

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**ХАБАРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»**

Л.И. Ситикова

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ
И ВНУТРИЗОНОВЫХ ВОЛП**

Методические указания по курсовому и дипломному проектированию

ХАБАРОВСК 2015

ББК 32.889

Ситикова Л.И. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию по курсу «Направляющие системы электросвязи».

Методические указания содержат методику расчёта волоконно-оптических линий передачи на магистральных и внутризоновых направлениях. Указания предназначены для руководства при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами специальности МТС дневного и заочного форм обучения ХИИК ГОУ ВПО «СибГУТИ».

Рецензент: Кудашова Л.В., кафедра МТС.

Рассмотрено и утверждено советом ФДО.

Протокол № 8 от 19 мая 2006 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЖДУГОРОДНЫХ ВОЛП.....	5
2.1 ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЖДУГОРОДНЫХ ВОЛП	5
2.2 ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ	7
3. ВЫБОР ТРАССЫ	8
3.1 ВЫБОР ТРАССЫ НА ЗАГОРОДНОМ УЧАСТКЕ.....	8
3.2 ВЫБОР ТРАССЫ В НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТАХ	10
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА КАНАЛОВ НА ВНУТРИЗОНОВЫХ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ..	13
5. ВЫБОР СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЁМКОСТИ КАБЕЛЯ	15
6. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА.....	17
6.1 РАСЧЁТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ.....	17
6.2 РАСЧЁТ ЧИСЛОВОЙ АПЕРТУРЫ И АПЕРТУРНОГО УГЛА	17
6.3 РАСЧЁТ НОРМИРОВАННОЙ ЧАСТОТЫ.....	17
6.4 РАСЧЁТ ЧИСЛА РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ МОД.....	18
6.5 РАСЧЁТ ДИАМЕТРА МОДОВОГО ПОЛЯ	18
6.6 РАСЧЁТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ОТСЕЧКИ (КРИТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ) И КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ	18
6.7 РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ n_1 и n_2	19
7. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА.....	21
7.1 РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ ОВ	21
7.2 РАСЧЁТ ДИСПЕРСИИ	24
7.3 РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ФАЗЫ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПО ОПТИЧЕСКОМУ КАБЕЛЮ	28
8. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ	30
9. РАСЧЁТ ДЛИНЫ УЧАСТКА РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЛП	31
10. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ	34
11. РАСЧЕТ СУММАРНОЙ ДЛИНЫ ПРОКЛАДЫВАЕМОГО ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ	36
12. РАСЧЁТ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАДЁЖНОСТИ ВОЛП	37
ПРИЛОЖЕНИЕ А	41
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:.....	86

ВВЕДЕНИЕ

Концепция дальнейшего развития первичной Единой сети электросвязи Российской Федерации предусматривает её осуществление в основном за счёт нового строительства ВОЛП с применением волоконно-оптических систем передачи, прокладываемых на магистральной и внутризоновых сетях.

Данное учебное пособие на выполнение курсового проекта разработано в соответствии с требованиями Программы курса «Направляющие системы электросвязи». Курсовой проект является итоговой работой, способствующей глубокому изучению теоретического материала. Для выполнения курсового проекта требуется предварительно изучить все разделы курса «Направляющие системы электросвязи». Полученные в процессе работы над проектом знания способствуют усвоению и закреплению материала программы и позволяют в дальнейшем перейти к дипломному проектированию линейных сооружений междугородных сетей связи.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В соответствии с учебным планом СибГУТИ курсовой проект выполняется в шестом семестре (второй семестр третьего курса). Номер варианта задаётся преподавателем.

При выполнении расчётов в пояснительной записке должна быть приведена в общем виде расчётная формула с расшифровкой всех входящих в неё буквенных обозначений и ссылкой на литературу, из которой взята эта расчётная формула или входящие в неё исходные данные. Результаты расчёта сопровождаются выводами и анализом полученных результатов.

Пояснительная записка должна содержать кроме основного такие разделы, как «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников».

2. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЖДУГОРОДНЫХ ВОЛП

В курсовом проекте необходимо:

1. Выбрать и обосновать трассу ВОЛП. Привести ситуационную схему трассы.
2. Определить необходимое число каналов.
3. Выбрать систему передачи и определить требуемое число ОВ в кабеле.
4. Рассчитать параметры оптического кабеля.
5. Выбрать марку ОК, привести его эскиз и основные технические параметры.
6. Рассчитать длину регенерационного участка.
7. Разработать схему организации связи на основе выбранной системы передачи.
8. Привести схему размещения ОРП и НРП на трассе.
9. Рассчитать нормативные параметры надёжности ВОЛП.
10. Расчет требуемой длины кабеля для строительства ВОЛП.
11. Рассмотреть вопросы строительства, монтажа и измерений параметров ВОЛП в соответствии с индивидуальным заданием (по указанию руководителя проекта).

2.1 Задание на проектирование междугородных ВОЛП

Номер варианта задаётся руководителем проекта.

Таблица 2.1 – Варианты задания.

№ варианта	Оконечные пункты	λ , мкм	n_1
1	Москва – Новгород	1,55	1,49
2	Ярославль – Владимир	1,55	1,485
3	Нижний Новгород – Иваново	1,55	1,48
4	Самара – Казань	1,55	1,475
5	Орёл – Воронеж	1,55	1,49
6	Екатеринбург – Алапаевск	1,31	1,49
7	Кемерово – Мыски	1,31	1,491
8	Хабаровск – Вяземский	1,31	1,492
9	Новосибирск – Барабинск	1,31	1,493
10	Новосибирск – Болотное	1,31	1,494
11	Новгород – Великие Луки	1,55	1,484
12	Ярославль – Череповец	1,55	1,478
13	Курск – Брянск	1,55	1,49
14	Уральск – Оренбург	1,55	1,483
15	Курган – Омск	1,55	1,476
16	Брянск – Москва	1,55	1,49
17	Смоленск – Москва	1,55	1,49
18	Самара – Казань	1,55	1,48
19	Уфа – Челябинск	1,55	1,475
20	Ростов-на-Дону – Ставрополь	1,55	1,476
21	Новосибирск – Карасук	1,31	1,495
22	Кемерово – Белово	1,31	1,485
23	Кемерово – Анжеро-Судженск	1,31	1,486
24	Кемерово – Новокузнецк	1,31	1,487
25	Кемерово – Киселёвск	1,31	1,488
26	Сумы – Орёл	1,55	1,477
27	Саратов – Тамбов	1,55	1,478
28	Оренбург – Магнитогорск	1,55	1,479
29	Орёл – Москва	1,55	1,48
30	Саратов – Астрахань	1,55	1,481
31	Новосибирск – Томск	1,55	1,482
32	Красноярск – Иркутск	1,55	1,483
33	Иркутск – Чита	1,55	1,484
34	Хабаровск – Владивосток	1,55	1,485
35	Омск – Кемерово	1,55	1,48
36	Кемерово – Междуреченск	1,31	1,489
37	Кемерово – Ленинск Кузнецкий	1,31	1,49
38	Екатеринбург –	1,31	1,488

	Каменск-Уральский		
39	Екатеринбург – Камышлов	1,31	1,487
40	Красноярск – Абакан	1,31	1,486
41	Барнаул – Горноалтайск	1,31	1,485
42	Красноярск – Кызыл	1,31	1,489
43	Владивосток – Находка	1,55	1,481
44	Курган – Тюмень	1,31	1,49
45	Новосибирск – Кемерово	1,55	1,482
46	Иркутск – Улан-Удэ	1,55	1,483
47	Чита – Хабаровск	1,55	1,484
48	Омск – Тюмень	1,55	1,485
49	Якутск – Магадан	1,55	1,486
50	Екатеринбург – Серов	1,55	1,49
51	Хабаровск – Амурск	1,31	1,489
52	Иркутск – Усолье Сибирское	1,31	1,488
53	Хабаровск – Комсомольск-на-Амуре	1,31	1,487
54	Новосибирск – Куйбышев	1,55	1,485
55	Хабаровск – Биробиджан	1,31	1,486
56	Красноярск – Ачинск	1,55	1,475
57	Иркутск – Братск	1,31	1,485
58	Барнаул – Рубцовск	1,55	1,484
59	Барнаул – Бийск	1,31	1,484
60	Кемерово - Прокопьевск	1,31	1,483

