

## Курсовая работа по дисциплине

### «Использование специального программного обеспечения для проектирования современных ВОСС»

#### 1. Задание к курсовой работе (КР)

Обосновать технические решения с помощью расчетов и моделирования для проекта многоканальной волоконно-оптической системы связи (ВОСС) с технологией плотного мультиплексирования в волновой области (DWDM) с использованием различных видов модуляции и кодирования и энергетического приема. Варианты исходных данных приведены в таблице 1. Номер варианта соответствует номеру в списке группы.

В обычном варианте КР предполагается простейшее двоичное кодирование и модуляция оптических сигналов, а также использование энергетического приема. Однако, сильные студенты в рамках КР могут использовать многоуровневые форматы модуляции и когерентный прием сигналов.

Таблица 1. Исходные данные.

Вар	Длина магистрали, км	Количество каналов в одном ОВ	Скорость передачи в канале, Гбит/с	Количество DWDM систем	Формат модуляции
1	150	40	10	2	АМ
2	200	32	40	3	ФМ
3	250	24	10	4	АМ
4	300	16	40	2	ФМ
5	350	8	10	3	АМ
6	150	8	40	4	ФМ
7	200	16	10	2	АМ
8	250	24	40	3	ФМ
9	300	32	10	4	АМ
10	350	40	40	2	ФМ

#### 2. Обобщенная структурная схема проектируемой ВОСС

На рис. 1 показана обобщенная структурная схема проектируемой ВОСС. Она состоит из двух оконечных пунктов (ОП1 и ОП2) и нескольких транзитных узлов связи. Все узлы нумеруются от 1 до М, где М - общее количество узлов, включая оконечные и транзитные. На рисунке показана одна система DWDM, которая использует для дуплексной передачи два оптических волокна (ОВ), которые обозначаются с учетом направления передачи и номера кабельного участка. В обозначениях  $ОВ_{1T}$  или  $ОВ_{MR}$  третий знак (1 и М) определяют номер кабельного участка. Подстрочный индекс Т и R обозначают направление передачи: слева направо - Т, справа налево - R. Общее количество каналов одной системе DWDM равно N. Транспондеры (ТР) в схеме обозначаются тремя буквами, цифрой и подстрочным индексом. Например, в названии транспондера третья буква Т означает передатчик, а R - приемник, большая цифра обозначает номер канала, а подстрочная цифра номер узла.

Рассмотрим передачу сигналов от ОП1 к ОП2. В ОП1 каналные сигналы от абонентов (с номерами от 1 до N), которые могут иметь одинаковую несущую частоту, поступают на передающие части транспондеров  $TRT_{11}$  -  $TRT_{N1}$ , где они переносятся на

свою частоту в соответствии с частотным планом Международного союза электросвязи (МСЭ). Канальные сигналы объединяются с помощью мультиплексора (MUX1), усиливаются в оптическом усилителе (ОУ1) и поступают в ОВ1<sub>Т</sub> первого кабельного участка. Во втором транзитном узле связи многоканальный сигнал разделяется по отдельным каналам с помощью оптического демультиплексора (DMUX2). Первая часть транзитных канальных сигналов (1 и 2 канал) сразу поступает на мультиплексор MUX2 и передается дальше в сторону второго оконечного узла, а вторая часть канальных сигналов (например, N канал) выводится на приемные части транспондеров абонентов 2 транзитного узла (например, TPRN<sub>2</sub>). Сигналы от транспондеров абонентов 2 узла (например, TRTN<sub>2</sub>) могут передаваться в сторону ОП2 (N канал). Для выравнивания уровней канальных сигналов на входе в MUX2, устанавливают аттенюаторы (АТ) с ручной или автоматической регулировкой затухания. Вместо DMUX2 и MUX2 может использоваться один мультиплексор ввода/вывода (OADM). На выходе MUX2 установлен ОУ2, который должен восстановить ослабленный на 1 кабельном участке сигнал. Приходящий от всех узлов от 1 до M-1 многоканальный сигнал поступает на демультиплексор DMUXM и распределяется между приемными частями транспондеров TPR<sub>I</sub><sub>M</sub>, где I – номер канала (от 1 до N). Аналогично происходит передача сигналов от ОП2 к ОП1.

