

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Юшко О.В.
«Математическое моделирование солитонных оптических линий связи
на основе новых форматов и технологий передачи данных», представленную
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы исследований

Представленная диссертационная работа посвящена исследованию и оптимизации применения солитонных технологий в оптических линиях передачи с помощью инструментов математического моделирования.

Технологии оптической передачи данных активно развивались в течение нескольких последних десятилетий, обеспечивая экспоненциальное увеличение скорости передачи информации. Тем не менее, в настоящее время рынок телекоммуникаций испытывает кризис: для удовлетворения растущего спроса на ёмкость оптического канала необходимо разрабатывать новые методы и технологии передачи данных. Подобные исследования занимают ключевую позицию в данной научной области, активно идут разработки широкополосных усилителей, методов компенсации нелинейных эффектов волокна, кодов, корректирующих ошибки, исследование режимов передачи сигнала в многосердцевинных волокнах и прочее. Однако, несмотря на разнообразие научных исследований, до сих пор не определено практическое решение, наиболее эффективно интегрируемое в существующие линии связи.

В данной диссертационной работе рассматриваются солитонные технологии, как один из методов компенсации нелинейных эффектов волокна, а также один из методов увеличения скорости и дальности передачи данных по оптическим волокнам. Проводится оптимизация параметров линии связи, исследование различных форматов модуляции, а также рассматриваются стационарные решения, характерные для многосердцевинных волокон. Исследование потенциальных возможностей солитонных линий связи в контексте нелинейного канала передачи данных является важной теоретической задачей, а также имеет прикладное значение. Проведенное исследование, безусловно, является актуальной научной работой.

Содержание работы

Диссертационная работа Юшко О.В. общим объемом 134 страницы состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и двух приложений, включая 42 рисунка и 3 таблицы.

Во введении обоснована актуальность и новизна работы, сформулированы цели исследования и решаемые задачи. Приведены положения, выносимые на защиту. Указана теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе дана краткая историческая справка об основных этапах развития волоконно-оптических линий связи. Подробно описаны модели и численные алгоритмы, применяемые в задачах нелинейной волоконной оптики. Изложены основные негативные эффекты, вносящие вклад в искажение сигнала, как для традиционных, так и для солитонных линий связи. Дан краткий обзор по моделям и численным алгоритмам, применяемым для поиска стационарных решений в многосердцевинных волокнах.

Вторая глава посвящена изучению взаимодействия шума усиления и солитонного сигнала. Вследствие данного взаимодействия солитонные импульсы испытывают случайные колебания временного положения и фазы – эффекты Гордона-Хауса и Гордона-Молленауэра. Рассмотрено два метода подавления флуктуаций: метод обратного распространения сигнала и метод оптической фильтрации. В ходе исследования метода обратного распространения сигнала было показано, что вклад в рост флуктуаций вносит не только случайный характер взаимодействий сигнала и шума, но также и межсолитонное взаимодействие, действие которого может быть снижено до 40%. Далее проведено сравнение вышеупомянутых методов и продемонстрировано, что оптическая фильтрация является более эффективным методом подавления эффектов Гордона-Хауса и Гордона-Молленауэра.

В третьей главе проведена оптимизация форматов модуляции сигнала на примере фазового формата кодирования и смешанного типа модуляции, когда для кодировки информации используется фаза и положение импульса. На основе численных расчетов проведен анализ режимов распространения солитонного сигнала в волоконно-оптических линиях связи. Проведено сравнение солитонной и традиционной передачи сигнала. Показано, что в сравнении с современным найквистовым форматом модуляции солитонные технологии обладают преимуществом: передача информации возможна на большие расстояния или с большей скоростью.

Четвертая глава посвящена нахождению стационарных солитонных решений в многосердцевинных волокнах. Разработан численный метод для нахождения локализованных решений, а также найдено приближенное аналитическое решение системы нелинейных уравнений, описывающих распространение света в многосердцевинном волокне.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Содержание и область исследований диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.18. Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию.

Представление и публикации результатов

Основные результаты диссертационной работы Юшко О.В. являются научно-значимыми, новыми и достаточно полно отражены в 11 публикациях, среди которых 5 статей в журналах из списка, рекомендованного ВАК. Результаты также представлены на международных и всероссийских конференциях.