2.2 Варианты индивидуального задания

По последним двум цифрам номера студенческого билета

1. Организация и строительство ВОЛП.
2. Подготовительные работы по строительству ВОЛП.
3. Проведение входного контроля и группирование строительных длин ОК.
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. Входной контроль ОВ.
9. Измерения, проводимые в процессе прокладки ОК.
10. Измерения, проводимые в процессе монтажа ОК.
11. Измерения на смонтированном регенерационном участке ВОЛП.
12. Приёмосдаточные измерения.
13. Измерения по оценке качества соединений ОВ.
14. Измерение расстояния до места повреждения ОВ.
15. Определение места повреждения ОВ.
16. Способы определения трассы прокладки ОК.
17. Назначение и виды измерений ВОЛП.
18. Методы измерения затухания ВОЛП.
19. Идентификация рефлектограмм ВОЛП.
20. Измерение затухания ОВ методом обратного рассеяния.
21. Измерение полосы пропускания и дисперсии ОВ.
22. Измерение числовой апертуры ОВ.
23. Современные рефлектометры.
24. Современные сварочные аппараты.
25. Муфты для монтажа ОК.
26. Оптические кроссы.
27. Оптические коммутаторы.
28. Технология изготовления ОВ.
29. Оптические кабели внутренней прокладки.
30. Подводные оптические кабели.
31. Оптические кабели для подвески на опорах.
32. Оптические аттенюаторы.
33. Волоконно-оптические усилители.
34. Неразъёмные и разъёмные соединения ОВ.

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 загородном участке

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

В зависимости от конкретных условий на загородном участке трасса прокладки ВОК выбирается на различных земельных участках, в том числе в полосах отвода автомобильных и железных дорог, охранных и запретных зонах, в коллекторах и тоннелях автомобильных и железных дорог.

Трассы магистральных и внутризоновых ВОК выбираются, как правило, вдоль автодорог общегосударственного и республиканского характера, а при их отсутствии – вдоль автодорог областного и местного значений.

При отсутствии дорог трассы ВОК, при соответствующем обосновании, должны проходить по землям несельскохозяйственного назначения или по сельскохозяйственным угодьям худшего качества. При этом необходимо обходить места возможных затоплений, обвалов, промоин почвы, с большой плотностью поселения грызунов.

Если возникает необходимость в выборе трассы по пахотным землям, то в проекте организации строительства следует учитывать ограничение времени производства строительно-монтажных работ на период между посевом и уборкой сельскохозяйственных культур.

В проекте должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению повреждений пересекаемых подземных коммуникаций при строительстве.

В условиях Сибири, Дальнего Востока и Севера, где дорожная сеть развита слабо, оптические кабели допускается прокладывать в отдалении от дорог.

Выбор трассы прокладки магистрального и внутризонового ВОК на загородном участке следует проводить в следующей последовательности:

1. По географическим картам или атласу автомобильных дорог необходимо наметить возможные варианты трассы;

2. Нанести на кальку чертёж вариантов трассы с указанием масштаба, наиболее крупных и важных коммуникаций (автомобильные и железные дороги, населённые пункты, реки и др.);
3. Сравнить варианты по следующим показателям: длина, количество переходов через препятствия, удобство строительства и эксплуатации.

К проекту прилагается ситуационный чертёж трассы, выполненный на листе формата А4 или А3, на который наносятся все возможные варианты трассы, 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 картографического 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 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	Вариант №3
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.			
4 Число обслуживаемых регенерационных пунктов	1 пункт			

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
Подвеска на опорах	1.06

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.

3.2 Выбор трассы в населённых пунктах

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.

