

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

СТЕНОГРАММА

заседания Диссертационного совета 24.2.345.01
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
16 июня 2022г., протокол № 8.

Защита
Морозовым Никитой Сергеевичем
диссертации
«Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах
связи»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
специальности:
2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

г. Нижний Новгород
2022 г.

Председательствующий – председатель диссертационного совета,
д.т.н., профессор, Раевский Алексей Сергеевич
Учёный секретарь диссертационного совета – д.т.н., профессор, Белов Ю.Г.

Список присутствующих членов диссертационного совета

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	учёная степень	шифр научной специальности, отрасль науки
1	Раевский Алексей Сергеевич (председательствующий)	доктор физико- математических наук	2.2.14, технические науки
2	Мякинъков Александр Валерьевич	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
3	Белов Юрий Георгиевич (ученый секретарь)	доктор технических наук	2.2.14, технические науки
4	Бабанов Николай Юрьевич	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
5	Зенькович Алексей Вячеславович	доктор технических наук	2.2.8, технические науки
6	Казаков Вячеслав Вячеславович	доктор технических наук	2.2.8, технические науки
7	Кашин Александр Васильевич	доктор технических наук	2.2.14, технические науки
8	Куркин Андрей Александрович	доктор физико- математических наук	2.2.8, технические науки
9	Ларцов Сергей Викторович	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
10	Малахов Василий Алексеевич	доктор технических наук	2.2.14, технические науки
11	Мельников Владимир Иванович	доктор технических наук	2.2.8, технические науки
12	Моругин Станислав Львович	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
13	Никулин Сергей	доктор технических	2.2.8, технические

	Михайлович	наук	науки
14	Орлов Игорь Яковлевич	доктор технических наук	2.2.8, технические науки
15	Плужников Анатолий Дмитриевич	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
16	Рындык Александр Георгиевич (заместитель председателя)	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
17	Рязанцева Ирина Прокофьевна	доктор физико-математических наук	2.2.13, технические науки
18	Щитов Аркадий Максимович	доктор технических наук	2.2.14, технические науки
19	Радионов Александр Алексеевич	доктор технических наук	2.2.14, технические науки

Список отсутствующих членов диссертационного совета

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	учёная степень	шифр научной специальности, отрасль науки
1	Бирюков Владимир Валерьевич	доктор технических наук	2.2.13, технические науки
2	Заборонкова Татьяна Михайловна	доктор физико-математических наук	2.2.14, технические науки
3	Михаленко Михаил Георгиевич	доктор технических наук	2.2.8, технические науки
4	Титаренко Алексей Александрович	доктор технических наук	2.2.14, технические науки
5	Козлов Валерий Александрович	доктор технических наук	2.2.14, технические науки

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Здравствуйте, уважаемые коллеги!

Мы начинаем заседание нашего диссертационного совета номер 24.2.345.01 на базе Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, который учрежден приказом министерства образования науки Российской Федерации №714/нк от 02.11.2012 в составе 24 человек. Сегодня на заседании присутствуют 19 членов диссертационного совета, в том числе по профилю рассматриваемой диссертации 7 докторов наук, дополнительно введенных в совет членов нет. Таким образом, у нас имеется кворум и заседание совета правомочно. На повестке дня сегодня защита Морозовым Никитой Сергеевичем диссертации на тему: «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация соответствует специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Научный руководитель:

Бугров Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ им.Н.И.Лобачевского.

Официальные оппоненты:

1. Самойлов Александр Георгиевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), кафедра радиотехники и радиосистем Института информационных технологий и радиоэлектроники, профессор,

2. Фадеев Роман Сергеевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический

университет им. Р.Е. Алексеева», кафедра информационных радиосистем
Института радиоэлектроники и информационных технологий, доцент

Ведущая организация: Ведущая организация «Российский
Федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский
институт экспериментальной физики, «Научно-исследовательский институт
измерительных систем им. Ю.Е. Седакова», г.Н.Новгород.

Слово представляется ученому секретарю.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ: Уважаемые коллеги, соискатель Морозов
Никита Сергеевич, 1987 года рождения, гражданин Российской Федерации. В
2004 году соискатель окончил радиофизический факультет государственного
образовательного учреждения «Нижегородский государственный
университет им. Н.И.Лобачевского», окончил аспирантуру Федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в 2020г., работает в
Федеральном государственном автономном образовательном учреждении
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского» старшим
преподавателем кафедры радиотехники радиофизического факультета.
Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе 13 по теме
диссертации, опубликованных в рецензируемых научных журналах. В деле
соискателя имеются все документы, которые предусмотрены «Положением о
совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук». Имеется заявление соискателя,
заверенные в установленном порядке копии документов государственного
образца высшего профессионального образования, копия диплома об
окончании аспирантуры, справка о сдаче кандидатского экзамена по
специальности, диссертация и авторефераты в необходимых количествах,
отзыв научного руководителя, заключение организации, где выполнялась

диссертация. Диссертация размещена на сайте НГТУ 10 марта 2022 года. Распечатка с сайта НГТУ прилагается в документах. Все представленные документы соответствуют установленным образцам. Объявления о защите и автореферат диссертации размещены на официальном сайте министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сети Интернет 04 апреля 2022 года. Защита работы проводится впервые.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Прошу соискателя изложить суть и основные положения Вашей диссертации.

В течение 20 минут соискатель излагает основное содержание и основные положения диссертационной работы.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Назовите, пожалуйста, возможные области применения ваших исследований.

