**ОТЗЫВ**

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Фадеева Р.С.

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

**Актуальность темы**

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений. Цифровая фильтрация — вторая по частоте использования после преобразования Фурье операция в цифровой обработке сигналов (ЦОС). В устройствах ЦОС линейные цифровые фильтры могут быть использованы также для построения цифровых фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии, которые являются необходимыми элементами протяженных каналов связи. Решение задачи коррекции данных искажений требует максимально точного представления фазочастотной характеристики и её производных (группового времени запаздывания и частотной дисперсии) как на стадии разработки технического решения, так и на стадии его практической реализации. В настоящий момент цифровые методы коррекции фазовых искажений в большинстве случаев используются для линеаризации фазочастотных характеристик аналоговых фильтров, в частности, антиалайзинговых ФНЧ.

Широко применяемые КИХ-фильтры высокого порядка или же каскады узкополосных фильтров требуют сложных схем обработки и значительных вычислительных затрат. Соискатель предложил альтернативную модель, в которой как исходные, так и промежуточные характеристики в частотной области заданны с определенной дискретностью. В вычислительной схеме они представлены двумерными массивам, что дает возможность применять известные поисковые методы многокритериальной (векторной) оптимизации. Решения, найденные такими методами, позволяют удовлетворить заданным требованиям с высокой точностью. Низкая вычислительная сложность и простота реализации делают фильтры на основе цифровой фазовой цепи перспективными при разработке корректирующих устройств.

**Структура диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников, содержащего 106 наименований, и приложений.

**В первом разделе** рассматриваются существующие модели цифровых фильтров и описана дискретная модель рекурсивного фазового фильтра. Показано как приведенная дискретная модель может быть применена при проектировании фазового БИХ-фильтра.

Предложенные автором алгоритм и универсальная программа расчёта отклика рекурсивного фазового фильтра позволяют провести предварительную оценку вычислительных затрат, что для встраиваемых систем с ограниченными вычислительными ресурсами имеет существенное практическое значение.

**Во втором разделе** приведены постановка задачи синтеза цифрового фильтра-корректора и описание алгоритма многомерной оптимизации. Дана оценка различных способов формирования целевых функций.

Возможность задать целевую функцию по нескольким критериям, таким как фазочастотная, амплитудно-частотная, дисперсионная характеристики и групповое время запаздывания (ГВЗ), имеет как теоретическую, так и практическую ценность. Описанный алгоритм оптимизации может быть применен к широкому классу задач проектирования. А для ЦОС, выполнение требований к нескольким характеристикам фильтра, позволяет упростить схему обработки, заменив несколько ее блоков на цифровой фильтр.

**В третьем разделе** приведены примеры решения задач синтеза фазового корректора и компенсатора дисперсии с учётом фазовых и дисперсионных требований. Следует отметить, что применение автором методов целочисленного нелинейного программирования позволило учесть возможности аппаратной платформы, разрядность которой задается прямым ограничением при постановке задачи многомерного поиска.

**В четвертом разделе** приведена экспериментальная часть исследовательской работы. Показано, что результаты компьютерного моделирования согласуются с результатами натурных испытаний. Что подтверждает достоверность предложенной дискретной модели цифрового рекурсивного фильтра.

Синтезированные рекурсивные фазовые фильтры устойчивы, что соискатель подтвердил приведенными результатами экспериментов.

**Оценивая результаты работы**, можно отметить, что выводы и рекомендации, приведенные автором в диссертационной работе не входят в противоречие с теорией цифровой обработки сигналов и согласуются с известными практическими результатами. Рассматриваемая диссертация по целям, поставленным задачам, методам решения, результатам и сформулированным научным положениям соответствует паспорту специальности 2.2.13 — Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения по пунктам 5 и 14.

Основные результаты диссертации опубликованы в 6 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций. Приведенные в работе положения неоднократно обсуждались на научных конференциях различного уровня. Наличие публикаций без соавторства подтверждает самостоятельность соискателя и его значительный вклад в работу.

**Замечания по диссертационной работе**

1. Работа ограничена рассмотрением только цифровых фильтров с действительными коэффициентами и не охватывает случай комплексных.

2. Диссертантом недостаточно приведено примеров практического применения предложенного им подхода к решению задачи синтеза корректоров фазовых трактов.

3. Недостаточно рассмотрены особенности работы предложенных в работе алгоритмов при реализации в высокоскоростных системах оптоволоконных линий связи на основе ПЛИС, хотя эта область применения в работе упоминается.

Эти замечания не снижают общей ценности работы.

**Заключение**

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие квалифицировать их как научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для теории и практики цифровой обработки сигналов. Полученные соискателем результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а ее автор Морозов Никита Сергеевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

**Официальный оппонент**

Фадеев Роман Сергеевич, к.т.н.,

доцент кафедры «Информационные радиосистемы» ФБГОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева» (НГТУ)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Р.С.Фадееев

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022г.

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Тел.: +7 952 777 5213

Email: [fr\_201190@mail.ru](mailto:fr_201190@mail.ru)

Подпись к.т.н., доцента кафедры «ИР» Фадеева Р.С. удостоверяю

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_