При отсутствии в канализации свободных каналов в проектах нужно предусмотреть строительство новой или докладку каналов в существующей кабельной канализации.

При выборе трассы кабельной канализации нужно стремиться к сокращению числа пересечений с уличными проездами, с автомобильными и железными дорогами. Трасса кабельной канализации должна проектироваться на уличных и внутриквартальных проездах с усовершенствованным покрытием.

Минимально допустимое заглубление трубопроводов кабельной канализации в середине пролёта представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Минимальные значения заглубления трубопроводов.

Материал труб	Под пешеходной частью улиц, м	Под проезжей частью улиц, м	Под электрическими, железнодорожными, трамвайными путями, от подошвы рельс, м
Асбоцемент	0,4	0,6	1,0
Полиэтилен	0,4	0,6	1,0
Сталь	0,2	0,4	-

Смотровые устройства (колодцы) кабельной канализации проектируются:

1. Проходные – на прямолинейных участках трасс, в местах поворота трассы не более чем на 15 градусов, а также при изменении глубины заложения трубопровода;
2. Угловые – в местах поворота трасс более чем на 15 градусов;
3. Разветвительные – в местах разветвления трассы на два (три) направления;
4. Станционные – в местах ввода кабелей в здания телефонной станции.

Типы смотровых устройств (колодцев) определяются ёмкостью вводимых труб или блоков с учётом перспективы развития сети. Расстояние между колодцами не должно превышать 150 м. В проектах рекомендуется предусматривать типовые железобетонные колодцы (ККС 1 ÷ ККС 5, ККСр-1 – ККСр-2).

Прокладка оптических кабелей в кабельной канализации должна осуществляться, как правило, в свободных каналах и располагаться, по возможности, в середине блока по вертикали и у края по горизонтали.

В свободном канале допускается прокладка не более пяти-шести однотипных оптических кабелей. Использовать занятый оптическими кабелями канал для прокладки электрических кабелей не допускается.

Прокладка небронированных оптических кабелей в занятом канале кабельной канализации электрическими кабелями должна предусматриваться в предварительно проложенной полиэтиленовой трубе.

Оптические кабели с бронёй из стеклопластиковых стержней, стальных проволок, лент с защитной полиэтиленовой оболочкой поверх брони могут предусматриваться к прокладке, как по свободным, так и по занятым каналам без прокладки полиэтиленовой трубы.

Пример ситуационной схемы трассы проектируемой ВОЛП приведен на рисунке 3.1.



Условные обозначения:



- Оконечный пункт



- Промежуточный пункт



- Подводная проектируемая ВОЛП



- Подвесная проектируемая ВОЛП



- Подземная проектируемая ВОЛП



- Автомобильная дорога



- Железная дорога



Рисунок 3.1

					«СибГУТИ» XXXXXX.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Ситуационная схема трассы проектируемой ВОЛП	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз								
Н. Контр.								
Утверд.								

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА КАНАЛОВ НА ВНУТРИЗОНОВЫХ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

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 в РФ. Обычно перепись населения осуществляется один раз в пять лет. Поэтому при перспективном проектировании следует учесть прирост населения. Количество населения в заданном пункте и его подчинённых окрестностях с учётом среднего прироста населения.

$$H_t = H_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (4.1)$$

где H_0 – народонаселение в период переписи населения, чел. (берётся из статистического справочника)

p – средний годовой прирост населения в данной местности, % (принимается по данным переписи 2-3%);

t – период, определяемый как разность между назначенным перспективного проектирования и годом проведения переписи населения.

Год перспективного проектирования принимается на 5-10 лет вперед по сравнению с текущим временем. В курсовом проекте следует принять 5 лет вперед. Следовательно,

$$t = 5 + (t_T - t_0),$$

где t_T – год составления проекта;

t_0 – год к которому относятся данные H_0 .

Степень заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социально-бытовых отношений между группами населения, районами и областями. Взаимосвязь между заданными конечными и промежуточными пунктами определяется на основании статистических данных, полученных предприятием связи за предшествующие проектированию годы. Практически эти взаимосвязи выражают через коэффициент тяготения f_1 , который, как показывают исследования, колеблется в широких пределах (от 0,1% до 12%).