МОРОЗОВ Н.С.: Первое и самое очевидное — это гидроакустика, где имеются существенные фазовые искажения в гидроакустических каналах. Также каротажные сигналы, которые являются широкополосными, и их искажения, вызванные дисперсионной характеристикой среды, весьма негативно сказываются на результатах. Второе — это широкополосные и многоканальные системы связи. Как радиоканалы, так и, как было показано, оптоволоконные, где различное время прохождения частотных составляющих сигнала может исказить передаваемую информацию на длинных линиях. И третья, по которой я еще не провел полноценных исследований, — ультразвуковое сканирование объектов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: А есть ли у вас критерии, по которым вы можете определить, способны ли вы с помощью предлагаемой вами методики восстановить сигнал, или это уже сделать не представляется возможным? Есть такой критерий?

МОРОЗОВ Н.С.: Первый из критериев — в работе я рассматривал только линейные искажения. То есть, если рассматриваемые сигналы будут иметь нелинейные искажения, как, например, квадратурные сигналы, то представленные мной результаты не способны восстановить сигнал после нелинейных искажений, только после линейных. Если же мы рассматриваем только линейные искажения, то как такового критерия предельной сложности решаемой задачи нет в абсолютном значении. Однако сложность ограничена при практической реализации: синтез технического решения всегда опирается на аппаратную платформу для дальнейшей реализации. При использовании низкопроизводительных микроконтроллеров, например, во встраиваемых системах, мы будем ограничены его вычислительными возможностями. Однако сама предлагаемая методика синтеза априорно таких ограничений не накладывает, так как способна находить решения в пространстве большой размерности.

МОРУГИН С.Л.: Фильтры фазовой коррекции не портят амплитудную характеристику?

МОРОЗОВ Н.С.: Нет. Показанные в работе фазовые (или же all-pass) фильтры имеют строго единичный модуль коэффициента передачи на всем частотном интервале Найквиста.

МОРУГИН С.Л.: А дискретизация сигналов, она же у вас проводится?

МОРОЗОВ Н.С.: Да, в составе каждой аналого-цифровой системы сигнал и дискретизируется и впоследствии восстанавливается.

МОРУГИН С.Л.: А сама процедура дискретизации, портит ли она сигнал?

МОРОЗОВ Н.С.: Сама процедура дискретизации имеет свои шумовые характеристики, это вносит негативный вклад в сигнал. А при использовании

неравномерной дискретизации величина шумов будет варьироваться из-за процедур сжатия-расширения сигнала.

МОРУГИН С.Л.: Были бы они такими же, если бы вы не применяли свой алгоритм коррекции?

МОРОЗОВ Н.С.: Они были бы такими же. Тоже самое можно сказать и про восстановление сигнала. Цифрово-аналоговое преобразование тоже имеет свою амплитудно-частотную характеристику вида $\sin x / x$. И она тоже вносит искажения в сигнал. Зачастую при проектировании цифровых фильтров с частотой среза, приближающейся к частоте Найквиста, ставится дополнительное требование на подъём амплитудно-частотной характеристики в верхней части спектра для компенсации вклада цифрово-аналогового преобразования.

ЩИТОВ А.М.: У вас диапазон частот порядка килогерца. А вот задача компенсации фазочастотной характеристики усилителя в диапазоне 100МГц решается?

МОРОЗОВ Н.С.: Как я уже говорил, зависит от аппаратной платформы.

ЩИТОВ А.М.: А вы готовы сейчас такую задачу решить? Есть такая аппаратная платформа?

МОРОЗОВ Н.С.: До 100МГц с такой задачей справится сигнальный процессор. На частотах выше применяют ПЛИС. На них принципиально эту задачу решить возможно. Но в своей работе я эту реализацию не рассматривал, поэтому листинги программ не приведены, я ограничился рассмотрением реализации на микроконтроллерах и сигнальных процессорах. На ПЛИС возможна обработка и гигагерцовых сигналов. Показанные мной компенсаторы частотной дисперсии многоканальной

оптоволоконной линии связи он кроме как на ПЛИС или заказной интегральной схеме реализован быть не может.

ЩИТОВ А.М.: Хорошо, спасибо. Покажите 22й слайд, пожалуйста. В автореферате вы пишете, что крутизна фронта увеличилась, так как запаздывание высокочастотных составляющих скомпенсировано. Этот факт не очень заметен, что крутизна увеличилась, по сравнению с исходным. И искажения, если они сгладились в одном месте, то появились в других.

МОРОЗОВ Н.С.: Да, до компенсации искажения были только после самого фронта сигнала, а после компенсации небольшие биения появились и до него. А такого явного пика после фронта, который зачастую бывает нежелательным в системах обработки и требует дополнительной цепи защиты, уже нет. Согласен с замечанием, что приведенная осциллограмма недостаточно показательная и выигрыш по крутизне по этому слайду сложно различим.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: В названии работы разделены фазовые и дисперсионные искажения. И в результатах вы показывали фазовые корректоры и отдельно компенсаторы частотных неравномерностей. Но ведь это же одно и то же! Зачем же они два раза повторяются, как будто это что-то отдельное?

МОРОЗОВ Н.С.: Да, с физической точки зрения суть искажений одна и та же: разная скорость распространения частотных составляющих. Но задача построения фазовых компенсаторов от задачи построения компенсаторов дисперсии существенно отличается.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: Чем же они отличаются?

МОРОЗОВ Н.С.: Сложностью – раз. И два – при малых девиациях сигнала задача поиска минимума целевой функции строится иначе. Приходится учитывать такую чувствительную вещь как вторая производная

фазовой характеристики, которая даже при небольшом отклонении коэффициентов на каждом шаге итерационного поиска, может изменяться в широких пределах. Тогда как для компенсатора фазовой нелинейности такого рода девиации уже несущественны и сама постановка задачи, и ее решение, они гораздо проще. С точки зрения численного моделирования, это задачи разного порядка сложности.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: Но ведь по существу это одно и то же?

