

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.624

Пшенник  
Максим Леонидович

Повышение пропускной способности оптических транспортных сетей

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра техники и технологии  
по специальности 1–45 81 01 Инфокоммуникационные системы и сети

---

Научный руководитель  
Урядов Владимир Николаевич  
к.т.н, доцент

Минск, 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Целью диссертации является исследования возможности увеличение эквивалентной емкости ВС за счет использования новых принципов формирования каналов и новых видов модуляции оптической несущей.

Цифровая связь по оптическим кабелям, приобретающая всё большую актуальность, является одним из главных направлений научно-технического прогресса.

В связи с ростом объемов передаваемой информации потребность в увеличении скорости передачи информации растет на всех уровнях, начиная с локальных сетей и соединений между компьютерами и заканчивая дальними транспортными сетями, охватывающими всю планету.

Развитие сети Internet, в том числе появление новых услуг связи, способствует росту передаваемых по сети потоков данных и заставляет операторов искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. При выборе решения необходимо учитывать разнообразие предоставляемых абонентом услуг, потенциал для развития сети, а также экономическую целесообразность.

В сетях дальней связи задача увеличения пропускной способности волоконно-оптических систем передачи при сохранении дальности безрегенерационной передачи информации стоит наиболее остро.

Для ее решения во всем мире на смену системам, использующим модуляцию мощности и прямое детектирование, приходят когерентные оптические системы.

В данной работе проведён анализ технологий, обеспечивающих достижение суммарной скорости 20 Тбит/с по одному волокну.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Актуальность темы

Современное поколение систем связи обеспечивает передачу различных видов информации на высоких скоростях, сохраняя при этом высокое качество. Главной тенденцией развития сетей сегодня является увеличение скорости передачи, однако повышение качества работы или уменьшение вероятности ошибок в системе является наиболее сложной задачей.

Развитие сети Internet, в том числе появление новых услуг связи, способствует росту передаваемых по сети потоков данных и заставляет операторов искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. При выборе решения необходимо учитывать разнообразие потребностей абонентов, потенциал для развития сети, а также экономическую целесообразность.

В данной работе рассмотрены современные технологии, исследованы методы увеличения пропускной способности, возможности увеличения эквивалентной емкости волоконных световодов за счет применения новых форматов модуляции и когерентной обработки оптических сигналов.

Исследования в области новых форматов модуляции стимулируются поиском путей увеличения скорости и снижения стоимости единицы передаваемой информации.

Исследования в области новых форматов модуляции стимулируются поиском путей увеличения скорости и снижения стоимости единицы передаваемой информации.

Проведен анализ и разработаны методы повышения пропускной способности ВОСП. Выявленные тенденции и подходы к решению поставленной задачи, позволяют считать актуальным направление развития высокоскоростных оптических систем использующих когерентное детектирование и DP-QPSK модуляцию.

## Цель работы

Целью диссертации является исследование возможности увеличения эквивалентной емкости ВС за счет использования новых принципов формирования каналов, новых видов модуляции оптической несущей и когерентной обработки сигналов.

## **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Анализ принципов построения высокоинформационных оптических транспортных сетей;
2. Разработка методов увеличения пропускной способности DWDM систем инфокоммуникаций;
3. Синтез высокоскоростных систем с когерентным детектированием и DP-QPSK модуляцией.

## **Методы исследования**

В работе использовался метод анализа –выделение в предмете исследования составных частей и их последующее изучение, и метод синтеза –соединение исследуемых свойств и признаков предмета исследования в единое целое.

Используя первый метод, был произведён анализ методов увеличения пропускной способности DWDM систем инфокоммуникаций, в следствии чего были выявлены из имеющиеся достоинства и недостатки.

Затем, используя второй метод, был произведён синтез высокоскоростных систем с когерентным детектированием и DP-QPSK модуляцией.

## **Научная новизна результатов работы**

Наиболее значимые новые научные результаты работы:

1. Выявлен более перспективный метод для увеличения пропускной способности ВС.
2. Проведён анализ технологий, обеспечивающих достижение суммарной скорости 20 Тбит/с по одному волокну.
3. Синтезирована структура передающего устройства с DP-QPSK модуляцией оптической несущей.
4. Разработан приемный модуль системы передатчика для DP-QPSK модуляции и гомодинным (когерентным) приемом, обеспечивающим чувствительность на 54дБ выше чем при приеме прямым методом фотодетектирования.

## **Достоверность полученных результатов**

Исходные данные для научных исследований были получены из работ как соотечественных так и зарубежных авторов. Достоверность и обоснованность научных выводов подтверждена результатами исследования, в которых учтены параметры реальной среды распространения сигнала, а также характеристики реальных устройств. Результаты подтверждают корректность данных, полученных в ходе исследования.

### **Практическая ценность результатов работы**

Синтез высокоскоростных систем с когерентным детектированием и DP-QPSK модуляцией имеют важное практическое значение и могут применяться при разработке систем модернизации существующих транспортных сетей.

## ПУБЛИКАЦИИ

Результаты данной работы были опубликованы в:

1. Урядов В.Н. Обработка сигналов DP-QPSK модуляции в приемном устройстве волоконно-оптической системы передачи/ В.Н. Урядов, А.С. Зеленин, Я.В. Рощупкин, Д.Н. Курбыко, М.Л. Пшенник// Доклады БУГИР "МедЭлектроника-2016" - №7 (101) - 2016 - С. 132-135;

Библиотека БГУИР

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** дается краткая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы ее цель, практическая значимость, научная новизна и основные этапы исследований.

В **1-ом разделе** был произведен обзор принципов построения, состав, особенности и методы повышения пропускной способности высокоинформационных оптических транспортных сетей; Обзор существующих методов разделения оптических каналов. Отдельно были рассмотрены оптическое временное и спектральное уплотнение.

Во **2-ом разделе** была произведена разработка методов увеличения пропускной способности DWDM систем инфокоммуникаций, произведен анализ путей увеличения пропускной способности DWDM систем, анализ видов модуляций повышающих помехозащищенность и пропускную способность DWDM каналов, анализ достижимой спектральной эффективности и пропускной способности систем связи на основе технологии DP-QPSK и когерентного детектирования, рассмотрена концепция терабитных суперканалов в DWDM системах с большой пропускной способностью.

В **3-ем разделе** был рассмотрен принцип работы когерентных приемников оптических сигналов, цифрового когерентного оптического приемника. Произведен синтез передающего оптического модуля для когерентных ВОСП с DP-QPSK модуляцией. Разработана структурная схема приемного модуля оптической системы с модуляцией DP-QPSK

В **Заключении** диссертации сформулированы основные результаты выполненной работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно проделанных исследований методов повышения пропускной способности оптических транспортных сетей в данной работе, можно сделать следующие выводы:

1. Рассмотрены принципы построения высокоинформационных оптических транспортных сетей. Состав и особенности оптической транспортной сети. Методы повышения пропускной способности оптических трактов.

2. Произведен обзор существующих методов разделения оптических каналов.

3. Произведен анализ методов увеличения пропускной способности DWDM систем инфокоммуникаций.

4. Рассмотрен принцип работы когерентных приемников оптических сигналов.

5. Синтезирован передающий оптический модуль для когерентных ВОСП с DP-QPSK модуляцией.

6. Разработана структурная схемы приемного модуля оптической системы с модуляцией DP-QPSK