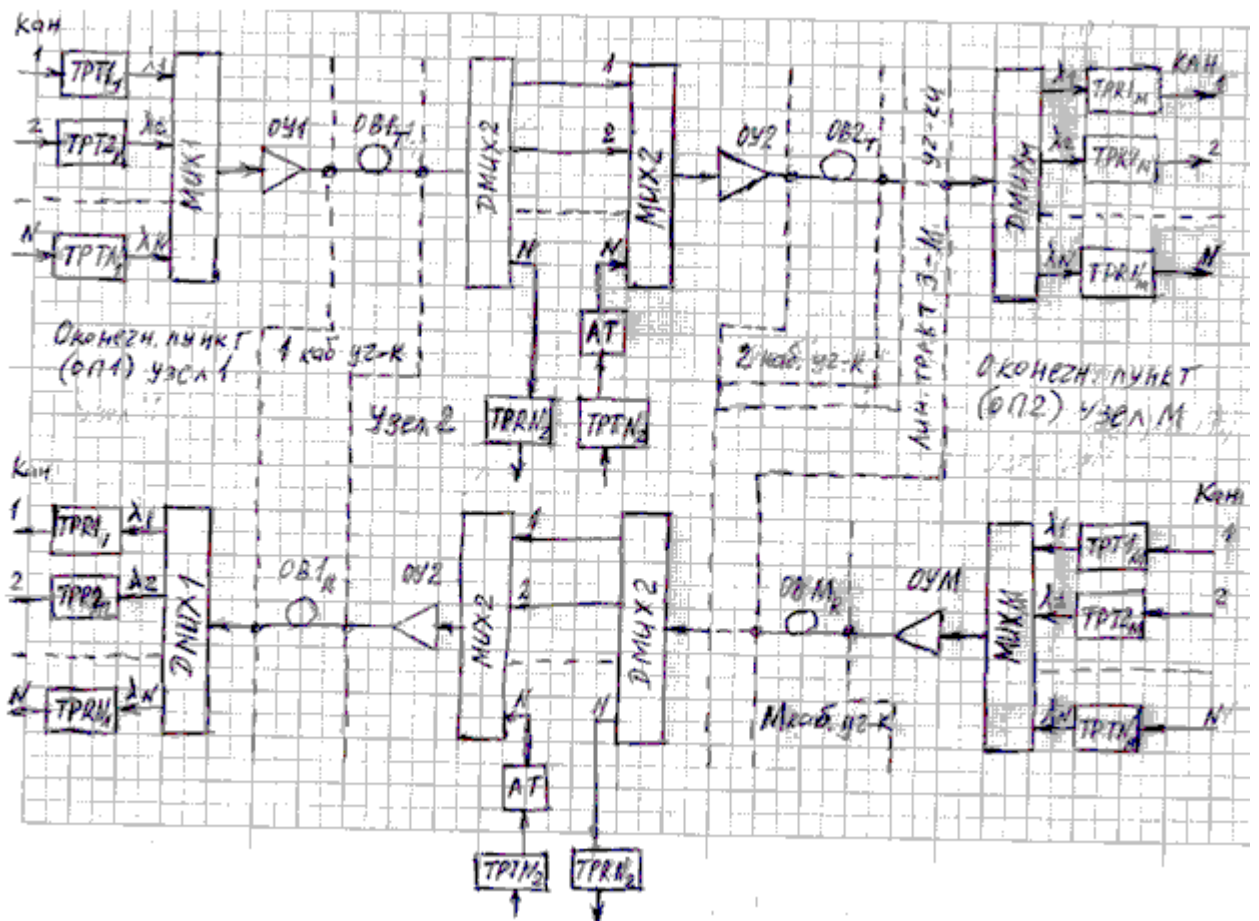


Рис. 1. Обобщенная структурная схема проектируемой ВОСС

### 3. Выполнение курсовой работы

#### 3.1. Выбор основных параметров проектируемой ВОСС.

Выбор основных параметров проектируемой ВОСС основывается на исходных данных (таблица 1), основной и дополнительной литературе, на рекомендациях Международного союза электросвязи (МСЭ), а также технической информации производителей оборудования и компонентов связи, оптических волокон (ОВ) и кабелей (ОК).