МОРОЗОВ Н.С.: Да, физически это одно и то же: частотная дисперсия является производной от фазовой характеристики.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: Если есть компенсация фазовых искажений, разве дисперсия при этом не будет сведена к минимуму? Чем они отличаются?

МОРОЗОВ Н.С.: Это вопрос технического характера: что считать минимумом. В показанных мной примерах, фазовые искажения были сведены к двум и шести градусам для радио- и видеотрактов соответственно. Но, взяв от них вторые производные, мы увидим, что дисперсия будет далека от минимальной.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: Но они же будут одинаковы и в первом, и во втором случаях. Если фазовая характеристика сделана линейной, значит и дисперсия будет околонулевой? Так в чем же разница?

МОРОЗОВ Н.С.: Если фазовая характеристика будет идеально линейной, то дисперсия будет нулевой, да. В физической сути разницы никакой нет, тут вы абсолютно правы. Разница лишь в формулировке, постановке и решении задачи синтеза корректора. Которые, в свою очередь, зависят от конкретного требования: насколько точно нам необходимо линеаризовать фазовую характеристику. Если система позволяет иметь отклонения в считанные градусы, и тогда это не вносит существенного вклада в сигнал, тогда достаточно требований к фазовой характеристике. Но

для высокоскоростных многоканальных линий отклонения даже в наносекунды на герц являются значимыми на протяженных линиях связи.

ОРЛОВ И.Я.: Разнца в синтезе, я правильно понимаю?

МОРОЗОВ Н.С.: Да, именно так, задачи разные.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: Другими словами, есть рассогласование и знакопеременные изменения и фазы, и дисперсии. У вас есть примеры, демонстрирующие случай периодических изменений, периодических неравномерностей в системе в целом? Или их вы не рассматривали возможность компенсации подобного рода искажений?

МОРОЗОВ Н.С.: Да, на одном из первых слайдов, на верхнем графике показаны различные формы частотной дисперсии, присутствующей в цифровых фильтрах. Отдельно случай именно периодического изменения знака частотной дисперсии на всем частотном интервале Найквиста я не рассматривал. Но в любом случае, предварительно необходимо провести дискретизацию частотной характеристики и уже по дискретным точкам привести ее к необходимому виду. И для решения задачи численными методами, конкретная исходная форма несущественна. От нее будет зависеть только сложность решения в математическом смысле и необходимое для расчета время.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: Но оно существенно увеличивается при этом?

МОРОЗОВ Н.С.: Да, оно увеличивается. Чем сложнее характеристика, тем больше вычислительных ресурсов требуется для ее компенсации. И если мы будем увеличивать порядок фильтра, скажем, до сотен звеньев, то его сложности будет достаточно для сведения искажений даже сложной формы к околонулевому значению. Но нужна ли для практической реализации эта избыточная сложность?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, наверное, достаточно.

БАБАНОВ Н.Ю.: У меня три вопроса, от простого к сложному. Будьте добры, 9й слайд. Вы применяете дискретизацию. А скажите, как вы выбираете шаг, исходя из чего?

МОРОЗОВ Н.С.: Исходя из сложности требуемой характеристики и точности, с которой ее необходимо представить.

БАБАНОВ Н.Ю.: Второй вопрос. 24й слайд. В научной новизне у вас указано «с высоким быстродействием и малыми задержками». Какие-то количественные оценки вы можете сказать? Что значит «высокое» и что значит «малые»?

МОРОЗОВ Н.С.: Малая задержка определяется порядком фильтра. Представленные решения получены фильтрами 4 и 8 порядков. Соответственно, вносимая ими задержка, количество выборок сигнала, которое фильтру надо накопить, она невелика. В системах компенсации чаще всего используются банки КИХ-фильтров 64го, 128го порядков, что вносит значительные задержки. По поводу высокого быстродействия. Она определяется в первую очередь использованием целочисленной арифметики расчета отклика фильтра. На слайде 12 приведена таблица, которая показывает сколько рабочих тактов необходимо для расчета. В случае операций с вещественной арифметикой, необходимы десятки и сотни рабочих тактов процессора. Операции с целочисленной арифметикой выполняются за считанные такты. Соответственно, выигрыш при использовании только целочисленной арифметики составляет примерно порядок. Также влияет топология фильтра. Каскадная реализация позволяет распараллеливать вычисления в разных звеньях.

БАБАНОВ Н.Ю.:Спасибо, я удовлетворен. И третий вопрос. Вы пишете, что у вас 5 статей из списка ВАК, а приводите только 4 статьи. А где пятая?

МОРОЗОВ Н.С.: Простите, это техническая ошибка. В диссертации приведены все статьи со ссылками, их 5.

КАЗАКОВ В.В.: Скажите, пожалуйста, у вас указан патент на бесконтактную передачу энергии. В чем там суть бесконтактной передачи и зачем там нужна корректировка искажений?

МОРОЗОВ Н.С.: В устройстве, генерация импульсов, которые накачивали резонансный контур для передачи энергии в резонансном режиме, оказалась специфической в плане согласования контура и самой системы. И фильтр 4го порядка там позволил фазовую характеристику выправить, что повысило эффективность на 12-15%. А устройство и предполагало увеличение эффективной дистанции с 5ми до 7-8см. Схема корректировки помогла приблизиться к этому значению.

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.: По списку литературы. «Фазовая линейность цифровых фильтров», – подразумевается, что там есть нелинейность, верно?

МОРОЗОВ Н.С.: Нет, в указанной статье рассматриваются задачи проектирования цифрового фильтра в стандартной топологии, без зеркальности коэффициентов, с окололинейной фазовой характеристикой.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Есть еще вопросы? Тогда докладчику предлагаю присесть. Слово предоставляется научному руководителю, Бугрову Владимиру Николаевичу.

