

МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

Проректор по научной и
инновационной деятельности

д.т.н., профессор

«Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)

Михайлов С.А.

2018 г.

ул. К.Маркса, д. 10, Казань, 420111
Тел.: (843) 238-41-10 Факс: (843) 236-60-32
E-mail: kai@kai.ru <http://www.kai.ru>
ОКПО 02069616, ОГРН 1021602835275,
ИНН/КПП 1654003114/165501001



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

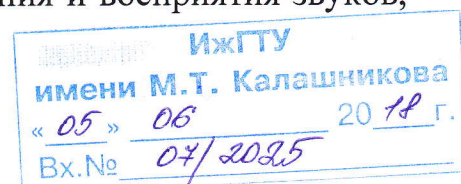
на диссертационную работу

Пономаревой Натальи Владимировны

«Компьютерная спектральная обработка сигналов в музыкальной акустике на основе параметрического дискретного преобразования Фурье»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)»

Актуальность диссертационного исследования

Актуальность диссертационной работы обусловлена особой важной ролью методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки сигналов в информационных музыкальных технологиях, научные и прикладные аспекты которых разрабатываются в рамках музыкальной акустики одного из ведущих научных направлений современной акустики, занимающейся проблемами создания, распространения и восприятия звуков, используемых в музыке.



На современном этапе развития информационных музыкальных технологий происходит интенсивный переход на методы и алгоритмы компьютерной (цифровой) спектральной обработки музыкально-акустических сигналов (МАС), поскольку данный вид обработки играет ключевую роль в достижении высоких показателей качества разрабатываемых систем звуковой техники.

В диссертации показано, что из трех основных направлений научных и прикладных исследований спектральной цифровой обработки сигналов (ЦОС) (классические методы, неклассические методы и вейвлетный анализ), классические методы компьютерной спектральной обработки МАС сохраняют ведущую роль и эффективность своих приложений, благодаря наличию алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ), адекватности математического аппарата дискретного преобразования Фурье (ДПФ) структуре сигналов в музыкальной акустике, который позволяет получить наглядную физическую интерпретацию и толкование полученных результатов.

В тоже время практика применения классических методов спектральной обработки помимо существенных их достоинств выявила проблематику, присущую данному классу методов, проявляющуюся в виде нежелательных эффектов наложения, частотола, утечки и гребешкового эффекта.

В диссертационной работе автором показано, что при обработке сигналов в музыкальной акустике это, прежде всего, влияние эффекта частотола, затрудняющего обработку МАС из-за несовпадения частот музыкальных звуков и их обертонов с частотами, получаемыми в результате применения дискретного преобразования Фурье.

Для решения проблематики классических методов спектральной обработки информационных сигналов в работе¹, являющейся обобщением более чем тридцатилетнего опыта работы автора в области развития теории цифровой обработки информационных сигналов, было предложено множество полных, ортогональных, параметрических экспоненциальных базисных систем, разработано на их основе обобщение дискретного преобразования Фурье в виде параметрического дискретного преобразования Фурье (ДПФ-П), исследованы его стохастические и аналитические свойства. ДПФ-П существенно расширило функциональные возможности классических методов спектральной обработки сигналов, сохранив при этом возможность наглядной физической интерпретации и толкование получаемых результатов.

Исходя из особенностей МАС, их структуры, учитывая особенности задач музыкальной акустики, а также свойств параметрического дискретного преобразования Фурье, тема диссертационной работы Пономаревой Н.В. «Компьютерная спектральная обработка сигналов в музыкальной акустике на основе параметрического дискретного преобразования Фурье», является важной и актуальной.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 141 источника и трех приложений, которые содержат результаты обработки тестовых музыкально-акустических сигналов, результаты исследования обобщенного семейства трапецеидальных окон и копии актов о внедрении результатов диссертационной работы. Общий объем работы 187 страниц, включая 107 рисунков и 10 таблиц.

¹ Пономарева, О.В. Развитие теории и разработка методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье: дис....д-ра техн. наук: 05.13.01 / Пономарева Ольга Владимировна. – Ижевск, 2016. – 357 с.

