

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Алёшинцева Андрея Владимировича на тему **«Разработка и исследование метода многочастотной передачи данных узкополосными финитными сигналами»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. — Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы. Диссертационная работа Алёшинцева Андрея Владимировича посвящена важной теме исследования методов многочастотной передачи данных финитными сигналами в условиях действия шумов и межсимвольной интерференции. В современных системах цифровой передачи данных одним из направлений борьбы с межсимвольной интерференцией являются методы частотного разделения, например, дискретной многочастотной модуляции DMT. Синтез оптимальных финитных сигналов и использование адаптации к характеристикам канала связи дает возможность повышения спектральной энергетической эффективности. Поэтому тема диссертационной работы, направленной на исследование и разработку новых методов многочастотной модуляции является актуальной.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов и выводов обусловлена корректной постановкой задачи, адекватностью используемых моделей, корректностью математических выкладок и корреляцией теоретического анализа и результатов экспериментальных исследований.

Научная новизна исследований обоснована и подтверждена методами математического моделирования в следующих научных результатах:

1. Разработана методика повышения спектральной энергетической эффективности за счет синтеза узкополосных финитных сигналов, не вызывающая межсимвольной интерференции.
2. Разработаны аналитические функции для расчета спектральной энергетической эффективности многочастотных цифровых модемов.
3. Разработаны модемы с дискретной многочастотной модуляцией с узкополосными сигналами.
4. Разработан метод адаптивной передачи данных узкополосными финитными сигналами без межсимвольной интерференции и с повышенной спектральной энергетической эффективностью.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенный в работе новый адаптивный многочастотный модем с двумерной

обработкой оптимальных финитных сигналов второго вида и повышенной спектральной энергетической эффективностью может быть использован для организации высокоскоростной передачи данных на основе новых проводных технологий стандарта xDSL.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой, заключения, библиографического списка и приложений с тремя актами внедрения и свидетельством о регистрации программного продукта.

Во введении обоснована актуальность исследований диссертационной работы, сформулирована научная проблема, определены цели и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость положений, выносимых на защиту.

В первой главе приведен обзор методов повышения спектральной энергетической эффективности цифровых систем передачи информации. Показано, что методы многочастотной модуляции с рядом параллельных низкочастотных подканалов более устойчивы к межсимвольным искажениям. Рассмотрены современные методы многочастотной модуляции и определены направления их дальнейших исследований.

Во второй главе исследуется эффективность многочастотной модуляции с финитными сигналами, синтезируемыми по критерию максимума откликов фильтров Баттерворта. Приведены аналитические выражения, графики и спектры оптимальных финитных сигналов для различных порядков фильтров Баттерворта. Приведена структурная схема одного из каналов цифровой системы передачи информации с многочастотной модуляцией с тремя попарно ортогональными оптимальными финитными сигналами. Приведен расчет и сравнительная оценка спектральной энергетической эффективности модемов с многочастотной модуляцией на основе OFDM и DMT.

В третьей главе приведен синтез новых оптимальных финитных сигналов второго вида, максимизирующих средние значения откликов канальных фильтров Баттерворта, при фиксированной энергии входного сигнала. Проведен сравнительный анализ оптимальных финитных сигналов первого и второго вида.

Четвертая глава посвящена разработке нового адаптивного многочастотного модема с оптимальными финитными сигналами второго вида и повышенной спектральной энергетической эффективностью. Разработана и исследована адаптивная цифровая система передачи с предложенным модемом.

В приложении диссертации представлено свидетельство о регистрации программного продукта и акты о внедрении результатов диссертации при проведении НИР МТУСИ с организациями АО «Нейроком»

и ООО «Новая инженерная компания» и в учебный процесс на кафедре МКиИТ МТУСИ.

Достоинством диссертационной работы является актуальность выбранной темы, теоретические методы решения поставленных задач, практическая значимость полученных результатов в организации цифровых систем передачи информации на основе многочастотной модуляции с использованием оптимальных финитных сигналов.

Основные положения диссертации отражены в публикациях автора рекомендованных ВАК, в журнале из БД Scopus и WoS, в свидетельстве о государственной регистрации, а также прошли апробацию на научных, в том числе международных конференциях.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации и позволяет оценить результаты работы.

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать к использованию в научно-исследовательских и проектных организациях, занимающихся разработкой цифровых систем передачи информации и новых протоколов цифрового обмена.

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Доказана эффективность разработанного модема по сравнению с модемом с OFDM, но не показано сравнение в области задействованных вычислительных ресурсов и сложности технической реализации.

2. Все экспериментальные результаты получены за счет проведения модельных экспериментов, тем не менее, желательно было бы видеть и результаты натурных экспериментальных исследований.

3. Остается непонятным, как изменятся характеристики адаптации разработанного модема, при изменении соотношения сигнал/шум отличного от нуля децибел.

4. В подразделе 1.5.4.1 при анализе метода FTN приведен термин «асимптотическая сложность вероятности ошибки». Вместе с тем, для других методов передачи данных этот термин для сравнения не упоминается, как и методика его расчета.

5. При выбранной полигармонической модели КС и рекуррентном (итерационном) методе наименьших квадратов при адаптации к АЧХ и ФЧХ КС время задержки для оценки состояния канала составляет 6,25 мс (подраздел 4.4.2). Каковы практические оценки влияния этой задержки на качество и достоверность цифрового телефонного канала?

Заключение

Перечисленные выше замечания не снижают теоретическую и практическую значимость выполненного научного исследования. Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне и отличается актуальностью, новизной, практической ценностью и удовлетворяет требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития цифровых систем передачи информации, а ее автор, Алешинцев Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент

Пальгуев Дмитрий Анатольевич,
доктор технических наук,
профессор кафедры радиотехники
радиофизического факультета
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского»

 /Д.А. Пальгуев/
17.11.2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ)

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23,

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Тел.: 8 (831) 462-32-72, 8-920-053-5550

E-mail: palguyev@rf.unn.ru

Подпись д.т.н. Пальгуева Д.А. заверяю



Ученый секретарь Ученого совета
ННГУ им. Н.И. Лобачевского

 /Н.В. Баранова/