

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Рощупкина Якова Викторовича «Когерентный и самокогерентный прием двух- и многопозиционных сигналов в волоконно-оптических системах передачи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – системы, сети и устройства телекоммуникаций

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Представленная диссертация Рощупкина Я.В. соответствует отрасли технических наук и специальности 05.12.13 – системы, сети и устройства телекоммуникаций, по следующим пунктам паспорта специальности:

Совершенствование существующих и разработка новых сетей, систем и устройств телекоммуникаций для достижения высокой информационной, спектральной и энергетической эффективности передачи данных, включая мультисервисные сети, коммутаторы, маршрутизаторы и протоколы таких сетей, обеспечивающие необходимый уровень качества предоставления телекоммуникационных услуг.

Анализ, синтез и оптимизация сетей, систем и устройств телекоммуникаций, включая разработку методов и алгоритмов оценки характеристик и настройки телекоммуникационных и мультисервисных сетей, систем и устройств.

2. Актуальность темы диссертации.

Актуальность работы обусловлена лавинообразным ростом объемов глобального инфокоммуникационного трафика. Основной магистральной инфраструктурой для передачи таких массивов данных остаются волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). Однако современные ВОСП вплотную приблизились к своим фундаментальным физическим ограничениям. В этих условиях дальнейшее экстенсивное масштабирование сетей становится экономически и технически неэффективным, что диктует острую необходимость поиска новых научно-технологических подходов. Совершенствование ВОСП должно производиться путем повышения их энергетической, спектральной и информационной эффективности.

Энергетическая эффективность выходит на первый план в связи с необходимостью снижения операционных затрат операторов. Рост мощности сигналов для компенсации потерь ограничивается нелинейными эффектами в волокне, поэтому повышение чувствительности приемных оптических модулей является критически важной задачей.

Повышение спектральной эффективности позволяет максимально уплотнить каналы в ограниченной полосе частот оптического волокна. Это стратегически важно для продления жизненного цикла уже проложенных кабельных линий без больших затрат на строительство новой инфраструктуры.

Рост информационной эффективности напрямую определяет полезную пропускную способность системы при заданных параметрах надежности и помехозащищенности. Это достигается за счет внедрения многоуровневых форматов модуляции, усовершенствованных алгоритмов цифровой обработки сигналов на приемной стороне и эффективных кодов коррекции ошибок.

Таким образом, научные задачи, направленные на одновременную оптимизацию указанных параметров ВОСП, являются актуальными.

3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту.

Научная новизна результатов работы и положений, выносимых на защиту, заключается в следующем:

1. Разработан метод самокогерентного (автокогерентного) приема оптических сигналов с дифференциальной фазовой модуляцией, в котором предложено раздельное усиление сигналов двух фотодиодов с их последующим вычитанием в решающем устройстве; показано, что мощность шумового тока для такой схемы включения и случая, когда емкость фотодиода существенно превышает входную емкость усилителя уменьшается в два раза по сравнению с усилением разностного сигнала двух параллельно включенных фотодиодов, что приводит к повышению чувствительности приемника.

2. Разработан метод передачи и приема оптических сигналов с усилением несущей, в котором предложено использовать линейное кодирование сигнала на стороне передачи для формирования защитного интервала между информационными составляющими и несущей, что обеспечивает возможность избирательного усиления несущей в узкополосном усилителе Манделъштама-Бриллюэна при приеме.

3. Разработан метод передачи и приема оптических сигналов, отличающийся введением в спектр передаваемого сигнала дополнительной однотональной компоненты – пилот-сигнала и его избирательном усилении при помощи узкополосного оптического усилителя Манделъштама-Бриллюэна на приемной стороне. Показано, что увеличение уровня спектральной компоненты пилот-сигнала за счет его избирательного усиления приводит к повышению коэффициента преобразования

информационных составляющих в фотодетекторе с квадратичной характеристикой с увеличением чувствительности приемника.

4. Разработан метод дуплексной одноволоконной передачи и приема оптических сигналов без спектрального разделения встречных потоков. Установлено, что снижение влияния дробового шума помехи обратного канала достигается за счет использования гетеродинного метода приема в сочетании с биимпульсным линейным кодированием на передаче, обеспечивающим смещение спектра сигнала в высокочастотную область и уменьшение влияния помехи обратного рассеивания, мощность которой обратно пропорциональна частотной расстройке.

