

ХАБАРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ (ФИЛИАЛ)
Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»
СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

по МДК 01.01 «Монтаж и эксплуатация направляющих систем»

на тему:

«Проект волоконно-оптической линии связи на заданном участке»

для студентов специальности СПО 11.02.15

«Инфокоммуникационные сети и системы связи»

М.В.Кузнецова. Методические указания по курсовому проектированию по МДК 01.01 **Монтаж и эксплуатация направляющих систем** для студентов среднего профессионального образования специальности 11.02.15 «Инфокоммуникационные сети и системы связи» - г. Хабаровск, ХИИК ФГБОУ ВО СибГУТИ, 2021 г

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной формы обучения. Методическое пособие составлено в соответствии с требованиями к уровню подготовки выпускников специальности 11.02.15 (базового уровня среднего профессионального образования). Выполнение курсового проекта предполагает разработку схемы организации связи, выбор типа оборудования, выбор типа оптического кабеля, выбор трассы проектируемой ВОЛС, расчет количества ПЦП.

Рассмотрено на заседании ПЦК ИКСС
ХИИК ФГБОУ ВО «СибГУТИ» и рекомендовано к
изданию.

г. Хабаровск, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие указания по выполнению курсового проекта	4
2.Задание на проектирование ВОЛС	5
3.Выбор трассы ВОЛС	8
4.Расчет требуемого количества ПЦП	14
5.Выбор системы передачи и типа оптического кабеля	17
6.Расчет параметров волоконно- оптического кабеля	22
7.Разработка схемы организации связи	31
Приложение А: Параметры оптических стыков	33
Приложение Б: Пример графического оформления	34
Список использованных источников	37

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с учебной программой дисциплины «**Монтаж и эксплуатация направляющих систем**» студенты выполняют курсовой проект на тему «Проект волоконно-оптической линии связи на заданном участке».

Основной целью курсового проектирования является закрепление знаний, полученных по курсу «Технология монтажа и обслуживания направляющих систем», а также получение практических навыков: по расчёту основных параметров волоконно-оптического тракта; по разработке схемы организации связи, выбора трассы.

Курсовой проект предусматривает выполнение основных этапов работ, выполняемых при реальном проектировании.

Последовательность выполнения курсового проекта, а также указания по выполнению каждого раздела приводятся в данных методических указаниях. После выполнения курсового проекта студенты в индивидуальном порядке защищают его. К защите курсового проекта необходимо проработать и подготовить как вопросы практического выполнения задания, так и связанные с ними вопросы теории.

1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Варианты задания (отдельные исходные данные) приведены в таблице 1.1

Курсовой проект должен содержать: содержание, введение, общую часть, расчётную часть, графическую часть, заключение по результатам проектирования и список использованных источников.

Перечень и очерёдность разделов и подразделов, которые должен содержать курсовой проект, приведён в техническом задании. Во введении следует написать о преимуществах и недостатках ВОЛС, области применения ВОЛС и перспективе развития. Объем введения не более 1 страницы. По каждому разделу следует сделать вывод.

Таблица 1.1 – Варианты задания

№ варианта	Оконечные пункты	λ , мкм	N_2	х Превышение n_1 относительно n_2 , %	Строительная длина кабеля, км
1	Красноярск - Лесосибирск	1,31	1,46	0,166	2
2	Москва – Новгород	1,55	1,463	0,12	4
3	Братск – Усть-Илимск	1,31	1,465	0,12	6
4	Ярославль – Владимир	1,55	1,468	0,11	4
5	Братск - Тулун	1,31	1,468	0,105	2
6	Нижний Новгород – Иваново	1,55	1,464	0,195	6
7	Орёл – Воронеж	1,55	1,461	0,185	2

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
8	Красноярск -Канск	1,55	1,464	0,175	4
9	Новгород – Великие Луки	1,55	1,467	0,165	6
10	Улан-Удэ -Утата	1,31	1,469	0,155	4
11	Самара – Казань	1,55	1,465	0,145	2
12	Улан-Удэ -Туран	1,31	1,463	0,135	6
13	Ярославль – Череповец	1,55	1,465	0,125	2
14	Улан-Удэ- Баргузин	1,31	1,461	0,115	4
15	Курск – Брянск	1,55	1,466	0,105	6
16	Улан-Удэ- Новопапловка	1,31	1,462	0,112	4
17	Брянск – Москва	1,55	1,467	0,166	2
18	Чита- Арей	1,31	1,465	0,2	6
19	Смоленск – Москва	1,55	1,464	0,105	2
20	Чита -Багдарин	1,31	1,467	0,19	4
21	Саратов – Астрахань	1,55	1,463	0,125	6
22	Иркутск -Качуг	1,31	1,464	0,18	4
23	Иркутск -Турил	1,31	1,468	0,112	2
24	Иркутск- Селигинск	1,31	1,469	0,19	6
25	Иркутск - Зима	1,31	1,463	0,17	2
26	Новокузнецк - Бийск	1,31	1,466	0,16	4
27	Новосибирск -Куйбышев	1,55	1,469	0,16	6
28	Омск - Татарск	1,31	1,469	0,145	4
29	Омск - Петропавловка	1,31	1,468	0,15	2
30	Петропавловка - Ишим	1,33	1,465	0,17	6
31	Курган - Петропавлвск	1,55	1,466	0,14	2
32	Екатеринбург- Челябинск	1,33	1,465	0,18	4
33	Красноярск - Абакан	1,55	1,465	0,193	6
34	Краснодар - Туапсе	1,31	1,463	0,187	4
35	Краснодар -Геленджик	1,31	1,462	0,174	2
36	Краснодар - Тамань	1,31	1,468	0,166	6
37	Ростов-на-Дону – Ставрополь	1,55	1,464	0,11	2
38	Кемерово – Мыски	1,31	1,469	0,175	4
39	Екатеринбург – Алапаевск	1,55	1,468	0,185	6
40	Уральск – Оренбург	1,55	1,461	0,195	4

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

- 1 Организация и строительство ВОЛП.
- 2 Классификация оптических волокон
- 3 Выбор оптического кабеля для подвески
- 4 Прокладка ОК в телефонной канализации.
- 5 Прокладка ОК в грунте.
- 6 Особенности прокладки ОК в условиях многолетне – мерзлотных грунтов.
- 7 Прокладка ОК через водные преграды.
- 8 Подвеска ОК по опорам ЛЭП ЭЛЖД
- 9 Измерения, проводимые в процессе прокладки ОК.
- 10 Измерения, проводимые в процессе монтажа ОК.
- 11 Измерения на смонтированном регенерационном участке ВОЛП.
- 12 Разъёмные соединители ОВ.
- 13 Виды оптических кроссов
- 14 Измерение расстояния до места повреждения ОВ.
- 15 Аварийно восстановительные работы при повреждении ВОЛС.
- 16 Способы определения трассы прокладки ОК.
- 17 Меры безопасности при эксплуатации ВОЛС
- 18 Требования к организации рабочих мест
- 19 Меры безопасности при прокладке кабеля
- 20 Техника безопасности при монтажно-измерительных работах
- 21 Техника безопасности при прокладке оптического кабеля в кабельной канализации и грунте
- 22 Техника безопасности при земляных работах
- 23 Принцип действия рефлектметра.
- 24 Современные сварочные аппараты.
- 25 Техника безопасности при погрузочно-разгрузочных работах
- 26 Охрана труда и техника безопасности при монтаже оптического кабеля
- 27 Технология изготовления ОВ.
- 28 Оптические кабели внутренней прокладки.
- 29 Экологическая безопасность и охрана окружающей среды.
- 30 Подводные оптические кабели
- 31 Анализ опасных и вредных факторов при строительстве ВОЛС
- 32 Оптические кабели для подвески на опорах
- 33 Охрана труда и техника безопасности при монтаже оптического кабеля.
- 34 Особенности строительства ВОЛС
- 35 Правила безопасности при работах в помещениях линейно-аппаратного цеха
- 36 Кабельная арматура применяемая для монтажа ОК
- 37 Способы соединения ОВ
- 38 Измерения, проводимые в процессе монтажа ОК.