В первом приближении можно считать, что частотный интервал между каналами в ГГц должен быть не менее, чем в 2 раза, больше скорости передачи в Гбит/с и должен соответствовать нормативным документам МСЭ. В данной КР интервал между несущими частотами соседних каналов может принимать значения 50 и 100 ГГц. Выберите типы терминальных мультиплексоров и мультиплексоров ввода/вывода с учетом требуемого числа каналов и частотного интервала. Приведите их параметры. Выберите несущие частоты и номера каналов в соответствии с частотным планом МСЭ. Рассчитайте частотный диапазон сигнала DWDM.

Выбранное количество ОВ в ОК должно быть достаточным для дуплексной связи заданного количества ВОСС с технологией DWDM, а также для обеспечения технологического запаса, необходимого для резервирования и повышения надежности. Желательно, чтобы выбранное количество ОВ было четным (2 на каждую систему DWDM без учета резервирования и запаса).

Выберите расстояние между узлами ВОСС равным поочередно 50 и 100 км. Определите количество транзитных узлов. Представьте свою схему организации связи, показывая терминальные узлы (оконечные пункты), транзитные узлы, расстояния между узлами и количество выводимых каналов, которое должно быть не меньше четверти общего количества каналов, передаваемых по одному ОВ. Для примера на рис. 1 показана структурная схема ВОСС с оконечными и промежуточными узлами связи.

#### 3.2. Выбор типа ОВ.

В данной КР выбирайте стандартное ОВ для скорости передачи 10 Гбит/с и ОВ типа NZ DSF для скорости 40 Гбит/с. Приведите параметры выбранного ОВ: коэффициенты затухания, хроматической (ХД) и поляризационно-модовой (ПМД) дисперсий.

#### 3.3. Выбор схемы канального передатчика.

В качестве источника излучения используйте одномодовый лазерный диод (ЛД) с распределенной обратной связью (DFB) или с брегговскими отражателями (DBR). Для амплитудной модуляции (АМ) можно использовать электроабсорбционный модулятор (ЭАМ) на основе эффекта Франца-Келдыша или модулятор на основе интерферометра Маха-Цендера, который также может использоваться для фазовой модуляции. Приведите параметры модулятора и ЛД. Существует возможность некоторые параметры этих и других устройств позаимствовать в информационных материалах программы OptiSystem.

#### 3.4. Выбор схемы канального приемника.

В качестве приемника в фотоприемном устройстве (ФПУ) используйте p-i-n фотодиод (ФД). Приведите параметры ФПУ, выбранного для используемой модуляции и кодирования.

### 3.5. Моделирование и исследование процессов на кабельном участке.

В этом разделе проводятся основные исследования данной КР для двух типов кабельных участков длиной 50 и 100 км. Сравните качество связи при гауссовской и прямоугольной форме импульсов при АМ. Сравните также качество связи для NRZ и RZ кодирования для АМ с прямоугольными импульсами, а также для ФМ. Кроме того для ВОСС с ФМ проведите исследования для систем с модуляциями DPSR и QPSK.

Создайте схему для исследований четырехканальной (для упрощения моделирования) ВОСС в программе OptiSystem, включите в нее минимум необходимых измерительных оптических и электрических приборов. За основу схемы исследования возьмите схему рис. 2. В ней условно считается, что каналы 1-3 транзитные, а 4 канал выделяется во 2 узле.