5. Разработан метод когерентного приема оптических сигналов с квадратурной фазовой модуляцией и поляризационным разделением; установлено, что использование когерентного приема и раздельного усиления сигналов четырех фотодиодов на выходе смесителя обеспечивает повышение чувствительности приемного устройства.

Все научные результаты, выносимые на защиту, имеют научную новизну и обладают качественными и/или количественными преимуществами по сравнению с известными аналогами.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Основные результаты, выводы и рекомендации, полученные и сформулированные соискателем в диссертации обоснованы и достоверны, поскольку в работе корректно применен математический аппарат из теории передачи сигналов. Теоретические положения диссертации основываются на научных трудах отечественных и зарубежных ученых в области телекоммуникаций, что подтверждается ссылками по тексту диссертационной работы. Достоверность полученных результатов подтверждается участием соискателя в выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, в опубликованных работах.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.

Научная значимость результатов диссертации состоит в разработке новых методов передачи и приема оптических сигналов, позволяющих повысить энергетическую, спектральную и информационную эффективность волоконно-оптических систем передачи. *Практическая*

значимость выражается в возможности создания и внедрения приемопередающих модулей с высокой эффективностью для проектирования новых и модернизации существующих ВОСП для магистральных и зонавых сетей связи. *Экономическая значимость* результатов диссертации заключается во внедрении разработанных методов приема оптических сигналов, что позволяет увеличить дальность связи и, как следствие, снизить затраты (как капитальные, так и эксплуатационные) на развертывание и дальнейшее содержание транспортных сетей. *Социальная значимость* результатов диссертационной работы заключается в создании научно-технических основ для повышения доступности и качества современных цифровых услуг для населения.

Полученные результаты *рекомендуется использовать* при разработке ВОСП для линий связи, на которых не предусмотрено использование оптических усилителей, с целью увеличения длины регенерационного участка.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.

По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе: 6 статей в научных журналах, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий; 9 статей в сборниках материалов конференций; 2 статьи опубликованы в сборниках тезисов докладов конференций. Получен один патент Республики Беларусь на полезную модель.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Диссертационная работа выполнена на достаточно хорошем научном уровне, оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к кандидатским диссертациям. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами, заключения, списка использованных источников и 7 приложений. Общий объем диссертации – 172 страницы. Автореферат полностью соответствует содержанию и основным результатам диссертации.

8. Замечания по диссертации.

1. Рассматриваемые в работе методы в русскоязычной литературе называются в большинстве случаев «автокогерентными», в то же время в работе используется термин «самокогерентные», наиболее часто используемый в зарубежной литературе.

2. Второй из методов, выносимых на защиту в первом положении в работе назван «метод передачи и приема оптических сигналов с

избирательным усилением оптической несущей на приемной стороне». В то же время в самом положении он назван как метод, «основанный на модуляции интенсивности на передающей стороне и усилении оптической несущей на приемной стороне».

3. Третий из методов, предлагаемый в первом положении, выносимом на защиту, в самом положении назван «метод передачи и приема оптических сигналов, отличающийся введением в спектр передаваемого сигнала дополнительной однотоновой компоненты – пилот-сигнала и его избирательным усилением при помощи узкополосного оптического усилителя ... на приемной стороне». В то же время в тексте работы он назван гораздо более кратко: «Метод передачи и приема оптических сигналов с избирательным усилением пилот-сигнала». В тексте диссертации отсутствуют ссылки на собственные работы, в которых данный метод предложен. Такие ссылки появляются лишь в заключении.

4. Используемый в разделе 4 термин «глаз-диаграмма» (рис.4.7 и 4.39) относится к инженерному жаргону. В ГОСТах, официальной технической документации и академических учебниках используется термин «глазковая осциллограмма».

5. В работе присутствуют грамматические ошибки, относящиеся к ошибкам в согласовании предложений, например, на стр.50, абзац перед рисунком 2.6, на стр. 52, абзац перед рисунком 2.7, на стр. 55, последний абзац снизу, а также в диссертации и автореферате в пункте 2 научной новизны.

6. Выражение 2.24 для отношения сигнал шум приемника приведено без вывода и без ссылки на источник.

