

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

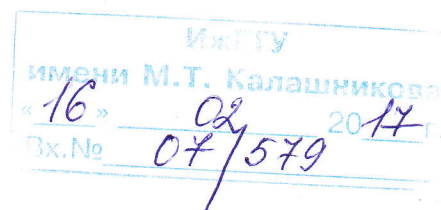
члена-корреспондента РАН, доктора технических наук, профессора
Кондратьева Вячеслава Васильевича
на диссертацию Пономаревой Ольги Владимировны
«Развитие теории и разработка методов и алгоритмов цифровой обработки
информационных сигналов в параметрических базисах Фурье»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка
информации (в науке и технике)»

1. Актуальность темы диссертационной работы

Одной из актуальных проблем системного анализа, управления и обработки информации на основе современных цифровых информационных технологий является развитие теории, повышение эффективности методов, алгоритмов и средств анализа и обработки информационных сигналов различного вида (детерминированных, квазидетерминированных, стационарных, нестационарных) и различной структуры (периодических, почти периодических, ангармонических, сложных и смешанных сигналов).

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой предпринята смелая авторская попытка, впервые в известной мне отечественной и зарубежной научной литературе:

- рассмотреть методы и алгоритмы обработки информационных сигналов как систему;
- определить на базе системного подхода проблематику цифровой обработки информационных сигналов в базисе Фурье и провести ее системный анализ;



– исходя из проблематики сформулировать основную проблему обработки информационных сигналов и решить ее на основе системного анализа.

Представляются важными и аспекты концептуального подхода автора к проблеме обработки информации:

- четкое разграничение взаимосвязанных, но не тождественных понятий: «данные (data)» и «информация (information)»;
- рассмотрение информационных сигналов как носителей общей измерительной информации;
- разработка методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов с учетом конечности интервала их наблюдения;
- абстрагирование от материальной формы носителя информационного сигнала и от принципов отображения в них измерительной информации.

В диссертационной работе Пономаревой О.В. предложен нестандартный подход к решению указанной научной проблемы – путем обобщения классического дискретного базиса Фурье в виде множества новых дискретных базисных систем – мультипликативных дискретных базисов параметрических дискретных экспоненциальных функций.

В данном контексте рецензируемая диссертационная работа, вне всякого сомнения, является актуальной, соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике) и имеет солидный потенциал практического внедрения результатов исследований.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Основы теории обработки информационных сигналов, разработанные автором основываются на трех основных и взаимосвязанных положениях:

- определении дискретных информационных сигналов на конечных интервалах;
- введении нового понятия сдвига дискретных информационных сигналов – понятия параметрического циклического сдвига;
- введения множества дискретных базисных систем – базисов параметрических дискретных экспоненциальных функций;

Авторское видение подходов к решению проблемы развития теории и разработки методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье изложено в научно-квалификационной работе, которая состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 235 наименований и 3 приложений. Общий объем работы – 357 страниц, включая 93 рисунка и 5 таблиц.

Во введении обоснована важность и актуальность темы диссертационной работы, определены основные направления исследований, цель и задачи диссертационной работы, рассмотрены научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе результатов.

В первой главе приводятся результаты системного анализа методов и частотных моделей информационных сигналов, рассматривается проблематика, и определяются задачи исследования и основная проблема цифровой обработки информационных сигналов. Дан анализ применяемых частотных моделей информационных сигналов и области их приложений

Вторая глава посвящена разработке теоретических основ и методам цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье

Автором введены два новых класса базисных функций – параметрические дискретные экспоненциальные функции (ДЭФ-П) и модифицированные параметрические дискретные экспоненциальные функции (МДЭФ-П). На основе ДЭФ-П и МДЭФ-П разработаны математические аппараты параметрического дискретного преобразования Фурье (ДПФ-П) и

модифицированного параметрического дискретного преобразования Фурье (МДПФ-П) В главе доказано, что ДПФ-П является обобщением широко распространенного аппарата дискретного преобразования Фурье (ДПФ), имеющего важные физические толкования в приложениях. В главе исследованы аналитические свойства ДПФ-П и МДПФ-П. Предложено обобщение метода однобинового скользящего ДПФ (СДПФ) в виде метода скользящего однобинового параметрического ДПФ (СДПФ-П).