39 Аварийно восстановительные работы при повреждении ВОЛС.

40 Технология изготовления ОВ.

Заданием на курсовое проектирование предусмотрено, что учащиеся должны выбирать марку оптического кабеля соответствующего завода производителя в зависимости от варианта задания на курсовое проектирование:

– ЗАО "Севкабель-Оптик", (адрес сайта: <http://sk.sevcable.ru/>) – 1, 2,3,26,27 варианты;

– ЗАО "Еврокабель-1" (адрес сайта: <http://www.еврокабель.su/kontaktная-informaciya.html>) – 4, 5, 6, 28, 29 варианты;

– ЗАО "ОПТЕН" (адрес сайта: <http://www.opten.spb.ru/>) – 7,8,9 варианты;
– "Эликс Кабель" (адрес сайта: <http://www.elixcable.ru/ru/production/>) – 10, 11, 12 ,30, 31 варианты;

– ЗАО "Саранскабель-Оптика" (адрес сайта: <http://www.sarko.ru/>) – 13, 14, 15 ,32, 33 варианты;

– ЗАО "Трансвок" (адрес сайта: <http://www.transvoc.ru/about/index.php>) – 16, 17, 18, 34,35 варианты;

– ЗАО "Интегра " (адрес сайта: <http://www.intg.ru/production/>) – 19, 20, 21,36 ,37 варианты;

– ЗАО "Электропровод" (адрес сайта: <http://www.elprovod.ru/produkcija/volokonno-opticheskie>) – 22, 23, 24, 25 ,38,39,40 варианты.

3 ВЫБОР ТРАССЫ

При выборе оптимального варианта трассы прокладки волоконно-оптического кабеля (ВОК) исходят из того, что линейные сооружения являются наиболее дорогой и сложной частью сети связи, поэтому при проектировании особое внимание должно быть обращено на уменьшение удельного веса расходов по строительству и эксплуатации линий связи, эффективную и надёжную её работу.

3.1 ВЫБОР ТРАССЫ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ УЧАСТКЕ

Для выбора трассы проектируемой ВОЛП на заданном участке необходимо воспользоваться атласом автомобильных дорог.

Трасса прокладки кабеля определяется расположением конечных пунктов. При выборе трассы необходимо учитывать следующие основные требования:

- минимальные капитальные затраты на строительство;
- возможность максимального применения наиболее эффективных средств индустриализации и механизации строительных работ;

- наименьшая протяженность трассы проектируемого кабеля;
- наименьшее число препятствий, усложняющих и удорожающих стоимость строительства (реки, автомобильные и железные дороги, подземные сооружения и прочие препятствия);
- наименьшие эксплуатационные расходы;
- удобство эксплуатационно-технического обслуживания сооружений и надежность их работы.

Для обеспечения первых четырех требований учитывают протяженность трассы, наличие и сложность пересечения рек, железных и шоссейных дорог, трубопроводов, характер местности, почв, грунтовых вод, возможность применения механизированной прокладки, необходимость защиты сооружений связи от электромагнитных влияний и коррозии, возможность и условия доставки грузов (материалов, оборудования) на трассу.

Для обеспечения других требований учитывают жилищно-бытовые условия и возможность размещения обслуживающего персонала, а также создание соответствующих условий для исполнения служебных обязанностей.

Для соблюдения указанных требований трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами и наименьшее количество препятствий, усложняющих и удорожающих строительство. За пределами населенных пунктов трассу обычно выбирают в полосе отвода автомобильных дорог или вдоль профилированных проселочных дорог, охранных и запретных зонах, а также на автодорожных и железнодорожных мостах, в коллекторах и тоннелях автомобильных и железных дорог.

Допускается спрямление трассы кабеля, если прокладка вдоль автомобильной дороги значительно удлиняет трассу.

При пересечении водных преград переходы выбирают в тех местах, где река имеет наименьшую ширину, нет скальных и каменистых грунтов, заторов льда и т.д. Следует при строительстве избегать в месте перехода обрывистых или заболоченных берегов, перекатных участков, паромных переправ, стоянок судов, причалов и т.д.

Для фиксации трассы волоконно-оптической линии связи замерные столбики устанавливаются на загородных участках трассы и в сельских населенных пунктах, против каждой муфты, на поворотах, на пересечениях автомобильных и железных дорог, водных препятствий, трубопроводов. Установка замерных столбиков на пахотных землях не допускается. В этом случае замерные столбики должны быть вынесены в сторону дороги за границу пахотной земли и устанавливаются в местах, обеспечивающих их сохранность. В населенных пунктах, где по условиям местности установка столбиков невозможна, устанавливаются указательные знаки на стенах зданий или других постоянных сооружений.

При выборе размещения регенерационных пунктов учитывается обеспеченность населенных пунктов надежным источником внешнего электроснабжения от двух независимых источников, наличием в этом районе существующих предприятий связи, радиорелейных станций, имеющих

гарантированный источник питания, а также простота в обслуживании данных регенерационных пунктов.

Выбор трассы прокладки ВОК на заданном участке следует проводить в следующей последовательности:

По географическим картам или атласу автомобильных дорог необходимо выбрать возможные варианты трассы;

Сравнить варианты по следующим показателям: длина, количество переходов через препятствия, удобство строительства и эксплуатации.

К проекту прилагается ситуационный план трассы, выполненный на листе формата А4 или А3, на который наносятся трасса, а в пояснительной записке (ПЗ) приводятся их сравнение и обоснование выбранного варианта. Основные показатели сравниваемых вариантов рекомендуется свести в таблицу 3.1.

Данные для заполнения таблицы 3.1 определяются на основании изучения материала и природных условий районов прохождения трассы. Ориентировочный объём прокладки кабеля в канализации берётся в пределах 3-4 км на каждый областной центр, расположенный по трассе с населением примерно 500 тыс. жителей. В более крупных и менее крупных населённых пунктах соответственно изменяется и протяжённость канализации.

В городах и крупных населённых пунктах ВОК, как правило, прокладывается в телефонной кабельной канализации или в коллекторах. При наличии метро кабели могут прокладываться в его тоннелях.

В проекте необходимо предусмотреть прокладку ОК в существующей кабельной канализации.

Таблица 3.1 – Характеристика вариантов трассы

Характеристика трассы	Ед. измер.	Количество единиц по вариантам	
		Вариант №1	Вариант №2
1 Общая протяжённость трассы: – вдоль автомобильных дорог; – вдоль грунтовых дорог, бездорожье.	Км		
2 Способы прокладки кабеля: – кабелеукладчиком; – вручную; – в канализации.	Км		
3 Количество переходов: – через судоходные реки; через несудоходные реки; – через железные дороги; через автомобильные дороги.	1 пер.		