Приведенные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.

На основании анализа содержания диссертации, используемых методов исследования и интерпретации полученных результатов, можно сделать вывод, что научная квалификация соискателя Рощупкина Я.В. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к соискателю ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – системы, сети и устройства телекоммуникаций.

В ходе работы соискателем продемонстрированы глубокие знания теоретических основ техники связи и передачи сигналов, принципов функционирования передающих и приемных устройств телекоммуникаций.

10. Заключение.

Диссертационная работа Рошупкина Я.В. на тему «Когерентный и самокогерентный прием двух- и многопозиционных сигналов в волоконно-оптических системах передачи» является квалификационной научной работой и по уровню научной и практической значимости удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий», предъявляемым ВАК к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – системы, сети и устройства телекоммуникаций. В работе решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности волоконно-оптических систем передачи.

Рошупкин Яков Викторович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности за следующие научные результаты:

- разработку метода самокогерентного приема оптических сигналов с дифференциальной фазовой модуляцией, основанного на использовании интерферометра Маха-Цандера для преобразования дифференциальной фазовой модуляции в модуляцию интенсивности, отличающегося раздельным усилением сигналов двух фотодиодов на выходе интерферометра с их последующим сравнением в решающем устройстве, что позволяет получить выигрыш по чувствительности до 1,5 дБ по сравнению с усилением разностного сигнала двух последовательно включенных фотодиодов;

- разработку метода передачи и приема оптических сигналов, основанного на модуляции интенсивности на передающей стороне и усилении оптической несущей на приемной стороне, отличающегося использованием узкополосного оптического усилителя Мандельштама-Бриллюэна для усиления несущей и дополнительным линейным кодированием передаваемого сигнала для формирования защитного интервала между информационными составляющими и несущей в процессе модуляции, позволяющего получить выигрыш по чувствительности приемного устройства до 6,64 дБ для скорости передачи 2,5 Гбит/с и вероятности ошибки 10^{-9} по сравнению с методом прямого фотодетектирования без усиления несущей;

- разработку метода передачи и приема оптических сигналов, отличающегося введением в спектр передаваемого сигнала дополнительной однотональной компоненты – пилот-сигнала и его избирательном усилении при помощи узкополосного оптического усилителя Мандельштама-Бриллюэна на приемной стороне, позволяющего получить выигрыш по чувствительности до 3 дБ для скорости передачи 10 Гбит/с и вероятности

ошибки 10^{-9} по сравнению с методом прямого фотодетектирования без использования пилот-сигнала.

– разработку метода дуплексной одноволоконной передачи и приема оптических сигналов без спектрального разделения встречных потоков, отличающегося применением гетеродинного приема и биимпульсного линейного кодирования на передаче, позволяющего обеспечить дуплексную передачу с увеличением объема передаваемых данных в 2 раза без ухудшения отношения сигнал-шум.

– разработку метода когерентного (гомодинного) приема оптических сигналов с квадратурной фазовой модуляцией и поляризационным разделением, основанного на использовании 90-градусного оптического смесителя для смещения принимаемого оптического сигнала с опорным излучением и определения значения фазы принимаемого сигнала, отличающегося раздельным усилением сигналов четырех фотодиодов на выходе смесителя с их последующим попарным сравнением в решающем устройстве, позволяющего повысить чувствительность приемного устройства до -51 дБм для скорости передачи 10 Гбит/с и вероятности ошибки 10^{-9} , что дает выигрыш по чувствительности до 1,5 дБ по сравнению с усилением разностного сигнала последовательно включенных фотодиодов.

Считаю, что соискатель Рощупкин Яков Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент:
директор ООО «МилитСофт Солюшенс»,
кандидат технических наук, доцент



С.А. Горшков

Факты, изложенные в документе не удостоверяю.

Город Минск. Двадцать четвертое марта две тысячи двадцать первого года.
Я, Малько Вера Михайловна, ведущий юрисконсульт ООО «МилитСофт Солюшенс», свидетельствую подлинность подписи Горшкова Сергея Анатольевича, подписавшего документ в моем присутствии. Личность Горшкова С.А., подписавшего документ, установлена.

Ведущий юрисконсульт ООО «МилитСофт Солюшенс»
В.М. Малько



07.10.2026г.