

Омский государственный университет им.Ф.М. Достоевского

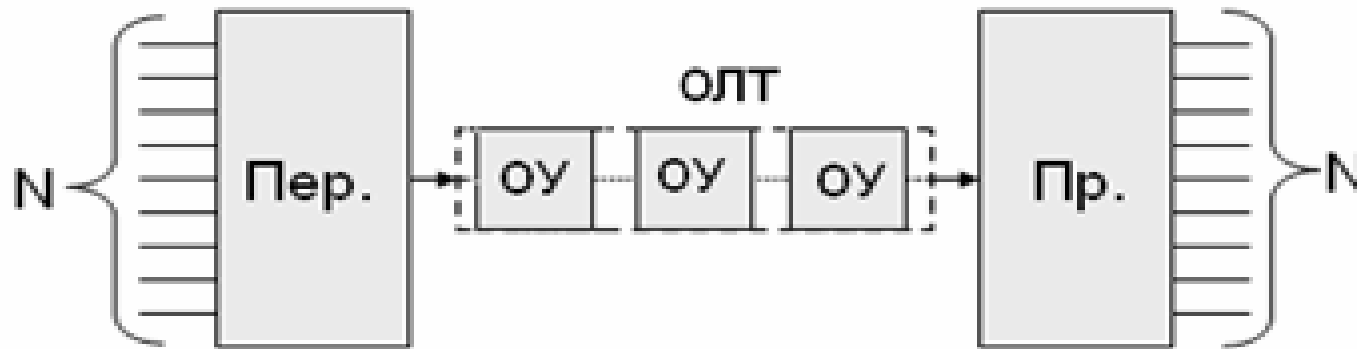
# **Исследование методов повышения пропускной способности ВОЛС**

**М.В.Мирошниченко**  
**Научный**  
**руководитель:**  
**В.А.Аржанов, к.т.н.,**  
**Профессор**

## Цель работы

- Исследование пропускной способности ВОЛС для магистральных сетей.
- Определение наиболее эффективных методов повышения пропускной способности.
- Выбор наилучшей телекоммуникационной технологии по которой будет работать магистральная система передачи.

# Стандартная ВОСП.



Состоит из: передающей стороны (Пер.), линейного оптического тракта (ЛОТ), оптических усилителей (ОУ) и приемной стороны (Пр.).

Ресурс ОК по пропускной способности определяется по формуле:

$$C = N_{\text{ОВ}} * N_{\text{опт.кан.}} * V_{\text{пред}}, \quad (1.1)$$

$C$  – пропускная способность ВОСП

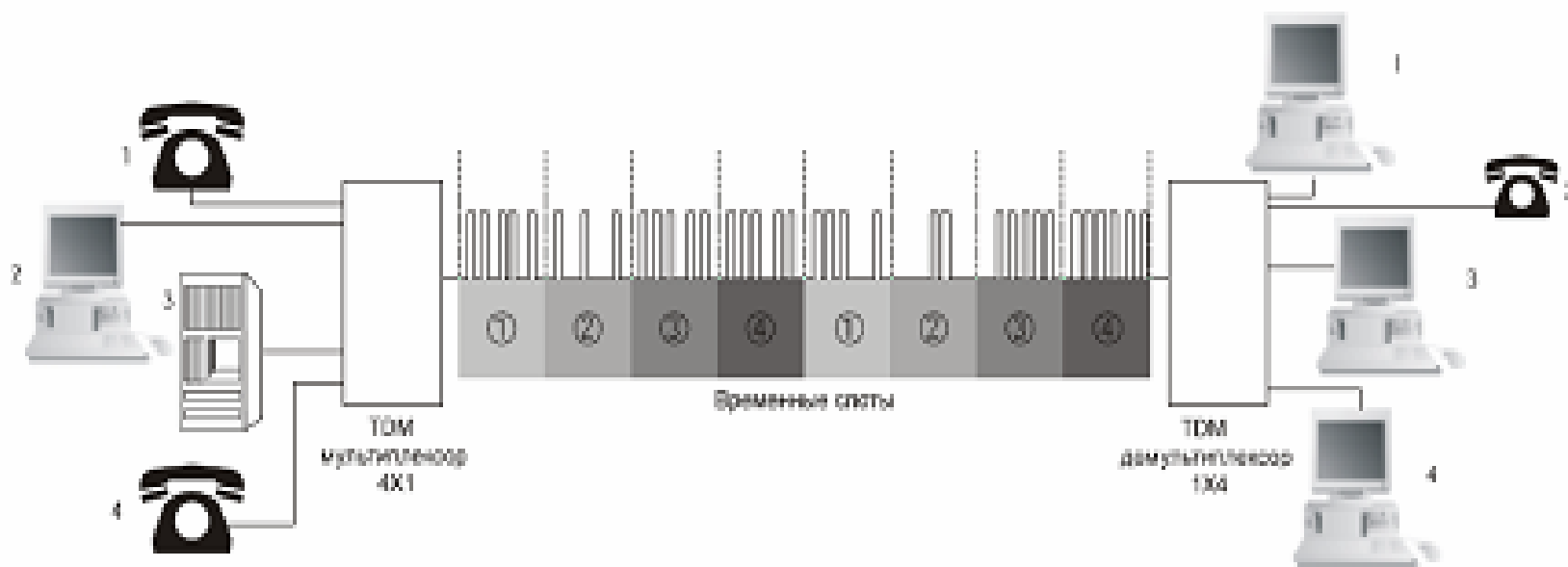
$N_{\text{ОВ}}$  – количество ОВ в ОК, определяется конструкцией ОК;