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
4 Число обслуживаемых регенерационных пунктов	1 пункт		
Общая длина ОК			

При расчёте необходимого количества прокладываемого ВОК необходимо предусмотреть запас с учётом неровности местности, выкладки кабеля в котлованах, колодцах и др. Норма расхода ВОК на 1 км трассы приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Нормы расхода волоконно-оптического кабеля

Способ прокладки ОК	Количество кабеля на 1 км трассы, км
В грунт	1,02
Через водные преграды	1,14
В кабельной канализации	1,057
Общая длина ОК, м	

Глубина прокладки подземных ВОК в грунте 1-4 группы должна быть не менее 1,2 м. При пересечениях автомобильных и железных дорог прокладка ВОК проектируется в асбестоцементных трубах с выводом по обе стороны от подошвы насыпи или полевой бровки на длину не менее 1 м.

На рисунке 3.1 приведен ситуационный план прокладки кабеля

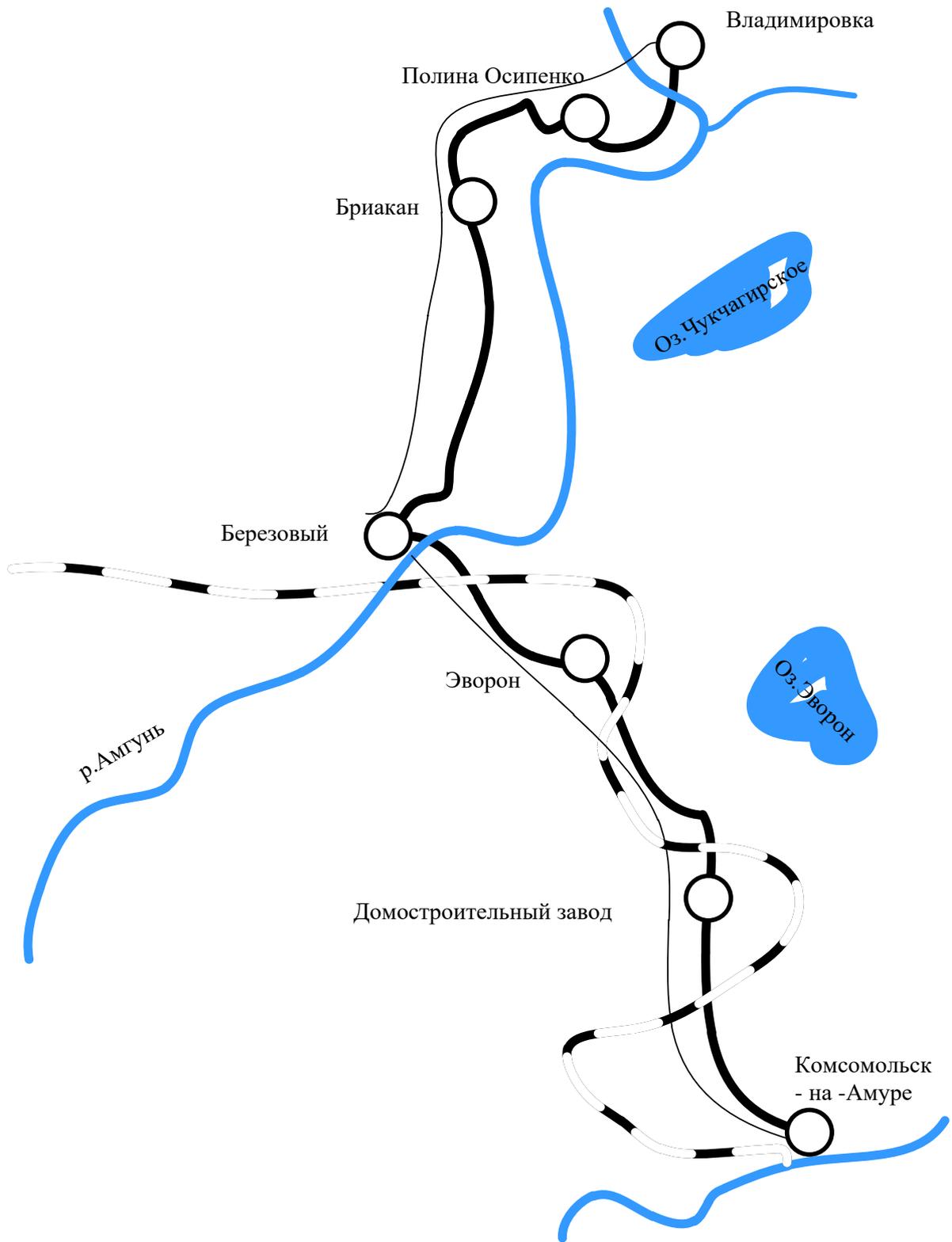


Рисунок 3.1 - Ситуационный план трассы

4 РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ПЦП

Число каналов, связывающих заданные конечные пункты, в основном зависит от численности населения в этих пунктах и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи.

Численность населения в любом областном центре и в области в целом может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения. Количество населения в заданном пункте и его подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{p}{100} \right)^t, \text{ чел.}, \quad (4.1)$$

где: N_0 – народонаселение в период переписи населения, чел.,
 p – средний годовой прирост населения в данной местности, %,
 t – период, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения переписи населения.

Год перспективного проектирования принимается на 5-10 лет вперед по сравнению с текущим временем, следовательно,

$$t = 5 + (t_m - t_0), \quad (4.2)$$

где: t_m – год составления проекта;
 t_0 – год, к которому относятся данные N_0 .

Пример

$$t = 5 + (2010 - 2008) = 7$$

Комсомольск на Амуре,

$$N_t = 78000 \left(1 + \frac{3}{100} \right)^7 = 95930,16$$

Владимировка,

$$N_t = 1929 \left(1 + \frac{3}{100} \right)^7 = 2372,4$$

Степень заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социально-бытовых отношений между группами населения, районами и областями. Практически эти взаимосвязи определяются через коэффициент тяготения f_1 .

Для расчета телефонных каналов используют приближённую формулу:

$$n_{тф} = \alpha_1 f_1 y \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta_1, \quad (4.3)$$

где: α_1 и f_1 – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; обычно потери задаются 5%, тогда $\alpha_1 = 1.3$;
 $\beta_1 = 5.6$;

f_1 – коэффициент тяготения, $f_1 = 0.12$;

y – удельная нагрузка, т.е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, $y = 0.05$ Эрл;

m_a и m_b – количество абонентов, обслуживаемых той или иной оконечной АМТС, определяется в зависимости от численности населения, проживающего в зоне обслуживания. Принимая средний коэффициент оснащённости населения телефонными аппаратами равным 0.38, количество абонентов в зоне АМТС

$$m = 0.4N_t \quad (4.4)$$

Таким образом, можно рассчитать количество каналов для телефонной связи между заданными оконечными пунктами, но по кабельной магистрали организуются каналы и других видов связи, а также должны проходить транзитные каналы. Общее число каналов n_{ad} определяется суммой:

$$n_{ad} = n_{tp} + n_{tg} + n_{tw} + n_{pd} + n_{tr} \quad (4.5)$$

где: n_{tp} – число двухсторонних каналов для телефонной связи,
 n_{tg} – то же для телеграфной связи,
 n_{pw} – то же для передачи проводного вещания,
 n_{pd} – то же для передачи данных,
 n_{tr} – транзитные каналы.