Во введении (страницы 5-14) обоснована актуальность диссертационной работы, приведена степень разработанности темы, определены цель, область, объект и предмет исследований, сформулированы основные задачи, решаемые в диссертации, положения, выносимые на защиту, а также приведены используемые методы исследований. Рассмотрены вопросы достоверности, обоснованности и научной новизны полученных в диссертации результатов, а также их практической значимости. Приведены сведения об апробации результатов диссертационной работы и их публикации в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ и в зарубежных научных изданиях.

В первой главе «Компьютерная спектральная обработка сигналов в музыкальной акустике. Постановка научной задачи диссертационного исследования» (страницы 15-48) рассмотрены задачи компьютерной спектральной обработки сигналов в музыкальной акустике, предложена обобщенная математическая модель МАС. Рассмотрены методы и алгоритмы компьютерной обработки МАС. Изложено ДПФ и ДПФ-П. Сформулирована научная задача разработки новых и совершенствования существующих методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки музыкально-акустических сигналов на основе параметрического дискретного преобразования Фурье. Предложена обобщенная системная модель сформулированной задачи и рабочая гипотеза ее решения.

Во второй главе «Разработка методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки музыкально-акустических сигналов на основе ДПФ-П. Разработка быстрых алгоритмов на основе ДПФ-П» (страницы 48-97) обобщено понятие линейной инверсии дискретного времени для базисов параметрического дискретного преобразования. В главе изложены методы и алгоритмы: локализации спектральных пиков, компьютерной спектральной обработки сигналов в заданном диапазоне частот и получения прореженных коэффициентов ДПФ – «метод БПФ-П с предварительным суммированием». В главе предложены быстрые алгоритм вычисления дискретного

преобразования Гильберта музыкально-акустических сигналов и измерения скользящего спектра Фурье музыкально-акустических сигналов

В третьей главе «Приложение разработанных методов и алгоритмов к задаче определения основного тона музыкально-акустических сигналов» (страницы 98-116) рассмотрены особенности определения основного тона музыкально-акустических сигналов и вопросы нахождения значений дискретно-временного преобразования Фурье на частотах музыкальных шкал. В главе также рассмотрены получение автокорреляционной функции без наложений в корреляционной области и нахождение огибающей обертонов с использованием методов и алгоритмов на основе параметрического дискретного преобразования Фурье.

В четвертой главе «Приложение разработанных методов и алгоритмов к задаче определения тембра музыкально-акустических сигналов» (страницы 117-129) рассмотрены вопросы специфики определения тембра музыкально-акустических сигналов, анализ переходных процессов музыкально-акустических сигналов и сравнение спектров разных музыкальных инструментов. В главе также дано определение субъективных характеристик тембра МАС

В заключении приведены основные научные и практические результаты диссертационной работы.

Анализ содержания диссертации позволяет сделать вывод о достижении поставленной цели и решении основных и частных задач диссертационного исследования.

Научная новизна

Основными результатами диссертационной работы является разработка новых и совершенствование существующих методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки МАС на основе параметрического дискретного преобразования Фурье, обладающих расширенными функциональными возможностями при сохранении возможности наглядной физической интерпретации и толкования получаемых результатов обработки.

В результате получены следующие новые научные результаты:

1. Метод локализации спектральных пиков, позволяющий анализировать частоты между частотами стандартного ДПФ без алгоритмических ограничений на шаг анализа и с меньшими вычислительными затратами, чем известная *операция дополнения нулями*.
2. Метод компьютерной спектральной обработки в заданном диапазоне частот, позволяющий находить коэффициенты стандартного ДПФ в заданном диапазоне частот путем вычисления нескольких ДПФ-П меньшего размера, с возможностью быстрого нахождения коэффициентов в других диапазонах без повторных вычислений ДПФ-П.
3. Метод получения прореженных коэффициентов ДПФ путем обобщения на основе ДПФ-П известного метода *взвешенного наложения-сложения* с целью устранения главного недостатка этого метода – невозможности сдвига по частоте фильтров ДПФ проектируемого анализатора спектра.
4. Метод расширения функциональных возможностей цифровой фильтрации на основе частотной выборки, позволяющий анализировать частоты между частотами стандартного ДПФ, а также уменьшать погрешности измерений, возникающие из-за шума округления, за счет варьирования дополнительно введенного параметра.
5. Быстрый алгоритм вычисления дискретного преобразования Гильберта музыкально-акустических сигналов, позволяющий в два раза уменьшить объем используемой памяти и сократить вычислительные затраты за счет вычисления двух ДПФ в два раза меньшего размера.
6. Быстрый алгоритм вычисления скользящего спектра Фурье музыкально-акустических сигналов на основе ДПФ-П,

позволяющий анализировать частоты между коэффициентами стандартного ДПФ и делать это за один такт дискретизации, что невозможно при использовании уже известных *методов и алгоритмов на основе ДПФ-П*, в том числе при использовании БПФ-П.

