Проректор ННГУ им.Н.И.Лобачевского

по научной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.В. Иванченко

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г.

М.П.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

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

(Регистрационный номер\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022)

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 04.03.2022г.

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

В 2009 г. соискатель ученой степени окончил специалитет ННГУ им. Н.И. Лобачевского по специальности 090106 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». В период с 2016по2020гг.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».   
Справка №15.1-15-602 от 02.02.2022г. о сдаче кандидатского экзамена по специальности «2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» выдана ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

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

Научный руководитель Бугров Владимир Николаевич, кандитат 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 синтез корректоров и компенсаторов частотной дисперсии широкополосных и узкополосных каналов связи на основе цифровых фазовых фильтров 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 требований к частотной дисперсии сигнала;

- дискретный синтез корректоров фазовых искажений сигнальных видео- и радиотрактов, 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 в высокоскоростных линиях передачи;

- тестовое модельное и экспериментальное исследование синтезированных квантованных корректоров фазовых искажений широкополосных видео- и узкополосных радиотрактов.

**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 как для цифровых корректоров фазовых искажений широкополосных (видеотрактов) и узкополосных (радиотрактов) каналов связи, так и для компенсаторов линейно возрастающей и линейно падающей частотной дисперсии в линии связи. Устойчивость и работоспособность, отсутствие ошибок квантования коэффициентов при практической реализации, а также соответствие характеристик полученных фазовых фильтров теоретическим расчетам было подтверждено экспериментально. В отличие от решений, полученных другими методами, они обладают высоким быстродействием и малой вносимой в сигнал задержкой.

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

1) Предложенный метод синтеза позволяет получить решения с заданной конечной разрядностью коэффициентов, что позволяет избежать дополнительных операций округления или усечения при практической реализации фазового фильтра, а это, в свою очередь, приводит к нулевой ошибке квантования при реализации;

2) Полученные в результате синтеза цифровые фазовые корректоры позволяют успешно компенсировать фазовые искажения как широкополосного видеотракта, так и узкополосного радиоканала.

3) Разработанные алгоритмы требуют для их практической реализации небольших вычислительных ресурсов, что позволяет использовать их в системах реального времени.

4) Разработанные универсальная методика и программа расчета отклика рекурсивного фильтра позволяют провести предварительную оценку вычислительных затрат при программной реализации фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии.

**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 12 работ, в том числе 5 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертационных работ, и получен один патент (RU2691528C1).  
**Материалы диссертации достаточно полно изложены в следующих работах:**

Статьи в журналах из перечня ВАК

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. — Текст: непосредственный // Радиолокация. Результаты теоретических и экспериментальных исследований. — 2019. — Т.2. — С.122-132.

5. 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.

Статьи в журналах, входящих в РИНЦ

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.

Материалы всероссийских и международных конференций

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». — 2016. — Т.1. — С.198-202

10. Морозов, Н.С. Частотная дисперсии сигнала в целочисленных БИХ-фильтрах / Н.С.Морозов, В.Н. Бугров. — Текст: непосредственный // Тезисы доклада на XХI международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии ИСТ-2017». — 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

Патент

12. Пат. RU2691528C1, Российская Федерация, МПК B60L1/00 H02J50/12  Система бесконтактной передачи электроэнергии для дверей транспортного средства / А.И.Крохин, С.Б.Крохин, Н.С.Морозов ; заявитель и патентообладатель А.И.Крохин. — №2018114978 ; заявл. 23.04.2018 ; опубл. 14.06.2019

Результаты диссертационного исследования использовались при оптимизации алгоритма для обработки сигналов с фазовой манипуляцией в рамках составной части опытно-конструкторской работы «ЦОС-ННГУ», о чём есть соответствующий акт о внедрении.

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 в каналах связи» 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 № 8 от 28.02.2022.**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ председатель заседания

*подпись*  д.т.н., заведующий кафедрой радиотехники

ННГУ им.Н.И.Лобачевского

Евгений Сергеевич Фитасов

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ секретарь заседания

*подпись* преподаватель кафедры радиотехники

ННГУ им.Н.И.Лобачевского

Елена Витальевна Леговцова