Так как число каналов для организации связи различного назначения может быть выражено через число телефонных каналов, то целесообразно общее число каналов между оконечными пунктами выразить через телефонные каналы.

$$n_{tg} + n_{tw} + n_{pd} + n_{pw} + n_{tr} \approx n_{tp} \quad (4.6)$$

Тогда общее число каналов можно рассчитать по формуле:

$$n_{ab} = 2 \cdot n_{tp} \quad (4.7)$$

Расчет первичных цифровых потоков рассчитывается по формуле:

$$N_{E1} = \frac{N_{общ}}{30} \quad (4.8)$$

Пример

Комсомольск на Амуре-Владимировка:

$$m_a = 0,4 \cdot 95930,16 = 36453,4 \text{ чел}$$

$$m_b = 0,4 \cdot 2372,4 = 901,5 \text{ чел}$$

$$n_{тф} = 1,3 \cdot 0,12 \cdot 0,05 \frac{36453,4 \cdot 901,5}{36453,4 + 901,5} + 5,6 = 13$$

Комсомольск на Амуре-Владимировка::

$$n_{аб} = 13 \cdot 2 = 26 \text{ ,}$$

$$N_{E1} = \frac{26}{30} = 0,83 \approx 1 \text{ ПЦП}$$

Полученное число потоков $E1$ округлить в большую сторону до целого числа. Затем рассчитать суммарное количество потоков $E1$, которое раздает главная станция.

По рассчитанному количеству ПЦП выбирается оптический стык, при этом оптический стык STM-1 обеспечивает передачу 63 ПЦП, STM-4 – 252 ПЦП, STM-16 – 1008 ПЦП. Параметры оптических стыков приведены в Приложении А.

Далее в курсовом проекте следует выбрать систему передачи (при необходимости указать количество СП) и тип ОК.

5 ВЫБОР ТИПА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ТИПА ОК

Система передачи выбираются исходя из необходимого числа телефонных каналов.

Тип кабеля и система передачи выбираются так, чтобы при соблюдении необходимых качественных показателей проектируемая линия была наиболее экономичной как по капитальным затратам, так и по эксплуатационным расходам.

5.1 Выбор системы передачи

В настоящее время выпускается достаточно много ВОСП как отечественных, так и зарубежных. Большой интерес представляет аппаратура Синхронной Цифровой Иерархии (SDH).

Системы передачи Синхронной Цифровой Иерархии разработаны специально для ВОЛП и имеют следующие преимущества:

- высокая скорость передачи STM-1 – 155 Мбит/с, STM-4 – 622 Мбит/с, STM-16 – 2,5 Гбит/с;
- упрощённая схема построения и развития сети связи;
- малые габариты и энергопотребление;
- высокая надёжность сети;
- полный программный контроль за состоянием сети;
- гибкая система маршрутизации потоков;
- высокий уровень стандартизации технологии SDH.

В курсовом проекте возможен выбор систем передачи SDH и PDH, информацию о которых можно получить в дополнительной литературе. При этом необходимо привести основные технические характеристики выбранной аппаратуры в таблицу 5.1.

Таблицу 5.1- Основные технические данные STM-N

Рабочая длина волны, нм	
Максимальная ширина спектра излучения ППЛ $\Delta\lambda$, нм	
Минимальная мощность сигнала на выходе ППЛ $p_{\text{пер. min}}$, дБ	
Максимальная мощность сигнала на выходе ППЛ $p_{\text{пер. max}}$, дБ	
Минимальная чувствительность фотоприёмника $p_{\text{пр. min}}$, дБ	
Уровень перегр. фотоприёмника $p_{\text{перегр. max}}$, дБ	

5.2 Выбор типа ОК

В настоящее время существует большое разнообразие оптических кабелей с одномодовыми волокнами как импортного, так и отечественного

производства. Надо отметить, что отечественная промышленность выпускает кабели, практически не уступающие импортным по своим характеристикам. Это достигается использованием при их производстве импортных компонентов, в первую очередь, оптического волокна, от ведущих мировых фирм.

Прокладка ОК производится с использованием технологий, виды которых определяются проектом, условиями прокладки, типами используемых ОК, используемым оборудованием и др.

Во всех случаях при прокладке не должны превышать нормируемые нормативно-технической документацией на кабели механические воздействия (в первую очередь усилия растяжения и сжатия), климатические условия (нижняя предельная температура прокладки, как правило, составляет минус 10 °С), допустимые радиусы изгиба ОК (радиус изгиба не должен быть менее 20 наружных диаметров ОК) и т.д.

В курсовом проекте необходимо выбрать марку кабеля для проектируемой ВОЛС и привести его сечение на отдельном листе.

Кроме того, заданием на курсовое проектирование предусмотрено, что учащиеся должны выбирать марку оптического кабеля соответствующего завода производителя в зависимости от варианта задания на курсовое проектирование. В пункте 2 данного учебного пособия приведены названия фирм производителей для каждого из вариантов и электронные адреса сайтов, где выложена информация о производимой данным заводом продукции.

При выборе марки ОК предпочтение следует отдавать маркам кабеля, имеющего меньшую массу, меньший диаметр (для упрощения прокладки), меньшую стоимость. Не следует забывать, что ОК должен удовлетворять требованиям по растягивающему усилию и выдерживать изменения температур, в местности, где он будет проложен. Число оптических волокон (ОВ) в выбранном ОК, не должно превышать 8 - 12 (2 основных ОВ + 2 резервных ОВ, оставшиеся ОВ можно сдавать в аренду или оставить для развития проектируемой сети в будущем).

Основные технические характеристики выбранных кабелей следует привести в виде таблицы 5.2

Таблица 5.2 - Технические характеристики ОК (указать маркировку)

Внешний диаметр кабеля	16 мм
Расчётная масса километра кабеля	не более - 480 кг
Температура транспортировки и хранения	-50 °С : +50 °С
Рабочая температура	-50 °С : +60 °С
Температура монтажа	-10 °С : +50 °С
Хроматическая дисперсия, пс/кмнм	
на длине волны 1310 нм	3,5
на длине волны 1550 нм	18
Коэффициент затухания, дБ/км	
на длине волны 1310 нм	0,35

на длине волны 1550 нм	0,22
Количество модулей	12
Количество волокон в модуле	2
Максимальная строительная длина, м, не менее	4000
Стойкость к статическим растягивающим усилиям	2.5 - 7 кН
Стойкость к динамическим растягивающим усилиям	Более 15%, чем к статическим
Стойкость к раздавливающим усилиям	1 кН/см
Минимальный радиус изгиба	20 внешних диаметров кабеля

Для каждого из выбранных кабелей необходимо привести подробную расшифровку марки ОК (маркообразование). Маркообразование можно найти на сайте завода-производителя данного ОК. Ниже приведён пример маркообразования для кабеля ЭКБ-ДПС-П48Е:

ЭКБ - Эликс кабель (производитель)