С большой степенью уверенности можно утверждать, что дискретные преобразования ДПФ-П, МДПФ-П и СДПФ-П, разработанные Пономаревой О.В., займут свое место во многих разделах науки и техники, так как результаты их применения, имеют, в том числе и наглядную физическую интерпретацию.

Представляется важным результатом и разработка обобщений алгоритма Герцеля. В данной главе Пономарева О.В. исследует свойства открытого ей нового эффекта цифровой обработки – эффекта неинвариантности скользящего спектра гармонического информационного сигнала, как в классическом базисе Фурье, так и в параметрических базисах Фурье. Автором объяснена и причина проявления феномена неинвариантности, как в классическом базисе Фурье, так и в параметрических базисах Фурье.

В третьей главе излагаются теоретические основы и методы цифровой обработки случайных информационных сигналов в параметрических базисах Фурье.

Автор исследует стохастические свойства введенных в предыдущей главе дискретных преобразований, описывает специфику их применения в обработке случайных информационных сигналов. В главе рассмотрены теоретико-вероятностные характеристики случайных информационных сигналов и аксиомы их измерения. На основе исследования соотношения частот в методе канонического разложения В.С. Пугачева с частотами их ДПФ автор пришел к важному выводу. Для адекватного описания информационных сигналов в частотной области необходимо иметь, как минимум, два базиса из набора

базисов, предлагаемых ДПФ-II: при значениях параметра $\theta = 0$ и $\theta = 1/2$. Одновременное преобразование по этим двум базисам автор назвал аperiodическим дискретным преобразованием Фурье (АДПФ), исследовал его аналитические и стохастические свойства.

В заключение главы автором рассмотрена специфика статистических измерений и обработки энергетических спектров дискретных смешанных информационных сигналов в параметрических базисах Фурье.

Четвертая глава диссертационного исследования посвящена разработке теоретических основ цифровой обработки мгновенных параметров дискретных информационных сигналов.

В рамках теории цифровой обработки ИС представляется важным и актуальным как с теоретической, так и с практической точек зрения вопрос однозначного определения мгновенных амплитуд, фаз и частот (мгновенных параметров) дискретных информационных сигналов. Существующие в настоящее время методы и алгоритмы цифровой обработки мгновенных параметров основаны в основном на дискретном преобразовании Гильберта (ДПГ). ДПГ, как верно отмечает автор, имеет один существенный недостаток – преобразование не является локальным преобразованием, и, как следствие, получаемые с помощью ДПГ огибающие не являются финитными функциями. Автором доказано, что непринятие во внимание отсутствия свойства локальности у ДПГ (часто над этим просто не задумываются), приводит к существенной потере точности измерения мгновенных параметров. В качестве альтернативы существующим методам автором разработаны и исследованы следующие преобразования для измерения и обработки на конечных интервалах мгновенных параметров информационных сигналов: модифицированное дискретное преобразование Гильберта, обобщенное дискретное преобразование Гильберта, модифицированное обобщенное дискретное преобразование Гильберта.

В пятой главе предложены быстрые алгоритмы цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье.

Рассматривая ретроспективно этапы эволюции методов, алгоритмов и средств цифровой обработки информационных сигналов нельзя не признать важнейшей роли, которую сыграло открытие в 1965 году эффективных алгоритмов для вычислений ДПФ. Этот класс алгоритмов стал известен как быстрое преобразование Фурье (БПФ). Именно алгоритмы БПФ, позволившие уменьшить время вычисления ДПФ на несколько порядков, значительно расширили область приложений цифровой обработки информационных сигналов. Появилась возможность реализации сложных методов и алгоритмов обработки в реальном времени, открылась дорога создания специализированных устройств обработки информации. В связи с изложенным, представляется важным тот факт, что автор диссертации при разработке основ новой теории, не ограничился только исследованием аналитических и стохастических свойств предложенных им дискретных преобразований. В диссертации рассмотрены также вопросы разработки быстрых процедур их реализации (названные автором по аналогии с алгоритмами БПФ, алгоритмами БПФ-П). Предложены быстрые процедуры реализации следующих преобразований Фурье: быстрый алгоритм дискретного преобразования Фурье действительных ИС, быстрые алгоритмы параметрического дискретного преобразования Фурье комплексных и действительных информационных сигналов (БПФ-П), быстрый алгоритм параметрического дискретного преобразования Фурье сигналов большой длительности в реальном масштабе времени.

