

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета от 08.09.22 г. N 16

О присуждении Костелей Яне Валерьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика обработки и анализа акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода» по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» принята к защите 20 июня 2022 г. (протокол N 6) диссертационным советом Д 212.268.05, созданным на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, приказ No 1236/нк от 12.10.2015 г.).

Соискатель Костелей Яна Валерьевна, «12» марта 1993 года рождения, в 2017 г. окончила ТУСУР. С 2017 по 2021 г. обучалась в аспирантуре ТУСУРа. Работает старшим преподавателем кафедры экономической математики, информатики и статистики (ЭМИС) ТУСУРа.

Диссертация выполнена на кафедре ЭМИС ТУСУРа.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Боровской Игорь Георгиевич, заведующий кафедрой ЭМИС ТУСУРа.

Официальные оппоненты: Сырямкин Владимир Иванович, д.т.н., проф., зав. кафедрой управления качеством Национального исследовательского Томского государственного университета; Кочегуров Александр Иванович, к.т.н., доц., доцент отделения информационных технологий инженерной школы информационных технологий и робототехники Национального исследовательского Томского политехнического университета, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), в своем положительном отзыве, составленном

Бакаевым М.А., к.т.н., доц., заведующим кафедрой систем сбора и обработки данных, утвержденном Бровановым С.В., д.т.н., доц., проректором по научной работе, указала, что диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне и обладающее научной новизной. В диссертации содержится решение задачи обработки и анализа фонокардиограмм плода, имеющей значение для развития теории и практики цифровой обработки сигналов, что соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 работы в журналах, рекомендованных ВАК, и 5 работ – в журналах, индексируемых Scopus. Общий объем – 11,5 п.л., авторский вклад – 5,6. Получены два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Наиболее значимые работы:

1. **Костелей, Я. В.** Адаптация фильтра нелокального усреднения для усиления звуков тонов сердца на фонокардиограммах плода и человека / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов, И. Г. Боровской // Вестник СибГУТИ. – 2021. – № 3(55). – С. 77–91.

2. Алгоритм определения пульса на фонокардиограмме человека и плода без классификации тонов сердца [Электронный ресурс] / **Я. В. Костелей**, Д. С. Жданов, И. Г. Боровской // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – 10(1). – Режим доступа: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.018.

3. Мобильное устройство для оценки состояния плода на основе контроля параметров сердечно-сосудистой системы / Д. С. Жданов, А. Ш. Буреев, **Я. В. Костелей** [и др.] // Медицинская техника. – 2018. – № 2. – 308. – С. 13–14.

A Mobile Device for Assessing Fetal Status Based on Monitoring Cardiovascular System Parameters / D. S. Zhdanov, A. S. Bureev, **Y. V. Kostelei** [и др.] // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52. – No. 2. – pp. 87–91.

4. Выбор параметров вейвлет-фильтрации фонокардиограммы плода в условиях высокой зашумленности / Д. С. Жданов, И. Ю. Земляков, **Я. В. Костелей**, А. Ш. Буреєв // Медицинская техника. – 2021. – № 3(327). – С. 32–35.

Choice of Wavelet Filtering Parameters for Processing Fetal Phonocardiograms with High Noise Level / D. S. Zhdanov , I. Yu. Zemlyakov, **Ya. V. Kosteley**, A. Sh. Bureev // Biomedical Engineering. – 2021. – Vol. 55. – No. 3. – pp. 194–198.

5. 24-Hour Fetal/Maternal Monitoring System Based on Phonocardiogram Analysis / D. Zhdanov, A. Bureev, **Y. Kosteley** // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 155. – pp. 01046.1–6.

На диссертацию и автореферат поступило 3 положительных отзыва из следующих организаций: Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (Колесникова С.И., д.т.н., профессор кафедры компьютерных технологий и программной инженерии); Сибирского федерального университета г. Красноярск (Пантелеев В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электротехнические комплексы и системы» Политехнического института); Иркутского государственного университета путей сообщения (Мухопад А.Ю., д.т.н., доцент кафедры «Автоматизации производственных процессов»).

В отзывах на автореферат указаны следующие основные замечания: в тексте автореферата отсутствует аргументация преимуществ применения автокорреляционной функции для расчета RR-интервалов сердцебиений; не приведено обоснование применения линейной функции в алгоритме построения кардиоинтервалограммы плода; не указано, является ли распределение RR-интервалов одномодальным или мультимодальным, не указан вид распределения, анализ которого производится; ряд медицинских терминов не определены в тексте автореферата; в автореферате не раскрыто, какая предварительная фильтрация была использована для демонстрации результатов в работе; в автореферате следовало продемонстрировать результаты работы алгоритма определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков вместе с результатами выбранных аналогичных методов, чтобы отобразить преимущество полученных результатов; в автореферате в описании эксперимента, в котором проводится оценка качества сег-