Д - Диэлектрический центральный элемент

П - Полимерный вид внутренней оболочки

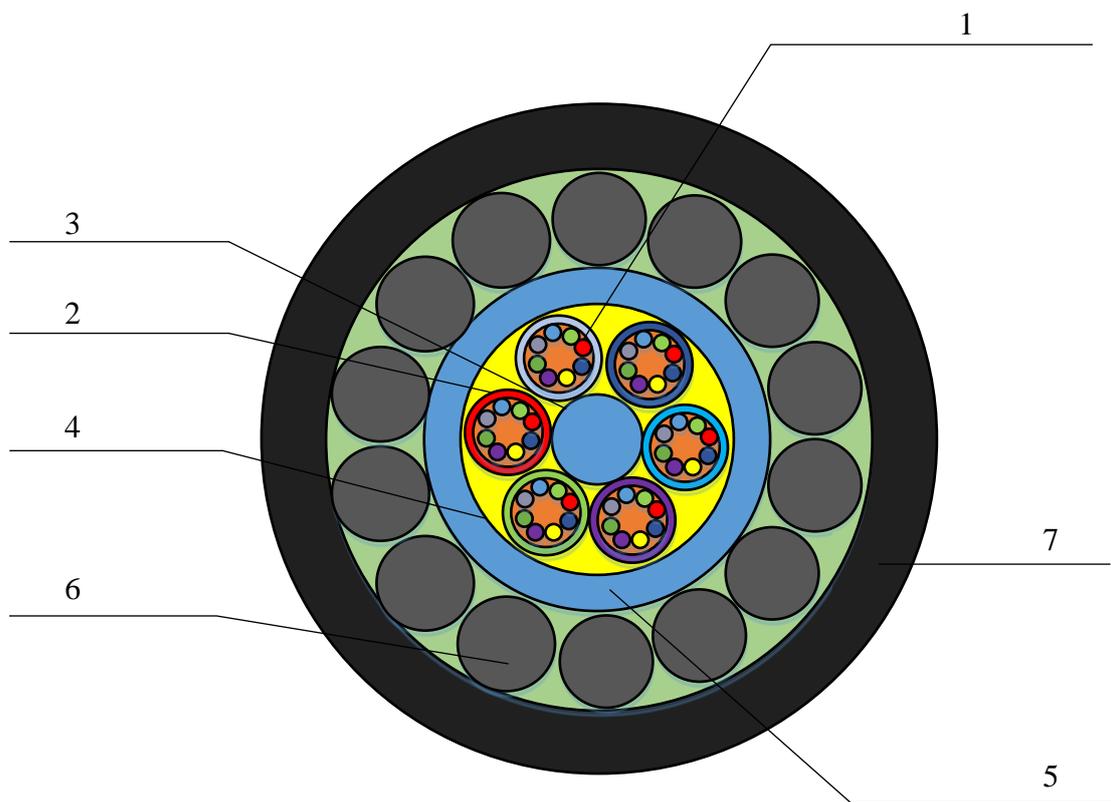
С - Тип защитного покрова: С однослойной бронёй из круглых стальных проволок

П - Материал шланга : Полиэтилен высокой и средней плотности

24 - число оптических волокон

Е - Тип оптического волокна : Одномодовое стандартное ОВ

На рисунке 5.1 показано, как должен выглядеть этот рисунок на примере оптического кабеля ЭКБ-ДПС-П48Е:.



Условные обозначения

- 1 - Оптическое волокно
- 2 – Оптический модуль
- 3 – центральный силовой элемент
- 4 – Гидрофобный наполнитель
- 5 – Внутренняя оболочка
- 6 – Круглопроволочная броня
- 7 – Внешняя оболочка из негорючего материала

Рисунок 5.1 - Сечение кабеля ЭКБ-ДПС-П48Е

6 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЛП

6.1 Расчет параметров волоконно- оптического кабеля

Расчет показателя преломления оптического волокна

Основными параметрами ОК являются:

- числовая апертура (N_A), характеризующая эффективность ввода (вывода) световой энергии в оптическое волокно и процессы их распространения в ОК;
- затухание (α), определяющее дальность передачи по оптическому кабелю и его эффективность;
- дисперсия (τ), характеризующая уширение импульсов и пропускную способность ОК.

Для выбора оптического кабеля нужно рассчитать его апертуру и нормированную частоту.

Числовая апертура характеризует эффективность ввода (вывода) световой энергии в оптическое волокно и процессы их распространения в ОК.

Расчет числовой апертуры производится по формуле:

$$N_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (6.1)$$

где: n_1 - показатель преломления сердцевины оптического волокна;

n_2 - показатель преломления оболочки волокна.

Значение n_2 задано в задании на курсовой проект, значение n_1 определяется с учетом заданного соотношения между n_1 и n_2 (см. таблицу 3.1):

$$n_1 = \left(1 + \frac{x}{100}\right)n_2, \quad (6.2)$$

где: x - заданное превышение n_1 над n_2 в процентах.

Режим работы оптического волокна оценивается значением обобщенного параметра, называемого нормированной частотой.

Расчет нормированной частоты производится по формуле:

$$\nu = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot N_A, \quad (6.3)$$

где: a - радиус сердцевины ОВ, мкм;

λ - длина волны, мкм;

N_A - числовая апертура.

Если $\nu < 2,405$ - режим работы ОВ одномодовый, при $\nu > 2,405$ - режим работы многомодовый.

Расчет затухания оптического волокна

Оптическое волокно характеризуется двумя важнейшими параметрами: затуханием и дисперсией. Чем меньше затухание (потери) и чем меньше дисперсия распространяемого сигнала в волокне, тем больше может быть расстояние между регенерационными пунктами.

Затухание в общем понимании обусловлены собственными потерями в оптическом волокне α_c и дополнительными потерями, так называемыми кабельными, обусловленными скруткой, а также деформацией и изгибами оптических волокон при наложении покрытий и защитных оболочек в процессе изготовления оптического кабеля. Собственные потери волоконных световодов состоят из потерь поглощения (α_n) и потерь рассеяния (α_p).

$$\alpha_c = \alpha_n + \alpha_p \quad (6.4)$$

Ослабление за счет потерь поглощения α_n связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, линейно растет с частотой и существенно зависит от свойств материала световода и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_n = 8,68 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg} \delta}{\lambda} \cdot 10^3 \text{ дБ/км}, \quad (6.5)$$

где: n_1 - показатель преломления сердцевинны;

λ - длина волны ($1.31 \cdot 10^{-9}$ или $1.55 \cdot 10^{-9}$), м;

$\text{tg} \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь в световоде $2.4 \cdot 10^{-12}$.

Рассеивание обусловлено неоднородностями материала волоконного световода, размеры которых меньше длины волны и тепловой флуктуации показателя преломления. Потери на рассеивание рассчитываются по формуле:

$$\alpha_p = \frac{8 \cdot \pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot (n_1^2 - 1) \cdot K \cdot T \cdot \chi \cdot 10^3 \cdot 4.34 \text{ дБ/км}, \quad (6.6)$$

где: n_1 - показатель преломления сердцевинны;

λ - длина волны, м;

K - постоянная Больцмана, равная $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/}^\circ\text{K}$;

T - температура перехода стекла в твердую фазу, равная 1500°K ;

χ - коэффициент сжимаемости, равный $8,1 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{Н}$.

Таким образом, согласно формуле (6.4) определяется собственное затухание кабеля

Дополнительные потери в оптическом волокне обусловлены деформацией оптического волокна в процессе изготовления, скруткой, изгибами волокон и т.д. При этом потери на микроизгибе могут изменяться в пределах (0,01-0,1) дБ, затухание кабеля, выше которого волокно признается несоответствующим эксплуатационным нормам и признается неисправным, с учетом дополнительных потерь равно:

$$\alpha_n = \alpha_c + \alpha_k \quad (6.7)$$

Кабельные потери в ОК обусловлены потерями на макро и микро изгибах, т.е деформацией ОВ в процессе изготовления, скруткой, изгибами волокон и т.д.

