

Проректор ННГУ им.Н.И.Лобачевского

по научной работе

М.В. Иванченко

2021 г.



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»**

(Регистрационный номер 48-21 от 17.11.2021)

на диссертацию Морозова Никиты Сергеевича «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи» на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Настоящее заключение выдано на основании личного заявления соискателя ученой степени от 15.10.2021 г.

Диссертация выполнена на кафедре радиотехники радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

В 2009 г. соискатель ученой степени окончил специалитет ННГУ им. Н.И. Лобачевского по специальности 090106 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». В период с 2016 по 2020 гг. обучался в аспирантуре по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия». Диплом об окончании аспирантуры от 08.10.2020 № 105204 0038464 выдан ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

В период подготовки диссертации Морозов Н.С. работал в ННГУ им.Н.И.Лобачевского в должности преподавателя.

Научный руководитель Бугров Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники РФФ ННГУ.

Диссертация обсуждалась на заседании кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ и представлена на рассмотрение диссертационному совету 24.2.345.01 при Нижегородском государственном техническом университете им. Р. Е. Алексеева.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

**Целью работы** является разработка подхода к синтезу корректоров и компенсаторов частотной дисперсии на основе цифровых фазовых фильтров для сигнальных видео и радиотрактов с учётом возможности их реализации на целочисленных цифровых платформах.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

- анализ систематических ошибок аналитического синтеза цифровых фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии и разработка дискретных моделей цифровых фазовых БИХ-фильтров с учётом характеристик частотной дисперсии сигнала;
- дискретный синтез корректоров фазовых искажений каналов связи, реализованных на фазовых БИХ-фильтрах методами нелинейного математического программирования с заданной системой прямых и функциональных ограничений;
- дискретный синтез компенсаторов линейно возрастающей и линейно падающей частотной дисперсии в каналах высокоскоростной линии передачи;
- тестовое модельное и экспериментальное исследование на реальном сигнале синтезированных квантованных корректоров фазовых искажений канала связи.

**Личное участие ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации.**

В ходе выполнения научно-исследовательских работ на кафедре радиотехники радиофизического факультета ННГУ им.Н.И.Лобачевского автором самостоятельно проведено моделирование сигнальных трактов, оценка уровня фазовых искажений и постановка задачи синтеза компенсатора. Также автор реализовал альтернативные подходы к синтезу и показал несомненное преимущество метода направленного поиска на сетке Грея. Реализация метода целочисленного нелинейного программирования, обсуждение и анализ результатов проводились совместно с Бугровым В.Н. Опубликовано 2 статьи без соавторов, в том числе 2 из перечня ВАК.

**Достоверность** полученных выводов подтверждается согласованностью теоретических расчетов и результатов компьютерного моделирования с данными экспериментальных исследований.

**Научная новизна** диссертации заключается в следующем:

- 1) На основе всестороннего анализа систематических ошибок аналитических подходов к синтезу цифровых цепей коррекции фазовых искажений получена дискретная модель корректоров и компенсаторов дисперсии на основе цифровых фазовых фильтров, позволяющая устранить ошибки аппроксимации требуемых характеристик и ошибки квантования параметров при практической реализации устройства;
- 2) Предложена методика синтеза рекурсивных фазовых фильтров непосредственно на квантованном целочисленном параметрическом пространстве с использованием поисковых методов нелинейного математического программирования, позволяющих находить технические решения фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии с учётом совокупности требований к их частотным характеристикам;
- 3) Получены целочисленные решения с высоким быстродействием за счет минимальных вычислительных затрат как цифровых корректоров фазовых искажений сигнальных видео и радиотрактов, так и компенсаторов линейно возрастающей и линейно падающей частотной дисперсии в линии связи;
- 4) Разработана универсальная методика и программа расчёта отклика рекурсивного фазового фильтра, с помощью которой проведена оценка вычислительных затрат при программной реализации фазовых корректоров и компенсаторов на микропроцессорном контроллере или сигнальном процессоре;

**Теоретическая и практическая значимость** работы заключается в следующем:

- 1) Предложенный метод синтеза позволяет получить решения с заданной конечной разрядностью коэффициентов, что приводит к нулевой ошибке квантования при реализации;
- 2) Полученные в результате синтеза цифровые фазовые корректоры позволяют успешно компенсировать фазовые искажения как видеотракта, так и радиоканала.
- 3) Разработанные алгоритмы требуют для их практической реализации относительно небольших вычислительных ресурсов, что позволяет использовать их в системах реального времени.

**Соответствие научной специальности.** Диссертация Морозова Н.С. «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений сигнальных и измерительных трактов» на



соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», а именно следующим пунктам раздела «области исследований» паспорта специальности:

- п. 3 в части создания методик их расчета и основ проектирования.
- п. 8 в части создания теории синтеза и анализа, а также методов моделирования радиоэлектронных устройств.

**Основные публикации по теме работы.** По теме диссертации соискателем в соавторстве опубликовано 14 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертационных работ, и получен один патент (RU2691528C1).

