

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УЗБЕКИСТАНА
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА
«ЛИНИИ СВЯЗИ»**

КУРСОВАЯ РАБОТА

ПО ПРЕДМЕТУ «ЛИНИИ СВЯЗИ»

Выполнил: студент гр. 413-10

Мухтаров Ж.

Проверил: Камолидинов Р.З.

Ташкент 2013

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Вариант №15

Трасса магистрали	Андижан-Ургенч
Оптический кабель фирмы	FUJIKURA
Коэффициент тяготения f , %	9
Среднегодовой прирост населения P , %	2
Доступность D	21
Вероятность потерь p	0,002
Потери на одном неразъемном соединении $\alpha_{нс}$, дБ	0,012
Потери на одном разъемном соединении $\alpha_{рс}$, дБ	0,3
Показатель преломления сердцевины оптического волокна n_1	1,47
Тангенс угла диэлектрических потерь $tg \delta \times 10^{-12}$	1,1

Содержание

Введение.....	1
1. Выбор и обоснование трассы проектируемой магистрали.....	7
2. Расчет количества каналов на магистрали.....	9
3. Выбор уровня STM и марки оптического кабеля.....	12
4. Выбор оптического кабеля.....	14
5. Выбор типа оборудования для проектируемой магистрали.....	17
6. Расчет длины участков регенерации по затуханию.....	20
7. Разбивка трассы на секции мультиплексирования и регенерации.....	25
8. Технико-экономическое обоснование строительства ВОЛС.....	28
Заключение.....	34
Список используемой литературы.....	35
Приложения	

Введение

Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) - это вид системы передачи, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам, известным под названием "оптическое волокно". Волоконно-оптическая сеть - это информационная сеть, связующими элементами которой являются волоконно-оптические линии связи. Технологии волоконно-оптических сетей помимо вопросов волоконной оптики охватывает также вопросы, касающиеся электронного передающего оборудования, его стандартизации, протоколов передачи, вопросы топологии сети и общие вопросы построения сетей. В достаточной мере отвечать растущим объемам передаваемой информации на уровне сетевых магистралей, можно используя оптическое волокно, которое считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на длительные расстояния.

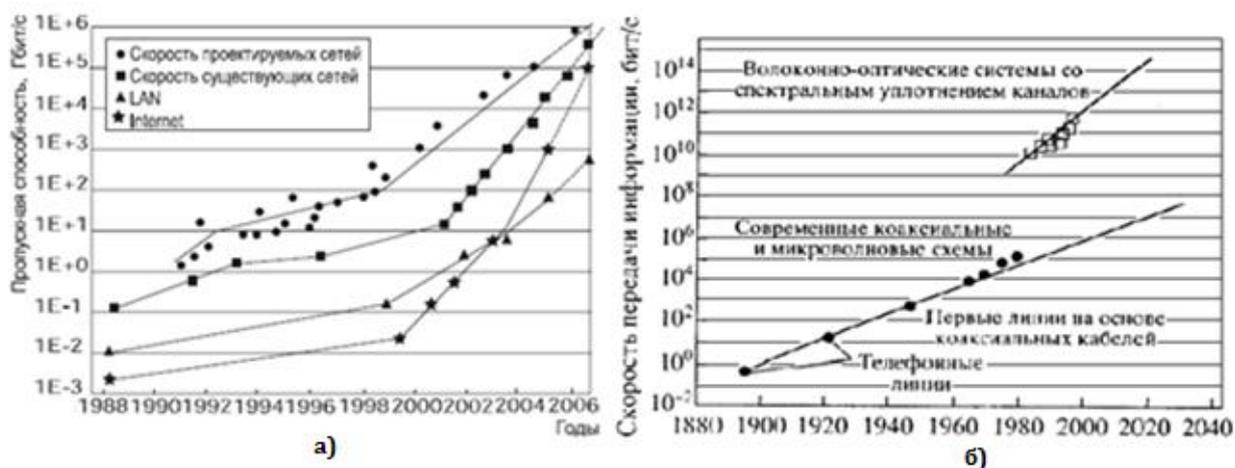


Рис.1. а) Рост скорости передачи в сетях и б) Изменение относительной информационной емкости систем связи

Передача информации по ВОЛС имеет целый ряд достоинств перед передачей по медному кабелю. Стремительное внедрение в информационные сети оптических линий связи является следствием преимуществ,

вытекающих из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне.

Преимущества ВОЛС

Широкая полоса пропускания – обусловлена чрезвычайно высокой частотой несущей, позволяющей передавать по одному волокну поток информации в несколько терабит в секунду.

Малое затухание светового сигнала в волокне. В современных оптоволоконных технологиях используются три длины волны – 850 нм, 1310 нм и 1550 нм. Наиболее качественной и высокоскоростной связью обладают каналы на основе волн длиной 1550 нм. Однако оконечное оборудование, способное работать на данной длине волны значительно дороже и предполагает применение только лазерных источников света. Поэтому зачастую возникает проблема оценки экономической целесообразности применения подобных сетей. Рабочая длина волны 850 нм наиболее характерна для многомодовых волокон, тогда как одномодовые волокна применяются для волн длиной на 1550 нм.

Высокая помехозащищенность. Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, оно невосприимчиво к электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных систем и электрооборудования.

Малый вес и объем по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность.

Высокая защищенность от несанкционированного доступа. Поскольку ВОК практически не излучает в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно подслушать, не нарушая приема – передачи. Системы мониторинга целостности оптической линии связи, используя свойство высокой чувствительности волокна, могут мгновенно отключить взламываемый канал и подать тревогу.

Экономичность ВОК. Волокно изготовлено из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а потому недорогого материала, в отличии от меди. В настоящее время стоимость волокна по отношению к медной паре соотносится как 2:5.

Длительный срок эксплуатации. Со временем волокно испытывает деградацию, приводящую к возрастанию затухания в кабеле, но благодаря совершенству современных технологий производства этот процесс значительно замедлен и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений стандартов приемопередающих систем.

Несмотря на многочисленные преимущества перед другими способами передачи информации, волоконно-оптические системы имеют также и недостатки, главным образом из-за дороговизны прецизионного монтажного оборудования и надежности лазерных источников излучения. Многие из недостатков вероятнее всего будут нивелированы с приходом новых конкурентоспособных технологий в волоконно-оптические сети.

Основные компоненты ВОЛС.

Оптический передатчик обеспечивает преобразование входного электрического сигнала в выходной световой сигнал. Для этих целей используются ИК светоизлучающие диоды LED, либо лазерные диоды ILD. Эти устройства способны поддерживать модуляцию оптического излучения с мегагерцовыми и даже гигагерцовыми частотами.