Учитывая это, а также то обстоятельство, что телефонные каналы в междугородной связи имеют преобладающее значение, необходимо определить сначала количество телефонных каналов между заданными оконечными пунктами. Для расчёта телефонных каналов используют приближённую формулу:

$$n_{\text{тлф}} = a_1 \cdot f_1 \cdot y \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{m_A + m_B} + \beta_1, \quad (4.2)$$

где a_1 и β_1 – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданными потерями, обычно потери составляют 5%, тогда $a_1 = 1.3$, $\beta_1 = 5.6$;

y – удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка создаваемая абонентом, $y = 0.05$ Эрл

f_1 – коэффициент тяготения, $f_1 = (0.1 \div 12) \%$

m_A и m_B – количество абонентов, определяется от численности населения проживающего в зоне обслуживания.

В перспективе 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:

$$m = 0.38 \cdot H_t \quad (4.3)$$

где H_t – из формулы (4.1).

Таким образом, можно рассчитать число каналов для телефонной связи между заданными оконечными пунктами(а,б), так как по ВОЛС организуются транзитные потоки и потоки передаваемые в аренду, но по кабельной магистрали организуют каналы и других видов связи, а также должны проходить транзитные каналы.

Общее число каналов рассчитывают по упрощённой формуле:

$$n_{\text{аб}} = 1.3 \cdot n_{\text{тф}}, \quad (4.4)$$

где $n_{\text{тф}}$ – число двусторонних телефонных каналов, определяется по (4.2).

Далее в курсовом проекте следует определить необходимое количество первичных цифровых потоков (ПЦП) по формуле:

$$N = \frac{n_{\text{аб}}}{30} + 1 \quad (4.5)$$

и пропускную способность для обеспечения телефонного трафика по формуле:

$$V = 2.048 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \cdot N \quad (4.6)$$

5. ВЫБОР СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЁМКОСТИ КАБЕЛЯ

Ёмкость кабеля и система передачи выбираются исходя из требуемой пропускной способности для передачи информации, которая определяется по формуле:

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{тлф}} + V_{\text{Eth}} + V_{\text{TV}} + V_{\text{IP-TV}} \quad (5.1)$$

где пропускная способность для передачи трафика Интернет (V_{Eth}), каналов телевидение (V_{TV}), IP-телефонии ($V_{\text{IP-TV}}$) задается преподавателем или определяется по среднестатистическим данным операторов, имеющихся в интернете.

По рассчитанной пропускной способности выбирается оптический стык волоконно-оптической системы передачи (STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256), при необходимости возможна организация нескольких систем передачи или систем со спектральным уплотнением (для дипломных работ).

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.

Система связи по оптическому кабелю предусматривает передачу информации по одному оптическому волокну, а приём по другому, что эквивалентно четырёхпроводной однокабельной схеме организации связи. В обоих направлениях сигналы передаются на одной и той же длине волны.

В волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) применяется, как правило, цифровая импульсная передача. Это обусловлено тем, что аналоговая передача требует высокой степени линейности промежуточных усилителей, которую трудно обеспечить в оптических системах. Используя модуляцию интенсивности излучения света проще использовать цифровые системы передачи (ЦСП).

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:

1. высокая скорость передачи STM-1 – 155 Мбит/с, STM-4 – 622 Мбит/с, STM-16 – 2,5 Гбит/с; STM-64 – 10 Гбит/с; STM-256 – 40 Гбит/с;
2. упрощённая схема построения и развития сети связи;
3. малые габариты и энергопотребление;
4. высокая надёжность сети;
5. полный программный контроль за состоянием сети;
6. гибкая система маршрутизации потоков;
7. высокий уровень стандартизации технологии SDH.

Параметры оптических стыков приведены в Приложении А. Количество оптических волокон (ОВ) с учётом перспективы развития следует проектировать в количестве не менее 24. При этом использовать ОВ, соответствующее рекомендации G.652, G.653, G.655.