7. Обобщение понятия линейной инверсии дискретного времени для базисов ДПФ-П, которое позволяет осуществлять в компьютере фильтрацию музыкально-акустических сигналов методом блочной обработки на основе ДПФ-П с нулевым сдвигом фаз.

В диссертации сформулированы следующие положения, выносимые на защиту:

1. Методы компьютерной спектральной обработки МАС на основе ДПФ-П:

- метод локализации спектральных пиков;
- метод спектральной обработки в заданном диапазоне частот;
- метод получения прореженных коэффициентов ДПФ-П;
- метод расширения функциональных возможностей цифровой фильтрации на основе частотной выборки.

Разработанные методы существенно расширили функциональные возможности классических методов спектральной обработки МАС, дополнили их математический инструментарий, сохранив при этом возможность наглядной физической интерпретации и толкование получаемых результатов.

2. Быстрые алгоритмы:

- реализаций дискретного преобразования Гильберта (ДПГ);
- скользящего ДПФ-П для спектрально-временной обработки сигналов.

Предложенные алгоритмы быстрой обработки сигналов позволили эффективно (с получением обладающих новизной результатов) осуществлять преобразования ДПГ и ДПФ-П.

3. Обобщение понятия линейной инверсии дискретного времени для базисов ДПФ-П.

Понятие линейной инверсии дискретного времени для базисов ДПФ-П значимо при рассмотрении теоретических и практических вопросов компьютерной спектральной обработки МАС, при изучении математических основ ДПФ и ДПФ-П, при изложении теоретических основ цифровой фильтрации МАС.

Научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в 35 печатных работ, из них 1 статья в журнале, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования *Web of Scitnce*, 4 статьи в журналах, составляющих ядро коллекции Российского индекса научного цитирования *Science Index* (РИНЦ), которое размещено на платформе *Web of Science* как *Russian Science Citation Index* (RSCI), 5 статей опубликованы в зарубежных научных изданиях; 10 статей в журналах, входящих в перечень ВАК РФ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 6 научных работ выполнены соискателем лично, остальные в соавторстве.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается тем, что разработанные методы и алгоритмы компьютерной спектральной обработки сигналов на основе параметрического дискретного преобразования Фурье эффективно, с получением обладающих новизной результатов:

- использованы при выполнении НИР по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по теме «Принципы контроля оптических сред в биологии и экологии с использованием методов обработки результатов измерений на основе квантификационных моделей»;

- внедрены в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» на кафедрах: «Радиотехника», «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики»:
 - для студентов направления 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,
 - для студентов направления 12.03.01 «Приборостроение» специальности «Приборы и методы контроля качества и диагностики»,
 - для магистрантов по программам подготовки 12.04.01–1 «Приборы, системы и изделия биомедицинского назначения»;
- входят в ядро систем компьютерной обработки сигналов в музыкальной акустике;
- возможностью их применения в системах компьютерной обработки виброакустических, речевых, биомедицинских, гидроакустических и многих других сигналов, имеющих структуру аналогичную сигналам в музыкальной акустике.

Внедрение результатов научных и прикладных исследований, полученных в диссертации подтверждено соответствующими актами.

Основные теоретические результаты диссертационной работы докладывались на 11 международных и всероссийских научных конференциях, что говорит о достаточно высоком уровне апробации результатов диссертации.

Достоверность и обоснованность

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе результатов и выводов подтверждаются строгими математическими доказательствами свойств разработанных методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки МАС и существованием быстрых процедур их реализации. Полученные научные и практические результаты подтверждаются также их представительным обсуждением в научных изданиях и на международных и всероссийских научных конференциях.