Оптический приемник осуществляет обратное преобразование входных оптических импульсов в выходные импульсы электрического тока. В качестве основного элемента используют р-і-п или лавинные фотодиоды, имеющие очень малую инерционность.

Если приемная и передающая станции удалены друг от друга на большие расстояния, например, несколько сот километров, то может потребоваться одно или несколько промежуточных регенерационных

устройств для усиления ослабевающего сигнала, а также для восстановления фронтов импульсов. Для этих целей используются повторители и оптические усилители.

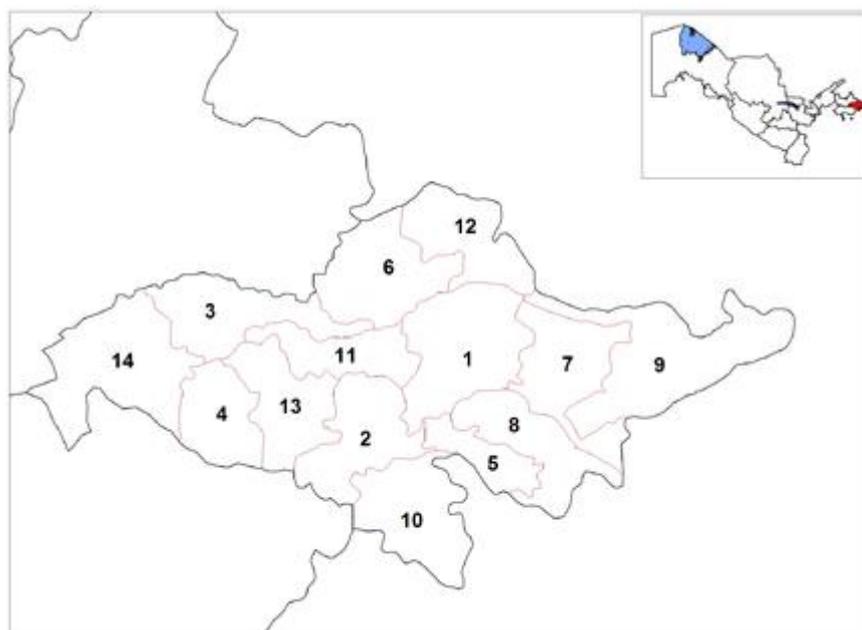
Повторитель состоит из оптического приемника, электрического усилителя и оптического передатчика. Повторитель, который восстанавливает форму оптического сигнала до первоначальной, называется регенератором.

Оптический усилитель не осуществляет оптоэлектронного преобразования. Он, используя специальные активные среды и лазеры накачки, непосредственно усиливает проходящий оптический сигнал, благодаря индуцированному излучению. Таким образом, усилитель не наделен функциями восстановления скважности, в чем уступает повторителю.

Волоконно-оптический кабель (ВОК). Характерная строительная длина оптического кабеля (поставляемая на одном барабане) в зависимости от производителя и типа кабеля варьируется в пределах 2-10 км. На протяженных участках между повторителями могут помещаться десятки строительных длин кабелей. В этом случае производится специальное сращивание (как правило, сварка) оптических волокон. На каждом таком участке концы ВОК защищаются специальной герметичной муфтой.

Таким образом, перечислены основные компоненты, использующиеся при построении ВОЛС. В данной курсовой работе проектируется магистральная волоконно-оптическая линия связи между пунктами Андижан-Ургенч.

Андижанская область	
Включает	14 районов
Административный центр	<u>Андижан</u>
Крупнейшие города	<u>Асака</u> , <u>Ханабад</u> , <u>Карасу</u>
Население (2011)	2 672 300
Площадь	4 240 км ²
Протяжённость железных дорог	226,8 км
Протяжённость автомобильных дорог	2 463 км

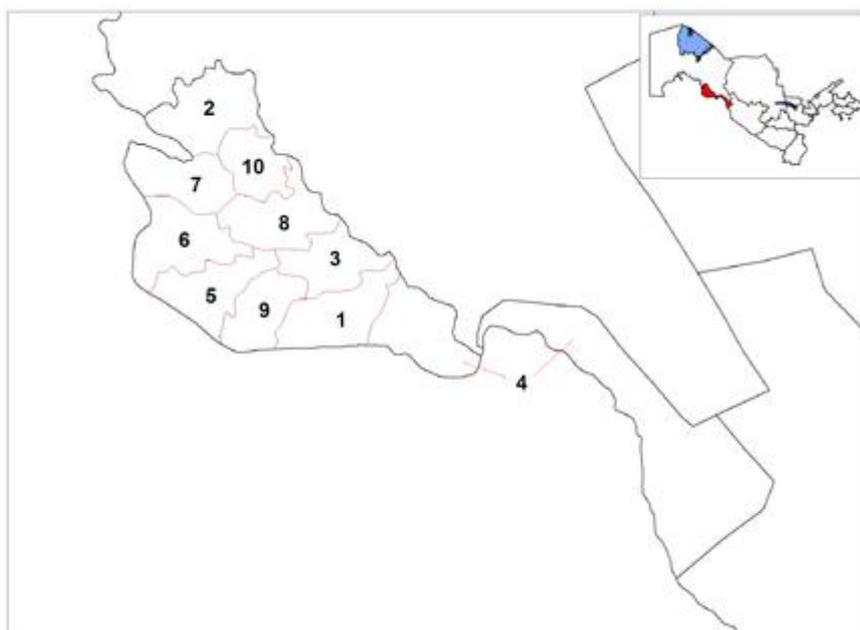


Область разделена на 14 административных районов:

- Алтынкульский (11) — центр Алтынкуль
- Андижанский (1) — центр Куйганъяр
- Асакинский (2) — центр Асака
- Балыкчинский (3) — центр Балыкчи
- Бозский (4) — центр Боз
- Булакбашинский (5) — центр Булакбаши
- Джалакудукский (7) — центр Ахунбабаев
- Избасканский (6) — центр Пайтуг
- Кургантепинский (9) — центр Кургантепа
- Мархаматский (10) — центр Мархамат
- Пахтаабадский (12) — центр Пахтаабад
- Улугнорский (14) — центр Акалтин
- Ходжаабадский (8) — центр Ходжаабад
- Шахриханский (13) — центр Шахрихан

Координаты:  40°45'00" с. ш. 72°10'00" в. д.

Хорезмская область	
Включает	10 районов
Административный центр	Ургенч
Крупнейшие города	Хива, Ургенч, Богат
Население (2011)	1 601 100
Площадь	6 300 км ²
протяжённость железных дорог	130 км
протяжённость автомобильных дорог	2 300 км



Область разделена на 10 административных районов:

- Багатский район (1) — пос. Багат
- Гурленский район (2) — город Гурлен
- Кошкупырский район (6) — пос. Кошкупыр
- Ургенчский район (8) — пос. Караул
- Хазараспский район (4) — город Хазарасп
- Ханкинский район (3) — пос. Ханка
- Хивинский район (5) — город Хива
- Шаватский район (7) — пос. Шават
- Янгибазарский район (10) — пос. Янгибазар
- Янгиарыкский район (9) — пос. Янгиарык

Координаты:  41°20'00" с. ш. 61°00'00" в. д.