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

6. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Основными параметрами оптического волокна являются:

1. относительная разность показателей преломления (Δ);
2. числовая апертура (NA);
3. нормированная частота (ν);
4. число распространяющихся мод (N);
5. диаметр модового поля ($d_{мп}$);
6. длина волны отсечки (критическая длина волны $\lambda_{кр}$).

6.1 Расчёт относительной разности показателей преломления

Расчёт производится по формуле:

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2 \cdot n_1} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (6.1)$$

В курсовом проекте n_1 задано, n_2 можно определить из выражения

$$n_1 - n_2 = 0.003 \div 0.0045 ,$$

обеспечивающего одномодовый режим работы.

6.2 Расчёт числовой апертуры и апертурного угла

Расчёт производится по формуле:

$$NA = n_0 \sin \theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} , \quad (6.2)$$

где n_0, n_1, n_2 – показатели преломления воздуха, сердцевины и оболочки;

θ_A – апертурный угол.

$$\theta_A = \arcsin(NA) \quad (6.3)$$

6.3 Расчёт нормированной частоты

Расчёт производится по формуле:

$$\nu = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot NA , \quad (6.4)$$

где a, d_c – радиус сердцевины оптоволокна, мкм;

λ – рабочая длина волны, мкм;

NA – числовая апертура.

Если $0 < \nu < 2.405$, то режим работы волокна одномодовый, если $\nu > 2.405$ – многомодовый. Для обеспечения одномодового режима работы необходимо уменьшить либо диаметр сердцевины (d_c), либо числовую апертуру (NA) через показатели преломления n_1 и n_2 .

6.4 Расчёт числа распространяющихся мод

Расчёт производится по формуле:

1. Для ОВ со ступенчатым ППП:

$$N_{\text{ст}} = \frac{\nu^2}{2} \quad (6.5)$$

2. Для волокна с градиентным ППП:

$$N_{\text{гр}} = \frac{\nu^2}{4} \quad (6.6)$$

6.5 Расчёт диаметра модового поля

Этот параметр используется при анализе одномодовых волокон. В МОВ размер сердцевины принято оценивать диаметром сердцевины, в ООВ – с помощью диаметра модового поля ($d_{\text{мп}}$). Это связано с тем, что энергия основной моды HE_{11} в ООВ распространяется не только в сердцевине, но и частично в оболочке, захватывая её приграничную область. Поэтому $d_{\text{мп}}$ более точно оценивает размеры поперечного распределения энергии основной моды. Величина $d_{\text{мп}}$ является важной при стыковке волокон между собой, а также при стыковке источника излучения с волокном.

$$d_{\text{мп}} = 2 W_0 ,$$

где W_0 – радиус модового поля – значение радиуса, при котором значение интенсивности излучения уменьшается в e раз.

$$W_m = a \cdot (0,65 + 1,619\nu^{-1,5} + 2,879\nu^{-5}) , \quad (6.7)$$

где a – радиус сердцевины, мкм;

ν – нормированная частота.

6.6 Расчёт длины волны отсечки (критической длины волны) и критической частоты

Минимальная длина волны, при которой ОВ поддерживает только одну распространяющуюся моду называется длиной волны отсечки. Этот параметр характерен для ООВ. Если λ рабочая меньше, чем длина волны отсечки, имеет место многомодовый режим распространения света.

Расчёт производится по формуле:

$$\lambda_{\text{кр}} = \lambda_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot NA}{2.405} \quad (6.8)$$

Критическая частота ОВ определяется по формуле:

$$f_{\text{кр}} = \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}}, \quad (6.9)$$

где c – скорость света, м/с;

$\lambda_{\text{кр}}$ – критическая длина волны, мкм.

6.7 Расчёт показателей преломления n_1 и n_2 .