БУГРОВ В.Н.:

Полностью зачитывает отзыв научного руководителя (отзыв прилагается).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, Владимир Николаевич. Слово предоставляется ученому секретарю для оглашения заключения

организации, где выполнялась диссертационная работа, отзыва ведущей организации и отзывов, которые поступили на автореферат.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ: Уважаемые коллеги, имеется заключение организации, где выполнялась диссертация. Заключение подписано д.т.н, заведующим кафедрой радиотехники Фитасовым Евгением Сергеевичем, секретарем Леговцовой Еленой Витальевной и утверждено проректором по научной работе ННГУ Иванченко Михаилом Васильевичем 09.03.2022 года. В заключении имеются все разделы, предусмотренные п.16 «Положения о присуждении учёных степеней», где отражено личное участие автора в получении результатов изложенной диссертации, степень достоверности результатов проведенного исследования, их новизна, практическая значимость, целостность научной работы соискателя, полнота изложения в диссертации работ, выполненных соискателем. Диссертация характеризуется положительно, в заключении даются рекомендации защиты диссертации по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки).

(Заключение прилагается)

Имеется отзыв ведущей организации — Филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова». Отзыв подготовлен доктором технических наук, профессором, научным руководителем филиала — заместителем главного конструктора филиала — начальником научно-исследовательского отделения Кашиным Александром Васильевичем, кандидатом технических наук, начальником научно-исследовательской группы разработки блоков НЧ и ЦОС Артемьевым Владимиром Владимировичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Ивойловой Марией Михайловной и утвержден первым

заместителем директора РФЯЦ-ВНИИЭФ - директором филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е.Седакова» Седаковым Андреем Юлиевичем 24 мая 2022 года. Отзыв положительный.

В отзыве анализируется актуальность избранной темы диссертации, новизна и значимость научных результатов, степень их обоснованности.

В качестве замечаний отмечается следующее:

1) Оценка нелинейности фазочастотной характеристики тракта до и после компенсации проведена формально, нет конкретных значений отклонения этой характеристики от линейной, лишь некоторая верхняя оценка.

2) в работе рассмотрены цифровые фильтры с целочисленными действительными коэффициентами, нет примеров для сравнения с фильтрами с иным типом представления коэффициентов, например, комплексными.

3) не представлены условия выбора порядка фильтра при синтезе, был ли порядок одним из изначальных требований или он был определен в процессе синтеза.

4) показаны примеры практической реализации фильтров-корректоров фазовых искажений узкополосного и широкополосного трактов, но для компенсаторов частотной дисперсии пример реализации на ПЛИС не приведен.

5) в схеме измерительной установки, на которой проводилась проверка работоспособности полученных фильтров, присутствует фильтр верхних частот, но нигде не указано, учитывались ли вносимые им искажения при анализе полученных результатов.

В заключении отмечается, что работа удовлетворяет требованиям, изложенным в «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Морозов Н.С. заслуживает присуждения ему ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы диссертации, научная новизна и практическая ценность полученных результатов. Во всех отзывах делается заключение, что Морозов Н.С.. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Обзор отзывов с указанием в них замечаний:

1. Отзыв из ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, подписан доктором физико-математических наук, профессором, зав.кафедрой радиотехники и связи Рябовой Н.В.

Замечания:

1. из автореферата не ясно, как оценивалась исходная нелинейность фазовой характеристики, что является стартовой и конечной точками для проведения условно эталонной линейной характеристики;
2. в автореферате недостаточно рассмотрена возможность применения цифровых фильтров с топологией, отличной от зеркальной, указано на возможность их использования, но не показано как изменятся в таком случае требования и какие преимущества или недостатки это даст.

2. Отзыв ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, подписан доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником кафедры радиоэлектронных средств Петровым В.П.

Замечания:

1. Н.С.Морозов ограничился рассмотрением цифровых фильтров только с действительными коэффициентами, вопрос эффективности использования в указанных задачах фильтров с комплексными коэффициентами не рассмотрен;

2. при постановке задачи синтеза в качестве прямых ограничений указана разрядность коэффициентов, при этом не указано чем именно в этих задачах обусловлен выбор именно 8 бит.
3. *Отзыв ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА», г. Н.Новгород, подписан заместителем генерального директора по научно-техническому развитию Скрипником И.В. и доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником – руководителем проектов по научно-техническому развитию Миловым В.Р.*

Замечания:

1. результаты синтеза корректоров с использованием минимаксного критерия и критерия минимизации среднего квадрата ошибки (СКО), представленные на рисунках в четвертом разделе, не сопровождаются количественными значениями показателей фазовых искажений в тракте, включающем корректирующее звено;
2. имеется опечатка в формуле на странице 9 автореферата (3-я строка снизу) – модули коэффициентов передачи должны перемножаться, а не складываться;
3. в автореферате не рассмотрен вопрос определения порядка синтезируемых фильтров для фазовых корректоров;
4. *Отзыв АО «Научно-производственное предприятие «Салют», г.Н.Новгород, подписан доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по научной работе Оболенским С.В.*

Замечания:

1. приведен пример реализации только на одной аппаратной платформе — микроконтроллере, без сравнения с реализацией на сигнальном процессоре или ПЛИС;
2. отсутствие примера применения метода численного моделирования цифрового корректора для реальной задачи коррекции;
3. малая выборка для сравнительного анализа различных методик проектирования ЦФ.