1. Выбор и обоснование трассы проектируемой магистрали.

При проектировании ВОЛС следует выбирать способ прокладки кабеля, учитывая характер местности, исходя из соображений минимизации затрат на прокладку, эксплуатационных расходов, удобства обслуживания. Выбор трассы проектируемой магистрали определяется прежде всего расположением конечных пунктов и выбирается с учетом наименьшего объема работ по строительству, возможности механизации работ, обеспечения наиболее благоприятных условий эксплуатационного обслуживания и наименьших затрат по защите кабеля от всякого рода неблагоприятных воздействий.

Для соблюдения указанных требований трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами, и наименьшее число препятствий, усложняющих и удорожающих стоимость строительства (водные преграды, дороги и прочие препятствия).

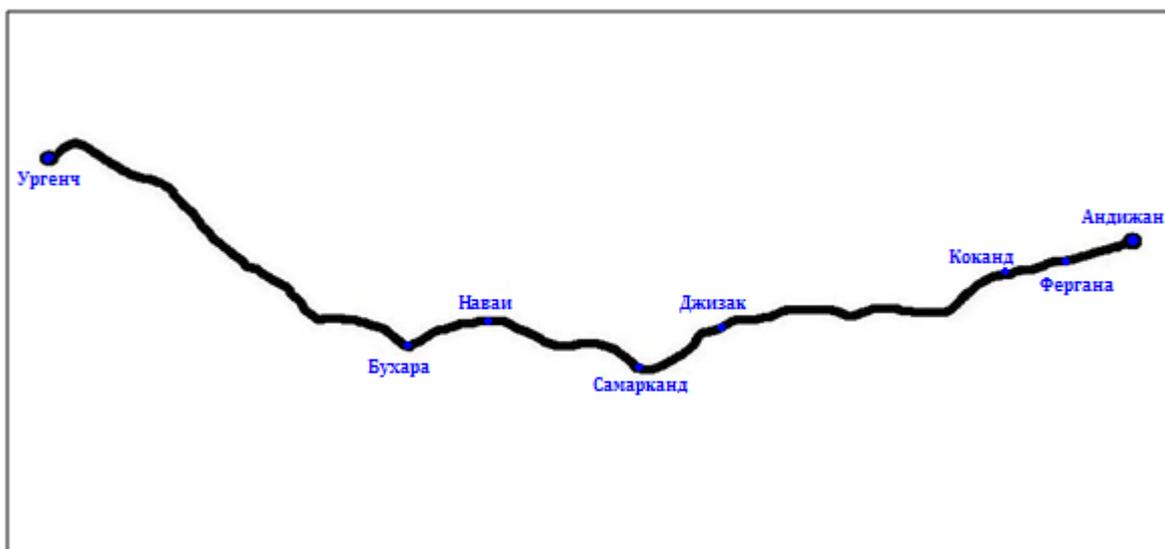
Трасса должна проходить через населенные пункты с целью обеспечения их связью. В черте города оптические кабели прокладываются в городской телефонной канализации (существующей либо вновь прокладываемой).

За пределами населенных пунктов трасса, как правило, должна проходить вдоль магистральных автомобильных дорог, а при отсутствии последних – вдоль железных дорог.

Глубина прокладки подземных оптических кабелей, также как и электрических – 1,2 м.

Обычно между заданными пунктами бывает несколько возможных вариантов прокладки оптического кабеля и оптимальный выбирается на основе технико-экономического сравнения.

Варианты трассы для прокладки оптического кабеля:



Вариант - №1



Вариант - №2

Таблица 1.1

Номер варианта №	Населенные пункты, через которые проходит магистраль	Длина трассы, км
1	Андижан, Фергана, Коканд, Джизак, Самарканд, Навои, Бухара, Ургенч	1231
2	Андижан, Наманган, Алмалык, Сырдарья, Джизак, Самарканд, Навои, Бухара, Ургенч	1291

На основе технико-экономического сравнения оптимальным вариантом для прокладки ОК является 1 вариант.

2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА КАНАЛОВ НА МАГИСТРАЛИ СВЯЗИ

Число каналов, связывающих заданные оконечные пункты, в основном зависит от численности населения в этих пунктах и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи. При перспективном проектировании следует учесть также прирост населения.

Количество населения в заданном пункте и его подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения определяется по формуле:

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t \cdot \text{чел.}$$

Период перспективного проектирования определяется как разность между назначенным годом проектирования и годом проведения переписи населения и принимается на 15 лет вперед.

Следовательно: лет

$$t = (2013 - 2011) + 15 = 17$$

где – год выполнения проекта,

t_0 - год проведения переписи населения (2011).

Вычисляем население заданных пунктов:

Население Андижана чел.

Население Хорезма чел.

Количество абонентов в зоне действия АМТС определяется по формуле:

, абонент

где $m = 0,3$ – коэффициент, учитывающий количество абонентов, подключенных к АМТС.

По данной формуле вычисляем количество абонентов для каждого населенного пункта. Итак, количество абонентов

в Андижане *абон.*

в Хорезме *абон.*

Необходимо определить сначала количество телефонных каналов между заданными оконечными пунктами.

Для расчета телефонных каналов используют приближенную формулу:

$$, \text{ ОЦК}$$

где, $y=0.01$ $f=0.09$ $a=1.32$ $b=6.1$

$$\text{ОЦК}$$

В соответствии с Рекомендациями ИТУ-Т удельная нагрузка Y , создаваемая одним пользователем квартирного сектора, не должна превышать: 0,03; 0,06; 0,1; 0,17 Эрл. Эти нормы соответствуют времени занятия линии 0,25 час и количеству установленных соединений: 1,2; 2,4; 4,4; 6,6. Для усредненных расчетов удельная нагрузка берется равной на одного пользователя $Y=0,01$ Эрл.

Для организации передачи данных, факсов через телефонные каналы, используются основные цифровые каналы (ОЦК), поэтому их количество целесообразно выразить, удвоив количество телефонных каналов, рассчитанных по вышеприведенной формуле.

Каналы телевидения бывают трех классов. Каналы телевидения высшего класса организуются на основе третичного цифрового тракта (480 ОЦК со скоростью передачи информации 34 Мбит/с, причем 27 Мбит/с используются для передачи изображения, а 7 Мбит/с как канал звукового сопровождения).

Каналы телевизионного вещания среднего класса организуются на основе вторичного цифрового тракта (120 ОЦК со скоростью передачи сигнала 8 Мбит/с) и используются чаще всего в коммерческом телевидении.