$N_{\text{опт.кан.}}$  – количество оптических каналов – количество оптических несущих, передаваемых по технологии WDM, на момент рассмотрения  $N_{\text{опт.кан.}} = 32$  ;

$V_{\text{пред}}$  – предельная скорость передачи по ОВ, определяется уровнем SDH, предполагается переход на максимальный уровень STM-256 (40 Гбит/с).

# Метод временного мультиплексирования (TDM)

Суть TDM: процесс передачи разбивается на ряд временных циклов, каждый из которых в свою очередь разбивается на  $N$  субциклов, где  $N$  — число уплотняемых каналов. Каждый субцикл подразделяется на временные позиции (тайм - слоты), в течение которых передается часть информации одного из цифровых мультиплексируемых потоков



Структура первичной сети ВСС РФ предопределяет объединение и разделение потоков передаваемой информации, поэтому используемые на ней системы передачи строятся по иерархическому принципу. Применительно к ЦСП этот принцип заключается в том, что число каналов ЦСП, соответствующее данной ступени иерархии, больше числа каналов ЦСП предыдущей ступени в целое число раз



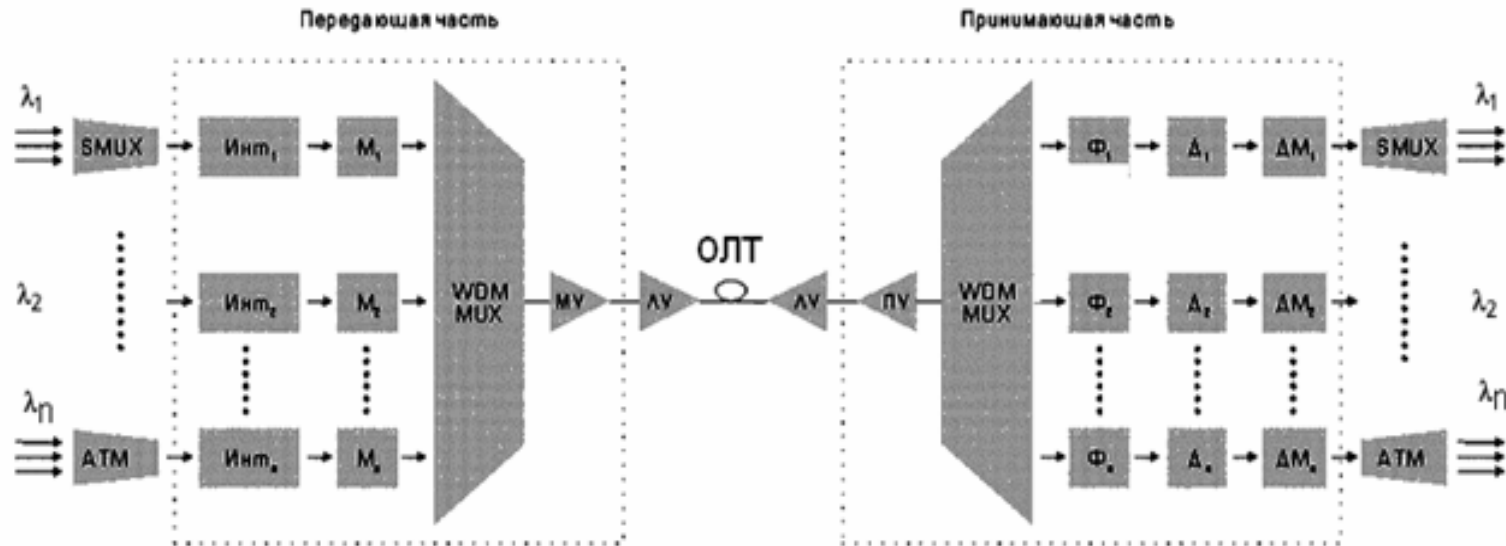
# Метод спектрального уплотнения (WDM)