**Материалы диссертации достаточно полно изложены в следующих работах:**

1. Бугров, В.Н. Синтез целочисленных цифровых КИХ-фильтров с линейной фазой / В.Н.Бугров, Н.С.Морозов. – Текст: непосредственный // Цифровая обработка сигналов. – 2016. – №1. – С.14-19
2. Морозов, Н.С. Синтез фазовых корректоров на основе цифровых фазовых цепей / Н.С.Морозов, В.Н. Бугров. – Текст: непосредственный // Проектирование и технология электронных средств. – 2020. – №4. – С.15-22
3. Фитасов, Е.С. Система синхронизации и локального позиционирования на базе беспроводных сетей / Е.С.Фитасов, Д.Н.Ивлев, Н.С.Морозов, Д.В.Савельев. – Текст: непосредственный // Датчики и системы. – 2017. – № 8-9. – С. 20-26
4. Морозов, Н.С. Моделирование частотной дисперсии цифровых фильтров / Н.С.Морозов; ред.В.Д.Ястребов. – Текст: непосредственный // Радиолокация. Результаты теоретических и экспериментальных исследований. – 2018. – С.122-132
5. Морозов Н.С. Исследование дисперсионных свойств рекурсивных цифровых фильтров / Н.С.Морозов. – Текст: непосредственный // Проектирование и технологии электронных средств. – 2020. – №1. – С.21-24
6. Бугров, В.Н. Проектирование цифровых фильтров малой разрядности с целочисленными коэффициентами / В.Н.Бугров, Н.С.Морозов. – Текст: непосредственный // Современная электроника. – 2018. – №3. – С.56-63
7. Бугров, В.Н. Поисковые технологии проектирования целочисленных цифровых фильтров / В.Н.Бугров, Н.С.Морозов. – Текст: непосредственный // Компоненты и технологии. – 2015. – №1. – С.122-128
8. Бугров, В.Н. Фазовая линейность целочисленных КИХ-фильтров / В.Н.Бугров, Н.С.Морозов. – Текст: непосредственный // Компоненты и технологии. – 2020. – №10. – С.113-120.
9. Бугров, В.Н. Частотная дисперсия сигнала в рекурсивных цифровых фильтрах / В.Н.Бугров, В.И.Пройдаков, Н.С.Морозов. – Текст: непосредственный // 18-я международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение», доклады. – 2016. – Т.1. – С.198-202
10. Морозов, Н.С. Частотная дисперсия сигнала в целочисленных БИХ-фильтрах / Н.С. Морозов, В.Н. Бугров. – Текст: непосредственный // Тезисы доклада на XXI международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии ИСТ-2017», Н.Новгород: НГТУ. – 2017. – С.33-34
11. Морозов, Н.С. Фазовые искажения широкополосных сигналов в БИХ-фильтрах / Н.С.Морозов, И.А.Сорокин. – Текст: непосредственный // 12 международная конференция «Перспективные технологии в средствах передачи информации» ПТСПИ-2017. – 2017. – Т.2 – С.132-134
12. Морозов, Н.С. Оценка быстродействия и способов оптимизации ЦФ на FPGA / Н.С.Морозов, Н.А.Абрамовский. – Текст: электронный // Труды XXI научной конференции по радиофизике. – 2017. – С.185-188
13. Морозов, Н.С. Цифровые компенсаторы частотной дисперсии на основе фазовых БИХ-фильтров / Н.С.Морозов, В.Н.Бугров. – Текст: электронный // Труды XXIV научной конференции по радиофизике, посвященной 75-летию радиофизического факультета. – 2020. – С.234-237

14. Бугров, В.Н. Коррекция фазовых искажений в сигнальном тракте гидроакустического датчика / В.Н.Бугров, Е.С.Фитасов, Н.С.Морозов, В.В.Сатаев. — Текст: непосредственный // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. — 2021. — С.57-66

Результаты диссертационного исследования использовались:

- при оптимизации алгоритма для обработки сигналов с фазовой манипуляцией в рамках составной части опытно-конструкторской работы «ЦОС-ННГУ»;
- в учебной и научно-исследовательской работе на кафедре радиотехники РФФ ННГУ. Акты о внедрении приведены в приложениях к диссертационной работе.

В тексте диссертации даны ссылки на научные работы, выполненные соискателем в соавторстве, а также на цитируемые литературные источники (106 наименований). Неправомерные заимствования в тексте диссертации отсутствуют.

Диссертация Морозова Никиты Сергеевича «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений сигнальных и измерительных трактов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Присутствовало на заседании каф. радиотехники радиофизического факультета ННГУ:

**Всего:** 14 чел.,

из них 2 доктора наук, 8 кандидатов наук.

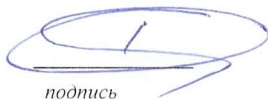
**Результаты голосования:**

«за» - 14 чел.,

«против» - нет,

«воздержалось» - нет.

**Протокол № 5 от 29.10.2021.**



подпись

председатель заседания  
д.т.н., заведующий кафедрой радиотехники  
ННГУ им.Н.И.Лобачевского  
Евгений Сергеевич Фитасов



подпись

секретарь заседания  
преподаватель кафедры радиотехники  
ННГУ им.Н.И.Лобачевского  
Елена Витальевна Леговцова