5. *Отзыв Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», г.Воронеж, подписан доктором физико-математических наук, профессором, зав. кафедрой электроники Бобрешовым А.М.*

Замечание:

1. волоконно-оптический тракт упоминается только в контексте компенсации частотной дисперсии и, в отличие от ранее показанных решений, для него нет практического подтверждения устойчивости и не указано, может ли такой фильтр фактически применяться на практике для высокоскоростных линий передачи, которыми и являются оптоволоконные каналы.

Обзор отзывов закончен.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Слово предоставляется соискателю для ответов на замечания, содержащиеся в поступивших отзывах.

МОРОЗОВ Н.С.: Ответы на замечания ведущей организации:

1. Да, оценка нелинейности проводилась не по всем точкам ФЧХ, а лишь по максимальному отклонению. Линия проводилась по точкам начала и конца полосы пропускания канала связи и, соответственно, корректора. Нелинейность оценивалась как максимальное отклонение фазовой характеристики от проведенной прямой.
2. Согласен, в дальнейшем развитии работы замечание будет обязательно учтено и будут рассмотрены примеры применения приведенной методики для синтеза фильтров с комплексными коэффициентами.
3. Порядок фильтра задается на этапе постановки задачи, задании целевых функционалов. Выбор порядка изначально выбирался экспертно и корректировался в большую или меньшую сторону при каждой новой итерации синтеза. Процесс продолжался до тех пор, пока заданным требованиям и ограничениям не удовлетворял фильтр

наименьшего порядка из синтезированных.

4. Согласен с замечанием. В работе отсутствует пример реализации фильтров на ПЛИС для оптоволоконного тракта. Однако такие примеры приводились в статьях [76], [82], [88].

5. Да, конденсатор отсечки и резистивный делитель для подтяжки напряжения генератора в положительную область можно рассматривать как фильтр верхних частот малого порядка. В данном случае, частота отсечки этого фильтра была 10Гц. Его вклад в исследуемый сигнал был невелик, но замечание справедливое, так как формально вносимые им искажения должны учитываться, равно как и шумы самого тракта. Однако их величина была мала и на качественную оценку влияла мало, так что их вкладом я пренебрег.

*Ответы на замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат
диссертации.*

Ответы на замечания отзыва Рябовой Н.В:

1. Да, оценка нелинейности проводилась не по всем точкам ФЧХ, а лишь по максимальному отклонению. Линия проводилась по точкам начала и конца полосы пропускания канала связи и, соответственно, корректора. Нелинейность оценивалась как максимальное отклонение фазовой характеристики от проведенной прямой.

2. Возможность применения БИХ- и КИХ-фильтров со свободными, а не зеркальными, коэффициентами для коррекции фазовых искажений вполне возможна при использовании приведенного метода синтеза. Примеры показаны в статьях [24], [26], [55], [63].

Ответы на замечания отзыва Петрова Е.П.:

1. Да, вопрос применения комплексных коэффициентов вида $ax = -\cos(\omega T)$, $y = -\sin(\omega T)$ в работе не рассматривался. Применение таких

коэффициентов позволяет для каждого звена фильтра произвольно перемещать точку нуля АЧХ на всей полосе работы. Но аппаратная реализация (без применения специализированных вычислительных блоков) потребует вдвое большего числа операций умножения, что не приведет к выигрышу производительности. Применение же табличного задания требуемых характеристик позволяет поисковыми методами найти решение, удовлетворяющее произвольным характеристикам, т.е. и свободному размещению нулей АЧХ.

2. Одним из показателей эффективности работы цифрового фильтра является количество вычислительных ресурсов, требуемых на его аппаратную реализацию. Ограничения на них обычно определяются разрядностью аппаратной платформы. Для 16-битных МК или ЦСП таким ограничением может служить их разрядность за вычетом двух старших бит, отводимых на возможные переполнения (до операции нормировки). Для ПЛИС - чем меньше ячеек памяти занимает фильтр, тем больше свободных ресурсов для выполнения основной задачи остается. Вторым фактором выбора именно 8-бит служила демонстрация возможностей поискового метода. Даже при таком сильном ограничении, фильтр-корректор имеет невысокий порядок при хороших выходных характеристиках. Подробнее об условиях выбора разрядности коэффициентов написано в статьях В.Н.Бугрова [39], [57]

Ответы на замечания отзыва Милова В.Р. (НПП «Прима»):

1. Для примеров синтеза методом линейной регрессии оценка не проводилась, с замечанием согласен.
2. Согласен, техническая ошибка.
3. Порядок фильтра задается на этапе постановки задачи, задании целевых функционалов. Выбор порядка изначально выбирался экспертно и корректировался в большую или меньшую сторону при

каждой новой итерации синтеза. Процесс продолжался до тех пор, пока заданным требованиям и ограничениям не удовлетворял фильтр наименьшего порядка из синтезированных.

Ответы на замечания отзыва Оболенского С.В. (НПП «Салют»):

1. Согласен с замечанием. В работе не представлены примеры синтеза аналогичных корректоров методом взвешенного последовательно-параллельного включения фазовых фильтров или классических БИХ-фильтров. Соответственно и не приведены оценки вычислительных затрат, так как для этого необходимо иметь конкретный фильтр, хотя бы его топологию.
2. Согласен с замечанием. В работе приведены лишь смоделированные тракты. В дальнейшем планируется применить методику и к реальным задачам, в частности, к гидроакустическому тракту. Примеры есть в статье [106].
3. Согласен с замечаниями. В работе отсутствует пример реализации фильтров на ПЛИС для оптоволоконного тракта. Однако такие примеры приводились в статьях В.Н.Бугрова [76], [82], [88].

Ответ на замечание отзыва Бобрешова А.М.:

1. Согласен с замечаниями. В работе отсутствует пример реализации фильтров на ПЛИС для оптоволоконного тракта. Однако такие примеры приводились в статьях В.Н.Бугрова [76], [82], [88].