В курсовом проекте значение кабельных потерь необходимо выбрать согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Значения кабельных потерь в дБ для различных вариантов КП

Номер варианта КП	1–5, 26-29	6–10, 29-32	11–15, 33-34	16– 20, 35-38	21 – 25 39-40
α_k , дБ	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07

Расчет дисперсии оптических волокон

В световодах при передаче импульсов после прохождения некоторого расстояния импульсы искажаются, расширяются и наступает момент, когда соседние импульсы перекрывают друг друга. Это явление называется дисперсией.

Дисперсия возникает по двум причинам : некогерентность источника излучения и появление спектра $\Delta\lambda$, существование большого числа мод.

Первая называется хроматической (частотной) дисперсией, которая делится на материальную и волноводную. Материальная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента преломления материала световода от длины волны. Второй вид дисперсии носит название модовой, которая отсутствует в одномодовых световодах. В одномодовых световодах проявляется материальная и волноводная дисперсии, которые рассчитываются по формулам :

$$\tau_m = \Delta\lambda \cdot M(\lambda), \quad (6.8)$$

$$\tau_s = \Delta\lambda \cdot B(\lambda), \quad (6.9)$$

где: $\Delta\lambda$ - ширина спектра источника излучения, при использовании инжекционного лазера составляет нм;

$M(\lambda)$ -удельная дисперсия материала;

$B(\lambda)$ -удельная волновая дисперсия.

В одномодовом оптическом волокне результирующая дисперсия определяется хроматической дисперсией по формуле:

$$\tau_{рез} = \Delta\lambda \cdot (B(\lambda) + M(\lambda)), \quad (6.10)$$

Значение удельной дисперсии материала $M(\lambda)$ и удельной волноводной дисперсии $B(\lambda)$ определим по таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Значения $M(\lambda)$ и $B(\lambda)$

Длина волны λ , мкм	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.55	1.6	1.8
$M(\lambda)$, пс/(км нм)	400	125	40	10	-5	-5	-18	-20	-25
$B(\lambda)$, пс/(км нм)	5	5	6	7	8	8	12	14	16

6.2 Расчет длины регенерационного участка

Расчет длины регенерационного участка с учетом ослабления сигнала

На вводе луча в волокно сигнал затухает на величину α_{ax} . Часть сигнала также теряется в разъемном соединителе, соединяющем приемник и передатчик с оптическим кабелем, это затухание равно α_{pc} . Так как регенерационный участок

содержит определенное количество строительных длин, которые соединены между собой неразъемными соединителями, вносящими затухание a_{nc} , то общее, вносимое ими ослабление определяется количеством этих соединителей. На выводе луча из волокна также имеет место ослабление сигнала, равное $a_{вых}$. Следует также учесть затухание, вносимое самим кабелем:

$$a_k = \alpha_k \cdot l_{py}, \text{ дБ}, \quad (6.11)$$

где : α_k - километрическое затухание (ослабление) кабеля, дБ/км;

l_{py} - длина усилительного участка, км.

С учетом вышесказанного можно записать:

$$P_{пр} = P_{пер} - \alpha_k l_{py} - a_{ex} - a_{вых} - 2a_{pc} - \left(\frac{l_{py}}{l_{cd}} - 1 \right) a_{nc}, \text{ дБм} \quad (6.12)$$

$P_{пр.мин}$ – минимальный уровень сигнала на входе фотоприемника

α_{pc} – потери в разъемном соединении, возникающие при подключении приемника и передатчика к оптическому кабелю; Потери в лучших образцах разъемных соединителей (оптических коннекторах) составляет 0,3 – 0,5 дБ на одно соединение.

$\alpha_{вх}$, $\alpha_{вых}$ – потери при вводе и выводе излучения из волокна, дБ.

Потери при вводе света в волокно для полупроводникового лазера составляют

$\alpha_{вых} = 1$ дБ, при вводе света на фотоприемник – $\alpha_{вх} = 1$ дБ.

α_{nc} – потери в неразъемных соединениях, дБ.

Способы сращивания оптических волокон, посредством сварки автоматическими устройствами, обеспечивают величину потерь на одном сращивании в пределах 0,01 – 0,3 дБ.

α – коэффициент ослабления оптического волокна, дБ/км;

l_{cd} – строительная длина оптического кабеля, км.

Энергетический потенциал аппаратуры рассчитывается по формуле

$$P = P_{пер} - a_{ex} - a_{вых} - P_{пр.мин} \quad (6.13)$$

Из технических данных на аппаратуру STM-N имеем:

$$P_{пер.мин} =$$

$$P_{пр.мин} =$$

Энергетический потенциал для аппаратуры STM-N таким образом составляет:

$$P_{max} = P_{пер.мин} - P_{пр.мин} \text{ дБ} \quad (6.14)$$

Длину усилительного участка рассчитывается по формуле (при расчете следует учесть, что $a_{nc} = 0,1 - 0,3$ дБ, $a_{pc} = 1 - 2$ дБ,):

$$l_{py,max} = \frac{P + a_{nc} - 2a_{pc}}{\alpha_k l_{cd} + a_{nc}} \cdot l_{cd} \text{ км}, \quad (6.15)$$

где : l_{cd} - строительная длина кабеля, км.

Минимальная длина регенерационного участка рассчитывается по формуле:

$$I_{py\min} = \frac{P_{\min}}{a + \frac{a_{nc}}{I_{cd}}} \quad (6.16)$$

где: P_{\min} – минимальный энергетический потенциал системы передачи.
 Рассчитывается по формуле:

$$P_{\min} = P_{\text{пер min}} - a_{\text{вх}} - a_{\text{вых}} - P_{\text{перегрузки}}, \text{ дБ} \quad (6.17)$$

где: $P_{\text{перегрузки}}$ - уровень перегрузки,

Расчет длины регенерационного участка с учетом дисперсии

Длина регенерационного участка с учетом дисперсии рассчитывается по формуле 6.16:

$$l_{py} \leq \frac{0,44}{F_T \cdot \tau_{рез}}, \text{ км}, \quad (6.16)$$

где: F_T – тактовая частота системы передачи, Гц зависит от уровня STM в проектируемой сети связи;;

$\tau_{рез}$ – рассчитанное значение результирующей дисперсии оптического кабеля, с/км.

$$l_{p\min} \geq l_{\text{проект. участка}} \leq l_{p\max}$$

Из произведенных расчетов сделать соответствующие выводы .

6.3 Расчет параметров надежности ВОЛП

Требуемая быстрота и точность передачи информации средствами электросвязи обеспечиваются высоким качеством работы всех звеньев сети электросвязи: предприятий, линий связи, технических средств. Обобщающим показателем работы средств связи является надёжность.

Надёжность – комплексное свойство, которое в зависимости от условий строительства и эксплуатации, может включать долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость, либо определённое сочетание этих параметров. Надёжность ОК – свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

При проектировании должна быть произведена оценка показателей надёжности. В курсовом проекте необходимо рассчитать коэффициент готовности (K_r) и время наработки на отказ (T_o).

Коэффициент готовности кабеля (ВОЛП) – вероятность того, что кабель (ВОЛП) окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых он подвергается профилактическому контролю.

Наработка на отказ – среднее значение времени наработки между двумя последовательными отказами.

Время восстановления ОК – продолжительность восстановления работоспособного состояния двух или нескольких ОВ.

Требуемые показатели надёжности для внутризонавой первичной сети (ВзПС) и магистральной первичной сети (СМП) ВВС РФ с максимальной протяжённостью L_M (без резервирования) приведены в таблицах 6.3 и 6.4 в соответствии с РД 45.047-99.

