

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.165.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА

НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12.12.2018 № \_\_\_\_\_

**О присуждении** Артемьеву Владимиру Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Проектирование рекурсивных цифровых целочисленных фильтров» по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» принята к защите 08.10.18, протокол №11 диссертационным советом Д 212.165.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24; приказ № 714/н.к. от 02.11.2012.

**Соискатель** Артемьев Владимир Владимирович, гражданин РФ, 1987 года рождения, в 2009 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по специальности «Радиофизика и электроника», работает ведущим инженером-исследователем в филиале Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт

измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» в научно-исследовательском отделении разработки радиотехнических и измерительных систем.

В 2013-2017 годах соискатель обучался в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Диссертация выполнена** в филиале Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» научно-исследовательском отделении разработки радиотехнических и измерительных систем.

**Научный руководитель** – кандидат технических наук **Бугров Владимир Николаевич**, доцент кафедры «Радиотехника» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Официальные оппоненты:**

1. **Самойлов Александр Георгиевич**, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Радиотехники и радиосистем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир;
2. **Фадеев Роман Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные радиосистемы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», г. Киров, в своём положительном заключении, подписанном **Петровым Евгением Петровичем**, профессором, доктором технических наук, главным научным сотрудником кафедры радиоэлектронных средств указала, что диссертация **Артемьева Владимира Владимировича** «Проектирование рекурсивных цифровых целочисленных фильтров», представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему. В диссертации представлена научно-обоснованная техническая разработка обеспечивающая решение важной прикладной задачи радиотехники, а именно проектирование рекурсивных цифровых фильтров в целочисленном пространстве с учетом основных факторов, определяющих их реализацию. Диссертация соответствует специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения». Работа отвечает требованиям п.9 Положения о присуждения ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Артемьев В.В.** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

**Соискатель имеет 18 опубликованных работ** по теме диссертации, из них 6 – в журналах, включенных в перечень изданий, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертационных работ. Получено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. **Общий объем научных публикаций составляет 6,21 усл. п. л. Авторский вклад составляет 4,97 усл. п. л.**

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Артемьев, В.В.** Синтез целочисленных рекурсивных фильтров без умножителей на неэквидистантном множестве параметров / В.В. Артемьев, В.Н. Бугров // Успехи современной радиоэлектроники. -2017. -№7. -С.53-60.
2. **Артемьев, В.В.** Реализация на ПЛИС целочисленных цифровых рекурсивных фильтров без умножителей, синтезированных

на неэквидистантном множестве параметров / В.В. Артемьев // Успехи современной радиоэлектроники. -2017. -№8. -С. 67-76.

3. Артемьев, В.В. Реализация целочисленных цифровых рекурсивных фильтров без умножителей на ПЛИС отечественного производства / В.В. Артемьев, А.В. Кашин // Цифровая обработка сигналов. -2018. -№1. -С. 56-61.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

- 1) кандидата физико-математических наук, руководителя группы проектов КБ «Руспром», г. Нижний Новгород, **Земнюкова Николая Евгеньевича;**
- 2) кандидата физико-математических наук, доцента кафедры общей физики Радиофизического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, заведующего лабораторией нелинейной оптики полимеризующихся сред ИМХ им. Г.А. Разуваева РАН, г. Нижний Новгород, **Менсова Сергея Николаевича;**
- 3) доктора физико-математических наук, профессора, декана физического факультета, заведующего кафедрой электроники ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета», г. Воронеж, **Бобрешова Анатолия Михайловича;**
- 4) кандидата технических наук, начальника 29 научно-исследовательского испытательного отдела ФГБУ «ГНМЦ» МО РФ, г. Мытищи, **Клеопина Андрея Владимировича;**
- 5) кандидата технических наук, заместителя начальника отделения ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина», г. Снежинск, **Ташланова Владимира Валерьевича,** кандидата технических наук, начальника отдела ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»; г. Снежинск, **Доновского Дмитрия Евгеньевича,** кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», г. Снежинск, **Первушиной Натальи Александровны;**