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Слово предоставляется официальному оппоненту доктору технических наук, профессору кафедры Радиотехники и радиосистем Института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» Александру Георгиевичу Самойлову.

Официальный оппонент Самойлов Александр Георгиевич излагает отзыв и зачитывает критические замечания.

Замечания официального оппонента:

1) работа ограничена рассмотрением только цифровых фильтров с действительными коэффициентами и не охватывает случай комплексных весовых коэффициентов, важных при обработке комплексных сигналов

2) в работе не показаны значения выигрыша от предложенных моделей и алгоритмов по сравнению с известными решениями, хотя бы на примере вычислительных затрат

3) не рассмотрены ограничения на модели, используемые при компьютерном моделировании и адекватность моделей

4) не понятно в каких целях в приложения включено "Заключение..." организации, в которой выполнена работа. В тексте на него нет ссылок.

5) распечатки разработанных программ следовало из текста вынести в приложения

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, Александр Георгиевич. Никита Сергеевич, вам предоставляется слово для ответа на замечания.

МОРОЗОВ Н.С.:

1) Согласен с замечанием, в дальнейшем развитии работы это будет обязательно учтено и будут рассмотрены примеры применения приведенной методики для синтеза фильтров с комплексными коэффициентами.

2) Согласен с замечанием. В работе не представлены примеры синтеза аналоговых корректоров методом взвешенного последовательно-параллельного включения фазовых фильтров или классических БИХ-фильтров. Соответственно и не приведены оценки

вычислительных затрат, так как для этого необходимо иметь конкретный фильтр, хотя бы его топологию. Верхнюю оценку дать можно: фильтры с целочисленными коэффициентами будут эффективнее фильтров с вещественными, так как есть существенная (на порядок) разница в скорости математических преобразований. Но конкретных значений на данный момент нет. Требуется дальнейшей работы.

3) Модели широкополосного радиотракта и узкополосного радиотракта смоделированы ФНЧ и полосовым фильтром соответственно. Адекватность модели определяется степенью ее соответствия не столько реальному объекту, сколько целью исследования. Статистически, используемые модели соответствуют (качественно) реальным каналам связи. Целью исследования было продемонстрировать возможности метода для коррекции фазовых искажений. Модели адекватно помогают как продемонстрировать саму задачу, так и сравнить результаты ее решения.

4) Техническая ошибка.

5) Согласен с замечанием.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо. Слово предоставляется официальному оппоненту кандидату технических наук, доценту кафедры «Информационные радиосистемы» Института радиоэлектроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева» Роману Сергеевичу Фадееву, пожалуйста.

Официальный оппонент Фадеев Роман Сергеевич излагает отзыв и зачитывает критические замечания.

Замечания официального оппонента:

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.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, Роман Сергеевич. Никита Сергеевич, вам предоставляется слово для ответа на замечания.

МОРОЗОВ Н.С.:

1) С замечанием согласен. Вопрос применения комплексных коэффициентов вида $a_x = -\cos(\omega T)$, $a_y = -\sin(\omega T)$ в работе не рассматривался.

2) Согласен с замечанием. В работе приведены лишь смоделированные тракты. В дальнейшем планируется применить методику и к реальным задачам, в частности, к гидроакустическому тракту. Примеры есть в статье [106].

3) Согласен с замечаниями. В работе отсутствует пример реализации фильтров на ПЛИС для оптоволоконного тракта. Однако такие примеры приводились в статьях В.Н.Бугрова [76], [82], [88].

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, присаживайтесь, Никита Сергеевич. Коллеги, объявляется дискуссия, в которой могут участвовать все присутствующие. Прошу вас высказаться по поводу доклада диссертанта.

БАБАНОВ Н.Ю.: Мы сегодня заслушали очень цельную работу, понятно выстроенную, в которой научными методами решается вполне конкретная актуальная задача. На мой взгляд, соискатель продемонстрировал полное понимание и погружение в эту проблематику. Об этом свидетельствуют ответы на вопросы. Мне кажется, что, чем больше таких молодых людей будут идти в науку и защищать диссертации, тем лучше. Поэтому я считаю, что работа полностью соответствует требованиям, буду голосовать «за» и призываю своих коллег сделать то же самое.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, Николай Юрьевич.

МЯКИНЬКОВ А.В.: Уважаемые коллеги, я с этой работой ознакомился достаточно давно и достаточно подробно. Мы с диссертантом ее обсуждали, я задавал много вопросов, на эти вопросы получал достаточно обстоятельные ответы. В частности, у меня были замечания касательно утверждения, что устраняются ошибки квантования и мы это подробно обсуждали. Нельзя, я считаю, говорить о том, что ошибки квантования полностью устраняются, можно лишь утверждать, что они уменьшаются по сравнению со случаем, когда используется аппроксимация. Поскольку, как только мы переходим в квантованное пространство коэффициентов изначально, то эти ошибки по определению присутствуют, это зависит от разрядности. Но по сравнению с использованием аппроксимации, предложенное решение позволяет значительно улучшить характеристики фазовых корректоров. И, учитывая высокую степень подготовленности автора, которая уже отмечалась, и качество полученных результатов, я полностью удовлетворен данной работой, поддерживаю ее и призываю ее поддержать своих коллег.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, Александр Валерьевич. Коллеги, есть ли еще желающие выступить?

ЛАРЦОВ С.В.: Я кратко. Кандидатская диссертация не только научная работа, но и квалификационная. Я хотел бы обратить внимание, что сегодня была продемонстрирована очень высокая квалификация. Поэтому, безусловно, эта часть работы выше всяких похвал и перед нами абсолютно готовый специалист и научный исследователь. При этом и работа обладает большой научной ценностью. Я призываю всех голосовать «за» и сам буду, естественно, «за».