Каналы телевизионного вещания низшего класса организуются на основе первичного цифрового тракта (30 ОЦК, со скоростью передачи сигнала 2 Мбит/с) и используются для организации телемостов, так как, вследствие использования дешевых кодеров без ЗПУ, происходит задержка звукового сопровождения.

Тогда общее число каналов, организуемых на магистрали можно рассчитать по формуле:

$$N_{\text{общ}} = 2N_{\text{тф}} + 4N_{\text{виц}} = 2932 \text{ ОЦК}$$

где, $N_{\text{виц}} = 480 \text{ ОЦК}$

В результате расчетов были вычислены число абонентов для каждого пункта и учитывая данные по варианту было вычислено общее число каналов проектируемой магистральной волоконно-оптической линии. Было определено, что количество каналов на магистрали составляет 2932 ОЦК. Теперь определив количество ОЦК на проектируемой магистрали, переходим к выбору транспортного модуля и оптического кабеля.

3. ВЫБОР УРОВНЯ СИНХРОННОГО ТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЯ STM И МАРКИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

При проектировании волоконно-оптических линий связи предполагается использование цифровых систем передачи синхронной цифровой иерархии SDH.

Передача цифровой информации в таких ЦСП производится блочными циклическими структурами, следующими с периодом повторения 125 мкс и называемыми транспортными модулями STM. Транспортные модули подразделяются по уровням, т.е. по скорости передачи цифровой информации и, соответственно, по количеству передаваемых каналов. Различают пять уровней транспортных модулей SDH.

Уровни транспортных модулей SDH

Уровень транспортного модуля SDH	Транспортный модуль	Скорость передачи, Мбит/с	Количество телефонных каналов
Первый уровень SDH	STM-1	155,52	1890
Второй уровень SDH	STM-4	622,08	7560
Третий уровень SDH	STM-16	2488,32	30240
Четвертый уровень SDH	STM-64	9953,28	120960
Пятый уровень SDH	STM-256	39813,12	483840

Исходя из уровня проектируемой сети, выбирается соответствующий транспортный модуль, обеспечивающий передачу необходимого числа каналов.

Передача и прием оптических, сформированных в виде транспортных модулей, ведутся по двум оптическим волокнам и осуществляются на одной длине волны λ (двухволоконная, однополосная, однокабельная система организации связи).

Одним из основных преимуществ технологии SDH является возможность такой организации сети, при которой достигается не только высокая надежность ее функционирования, обусловленная использованием ВОК, но и возможность сохранения или восстановления (за 50 мс) работоспособности сети даже в случае отказа одного из ее элементов или среды передачи – кабеля. Существуют различные методы обеспечения быстрого восстановления работоспособности сети SDH, одним из которых является резервирование участков сети по схемам 1+1 и 1:1, т.е. использование резервных волокон, или четырехволоконная схема организации связи.

При этом необходимое количество волокон в кабеле будет равно:

, OV

где – число транспортных модулей;

– число основных оптических волокон;

– два резервных волокна.

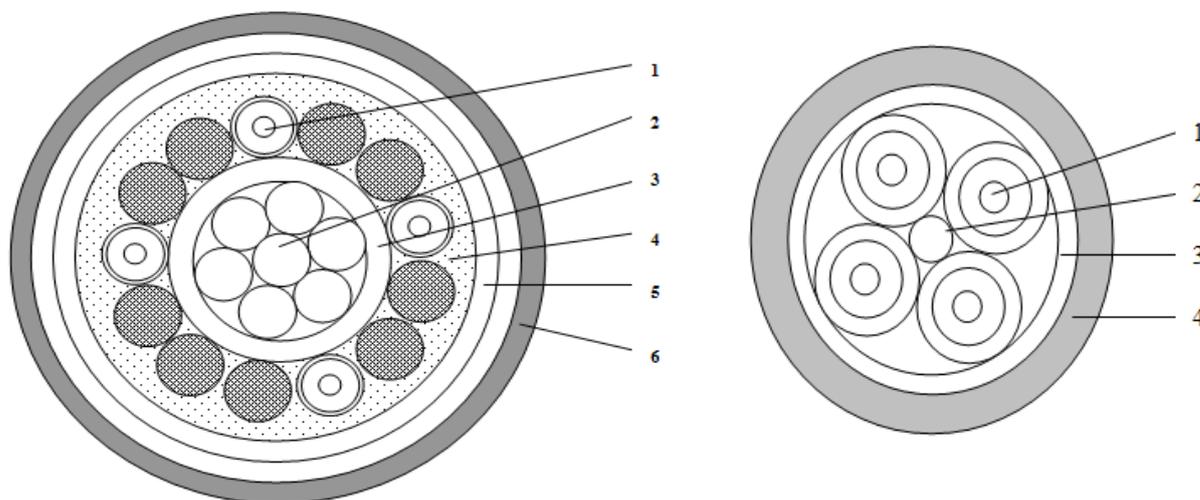
Необходимое количество волокон в кабеле равна $=4$.

Исходя из общего числа ОЦК, Я выбираю второй уровень синхронного транспортного модуля (STM-4) и одномодовый оптический кабель с четырьмя оптическими волокнами.

4. ВЫБОР ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

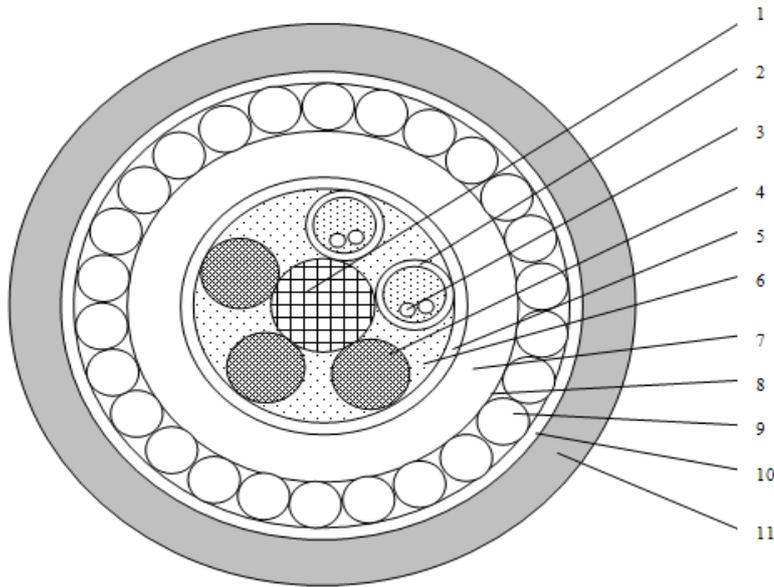
Зная необходимое количество волокон в кабеле, можно определить марку кабеля для проектируемой магистрали. При выборе марки кабеля обязательно следует учитывать все условия его прокладки, а именно, в городской телефонной канализации, грунте или при переходе через водные преграды, с учетом современных методов прокладки ОК, таких как сооружение ВОЛС путем подвески оптического кабеля на опорах линии электропередачи и электрифицированных железных дорог, пневмопрокладка оптического кабеля в защитные пластмассовые трубы небольшого диаметра, которая применима не только для строительства городских сетей, но и при строительстве междугородных и международных линий связи. Кроме линейных кабелей, необходимо выбрать станционные кабели, для прокладки внутри помещений узлов связи и оптические шнуры для концевой заделки и коммутации оптических кабелей связи.