- 6) кандидата физико-математических наук, заместителя начальника отдела «Учебный центр» АО «ФНПЦ «ННИИРТ», г. Нижний Новгород, **Лысякова Дениса Николаевича**;
- 7) кандидата технических наук, доцента кафедры радиотехники и связи ФГБОУ ВО «Поволжского государственного технологического университета», г. Йошкар-Ола, **Бастраковой Марины Ивановны**;
- 8) кандидата технических наук, начальника отдела «ЦП-1» НО №8 АО «НПП «Пульсар», г. Москва, **Будякова Алексея Сергеевича**;
- 9) кандидата физико-математических наук, заведующего отделом терагерцовой спектроскопии института физики микроструктур РАН – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород, **Вакса Владимира Лейбовича**.

**Все отзывы положительные** и содержат заключение, что **Артемьев Владимир Владимирович** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

В качестве основных критических замечаний отмечено:

- 1) недостаточно обосновано преимущество целочисленных цифровых фильтров (ЦФ) перед ЦФ, реализованными в арифметике с фиксированной точкой;
- 2) не представлено сравнение полученных результатов с реализацией на основе технологии распределенной арифметики, в которой не требуется реализация операции умножения в явном виде;
- 3) не выдерживают критики утверждения: «Вещественная арифметика не может быть напрямую применена в ПЛИС», «Прямой синтез ЦФ без умножителей невозможен такими подходами» и т. п., т.к. ПЛИС — это универсальное средство для реализации любых алгоритмов;

- 4) автор несколько вольно относится к терминологии. Например, на стр. 9. «На защиту выносятся способ ...», но патента на способ нет, поэтому выносить на защиту нужно было метод;
- 5) не указан выигрыш от применения нелинейного программирования по сравнению с линейным программированием;
- 6) не объясняется, почему при  $m$  каскадах фильтра размерность увеличена конкретно до  $5m$  (стр. 28);
- 7) не показан имеющийся выигрыш от применения метода синтеза на сетке кода Грея;
- 8) не обоснован выбор аддитивной формы для целевой функции при проектировании цифрового целочисленного фильтра;
- 9) не ясно по какому принципу определялись веса частных целевых функций при синтезе цифрового целочисленного фильтра;
- 10) не приведена добротность синтезируемого фильтра и не ясно можно ли ей управлять;
- 11) в диссертации проектирование ЦФ проводится только на примере НЧ фильтра. Не рассмотрены фильтры ВЧ, ПФ, а также фильтры с произвольными характеристиками;
- 12) при экспериментальном исследовании цифрового фильтра автором получены результаты измерений АЧХ (рисунок 5 автореферата), отличающихся в худшую сторону от расчетных значений, полученных в главе 2. В соответствии с представленными результатами измерений требование по ослаблению не менее 60 дБ в полосе заграждения фильтра не выполняется. Погрешность и динамический диапазон средства измерений (осциллограф цифровой) не учтены;
- 13) в автореферате приведены термины и сокращения: IP-блоки, HDL, VHDL, CDS без расшифровки их значений;
- 14) в приведенных в автореферате формулах пояснены не все буквенные обозначения. На стр. 12 должны быть ссылки на формулы (2) и (3), а не (3) и (4);

- 15) не ясно можно ли синтезировать цифровые фильтры по совокупности частотных характеристик с разрядностью менее 16 бит;
- 16) не ясно почему нельзя применить методы линейного программирования к решению задачи проектирования цифрового фильтра;
- 17) не рассмотрены предельные циклы спроектированных ЦФ. Рекурсивные фильтры имеют обратную связь, а значит возможно появление предельных циклов;
- 18) не отмечены шумовые свойства спроектированных ЦФ.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их компетентностью в вопросах, рассмотренных в диссертации, подтверждающейся публикациями официальных оппонентов и сотрудников ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» в ведущих научно-технических журналах по тематике диссертации. Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор Самойлов Александр Георгиевич является высококвалифицированным специалистом в области применения цифровой обработки сигналов в устройствах систем и сетей телекоммуникаций. Официальный оппонент, кандидат технических наук, Фадеев Роман Сергеевич является высококвалифицированным специалистом по разработке радиоэлектронных устройств, использующих цифровую обработку сигналов, в том числе устройств для систем радиолокации и радионавигации. Выбор ведущей организации обоснован тем, что она является одним из ведущих ВУЗов России, известным научным центром по разработке радиоэлектронной аппаратуры, в том числе цифровой.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований предложены:**