Таблица 6.3 – Показатели надёжности для ВзПС, $L_M = 1400$ км

Показатель надёжности	Канал ОЦК на перспективной цифровой сети	АЛТ
Коэффициент готовности	> 0,998	0,99
Среднее время между отказами, час	> 2050	> 350
Время восстановления, час	< 4,24	См. примечание

Таблица 6.4 – Показатели надёжности для СМП, $L_M = 12\ 500$ км

Показатель надёжности	Канал ОЦК на перспективной цифровой сети	АЛТ
Коэффициент готовности	> 0,982	0,92
Среднее время между отказами, час	> 230	> 40
Время восстановления, час	< 4,24	См. примечание

Примечание: для оборудования линейных трактов на ВзПС и СМП должно быть: время восстановления НРП-Тв нрп < 2,5 часа (в том числе время подъезда – 2 часа);

время восстановления ОРП, ОП-Тв орп < 0,5 часа;

время восстановления ОК-Тв ок < 10 часов (в том числе время подъезда 3,5 часа).

Расчёт параметров надёжности в курсовом проекте будем производить для канала ОЦК на перспективной цифровой сети.

Среднее число (плотность) отказов ОК за счёт внешних повреждений на 100 км кабеля в год:

$$\mu = 0,34$$

Тогда интенсивность отказов ОК за 1 час на длине трассы ВОЛП (L) определится как:

$$\lambda_0 = \frac{\mu \cdot L}{8760 \cdot 100}, \quad (6.17)$$

где: L – длина проектируемой магистрали, км;

8760 – количество часов в году.

При существующей на эксплуатации стратегии восстановления, начинающегося с момента обнаружения отказа (аварии) коэффициент простоя (неготовности) определяется по формуле:

$$K_{П(L)} = \frac{\lambda_0 \cdot (T_B - 0,7t_1)}{1 + \lambda_0 \cdot T_B}, \quad (6.18)$$

где: T_B – время восстановления (из табл. 6.3 и 6.4);

$T_{0(L)}$ – среднее время между отказами для проектируемой линии протяжённостью L ,

t_1 – время подъезда ($t=2$ часа).

$$T_{0(L)} = T_0 \frac{L_M}{L}, \quad (6.19)$$

где: T_0 и L_M из таблиц 6.3 и 6.4.

Тогда $K_{Г(L)}$ определится по формуле

$$K_{Г(L)} = 1 - K_{П(L)} \quad (6.20)$$

В курсовом проекте необходимо сравнить полученные значения параметров надёжности с нормативными показателями, сделать выводы.

7 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ

После расчётов длин регенерационных участков необходимо разработать схему организации связи

Для того чтобы спроектировать сеть в целом нужно пройти несколько этапов на каждом из которых решается та или иная функциональная задача – это могут быть:

- выбор топологии сети (в курсовом проекте выберем топологию линейная цепь)

- выбор оборудования узлов сети в соответствии с указанной топологией

Разработка схемы организации связи

Размещение ОРП и НРП производится с учётом полученных допустимых длин регенерационных участков, ОРП и НРП следует располагать в населённых пунктах, где они могут быть обеспечены электроэнергией. В случае размещения НРП на трассе в незатопляемых возвышенных местах необходимо предусмотреть организацию дистанционного питания НРП и соответственно выбрать оптический кабель с медными жилами.

Длина проектируемого участка, т.е. расстояние между НРП, должно обеспечивать выполнение следующего условия:

$$L_{a \max} \geq L_{\text{проект. участка}} \geq L_{a \min}$$

Примерная схема организации связи представлена на рисунке 7.1

8 ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЛС

В данном пункте курсового проекта студент должен описать пункт согласно своего индивидуального задания .

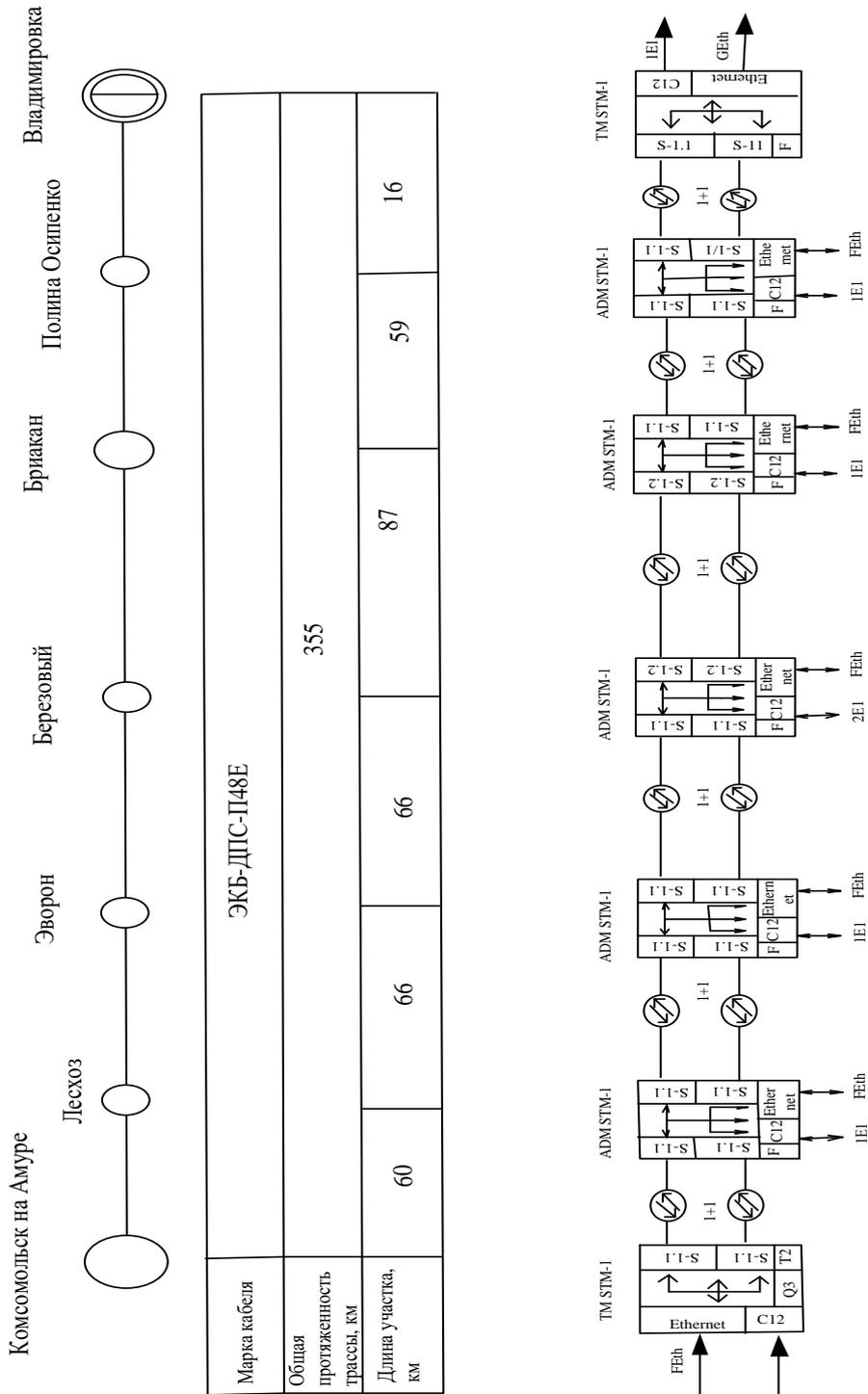


Рисунок 7.1 – Схема организации связи

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Параметры оптических стыков STM-1