Я буду использовать оптический кабель японской фирмы «Fujikura» на основании выданного мне варианта.



FR-OGLAP SM 10/1125-0.5x4C

OGCV SM-10/125 -0.5x4C



OGNMLJFE-WAZE SM-10/125-0.35h1-4S

1. ЦСЭ
2. Оптический модуль
3. Оптическое волокно
4. Оптический модуль (гидрофобный наполнитель) Слой полиэтилена
5. Поясная изоляция из пластиковой ленты
6. Сердечник (гидрофобный наполнитель)
7. Внутренняя оболочка Полиэтилен
8. Подушка
9. Броня
10. Водонепроницаемая оболочка
11. Внешняя оболочка

Маркировка оптических кабелей «Fujikura» осуществляется буквенными обозначениями, приведенными в ниже таблице.

Буква цифра	Английское написание	Русское написание
OG	Optical general	Оптический, широкого потребления
FR	Flame retardant type	Пожаробезопасного типа
NM	Non-metallic type	Неметаллический силовой элемент
T	Tape	Волокна ленточного типа
S	Slotted	Профилированный сердечник
L	Loose tube	Сердечник повивной скрутки
U	Unit	Многоволоконный модуль
JF	Jelly Fillet type	Кабель, герметизированный заполнителем
LAP	Laminated Aluminium polyethylene	Ламинированная алюмополиэтиленовая оболочка
E	Ethylene	Полиэтилен
V	Vinylchloride	Поливинилхлорид
CMZ	Corrugated metal armored	Гофрированная стальная оболочка
Z	Zinc	Цинк
SS	Self supporting	Трос для подвески
W	Wale	Полоса
W	Wire	Круглые стальные проволоки
Cu	Copper	Медная оболочка
MM	Multi mode	Многомодовое волокно
SM	Single mode	Одномодовое волокно
D	Shifted dispersion	Волокно со смещенной дисперсией
P	Pair	Пара
Q	Quad	Четвёрка

5. Выбор типа оборудования для проектируемой магистрали.

Транспортные сети с использованием технологии SDH создаются из отдельных элементов: мультиплексоров, кроссконнекторов, концентраторов, регенераторов и терминального оборудования.

Основным функциональным модулем технологии SDH является синхронный цифровой мультиплексор. Мультиплексоры SDH выполняют как функции мультиплексора, так и функции устройств терминального доступа, позволяя подключать низкоскоростные каналы PDH иерархии к своим входным портам. Они могут также выполнять задачи коммутации и регенерации, так как выполняемые функции определяются лишь возможностями системы управления и составом элементов.

Эти мультиплексоры соединяются между собой синхронными оптическими линейными трактами с использованием волоконно-оптических кабелей.

Максимальное расстояние между мультиплексорами SDH необходимо знать при планировании топологии транспортной сети. Это расстояние зависит от многих факторов, основными из которых являются:

- тип оптического волокна в оптическом кабеле, используемом при проектировании транспортной сети;
- выбранная рабочая длина волны;
- тип оптического излучателя и его максимальная оптическая мощность;
- тип фотоприемника и его минимальная оптическая мощность.

Выбор типа синхронного цифрового мультиплексора зависит от уровня транспортной сети. В главе 3, в соответствии с численностью населения в заданных городах и потребным количеством каналов, между этими городами было определено, что проектируемая сеть должна работать на уровне STM-4.

Для выбора характеристик оптоволокна, оконечных устройств и категории активного оборудования необходимо понимать на какие расстояния будут транслироваться те, или иные сигналы по ВОЛС.

Трасса прокладки кабелей ВОЛС влияет преимущественно на выбор характеристик волоконно-оптического кабеля:

а) Волоконно-оптические кабели для магистральных сетей:

- Для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах, коллекторах;
- Для прокладки в грунты всех групп;
- Подвесные кабели;
- Комбинированные кабели;
- Кабели в «сухом» исполнении.

б) Волоконно-оптические кабели связи для локальных сетей:

- Кабели для оптических шнуров;
- Распределительные оптические кабели.

Активное оборудование различных производителей для передачи одних и тех же видов сигналов может отличаться по различным характеристикам:

- Дальность передачи того или иного сигнала по ВОЛС;
- Максимальное затухание сигнала которое может воспринимать активное оборудование ВОЛС;
- Коэффициент усиления сигнала активным оборудованием ВОЛС;
- Температурный диапазон работы активного оборудования ВОЛС;
- Вспомогательные характеристики (потребляемая мощность, габариты, напряжение питания и т.д.)

Большую роль в том, как поведут себя в будущем оптические транспортные сети, играет качественное и правильно подобранное оборудование для монтажа ВОЛС. Выбирать кабель, коммутационно-распределительные устройства и муфты, а также оптические соединители и сварочные аппараты необходимо еще на этапе проектирования ВОЛС.

Наряду с кабелем к оборудованию первоочередной важности для ВОЛС относятся коммутационно-распределительные устройства и муфты. Они предназначены для коммутации многожильного оптоволоконного кабеля и оборудования, оконченного посредством соединительных шнуров.



Среди оборудования для монтажа ВОЛС особое место занимают сварочные аппараты, поскольку скорость и надежность работы линии во многом зависят от качества сварных соединений отрезков кабеля. Сегодня существует весьма широкий выбор техники такого рода – от недорогих аппаратов небольших размеров до автоматических и прецизионных устройств, обеспечивающих наивысшее качество работы.

Практически всегда в процессе монтажа ВОЛС специалисты производят контрольные измерения характеристик сети. В этих целях используется контрольно-измерительное оборудование – измерители оптической мощности, визуализаторы дефектов и оптические рефлектометры, которые используются для определения местонахождения повреждений и дефектов на линии, а также для измерения уровня потерь сигнала в той или иной точке оптоволоконна.

Использование качественного оборудования является одним из основных факторов, гарантирующих достижение необходимого результата при проектировании и построении ВОЛС.

6. Расчет длины участков регенерации по затуханию.