Метод WDM позволяет увеличить скорости передачи информации в ВОЛС за счет одновременной передачи по одному волокну нескольких TDM каналов на различных длинах волн.

При необходимости необходимая пропускная способность достигается путем добавления/удаления оптических несущих.

Каждый канал электросвязи, образуемый ЦСП, обрабатывается в системе WDM как отдельный канал на отдельной длине волны.

## Структурная схема ВОСП со спектральным мультиплексированием WDM



Здесь: На передающей стороне  $M_i$  -оптические модуляторы,  $\lambda_i$  -оптические несущие с длинами волн. Мух –мультиплексор, МУ- мощный усилитель, ЛУ-линейный усилитель, ОЛТ-оптический линейный тракт. На приемном конце поток с выхода ОВ усиливается ПУ -предварительным усилителем, демультиплексируется,, которые детектируются с помощью детекторов  $D_i$  (на входе которых могут дополнительно использоваться полосовые фильтры  $\Phi_i$  и, наконец, демодулируются демодуляторами  $DM_i$ , формирующими на выходе исходные кодированные цифровые импульсные последовательности.



## Сравнительные характеристики двух методов уплотнения

Параметры	Временное мультиплексирование	Спектральное мультиплексирование
Надежность	Высокая	Высокая
Пропускная способность	Высокая	Очень высокая
Коммутационные устройства	Сложные	Сложные
Загруженность ОВ	Средняя	Высокая
Объем аппаратуры	Большой	Средний

## Принцип спектрального уплотнения (WDM)

*Третье окно прозрачности с размещенными в нем WDM каналами*



Наиболее подходящим является окно 1550 нм, поскольку в этом окне достигается минимальное затухание сигнала до 0,2 дБ/км

## Потенциальные возможности волокна.

Длина волны и частота светового излучения связаны между собой формулой:

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

Дифференцируя по  $\lambda$ , получаем:  $\frac{dv}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2}$

следовательно, окну  $\Delta\lambda$  вокруг  $\lambda_0$  соответствует окно  $\Delta v$ , которое определяется по формуле:

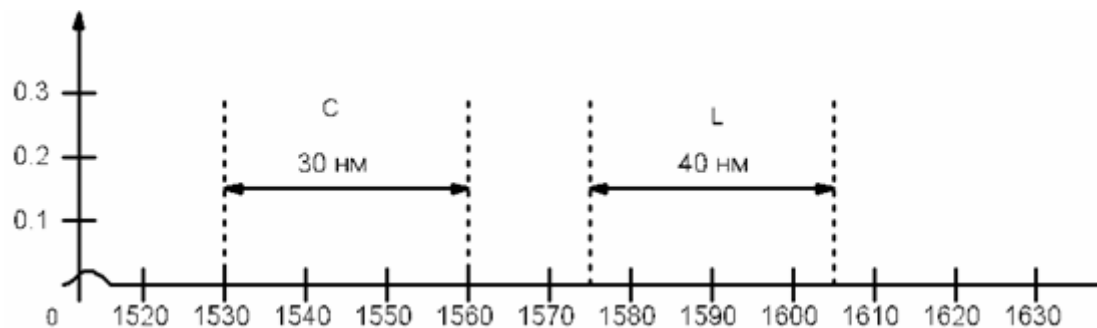
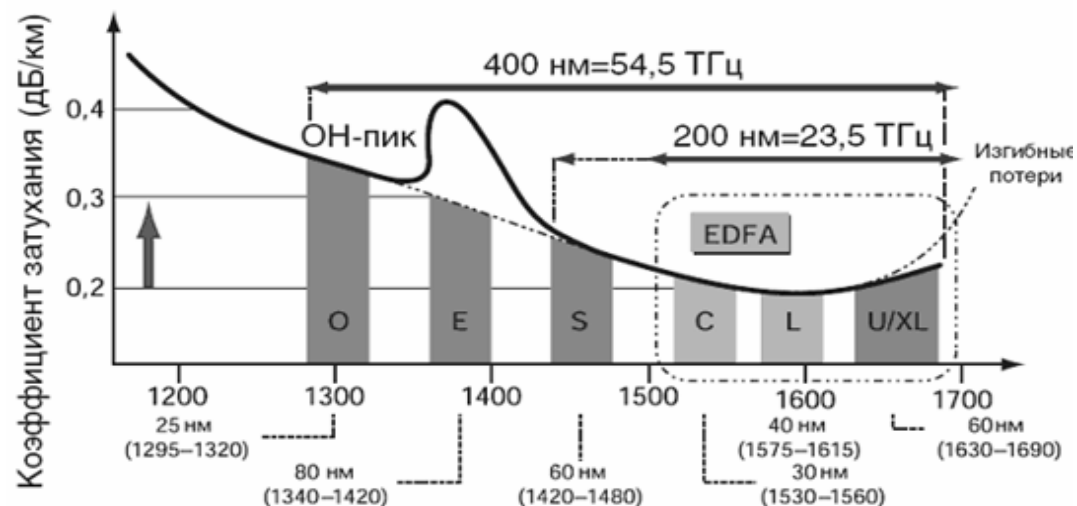
$$\Delta v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0^2}$$

Если  $\lambda_0 = 1300$  нм и  $\Delta\lambda = 200$  нм, то  $\Delta v \approx 35$  ТГц, если же  $\lambda_0 = 1550$  нм и  $\Delta\lambda = 200$  нм, то  $\Delta v \approx 25$  ТГц.

Технология **волновое уплотнение** или **волновое мультиплексирование** называется – WDM. Она позволяет всю полосу пропускания разделить на отдельные каналы меньшей емкости. Каждый из таких каналов можно использовать как отдельное приложение.