Рабочий диапазон длин волн, нм	1310	1550
Макс. ширина спектра на уровне– 20 дБ, нм	1	1
Мин. подавление соседних мод, дБ	30	30
Средняя излуч. мощность, дБм		
максимальная	0	0
минимальная	-5	-5
Мин. чувствительность, дБм	– 34	– 34
Мин. перегрузка, дБм	– 10	– 10
Макс. дополнительные потери ОТ, дБ	1	1

Таблица А.2 – Параметры оптических стыков STM-4

Рабочий диапазон длин волн, нм	1310	1550
Макс. ширина спектра на уровне– 20 дБ, нм	0,5	0,5
Мин. подавление соседних мод, дБ	30	30
Средняя излуч. мощность, дБм		
максимальная	2	+ 2
минимальная	– 3	– 3
Мин. чувствительность, дБм	– 28	– 28
Мин. перегрузка, дБм	– 8	– 8
Макс. дополнительные потери ОТ, дБ	1	1

Таблица А.3 – Параметры оптических стыков STM-16

Рабочий диапазон длин волн, нм	1310	1550
Макс. ширина спектра на уровне– 20 дБ, нм	0,1	0,1
Мин. подавление соседних мод, дБ	30	30
Средняя излуч. мощность, дБм		
максимальная	2	5
минимальная	-2	1
Мин. чувствительность, дБм	–27	– 28
Мин. перегрузка, дБм	-7	– 7
Макс. дополнительные потери ОТ, дБ	1	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и одного демонстрационного листа.

Пояснительная записка должна иметь не более 25-30 страниц. Полученные в результате расчётов значения затухания, дисперсии ОВ, длин регенерационных участков и т. п. нужно округлять до двух значащих цифр после запятой.

Необходимо обратить внимание на то, чтобы у всех величин были указаны соответствующие размерности. Это в полной мере относится и к таблицам. Размерности обозначаются русскими буквами без каких-либо скобок, например: 0,21 дБ/км; 12 пс/(км·нм) и т.д.

Пояснительная записка выполняется на стандартных листах бумаги (210x297 мм), На каждой странице пояснительной записки должна быть рамка с границами: с левой стороны листа 20 мм от края, сверху, снизу и справа по 5 мм от края листа. Текст располагается на расстоянии 5 мм от рамки (слева и справа), красная строка находится на расстоянии 20 мм от рамки слева.

Пояснительная записка выполняется 14 шрифтом «Times New Roman», межстрочный интервал полуторный, цвет шрифта чёрный, распределение текста «по ширине». В соответствии с ГОСТ запрещено в тексте КП применение: подчёркнутого шрифта, жирного шрифта или курсива [2].

Текст проекта разделяется на разделы, а последние (в случае необходимости) – на подразделы. Разделы нумеруются арабскими цифрами в пределах всего проекта. Подразделы следует нумеровать: первого раздела 1.1; 1.2; 1.3 ..., второго раздела 2.1; 2.2 и т.д. Названия разделов пишутся ПРОПИСНЫМИ буквами. Названия подразделов – строчными (кроме первой прописной). Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 3-4 интервала (1,5 см), а расстояние между заголовком раздела и подраздела 2 интервала (0,8 см). В конце: заголовка раздела, подраздела, названия рисунка, таблицы точку не ставят. Подчёркивать заголовки или переносить слова в них не допускается. Названия разделов, подразделов и таблиц пишутся с абзацевого отступа [2].

Каждый новый раздел (не подраздел) должен начинаться с нового листа.

Рисунки размещаются после ссылки на них на отдельном листе пояснительной записки. Все рисунки нумеруются последовательно в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделённых точкой. Каждый рисунок сопровождается подписью. Подпись размещается по центру под рисунком [2]. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер в пределах раздела. Заголовок таблицы помещается над таблицей с абзацевого отступа. В названии рисунка (или таблицы) после номера рисунка ставится тире, например: Рисунок 1.1 – Функциональная схема мультиплексора XDM-1000; Таблица 1.2 – Технические характеристики выбранных оптических кабелей.

Любой текст внутри рисунка (или таблицы) должен выполняться 14 шрифтом «Times New Roman» [Л2]. Цветные рисунки должны быть вынесены из пояснительной записки в приложение. Запрещается размещать в тексте курсового проекта сканированные рисунки или фотографии. Все рисунки должны быть выполнены в программе «Visio».

Формулы, на которые имеются ссылки в тексте, должны нумероваться в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой и заключённых в круглые скобки, например: (2.16). Номер формулы помещается с правой стороны листа на уровне формулы, к которой он относится. При ссылке на формулу необходимо указывать её полный номер, заключённый в скобках, например: «В формуле (2.16)....».

В ссылке в тексте на источники следует приводить порядковый номер источника, заключённый в квадратные скобки, например: «Как показано в [5]...».

В список литературы включают все использованные источники по следующему образцу:

1 Гордиенко В.Н. Многоканальные телекоммуникационные системы / В.Н. Гордиенко, М.С. Тверецкий. Учебник. – М. : «Горячая линия – Телеком», 2013. – 396 с.

2 Горлов Н.И. Оптические линии связи и пассивные компоненты ВОСП / Н.И. Горлов, А.В. Микиденко, Е.А. Минина. Учебное пособие. – Н. : СибГУТИ, 2003. – 229 с.

3 Официальный сайт компании НПО «Электропровод» : Подвесной оптический кабель с вынесенным силовым элементом // [Электронный ресурс]. – [П., 2018]. – Режим доступа: «<http://www.elprovod.ru>

4 Официальный сайт компании ООО «Инкаб» : Подвесной оптический кабель с вынесенным силовым элементом // [Электронный ресурс]. – [П., 2018]. – Режим доступа: «<http://www.incab.ru>

5 Рекомендация G.655 Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля с ненулевой смещенной дисперсией. – Введ. 13.11.2009. – М. : Международный союз электросвязи : Издательство стандартизации, 2009. – 26 с.

6 Рекомендация G.703 Физические электрические характеристики иерархических цифровых интерфейсов. – Введ. 13.04.2016. – М. : Международный союз электросвязи : Издательство стандартизации, 2016. – 66 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Варданян В.А. Расчет характеристических параметров компонентов волоконно-оптических систем связи [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Варданян В.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019.— 38 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45486.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Гордиенко В.Н. Многоканальные телекоммуникационные системы [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2019.— 396 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37189.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Родина О.В. Волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Родина О.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2012.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11980.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта Проектирование междугородной волоконно-оптической линии передачи по курсу Направляющие среды электросвязи [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический университет связи и информатики, 2015.— 32 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61531.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи их монтаж и измерение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Портнов Э.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2012.— 448 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12011.html>.— ЭБС «IPRbooks»
- 6.Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ефанов В.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 149 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14032.html>.— ЭБС «IPRbooks»
- 7.Савин Е.З. Волоконно-оптические кабели и пассивные компоненты ВОЛП [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Савин Е.З.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012.— 223 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16182.html>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Нормы на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральной и внутризоновой первичных сетей. Введены в действие приказом Минсвязи РФ от 10.08.2003 г. № 92. Научно-технические и реферативные журналы
9. Правила технической эксплуатации первичных сетей взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. Книги 1.2. Введены в действие приказом Госкомсвязи РФ от 19.10.2009 №197.