Длина регенерационного участка ВОЛС зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются:

- коэффициент затухания оптического волокна;
- энергетический потенциал цифровой ВОСП;
- дисперсия оптического волокна.

Степень ослабления света определяется коэффициентом затухания (дБ/км), который в общем виде равен:

$$\alpha_{\text{общ}} = \alpha_{\text{п}} + \alpha_{\text{д}}, \text{ дБ/км}$$

где $\alpha_{\text{п}}$ и $\alpha_{\text{д}}$ – коэффициенты затухания, обусловленные потерями на поглощение и рассеивание световой энергии соответственно, дБ/км;

$\alpha_{\text{д}}$ – дополнительные или кабельные потери, возникающие при изготовлении и прокладке кабеля, дБ/км.

Коэффициент затухания $\alpha_{\text{п}}$ (дБ/км), связанный с потерями на диэлектрическую поляризацию, зависит от свойств материала ОВ (n_1 и $\text{tg}\delta$) и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{п}} = 8,69 \cdot \frac{\pi \cdot n_1}{\lambda} \cdot \text{tg}\delta \cdot 10^3, \text{ дБ/км}$$

где n_1 – показатель преломления материала сердцевины ОВ;

$\text{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь в материале сердцевины ОВ;

λ – рабочая длина волны, мкм.

$$\lambda_1 = 1,55 \text{ мкм} \quad \alpha_{\text{п}} = 0,1 \text{ дБ/км}$$

$$\lambda_2 = 1,31 \text{ мкм} \quad \alpha_{\text{п}} = 0,1 \text{ дБ/км}$$

Коэффициент затухания $\alpha_{\text{д}}$ обусловлен неоднородностями материала волоконного световода, расстояние между которыми меньше длины волны, и

тепловой флуктуацией показателя преломления. Потери на рассеяние называются рэлеевскими, и они определяют нижний предел потерь, который с увеличением длины волны уменьшается пропорционально длине волны λ в четвертой степени.

Составляющую коэффициента затухания ОВ $\alpha_{\text{р}}$ (дБ/км) за счет рэлеевского рассеивания можно определить из выражения:

$$\alpha_{\text{р}} = 4,34 \cdot \frac{8\pi^3 \cdot (n_1^2 - 1)}{3 \cdot \lambda^4} \cdot \beta \cdot k \cdot T \cdot 10^3, \quad \text{дБ/км}$$

где n_1 – показатель преломления материала сердцевины ОВ;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана;

$T = 1500$ К – температура затвердевания стекла при вытяжке;

$\beta = 8,1 \cdot 10^{-11}$ м²/Н – коэффициент сжимаемости (для кварца).

дБ/км

дБ/км

Коэффициент затухания $\alpha_{\text{к}}$ определяется деформацией оптических волокон в процессе изготовления кабеля, вызванной скруткой, изгибом, отклонениями от прямолинейного расположения и термомеханическими воздействиями на волокно при наложении оболочек и покрытий на сердечник кабеля, а также дефектами, возникающими при транспортировке кабеля к месту прокладки и механическими напряжениями при прокладке ОК. Эти дополнительные потери определяются в основном процессами рассеяния энергии на неоднородностях (микротрещины, микро- и макроизгибы) в местах деформации волокна.

Составляющую коэффициента затухания ОВ $\alpha_{\text{к}}$ (дБ/км), связанную с дополнительными потерями на рассеяние, можно определить из выражения:

$$\alpha_{\text{к}} \leq 20\%(\alpha_{\text{д}} + \alpha_{\text{п}}) \quad \text{дБ/км}$$

дБ/км

$$\delta\text{Б/км}$$

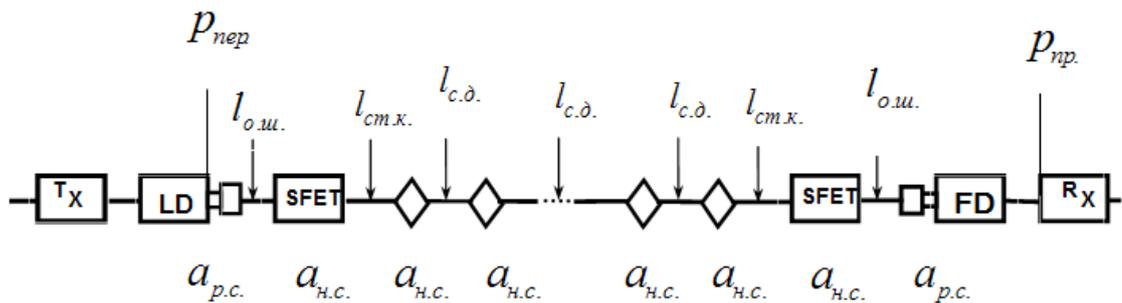
Степень ослабления света в оптическом волокне определяется коэффициентом затухания:

$$\delta\text{Б/км}$$

$$\delta\text{Б/км}$$

Итак, в результате расчетов коэффициентов затухания, был определен степень ослабления света в ОВ 1,25 $\delta\text{Б/км}$ и 0,28 $\delta\text{Б/км}$ при длине волны 1,55 мкм и 1,31 мкм соответственно.

Расчетная схема регенерационного участка волоконно-оптической линии связи по затуханию приведена на нижеприведенном рисунке.



$$[\delta\text{Б}]$$

где – коэффициенты затухания ОВ, оптического шнура и
станционного кабеля, соответственно, $\delta\text{Б/км}$;

– длина оптического шнура, км.

– длина станционного кабеля, км.

– затухание ОВ линейного кабеля, $\delta\text{Б/км}$;

, – затухание, вносимое одним разъёмным соединителем или одним
неразъёмным (сварным) соединением, соответственно, дБ;

– количество разъёмных соединений;

– количество неразъёмных (сварных) соединений оптического волокна;

a_t – допуски на температурные изменения параметров элементов линейного тракта ВОЛС (0,5...1,5), дБ;

$a_з$ – аппаратный запас, дБ.

дБ

Если исходить из затухания с учетом всех потерь, имеющих место в линейном тракте, то длину регенерационного участка (км) можно найти по формуле:

$$l_{\text{д.о.макс}} \leq \frac{Y - \alpha_{i.\phi} \cdot l_{i.\phi} - \alpha_{\text{н\ddot{o}.e}} \cdot l_{\text{н\ddot{o}.e}} - n_{\text{д.н.}} \cdot a_{\text{д.н.}} - n_{i.\text{н.}} \cdot a_{i.\text{н.}} - \alpha_t - a_\zeta}{\alpha_{i\ddot{A}}}$$

Все величины в формуле известны, кроме n – числа неразъемных оптических соединений. Если взять неразъемных соединений равным нулю. То у нас получится следующая формула:

$$l_{\text{д.о.макс}} \leq \frac{Y - \alpha_{i.\phi} \cdot l_{i.\phi} - \alpha_{\text{н\ddot{o}.e}} \cdot l_{\text{н\ddot{o}.e}} - n_{\text{д.н.}} \cdot a_{\text{д.н.}} - \alpha_t - a_\zeta}{\alpha_{i\ddot{A}}}$$

$$l_{\text{п.у.макс 1}} \leq 20 \text{ км}$$

$$l_{\text{п.у.макс 2}} \leq 91 \text{ км}$$

Теперь, зная , определим количество неразъемных соединений на регенерационном участке.