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Спасибо, Сергей Викторович. Есть еще желающие высказаться? Тогда разрешите мне тоже сказать несколько слов. Я достаточно давно знаком с Бугровым Владимиром Николаевичем, у нас были совместные публикации и мы делали совместные исследования. Связано это было с тем, что у меня был аспирант, Малышев Григорий Сергеевич, и он занимался исследованием дисперсионных свойств реальных оптоволоконных световодов. На образцах, изготовленных в институте химии высокочистых веществ, промерялись показатели преломления, затем производились сложные пересчеты в зависимости от материалов световода. И затем рассчитывалась дисперсия, через вторую производную. И я могу подтвердить слова диссертанта, что на уровне компенсации дисперсии, задача, с технической точки зрения, становится гораздо сложнее. И мы с Василием Алексеевичем, профессором нашей кафедры, обратились к Бугрову Владимиру Николаевичу с тем, чтобы на основе его методик спроектировать компенсатор частотной дисперсии. Поэтому важность этой задачи я понимаю. И хотел добавить свое положительное мнение о докладе и призвать членов совета поддержать данную работу. Теперь, по регламенту, предоставляется заключительное слово соискателю.

МОРОЗОВ Н.С.: Хочется выразить слова благодарности своему научному руководителю Бугрову Владимиру Николаевичу, Орлову Игорю Яковлевичу, Макинькову Александру Валерьевичу, который очень мне

помог с подготовкой работы, Белову Юрию Георгиевичу, диссертационному совету и оппонентам.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Открытым голосованием мы должны избрать счетную комиссию в количестве не менее трех членов диссертационного совета. Предлагается следующий состав счетной комиссии из трех членов диссертационного совета: Ларцов Сергей Викторович, Орлов Игорь Яковлевич, Рязанцева Ирина Прокофьевна. Нет ли возражений против такого состава? Есть ли самоотводы? Предлагается голосовать за состав счетной комиссии. Кто «за»? Против? Нет. Воздержавшихся нет. Состав счетной комиссии принят единогласно. Коллеги, приступайте к своей работе.

Происходит процедура тайного голосования.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Коллеги, производится оглашение результатов работы счетной комиссии.

ЛАРЦОВ С.В.: Результаты счетной комиссии, избранной диссертационным советом 24.2.345.01 16 июня 2022 года. Состав комиссии: Ларцов Сергей Викторович, Рязанцева Ирина Прокофьевна, Орлов Игорь Яковлевич. Комиссия избрана для подсчета голосов тайного голосования по вопросу о присуждении Морозову Никите Сергеевичу ученой степени кандидата технических наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 24 человек на период действия. Номенклатуры специальностей научных работников. Дополнительные члены в совет не вводилось. Присутствовало на заседании 19 членов совета, докторов наук по специальности 2.2.13 – 7 человек. Роздано бюллетеней 19, осталось не розданных бюллетеней 5. Оказалось в урне бюллетеней 19. Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата

технических наук Морозову Н.С.: за – 19, против – нет, недействительных – нет. Подписи: председатель комиссии – Ларцов С.В., члены комиссии.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Уважаемые коллеги, необходимо утвердить результаты голосования открытым голосованием. Кто «за»? Против? – Нет. Воздержался? – Нет. Единогласно результаты голосования утверждаются. Никита Сергеевич, разрешите поздравить вас с присуждением ученой степени кандидата технических наук.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Уважаемые коллеги, приступаем к обсуждению заключения диссертации.

Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения диссертационного совета. Члены диссертационного совета д.т.н. Мякинков А.В., д.т.н. Бабанов Н.Ю., д.ф-м.н. Рязанцева И.В., Зенькович А.В. вносят редакционные поправки.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ: Если замечаний больше нет, то предлагается принять проект заключения с учётом внесенных поправок, прошу голосовать. Кто «за»? Против? – Нет. Воздержался? – Нет. Заключение принято единогласно.

Заключение диссертационного совета принимается и оглашается в полном объеме.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.345.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

О присуждении Морозову Никите Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи» по специальности 2.2.13 — Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения принята к защите 01.04.2022г. (протокол заседания №2) диссертационным советом 24.2.345.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, приказ № 714/нк от 02.11.2012г.

Соискатель Морозов Никита Сергеевич, 17.06.1987 года рождения. В 2004 году соискатель окончил радиофизический факультет государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского», окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в 2020г., работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» старшим преподавателем кафедры радиотехники радиофизического факультета.

Диссертация выполнена на кафедре радиотехники радиофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Научный руководитель — Бугров Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ им.Н.И.Лобачевского.

Официальные оппоненты:

Самойлов Александр Георгиевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), кафедра радиотехники и радиосистем, профессор,

Фадеев Роман Сергеевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», кафедра информационные радиосистемы, доцент дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация «Российский Федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» в своем положительном отзыве, подписанном Кашиным Александром Васильевичем, доктором технических наук, профессором, научным руководителем филиала – заместителем главного конструктора филиала – начальником научно-исследовательского отделения, Артемьевым Владимиром Владимировичем, кандидатом технических наук, начальником научно-исследовательской группы разработки блоков низкой частоты и цифровой обработки сигналов, Ивойловой Марией Михайловной, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником и утвержденным Андреем Юлиевичем Седаковым, первым заместителем директора РФЯЦ-ВНИИЭФ – директором филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е.Седакова доктором технических наук, профессором, указала, что научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для теории и практики цифровой обработки сигналов. Работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, 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. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке блоков цифровой обработки сигналов в профильных научных и производственных организациях.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них 5 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций, а также 3 публикации в специализированных профильных изданиях, входящих в РИНЦ и 5 публикаций тезисов на конференциях различного уровня. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Общий объем

научных изданий составляет 5 печатных листов, в том числе личный вклад — 2,4 печатных листа.

