с.

Во введении автором обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе представлен анализ научных источников по теме диссертации – обработки фонокардиограмм плода и человека. Приведены описание структуры и особенностей акустических сигналов сердечно-сосудистой системы плода, основные подходы их обработки, недостатки данных методов, а также сформулированы требования к результатам обработки. Глава завершается формулированием требований к разрабатываемым алгоритмам.

Вторая глава содержит подробное описание трех разрабатываемых алгоритмов, решающих задачи сегментации отдельных звуков сердечной деятельности, определения наличия и степени выраженности сигнала сердцебиений, расчета графика частоты сердечных сокращений.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию, которое включает 4 эксперимента, три из которых сравнивают полученные результаты каждого из разработанных алгоритмов с референтными методами, а одно исследование посвящено определению условий применения и способам повышения надежности комплекса алгоритмов.

В заключении приведены результаты работы, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

В приложении приведены таблицы и графики экспериментальных исследований, копии актов внедрения, свидетельств регистрации ПЭВМ.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, включает постановку цели и задач, решаемых в диссертации, основные результаты и выводы.

### **Научная новизна**

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1. Предложен алгоритм определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков на фонокардиограмме, отличающийся от существующих методов повышенной точностью детектирования сигналов в условиях изменения их амплитуды. Точность достигается тем, что проводится выделение только значимых по длительности, последовательности возникновения и выраженности амплитуды звуков относительно фонового акустического сигнала при отсутствии необходимости подбора динамического уровня пороговой сегментации.

2. На основании алгоритма определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков разработан потоковый алгоритм определения сердцебиений на акустическом сигнале, отличающийся возможностью распознавания моментов

возникновения сердцебиений на акустическом сигнале при наличии одного или обоих типов тонов сердца, а также позволяющий оценивать его соответствие требованиям проведения мониторинга состояния плода на основании следующих параметров: частоты сердечных сокращений, амплитуды и выраженности полезного сигнала.

3. На основании алгоритма определения сердцебиений плода предложен алгоритм построения кардиоинтервалограммы плода на основе фонокардиограммы, отличающийся тем, что позволяет получить результат в условиях низко- и высокоамплитудных помех, потери сигнала сердцебиений плода и изменения качества сигнала, что реализует альтернативный подход мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы плода на основании мобильных устройств, стоимость которых на порядок ниже аналогов.

### **Значимость результатов работы для науки и практики**

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методов обработки и анализа фонокардиограмм, обеспечивающем работоспособность в условиях наличия помех.

Практическая значимость работы характеризуется тем, что разработан комплекс алгоритмов, который может быть использован в качестве основы для обработки и анализа фонокардиограммы плода в системах мобильного непрерывного мониторинга состояния плода и матери, включая задачу автоматизации поиска точки размещения датчика на поверхности живота беременной и контроля качества сигнала во время проведения мониторинга.

Результаты исследования внедрены в мобильное приложение для эксплуатации прибора 1к-МФ (ООО «Диагностика+», г. Томск, акт внедрения), а также результаты использованы при выполнении обязательств по проекту 18-31-20012 мол\_а\_вед «Разработка математической модели и вычислительных алгоритмов для решения задачи адаптивной идентификации и подсчета сердечных сокращений на фонокардиограмме при их неопределенных характеристиках в условиях высокого уровня помех» при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (номер ЦИТиС: АААА-А18-118103190017-6).

### **Достоверность положений и результатов работы**

Достоверность и обоснованность научных положений и полученных результатов исследования подтверждаются корректным использованием теории обработки цифровых сигналов и численных методов, согласованностью полученных результатов с аналогами, экспериментальными исследованиями и данными, полученных другими авторами по свойствам и методам обработки фонокардиограмм.

### **Апробация результатов работы и публикации**

Основные результаты диссертационной работы докладывались и представлялись в материалах следующих конференций:

1. международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР» (25-27 мая 2020 г., г. Томск, ТУСУР);
2. 54-й Международная научная студенческая конференция «МНСК-2016» (16-20 апреля 2016 г., г. Новосибирск, ИВТ СО РАН);

3. Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2018» (16-18 мая 2018 г., г. Томск, ТУСУР).

Результаты, полученные в диссертации, опубликованы в 19 работах, в том числе 4 публикации в журналах, входящих в перечень ВАК, 5 публикаций в журналах, индексируемые в Scopus, 10 публикаций в трудах международных конференций, получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

### **Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать для разработки систем мобильного удаленного мониторинга состояния плода и для инструментов анализа фонокардиограмм.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В первой главе автором указывается, что «фонокардиография – это метод исследования сердечной деятельности путем записи и анализа звуков сердца, артерий или аорты». При этом в дальнейшем теория и вся структура алгоритмов опирается на обработку сигнала сердца, и в работе не указывается явно, нужно и возможно ли обрабатывать полученными алгоритмами сигнал артерий.

2. На рисунке 1 проиллюстрировано, что фонокардиограмма состоит из четырех звуков «S1», «S2», «S3» и «S4», при этом звуки про «S4» и «S3» в работе в дальнейшем ничего не сказано, поэтому непонятно, будут ли они являются помехой при обработке фонокардиограммы плода.

3. Автором применяется термин «доверительный интервал» (в кавычках), в смысле, отличном от его понимания в математической статистике.

4. На стр. 47 сказано, что параметр « $A_{cur}$  может быть определен, как максимальное значение отклонения значение  $v(t)$  в некоторой небольшой окрестности точки  $s$ », но нигде не указано, что является «некоторой небольшой окрестностью точки  $s$ ».

5. В разделе 3.1 в качестве параметров методов-аналогов (сегментации средней энергии Шеннона и огибающей Гилберта), которые используются для сопоставления с полученными результатами, использованы константы, которые не обоснованы. Возможно, при других значениях этих параметров конкурирующие методы могут дать меньшее отклонение от эталонных данных.

6. Не указано, присутствовали ли в наборах данных, используемых в экспериментах, сигналы плода с признаками гипоксии.

Отмеченные недостатки не снижают достоинств диссертационной работы и не влияют на ее общую положительную оценку.

### **Выводы**

1. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

2. Основные результаты диссертации являются новыми, обладают научной и практической значимостью.

3. Результаты работы апробированы на международных конференциях и опубликованы в российских и зарубежных научных изданиях.

### Заключение

Считаем, что диссертационная работа «Методика обработки и анализа акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода» соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 11.09.2021), а её автор, Костелей Яна Валерьевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 — «Теоретические основы информатики».

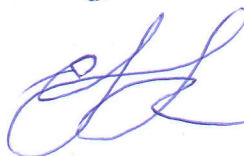
Отзыв на диссертационную работу и её автореферат обсуждён и одобрен на заседании кафедры «систем сбора и обработки данных» Новосибирского государственного технического университета, состоявшемся 29 июня 2022 года, протокол №6.

Заведующий кафедрой систем,  
сбора и обработки данных,  
к.т.н., доцент



М.А. Бакаев

Секретарь



Е.Е. Трубилина

Дата

29.06.2022

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Проспект Карла Маркса, 20, город Новосибирск, 630073.

Телефон: (383) 346-50-01, E-mail: [rector@nstu.ru](mailto:rector@nstu.ru), <http://www.nstu.ru>.



О. К. Пустовалова