Научная новизна исследований и полученных результатов

С помощью разработанного программного комплекса проведены исследования и получены новые результаты в области телекоммуникационных технологий. В том числе, впервые проведено изучение солитонных линий связи в контексте когерентной передачи данных. Впервые исследовано влияние цифровой обработки сигнала на подавление временных и фазовых флуктуаций параметров солитонных импульсов, проведен сравнительный анализ эффективности метода обратного распространения сигнала и оптической фильтрации. Впервые проведена многопараметрическая оптимизация солитонной передачи данных для достижения максимальной скорости и дальности передачи информации. Также разработан новый итерационный алгоритм поиска стационарных решений, которые находят практическое применение при передаче информации в многосердцевидных волокнах.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов научной работы Юшко О.В. основывается на использовании строгих математических моделей, статистических методов и устойчивых численных решений, а также подтверждается совпадением с известными теоретическими решениями численными результатами других исследователей.

Научная и практическая значимость основных положений диссертации

Полученные в диссертационной работе результаты имеют важное теоретическое и практическое значение. Представлено научное исследование принципиальных возможностей по дальности и скорости передачи информации с использованием солитонных технологий. Кроме того,

сформулированные автором выводы и рекомендации могут быть использованы в реальных линиях связи для повышения эффективности их эксплуатации.

Наиболее интересными и значимыми результатами являются:

1. Результаты оптимизации параметров процедуры обратного распространения сигнала и оптической фильтрации с целью минимизации временных и фазовых флуктуаций солитонных импульсов, возникающих в результате взаимодействия сигнала и шума усиления. Согласно численным расчетам, необходимо выбирать величину виртуального распространения сигнала процедуры ОРС равную половине фактической длины распространения; для применения оптической фильтрации найдена область значений ширины фильтра и расстояния между фильтрами, при которых флуктуации минимальны.
2. Результаты оценки подавления временных и фазовых флуктуаций в солитонных линиях связи. Показано, что процедура обратного распространения сигнала способна подавлять флуктуации до 40%, а оптическая фильтрация – до 4-х раз.
3. Результаты оптимизации форматов модуляции сигнала в солитонной линии связи протяженностью 2000 км. Показано, что солитонный сигнал фазовой модуляции обладает спектральной эффективностью 2,4 бит/с/Гц, а с комбинированной модуляцией – 3,1 бит/с/Гц.
4. Результаты сравнения производительности солитонных и традиционных линий связи, которые свидетельствуют о том, что солитонный формат передачи данных позволяет передавать информацию на большие расстояния или с большей скоростью.
5. Разработанный итерационный алгоритм для нахождения стационарных решений.

Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертационной работе хотелось бы отметить несколько замечаний:

1. В работе присутствуют ошибки оформления и опечатки. Например, в Таблице 3 символьный интервал T_s обозначен как ширина импульса. В формулах обезразмеривания (81) не хватает степени $1/2$ для временного коэффициента T .
2. Вторая глава диссертации посвящена оценке фазовых и временных флуктуаций. При оценке временных флуктуаций точность значения параметра σ_t будет определяться точностью дискретизации огибающей поля по времени. В диссертационной работе не указано точное значение вносимой дискретизацией ошибки.

3. В Главе 3 не приведены тестовые расчеты, на основе которых происходила верификация разработанного комплекса программ и алгоритма оценки спектральной эффективности.

Заключение о работе

Диссертация Юшко О.В. является завершённым научным исследованием, посвящённым важной научно-практической задаче области телекоммуникационных технологий. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представленные результаты обладают научной новизной, достоверностью и достаточно полно отражены в печатных публикациях автора и автореферате. Считаю, что указанные замечания не снижают положительную оценку работы, и диссертация Юшко О.В. «Математическое моделирование солитонных оптических линий связи на основе новых форматов и технологий передачи данных» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Доктор технических наук, профессор кафедры
теоретических основ радиотехники и связи,
проректор по воспитательной работе и
международному сотрудничеству
Поволжского государственного
университета телекоммуникаций
и информатики

Григоров Игорь Вячеславович

e-mail: igor_grigorov@mail.Ru

тел. 8 (846) 228 00 14

443010 г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

29.08.2016

Подпись И.В. Григорова заверяю
нач. отдела кадров ЦИУТИ

Гошкова Людмила Викторовна