Соответствие специальности

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике):

пункт 1. – Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

пункт 4. – Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»;

пункт 5. – Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации».

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, в нем с достаточной полнотой изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований. Приведенный список публикаций автора отражает основные научные результаты диссертации. Стил ь изложения диссертации и автореферата соответствует нормам научной лексики.

Ценность, полезность и значимость результатов диссертационной работы

Ценность, полезность и значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке новых и совершенствовании существующих методов и алгоритмов компьютерной спектральной обработки музыкально-акустических сигналов на основе параметрического дискретного преобразования Фурье, повышающих эффективность и результативность обработки в музыкальной акустике. Важным является и то, что методы и алгоритмы компьютерной спектральной обработки МАС на основе параметрического дискретного преобразования Фурье, предложенные в диссертационном исследовании, по степени общности могут быть

эффективно применены в системах цифровой обработки виброакустических, речевых, биомедицинских, гидроакустических и многих других сигналов, имеющих структуру аналогичную МАС.

Замечания по диссертации

1. Автору следовало бы более полно отразить результаты сравнительного анализа эффективности используемых в настоящее время методов и алгоритмов определения частоты основного тона МАС, в основе которых лежит спектральная обработка.
2. При изложении метода и алгоритма быстрого получения прореженных коэффициентов ДПФ (раздел 2.4), предложенного автором, не рассмотрены методы проектирования временного M -точечного временного окна (с помощью, например, метода замен Ремеза, метода Паркса-Маклеллана или оптимальным методом).
3. Некоторые разделы диссертации несколько перегружены описаниями вывода конечных формул, что иногда затрудняет оценку их научного содержания и прикладной сущности.
4. Документы, подтверждающие внедрение результатов диссертационной работы, слишком лаконичны и недостаточно проясняют, за счет чего достигается практическая ценность и полезность.
5. В тексте работы встречаются опечатки (например, стр. 32 – повтор слова «с целью», стр. 37 – пропущен предлог «с») и стилистические и погрешности.

Необходимо отметить, что указанные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Использование результатов и выводов диссертационного исследования Пономаревой Н.В. целесообразно осуществлять в рамках организаций занимающихся компьютерной спектральной обработкой сигналов в

музыкальной акустике, а также в предприятиях, занимающихся разработкой систем обработки информации в таких предметных областях как: цифровая обработка сигналов, виброакустическое диагностирование объектов, компьютерная медицинская диагностика, пассивная и активная гидролокация, анализ и синтез речи в кибернетике и связи .

Можно рекомендовать использование результатов диссертационной работы в учреждениях высшего образования при подготовке специалистов в сфере информационных технологий.

Заключение

Диссертация Пономаревой Натальи Владимировны «Компьютерная спектральная обработка сигналов в музыкальной акустике на основе параметрического дискретного преобразования Фурье» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи имеющей большое значение для развития компьютерной спектральной обработки сигналов в различных предметных областях.

В работе на высоком уровне обоснованы научные положения, выводы и заключения, достоверность и новизна полученных результатов.

Содержание диссертации соответствует поставленной цели исследования.

Некорректных заимствований имеющимися средствами в рассматриваемой диссертационной работе не выявлено.


Основные научные результаты диссертационного исследования получены автором самостоятельно, которые в достаточной мере отражены в публикациях в рецензируемых научных изданиях.


Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Пономарева Наталья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата


технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры радиоэлектронных и квантовых устройств Казанского Национального Исследовательского Технического Университета им. А.Н. Туполева (КНИТУ - КАИ им. А.Н. Туполева)

Заседание от « 23 » мая _____ 2018 г., протокол № 32 _____

Заведующий кафедрой радиоэлектронных и квантовых устройств
доктор технических наук, доцент  Ильин А. Г.

Профессор кафедры Радиоэлектронных и квантовых устройств
доктор технических наук, профессор  Данилаев М. П.

Профессор кафедры Радиоэлектронных и квантовых устройств
доктор технических наук, профессор  Ильин Г. И.

Адрес 420111, Казань ул. К. Маркса, дом 10, Казанский Национальный
Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева
(КНИТУ - КАИ им. А.Н. Туполева), телефон/факс: (843) 238-40-67,
E-mail: reku.reku@kstu-kai.ru