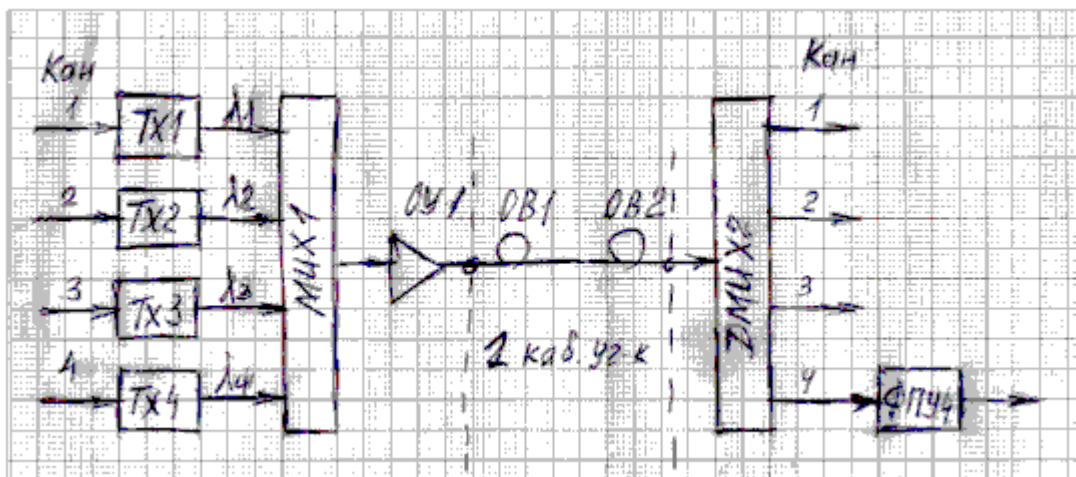


Рис. 2. Обобщенная структурная схема одного кабельного участка ВОСС

Самостоятельно спланируйте исследования. Результаты исследований представляйте в виде таблиц, графиков, глаз-диаграмм, осциллограмм и спектрограмм. Вам нужно решить вопросы компенсации ХД, использования компенсирующих ОВ, выбора параметров оптических усилителей, определение требуемой мощности ЛД, амплитудно-частотных характеристик мультиплексоров, ФПУ и т.п. В качестве критериев качества связи используйте Q-фактор (он должен быть больше 6) и коэффициент битовых ошибок.

Выберите оптимальный вариант реализации участков ВОСС с длинами 50 и 100 км по критериям простоты реализации, качеству связи, требуемым мощностям ЛД и т.п. Приведите параметры участков и графические материалы.

### 3.6. Моделирование и оценка качества всей ВОСС.

В этом разделе будем моделировать сигналы, проходящие транзитом от одного оконечного пункта (ОП1) до другого (ОП2). Создайте полную схему для моделирования и исследований четырехканальной (для упрощения моделирования) ВОСС в программе OptiSystem. За основу схемы исследования возьмите схему рис. 3.

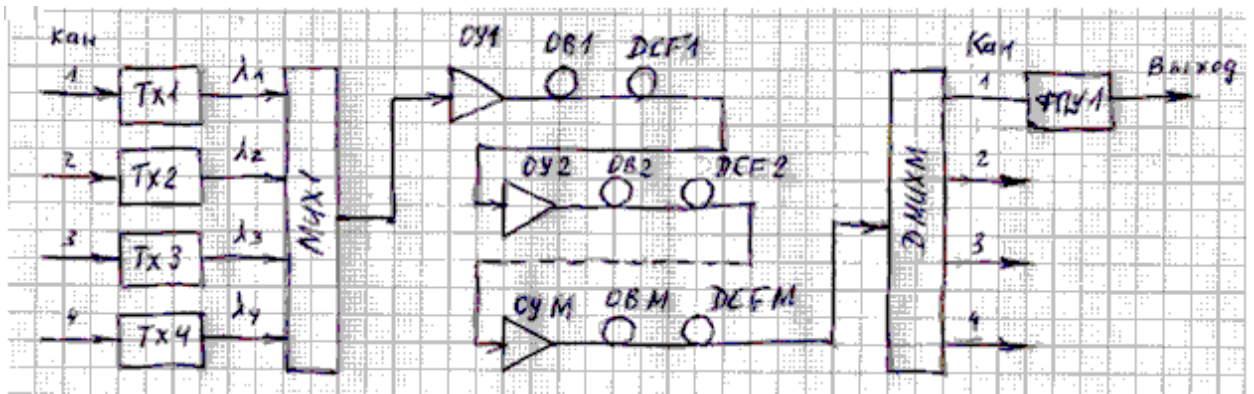


Рис. 3. Обобщенная структурная схема первого транзитного канала, сигнал которого проходит от ОП1 до ОП2 через все узлы ВОСС

### Литература

1. Оптические волокна в телекоммуникациях : учебное пособие / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев ; СПбГУТ. – СПб., 2019. – 108 с.
2. Листвин В.Н., Трещиков В.Н. DWDM системы: научное издание.- М.: Издательский дом «Наука», 2013.- 300 с.
3. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика: Пер. с англ.- М.: Мир, 1996.- 323 с., ил.