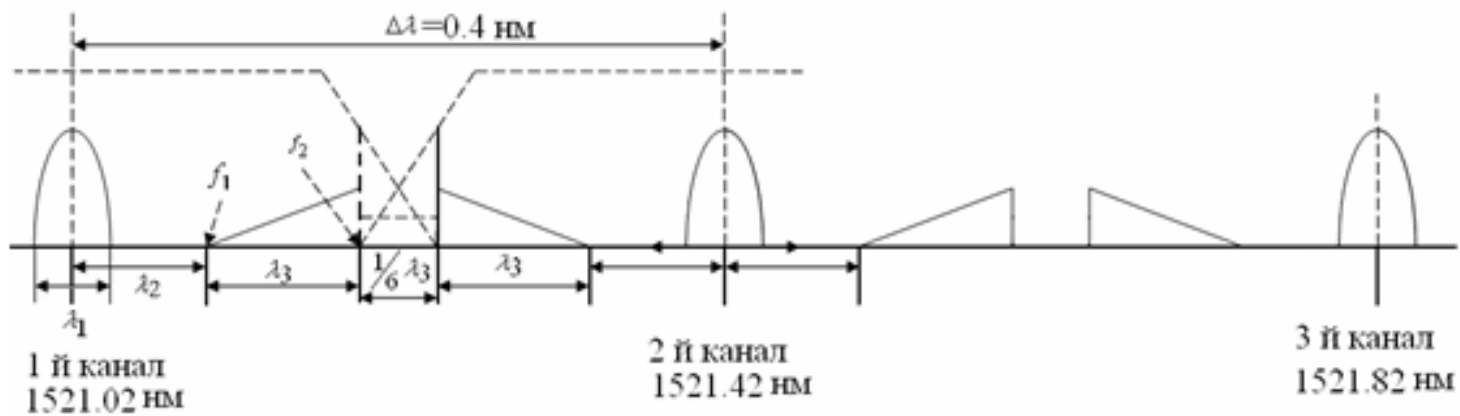
# Расчет пропускной способности ОВ

Целью данного расчета является определения промежуточных частот и расстояния между соседними каналами.

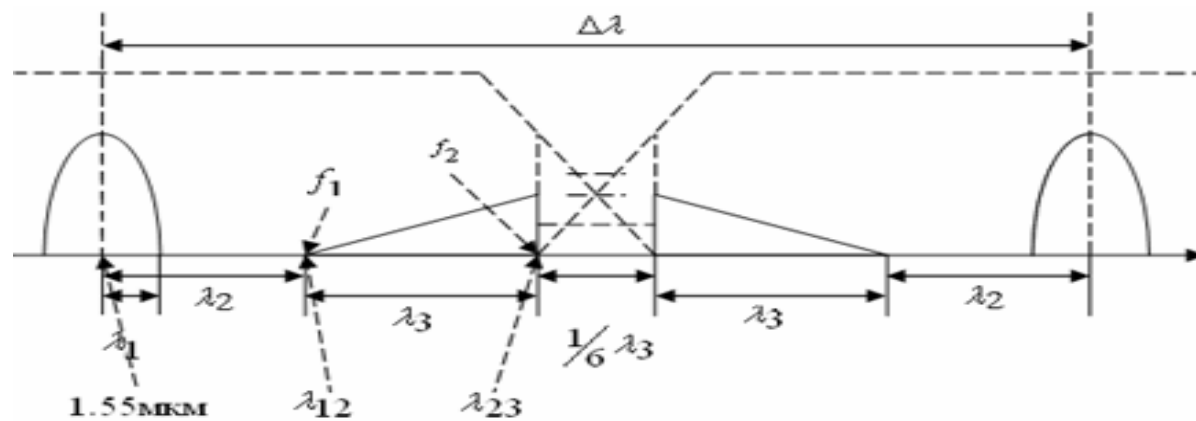


Диапазоны C - (1530 – 1560)нм и L – (1575 - 1615)нм

## Оптические несущие (передаваемые каналы) в 3-м окне прозрачности



## Определение расстояния между соседними каналами



Для расчета центральных несущих нам понадобится границы 3-го окна прозрачности, а именно С и L диапазонов С - (1530 – 1560)нм, L – (1575 - 1615)нм. В С – диапазоне весь интервал занимает 30 нм, а в L – диапазоне – 40нм, в сумме это 70 нм.

Предположим, что длина импульса света равна  $\tau_{\text{и}} = 10^{-9} \text{ с}^{-1} \text{ мкм}$

$$\lambda_{12} = 1.551 \text{ мкм} \quad \lambda_2 = 0.0001 \text{ мкм} \quad \lambda_3 = 0.000042 \text{ мкм}$$

$$\Delta f = f_2 - f_1 = \frac{2}{\tau_{\text{е}}} = \frac{2}{10^{-9}} = 2 \cdot 10^9 \text{ Аö}$$

$$f_1 = \frac{\tilde{n}}{\lambda_{12}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.551} = 1.93 \cdot 10^{14} \text{ Аö}$$

$$f_2 = \Delta f + f_1 = 1.93 \cdot 10^{14} + 2 \cdot 10^9 = 1.934 \cdot 10^{14} \text{ Аö}$$

$$\lambda_{23} = \frac{\tilde{n}}{f_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.934 \cdot 10^{14}} = 1.5512 \text{ мкм}$$