Затухание, вносимое этими соединениями, равно . Следовательно, длина регенерационного участка должна быть уменьшена на величину:

С учетом вычисленных выше формул определяем длину регенерационного участка:

км

19,4 км

км

Теперь вычисляем затухание регенерационного участка:

$$\lambda_1 = 1,55 \text{ мкм}$$

[дБ]

$$\lambda_2 = 1,31 \text{ мкм}$$

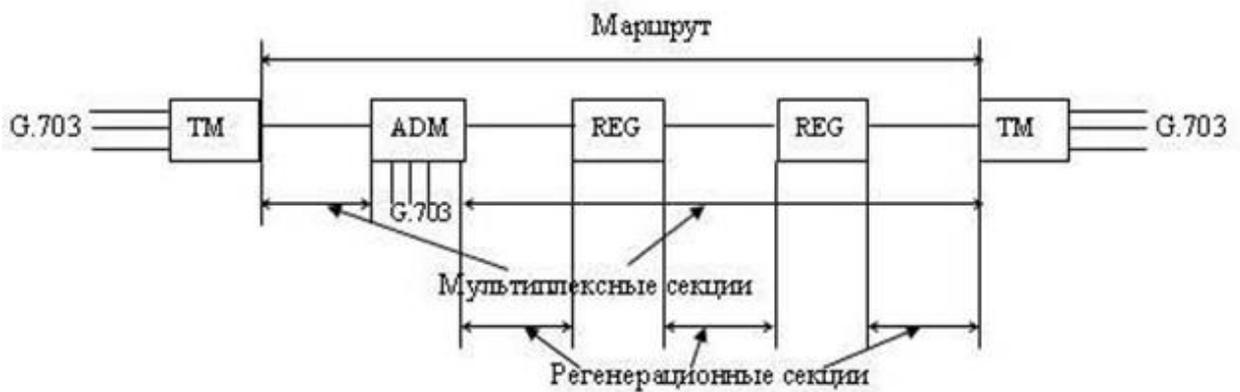
$$a_{p,y2} = 0,0018 + 0,036 + 0,28 * 90,3 + 2 * 0,3 + 17 * 0,012 + 7,5 = 33,6 \text{ [дБ]}$$

Итак, в результате расчетов, полученные величины затухания регенерационного участка не превышали величину (Э) энергетического потенциала.

Оптимальное количество установки регенерационных участков на магистральной ВОЛС получено при длине волны $a_2 = 1,31$ мкм.

7. Разбивка трассы на секции мультиплексирования и регенерации

Сеть SDH большой протяженности можно представить в виде последовательного соединения ряда секций, специфицированных в Рекомендациях ITU-T G.957 и G.958.



Сеть SDH большой протяженности и ее сегментация

Маршрут ЦСП синхронно-цифровой иерархии состоит из регенерационных и мультиплексных секций.

Принято различать три типа стандартизированных участков (секций) – оптическая секция (участок от точки электронно-оптического до точки оптоэлектронного преобразователя сигнала), мультиплексная секция и регенерационная секция.

Мультиплексные секции организуются между соседними терминальными мультиплексорами и мультиплексорами ввода/вывода.

Регенерационные секции организуются между соседними мультиплексорами, работающими в режиме регенераторов или между регенератором и мультиплексором (терминальным, ввода/вывода).

Разбивка трассы производится вначале на секции мультиплексирования, а затем на секции регенерации. Мультиплексоры ввода/вывода цифровых потоков устанавливаются обычно в крупных узловых центрах на протяжении магистрали. Затем, мультиплексные секции разбиваются на регенерационные секции длиной $l_{p.c.}$.

$$l_{p.c.} = l_{p.y.} - 0,15l_{p.y.}$$

где $l_{p.c.}$ — длина регенерационной секции, с учетом технологического запаса кабеля, км;

$l_{p.y.}$ — рассчитанная проектная длина регенерационного участка, км.

$$l_{p.c.} = 90,3 - 0,15 * 90,3 = 77 \text{ км}$$

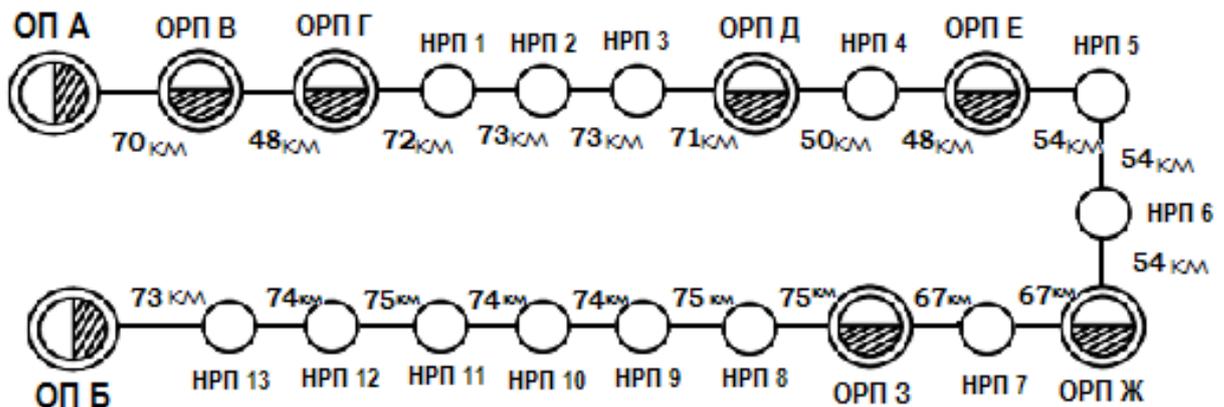
Для определения количества регенераторов, которые необходимо установить на проектируемой магистрали, используют формулу:

$$N_{p.c.} = \frac{L}{l_{p.c.}} - 1,$$

где L – протяженность проектируемой магистрали, км;

$l_{p.c.}$ – проектная длина регенерационного участка для выбранной аппаратуры, км.

$$N_{p.c.} = \frac{1321}{77} - 1 = 16$$



Примерная схема установки мультиплексов и регенераторов на магистрали (при длине волны = 1,31 мкм; длина регенерац. секции = 77км)

Необходимое количество MUX и REG на проектируемой магистрали

Наименование участка	Протяженность, км	Количество мультиплексов и регенераторов		
		TM	ADM	REG
Андижан-Фергана	70	1	1	

Фергана-Коканд	48		1	
Коканд-Джизак	289		1	3
Джизак-Самарканд	98		1	1
Самарканд-Навои	162		1	2
Навои- Бухара	134		1	1
Бухара-Ургенч	520	1		6

Итак, в результате расчетов вычислил длину регенерационной секции и разделил трассу, по которой будет прокладываться оптический кабель на регенерационные участки. В густонаселенных пунктах установил мультиплексоров ввода/вывода – ADM.