Шестая глава посвящена приложениям разработанных автором методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье.

Приведены результаты апробации и внедрения, разработанных в диссертационном исследовании методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье, с целью повышения эффективности, надежности и качества технических систем. Рассмотрены вопросы реализации методов и алгоритмов цифровой обработки

информационных сигналов в параметрических базисах Фурье в программно-инструментальной среде LabVIEW – информационной технологии виртуальных приборов. Дан сравнительный анализ методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

В приложениях представлены материалы, поясняющие специфику цифровой обработки информационных сигналов, акты внедрения научных и практических результатов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации Пономаревой О.В. можно оценить как высокую, подтвержденную проведенными автором экспериментальными исследованиями, которые соответствуют целям, предмету и задачам диссертационного исследования. Теоретические положения диссертационного исследования основываются на использовании теории систем и системного анализа, теории информации, теории цифровой обработки сигналов, теории цифрового векторного и спектрального анализа, теории сигналов на конечных интервалах, теории матриц, теории вероятностей, теории математического моделирования, теории дискретного преобразования Фурье, теории дискретного параметрического преобразования Фурье, методологии проектирования технических систем.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в диссертационной работе: обеспечена строгими математическими доказательствами аналитических и стохастических свойств разработанных дискретных преобразований, разработкой быстрых алгоритмов их реализации; подтверждена сопоставлением результатов теоретических

исследований с экспериментальными данными, полученными путем моделирования и в условиях производства, внедрением результатов диссертационного исследования.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертации, на основе разработанной автором теории цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье предложены следующие новые дискретные преобразования информационных сигналов:

- параметрическое дискретное преобразование Фурье;
- аперидическое дискретное преобразование Фурье;
- скользящее параметрическое дискретное преобразование Фурье;
- модифицированное параметрическое дискретное преобразование Фурье;
- модифицированное дискретное преобразование Гильберта;
- обобщенное дискретное преобразование Гильберта;
- модифицированное обобщенное дискретное преобразование Гильберта.

Следует также отметить и предложенный автором оригинальный метод цифровой блочной обработки с накоплением и проведенное обобщение структуры гребенчатого фильтра.

Аналитические и стохастические свойства разработанных автором дискретных преобразований, определяют их широкое применение в различных областях науки и техники, таких как биомедицина, акустика, гидролокация, виброакустическая диагностика, радиолокация, сейсмология, связь, системы передачи данных, космическая и ядерная техника и многих других.

Научные и практические результаты диссертационной работы Пономаревой О.В. обладают достоверностью и новизной, что подтверждается их представительным обсуждением на 38 научных конференциях международного всесоюзного и российского уровней, опубликованием автором более 100 научных работ, в том числе:

- монография без соавторов,
- 7 статей в журналах, входящих в международную реферативную базу данных и систему цитирования *Scopus*,
- 11 статей 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),
- 27 статей в журналах, входящих в перечень ВАК РФ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Отдельно следует подчеркнуть роль монографии Пономаревой О.В. (*Пономарева О.В. Основы теории дискретных косвенных измерений параметров сигналов: – Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2016. – 172 с.*) в достижении цели и решении задач рецензируемой диссертационной работы. Общепринято считать информационные сигналы (в широком смысле этого слова) носителями общей измерительной информации, а монография Пономаревой О.В. раскрывает взаимосвязь и взаимопроникновение двух теорий: теории цифровой обработки информационных сигналов и общей теории измерений (*Анциферов С.С. Голубь Б.И. Общая теория измерений: Под редакцией академика РАН Н.Н. Евтихиева. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 176 с.*)

Практическая значимость и полезность научных и прикладных результатов, полученных в диссертации, подтверждается актами их внедрения. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, в нем изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное

исследование, степень новизны и практическая значимость проведенных исследований, приведен список публикаций автора диссертации. В которых отражены основные научные результаты диссертации.