ментации тонов сердца предложенным алгоритмом, не отражено, какое условие использовалось для верного или ложного выделения звука сердца.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.т.н., проф. Сырямкин В.И. является известным специалистом в области обработки биомедицинских сигналов и разработки медицинской техники; к.т.н., доц. Кочегуров А.И. является признанным специалистом в области цифровой обработки сигналов, что подтверждается списками публикаций оппонентов.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что НГТУ имеет высококвалифицированных специалистов в области обработки и анализа акустических и биомедицинских сигналов, которые имеют достаточный объем публикаций по тематике диссертации в ведущих изданиях и способны определить и аргументированно обосновать научную и практическую значимость работы Костелей Я.В.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– *разработан* потоковый алгоритм определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков, позволяющий проводить сегментацию потенциальных тонов сердца на фонокардиограмме плода на основании физиологических параметров сердцебиений, который на исследуемом наборе данных позволил выделить в среднем до 5 % больше звуков сердца и до 15 % меньше иных звуков по сравнению с сегментацией энергии Шеннона и огибающей Гилберта;

– *разработан* потоковый алгоритм распознавания сердцебиений плода на фонокардиограмме, позволяющий проводить поиск точки размещения датчика и контроль качества фонокардиограммы во время проведения мониторинга без привлечения медицинского персонала; на исследуемом наборе данных алгоритм позволил определить интервалы появления сигнала сердцебиений, при этом внутри интервалов среднее относительное отклонение между частотой сердечных сокращений, рассчитанной алгоритмом, и экспертной оценкой пульса составило 1–2 %;

– *разработан* алгоритм построения кардиоинтервалограммы плода на основе фонокардиограммы, обеспечивающий работу в условиях регистрации сиг-

нала с мобильных устройств: наличия низко- и высокоамплитудных помех, потери сигнала сердцебиений плода и изменения качества; алгоритм может являться основой для медицинских информационных систем мобильного мониторинга состояния плода. Среднее относительное отклонение между результатами работы алгоритма и кардиоинтервалограммами кардиотокографии и электрокардиографии составило 2 %.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации результативно использованы фильтр нелокального усреднения для построения кривой, используемой для выделения на фонокардиограмме звуков, соответствующих потенциальным тонам сердца, корреляционные функции для определения наличия сигнала и оценки частоты сердечных сокращений, методы аппроксимации и кластеризации для формирования кардиоинтервалограммы;

проведена модернизация методов обработки и анализа фонокардиограмм, обеспечивающая работоспособность в условиях регистрации сигнала мобильным устройством.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что предложенные алгоритмы **разработаны и внедрены** в виде программных библиотек в приложение для эксплуатации фетального монитора 1-кМФ (ООО «Диагностика +», г. Томск), что подтверждается соответствующим актом о внедрении. Предложенные соискателем алгоритмы **применялись** при выполнении проекта, поддержанного грантом РФФИ: «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» (18-31-20012 мол_а_вед, N ЦИТиС: АААА-А18-118103190017-6) 2018-2020 гг.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:
корректно использованы математические и статистические методы при проведении экспериментов и анализе результатов;

установлено, что полученные результаты согласуются с опубликованными и собственными данными по теме диссертации и их достоверность обеспечивается согласованием экспериментальных данных с данными референтных методов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке алгоритмов обработки и анализа фонокардиограмм плода, проведении экспериментов, апробации полученных материалов исследования на научных мероприятиях. Постановка цели и задач научного исследования, интерпретация экспериментальных данных, подготовка публикаций по выполненной работе проводилась совместно с научным руководителем. Описание объекта исследования и сбор данных для экспериментов проводились совместно с коллективами ООО «Диагностика+» и ООО «Центр перинатального здоровья» (г. Томск).

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: соискателем недостаточно четко указаны отличия понятий «алгоритма» и «потокowego алгоритма»; следовало проанализировать достаточность частотной полосовой фильтрации для разделения сигналов, соответствующих плоду и матери; в работе четко не обозначено влияние присутствия болезней сердца матери и плода на обработку такого типа сигналов; при проведении исследований не представлена методика размещения датчиков для регистрации сигналов; недостаточно внимания уделено допустимым требованиям к конфигурации устройств регистрации фонокардиограммы, которая может быть обработана предложенными алгоритмами.


Соискатель Костелей Я.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: в работе принципиальным признаком в разграничении понятия «алгоритм» и «потоковой алгоритм» являлся способ поступления данных на вход алгоритма – сигнал поступает блоками во время захвата сигнала, а также спецификой выдачи выходных данных алгоритма после обработки блока данных. Ввиду разных типов источников звука для сигналов сердца плода и сигналов артерии матери, которые определяют разные полосы частот, для фонокардиограмм отсутствует принципиальная необходимость других методов разделения этих сигналов, кроме полосовой частотной фильтрации. На

наборе данных, которые использовались в экспериментальном исследовании, присутствовали сигналы с признаками гипоксии, аритмии, с расщеплением звуков тона и другими нарушениями, которые значительно не повлияли на результаты работы предложенных алгоритмов. При проведении сбора данных для экспериментальных исследований методикой и фактическим размещением датчиков занимались медицинские работники, которые имеют компетенции в этой области. Основное требование к приборам захвата фонокардиограммы, которая может быть обработана предложенными алгоритмами – это возможность регистрации акустического сигнала в полосе частот сердца, обоснованность и допустимость таких требований к регистрации подтверждена применением полученных алгоритмов на наборах данных фонокардиограмм из открытых источников.

На заседании 08 сентября 2022 г. диссертационный совет принял заключение за решение задачи обработки и анализа фонокардиограмм плода, имеющей значение для развития медицинской цифровой обработки сигналов, присудить Костелей Я.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 13 человек, «против» – 0 человек, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета


Ходашинский Илья Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета


Костюченко Евгений Юрьевич

09.09.2022 г.