Наиболее значимые работы соискателя:

- 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
- 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
- Морозов Н.С. Исследование дисперсионных свойств рекурсивных цифровых фильтров / Н.С. Морозов –Текст: непосредственный // Проектирование и технология электронных средств. 2020.—№ 1.— С. 21-24.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов от:

1. Рябовой Н.В., доктора физико-математических наук, профессора, зав.кафедрой радиотехники и связи ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»;
2. Петрова В.П., доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника кафедры радиоэлектронных средств ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
3. Милова В.Р., доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника – руководителя проектов по научно-техническому развитию ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА» и Скрипника И.В., заместителя генерального директора по научно-техническому развитию ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА»
4. Оболенского С.В., доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора по научной работе АО «Научно-производственное предприятие «Салют»;
5. Бобрешова А.М., доктора физико-математических наук, профессора, зав. кафедрой электроники Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет».

Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики. Все отзывы содержат заключение, что Морозов Никита Сергеевич заслуживает присуждения ему научной степени кандидата технических наук.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие критические замечания: оценка нелинейности фазочастотной характеристики тракта до и после компенсации проведена формально, нет конкретных значений отклонения этой характеристики от линейной, лишь некоторая верхняя оценка; в автореферате недостаточно рассмотрена возможность применения цифровых фильтров с топологией, отличной от зеркальной, указано на возможность их использования, но не показано как изменятся в таком случае требования и какие преимущества или недостатки это дает; Н.С. Морозов ограничился рассмотрением цифровых фильтров только с действительными коэффициентами, вопрос эффективности использования в указанных задачах фильтров с комплексными коэффициентами не рассмотрен; малая выборка для сравнительного анализа различных методик проектирования ЦФ; волоконно-оптический тракт упоминается только в контексте компенсации частотной дисперсии и, в отличие от ранее показанных решений, для него нет практического подтверждения устойчивости и не указано, может ли такой фильтр фактически применяться на практике для высокоскоростных линий передачи, которыми и являются оптоволоконные каналы; не рассмотрены ограничения на модели, используемые при компьютерном моделировании, и адекватность моделей.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения научно-исследовательских работ и наличием публикаций по тематике диссертации. Самойлов А.Г. является высококвалифицированным специалистом в области разработки устройств цифровой обработки сигналов, в том числе в устройствах связи. Фадеев Р.С. – квалифицированный специалист в области цифровой обработки сигналов, в том числе для устройств радиолокации и радионавигации. Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седатова» является одним из крупнейших в Российской Федерации научным и техническим центром, который осуществляет исследования и разработки в

областях техники передачи, приема, обработки и регистрации информации, систем радиосвязи, радиолокации и радиотелеметрии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** дискретная модель корректоров и компенсаторов дисперсии на основе цифровых фазовых фильтров;

- **предложена** методика синтеза рекурсивных фазовых фильтров на квантованном целочисленном параметрическом пространстве с использованием поисковых методов нелинейного математического программирования;

- **введено** понятие частотной дисперсии для цифровых рекурсивных фильтров;

- **получены** целочисленные решения для цифровых корректоров фазовых искажений как широкополосных видеотрактов, так и узкополосных радиотрактов, а также для компенсаторов частотной дисперсии в линии связи.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих научной новизной результатов) использованы методы статистической радиотехники, теории колебаний, теории цифровой обработки сигналов,

изложены основные положения методики синтеза рекурсивных фазовых фильтров, позволяющие находить технические решения фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии с учётом совокупности требований к их частотным характеристикам,

показаны преимущества метода направленного поиска решения задачи синтеза на сетке Грея.

Значения полученных результатов для практики подтверждается тем, что:

- разработан и внедрен** в ОАО «Комета» алгоритм, позволяющий провести предварительную оценку вычислительных затрат при практической реализации корректоров,

создана дискретная модель целочисленного цифрового фазового фильтра, которая, в отличие от известных моделей, позволяет устранить ошибки аппроксимации требуемых характеристик и ошибки квантования параметров при практической реализации устройства,

определены аппаратные требования к практической реализации цифровых фазовых корректоров и компенсаторов дисперсии,

представлены результаты практической реализации цифровых фильтров на микроконтроллере.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты диссертации согласуются с известными решениями, полученными ранее другими авторами с применением иных методик синтеза. Достоверность подтверждается компьютерным моделированием и экспериментальными исследованиями на лабораторных макетах.

Личный вклад соискателя заключается в работе с литературными источниками по теме исследований, в участии в постановке задач, в получении и анализе научных результатов, а также в подготовке публикаций. Соискателем самостоятельно проведено моделирование сигнальных трактов, оценка уровня фазовых искажений и постановка задачи синтеза компенсатора частотной дисперсии. Также соискатель реализовал альтернативные подходы к синтезу цифровых фазовых фильтров. Опубликовано 2 статьи без соавторов в журналах из перечня ВАК.

Соискатель Морозов Никита Сергеевич отвечал на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, приводил собственную аргументацию. Замечания и пожелания будут учтены в дальнейшей научно-исследовательской работе.

На заседании 16.06.2022г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития техники цифровой обработки сигналов, выражающееся в новой методике синтеза рекурсивных фазовых фильтров-корректоров линейных искажений в каналах связи, присудить Морозову Никите Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук .

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 19, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета:

Раевский Алексей Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета:

Белов Юрий Георгиевич

16.06.2022г.