- метод проектирования целочисленных рекурсивных ЦФ, позволяющий, в отличие от известных методов, находить решение задачи синтеза ЦФ численными методами нелинейного программирования по совокупности

требований с учётом особенностей программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) / базовых матричных кристаллов (БМК);

- алгоритм получения ЦФ с необходимой характеристикой на основе подмножества целых чисел со структурой представления, отличающийся от известных использованием меньшего количества логических элементов при реализации ЦФ на ПЛИС/БМК.

**Разработана** методика оценки количества сумматоров в ЦФ без умножителей, синтезированных с помощью метода билинейного преобразования и целочисленного нелинейного программирования.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**разработан** алгоритм получения подмножеств целых чисел со структурой представления, требующих минимального количества логических элементов при реализации в ПЛИС операции умножения на константу;

**предложен** метод оценки выигрыша по количеству сумматоров и быстродействию, позволяющий сравнивать каскадные рекурсивные цифровые фильтры, спроектированные на различных подмножествах целых чисел.

**Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использован** метод нелинейного математического программирования для полимодальной нелинейной целевой функции с заданной системой прямых и функциональных ограничений. Это позволило синтезировать цифровые фильтры на подмножестве целых чисел численными поисковыми методами с минимальным количеством логических элементов, необходимым для их реализации на ПЛИС;

**изложено** решение задачи математического программирования полимодальной нелинейной целевой функции с заданной системой прямых и функциональных ограничений для проектирования цифровых фильтров численными поисковыми методами на неэквидистантных подмножествах целых чисел;



**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**создан** программный продукт, позволяющий сформировать подмножества целых чисел и структуру их знакоразрядного представления с минимальным количеством операций суммирования;

**разработано** универсальное *VHDL*-описание целочисленного БИХ-фильтра без умножителей для ПЛИС зарубежного и отечественного производства;

**созданы** структуры 16-ти разрядных ЦФ на отечественных ПЛИС 5576XC7T и 5578TC024, обладающие значительным выигрышем по количеству логических элементов и быстродействию по сравнению с ЦФ, полученными с помощью билинейного преобразования.

Практическая значимость подтверждается Актом о внедрении результатов диссертации в филиале РФЯЦ-ВНИИЭФ "НИИИС им. Ю.Е. Седакова". Акт внедрения прилагается к диссертации.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты исследований получены с использованием современных поверенных средств измерений;

**теория**, результаты и выводы диссертации согласуются с известными положениями статистической радиотехники, теории чисел, цифровой обработки сигналов. О достоверности полученных результатов свидетельствует совпадение расчетных данных с экспериментальными в пределах погрешности измерений.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

разработке математической модели рекурсивного ЦФ с учётом особенностей реализации на кристалле;

решении задачи синтеза рекурсивного фильтра на подмножестве целых чисел на основе знакоразрядного представления методами дискретного математического программирования;

разработке универсального *HDL*-описания рекурсивного целочисленного ЦФ, синтезированного методом целочисленного нелинейного программирования, для ПЛИС отечественного и зарубежного производства;

реализации рекурсивных цифровых целочисленных ЦФ на ПЛИС, проведении оценки быстродействия и количества необходимых ресурсов кристалла.

Соискателем опубликовано 9 статей без соавторов, в том числе 4 – в журналах, включённых в перечень изданий, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертационных работ.

На заседании 12.12.2018 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Артемьева Владимира Владимировича представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, так как в диссертации изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, а именно, разработана методика проектирования рекурсивных цифровых фильтров для нового поколения радиоприемной аппаратуры с повышенной помехозащищённостью. Диссертационный совет принял решение присудить Артемьеву Владимиру Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.12.04, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 24, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Раевский Сергей Борисович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Белов Юрий Георгиевич

Дата оформления заключения: 12 декабря 2018 г.