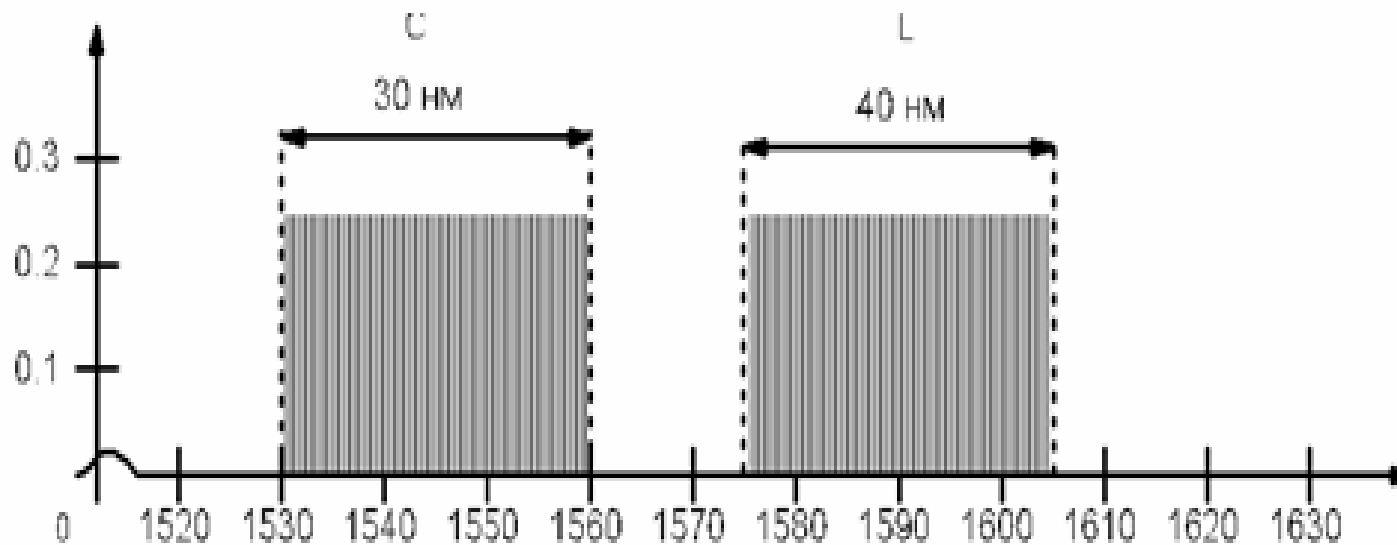
расстояние между соседними каналами определяется по формуле:

$$\Delta \lambda = 2 \cdot (\lambda_3 + \lambda_2) + \frac{1}{6} \cdot \lambda_3 =$$

$$= 2 \cdot (0.0001 + 0.000042) + \frac{1}{6} \cdot 0.000042 = 0.000293 \text{ мкм} \approx 0,3 \text{ нм}$$

Для защитного интервала целесообразно отвести еще 0,1 нм. В итоге получаем расстояние между каналами 0,4 нм. Именно такое расстояние между соседними каналами обеспечит нам размещение 160 каналов в 3-ем окне прозрачности в диапазонах C - (1530 – 1560) нм и L – (1575 - 1615) нм.

На рисунке представлено размещение 160 каналов .



## Выводы

В данной работе было произведено исследование пропускной способности ВОЛС для магистральных сетей.

Определен наиболее эффективный метод повышения пропускной способности волоконно-оптической линии связи.

Выбрана наилучшая телекоммуникационная технологии по которой будет работать магистральная система передачи.



# Список литературы

- Брискер А.С., Гусев Ю.М., Ильин В.В. и другие. Спектральное уплотнение волоконнооптических линий ГТС. Электросвязь, 1990, №1, с41-42.
- Брискер А.С., Быстров В.В., Ильин В.В.. Способы увеличения пропускной способности волоконнооптических линий ГТС. Электросвязь, 1991, №4, с28-29.
- М.М. Бутусов, С.М. Верник, С.Л. Балкин и другие. Волоконно оптические системы передачи. -М.: Радио и связь, 1992 –416с.
- "Системы многоканальной связи": Учебник для ВУЗов / А.М. Зингеренко, Н.Н. Баева, М.С. Тверецкий –М.: Связь, 1980.
- Гроднев И.И., Верник С.М. "Линии связи": - Учебник для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1988.

Спасибо за внимание!