В целом у меня сложилось хорошее впечатление от рецензируемой диссертационной работы. В ней содержится много новых, актуальных и интересных результатов, которые существенно дополняют научные представления как отечественных, так и зарубежных информационных источников о возможностях цифровых методов обработки информационных сигналов.

Замечания по диссертационной работе

Оппонирование диссертации Пономаревой О.В. не выявило явных или принципиальных недостатков диссертационного исследования. Нет у меня, и каких либо, серьезных замечаний, однако есть ряд вопросов и одно пожелание по проведению дальнейших исследований в данной области.

1. В теории анализа и обработки дискретных случайных процессов на базе ДПФ широко используется представление в виде циклического дискретного случайного процесса (*Дженкинс Г. Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. В.Ф.Писаренко – М.:Мир, 1972.-283 с*). Почему автором диссертационного исследования не рассмотрено обобщение этого подхода на основе ДПФ-П?
2. Автор диссертации, вскрыв глубинную взаимосвязь метода дополнения нулями с методом экспоненциальной трансформации (глава 3 диссертации), в дальнейшем не проводит сравнительный анализ этих методов.
3. При рассмотрении быстрых алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье (глава 5 диссертации) автор не рассматривает быстрый алгоритм реализации МДПФ-П.

4. Реализация методов и алгоритмов цифровой обработки информационных сигналов в параметрических базисах Фурье проведена в программно-инструментальной среде LabVIEW – информационной технологии виртуальных приборов. Но есть и отечественные программно-инструментальные среды. Следовало бы их сравнить и выбрать оптимальную среду.
5. В силу аналитических и стохастических свойств параметрических базисов Фурье, доказанных и исследованных автором для одномерного случая, полученные результаты, на мой взгляд, было бы весьма полезно обобщить и на двумерный случай, например для анализа изображений.

Заключение

В целом, необходимо отметить обстоятельство, и даже фундаментальность оппонируемой работы, охват диссертационным исследованием многих аспектов актуальной проблемы цифровой обработки информационных сигналов различного вида и различной структуры.

Стиль изложения лаконичен, содержание последовательно и структурно выдержано. Положительной оценки заслуживает и наличие обширного обзора отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной рассматриваемой проблеме.

Диссертационная работа Пономаревой О.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение.

Диссертация по актуальности темы, обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

Считаю, что оппонируемая диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24. 09. 2013 с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства РФ № 335 от 21. 04. 2016, с изменениями, внесенными Решением Верховного Суда РФ от 21. 04. 2014 N АКПИ14-115), а ее автор Пономарева Ольга Владимировна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике).

Официальный оппонент

Член-корреспондент Российской Академии Наук,
Заведующий кафедрой «Вычислительные системы и технологии»,
Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева (НГТУ им. Р. Е. Алексеева)
доктор технических наук (специальность 05.13.01), профессор



Кондратьев Вячеслав Васильевич

« 2 » сентября 2017 года

Адрес, включая адрес электронной почты:

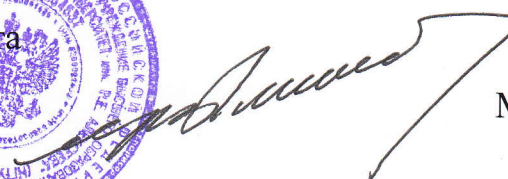
Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева (НГТУ им. Р. Е. Алексеева)
603950, Н. Новгород, ул. Минина, д. 24 к. 5 (5 корпус НГТУ),
тел.: +7 (831) 436-82-28, email: vv-kondratiev@yandex.ru

Подпись члена-корреспондента РАН

д.т.н., профессора Кондратьева В.В. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета

НГТУ им. Р. Е. Алексеева



Мерзляков И.Н.