8. Технико-экономическое обоснование строительства ВОЛС

Расчет технико-экономических показателей позволяет определить эффективность строительства волоконно-оптической линии связи между двумя населенными пунктами. Технико-экономическое обоснование проектируемой ВОЛС должно включать в себя, кроме стоимости линейно-

кабельных сооружений, также стоимость оборудования конечных пунктов, стоимость монтажных и измерительных работ.

Капитальные затраты на проектируемый участок ВОЛС рассчитываются:

где $K_{\text{об}}$ — капитальные затраты на оборудование системы передачи;

$K_{\text{л-к}}$ — капитальные затраты на линейно-кабельные сооружения;

$K_{\text{зд}}$ — капитальные затраты на технические здания;

$K_{\text{ЭПУ}}$

— капитальные затраты на электропитающие установки.

В структуре капитальных затрат на строительство ВОЛС будут отсутствовать затраты на строительство зданий ОП, ОРП, т.к. обустройство этих пунктов предусматривается в существующих зданиях и сооружениях ЭПУ, которые имеются в заданных пунктах.

Тогда общие капитальные затраты на проектируемый участок составят:

Зная общие затраты, рассчитывают такой показатель, как стоимость одного канало-километра.

Стоимость канало-километра вычисляется по формуле:

$$C = \frac{K}{N \cdot L} \frac{USD}{\text{канал} \cdot \text{км}}$$

где K – капитальные затраты на строительство ВОЛС, USD;

N – количество каналов, ОЦК;

L – длина магистрали, км.

$$\frac{USD}{\text{канал} * \text{км}}$$

При помощи технико-экономических расчетов, была рассчитана стоимость одного канало-километра. Стоимость одного канало-километра равна 1 USD.

Смета капитальных затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость единицы, USD	Общая стоимость, USD
1	2	3	4	5
1.	Стойка ETS-V RACK	2	1600	3200
2.	Кросс оптический (10FC)	4	1250	5000
3.	21×2МБИТ/S	16	1800	28800
6.	STM – 4	2	8500	17000
9.	Блок питания	2	430	860
10.	Patch Cord FC/PC – 5 м	8	27	216
Итого		55076		
11.	Стоимость неучтенного оборудования (измерительное оборудование и т.п.)	10%		5507,6
Итого		60583,6		
12.	Транспортные расходы	6%		3635
Итого		64218,6		
13.	Заготовительно-складские расходы	2,5%		1605,4
Итого		65824		
14.	Монтаж и настройка оборудования	18% от стоимости оборудования		11848,3
Всего по смете		77 672		

Смета затрат на линейные сооружения

№ п/п	Наименование затрат	Количество	Стоимость единицы, USD	Общая стоимость, USD
1	2	3	4	5
1.	Приобретение кабеля для следующих условий прокладки: —в грунт	длина трассы +2%	5500 на 18 ОВ	1534368
	—в городскую телефонную канализацию	5% от длины всей трассы	4500 на 18 ОВ	61550
	—станционные	100 м на каждую станцию (ОП, ОРП и НРП)	1500 на 18 ОВ	700
Итого		1 596 618		
2.	Тара и упаковка	0,3%		4 790
3.	Транспортные расходы	13,1%		209 157
Итого		1 810 565		
4.	Заготовительно-складские	5,5%		99 580

	работы при прокладке кабеля		
Итого		1 910 145	
5.	Строительные и монтажные работы	50%	955 072
Всего по смете		2 865 217	

Смета затрат на выполнение строительно-монтажных работ

№ п/п	Наименование работ	Единицы измерения	Количество	Стоимость единицы, USD	Общая стоимость, USD
1	2	3	4	5	6
1.	Измерение ОК на площадке	стр. длина	132	7	924
2.	Бестраншейная прокладка кабеля	км	990	200	198 000
3.	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной 1,2 м	100 м ³	127,2	25	3180
4.	Прокладка кабеля в готовую траншею, разработанную ручным способом	км	265	15	3975
5.	Засыпка вручную траншей, котлованов и ям	100 м ³	127,2	10	1272
7.	Прокладка кабеля в канализацию	км	66	70	4624
8.	Измерение затухания на смонтированном участке в двух направлениях, ОК на 18 ОВ	участок	22	24	117
Итого			212 092		

12.	Непредвиденные расходы	3% от общей стоимости	6363
	Накладные расходы	200% от общей стоимости	424 184
Итого		642 639	
	Плановые накопления	18% от суммы прямых и накладных расходов	115 675
Всего по смете		758 314	

Расчет капитальных затрат на проектируемый участок магистрали

№ п/п	Наименование капитальных затрат	Капитальные затраты, USD
1.	Каналообразующая аппаратура ОП, ОРП и НРП	77 672
2.	Линейно-кабельные сооружения	2 865 217
3.	Строительно-монтажные работы	758 314
Всего		3 701 203

Заключение

В результате проектирования магистральной оптической линии связи для трассы Андижан-Ургенч, был выбран оптимальный маршрут, который наиболее экономичней и удовлетворяет технико-экономические требования (Вариант №1). Используя исходные данные и теорию из методических указаний удалось выбрать оптимальную трассу, рассчитать общее число каналов между двумя междугородными станциями заданных пунктов с учётом прироста населения, выбрать подходящий тип кабеля и аппаратуру уплотнения, рассчитать конструкцию выбранного кабеля, правильно разместить усилительные и регенерационные пункты на выбранной трассе, рассчитать параметры взаимных влияний между цепями. Все проделанные расчёты были выполнены с целью получения практических навыков.

Список используемой литературы

1. Слепов Н.Н. Архитектура и функциональные модули сетей SDH. Сети и системы связи. №1,1996, – 9с.
2. Волоконно–оптические линии межстанционной связи. Справочное пособие, Васильев В.Н., Семейкин В.Д., Т:ТЭИТ,1997.
3. В.А. Андреев, В.А. Бурдин и др., Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи
4. Атлас автомобильных дорог
5. РУКОВОДСТВО ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ И ВНУТРИЗОНОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ. М.,1993.
6. Интернет сайты
 - a. google.ru
 - b. optics.ru
 - c. maps.google.ru
 - d. rus-telcom.ru
 - e. digteh.ru