При дипломном проектировании для расчёта показателей преломления n_1 и n_2 следует учитывать их зависимость от длины волны, то есть спектральную зависимость, которая для диапазона длин волн (0.6 ÷ 2.0) мкм характеризуется трёхчленной формулой Селмейера:

$$n^2(\lambda) = \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \cdot J_i^2}{(\lambda^2 - J_i^2)^2} \quad (6.10)$$

где A_i и J_i – коэффициенты, выбираемые в зависимости от состава стекла сердцевины.

λ – длина волны, мкм.

Для изготовления световодов применяют кварцевые стёкла с добавками окиси германия, фосфора, повышающими показатель преломления кварца, и добавками окиси бора, фтора, понижающими показатель преломления стекла. Значение коэффициентов A_i и J_i для стёкол различных составов приведены в таблице 6.1.

При определении показателя преломления основных компонентов волоконного световода, необходимо учитывать, что в качестве материалов светоотражающей оболочки, как правило, применяется чистое кварцевое стекло (SiO_2), а для изготовления сердечника – легированный кварц.

Таблица 6.1 – значения коэффициентов A_i и I_i для стёкол различных составов

Состав стекла	Тип коэффициента	Значение коэффициента при i , равном		
		1	2	3
SiO_2	A_i	0,6961663	0,4079426	0,8974794
	I_i	0,0684043	0,1162414	9,896161
13,5% GeO_2 86,5% SiO_2	A_i	0,73454395	0,42710828	0,82103399
	I_i	0,08697693	0,11195191	10,846540
9,1% GeO_2 7,7% B_2O_3 83,2% SiO_2	A_i	0,72393884	0,41129541	0,79292034
	I_i	0,085826532	0,10705260	9,3772959
13,5% Be_2O_3 86,5% SiO_2	A_i	0,67626834	0,42213113	0,58339770
	I_i	0,076053015	0,11329618	7,8486094
3,1% GeO_2 96,9% SiO_2	A_i	0,7028554	0,4146307	0,8974540
	I_i	0,0727723	0,1143085	9,896162
3,0% Be_2O_3 97,0% SiO_2	A_i	0,6935408	0,4042977	0,9111432
	I_i	0,0727723	0,1256396	9,896154
3,3% GeO_2 9,2% B_2O_3 87,5% SiO_2	A_i	0,6958807	0,4076588	0,9401093
	I_i	0,0665654	0,1211422	9,896140
SiO_2 (с гасящими добавками)	A_i	0,696750	0,408218	0,890815
	I_i	0,069066	0,115662	9,900559
9,1% P_2O_5 90,9% SiO_2	A_i	0,695790	0,452497	0,712513
	I_i	0,061568	0,119921	8,656641
1,0% F 99,0% SiO_2	A_i	0,691116	0,399166	0,890423
	I_i	0,068227	0,116460	9,993707
16,9% NaO_2 32,5% B_2O_3 50,6% SiO_2	A_i	0,796468	0,497614	0,358924
	I_i	0,094359	0,093386	5,999652

Оптические свойства выбранных материалов сердечника и оболочки должны обеспечивать одномодовый режим работы волоконного световода. Для этого необходимо рассчитать значение нормированной (характеристической) частоты:

$$v = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (6.4)$$

где a, d_c – радиус сердцевинны оптоволокна, мкм;

λ – рабочая длина волны, мкм;

n_1 и n_2 – показатели преломления сердцевины и оболочки.

Если нормированная частота $\nu < 2.405$, то в ОВ распространяется лишь один тип волны HE_{11} , и компоненты волоконного световода выбраны правильно.

Если $\nu > 2.405$, то в ОВ устанавливается многомодовый режим работы. Тогда необходимо осуществить повторный выбор материалов сердечника и оболочки, которые обеспечивали бы существование лишь одной моды в оптическом волокне.

7. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

К параметрам передачи ОВ относятся:

1. коэффициент затухания;
2. дисперсия

7.1 Расчёт коэффициента затухания ОВ

Затухание в оптическом волокне – это мера ослабления оптической мощности, распространяемой вдоль ОВ.

Коэффициент затухания в ОВ – это величина затухания на единице длины волокна, выражается в дБ/км и определяется по формуле:

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_k, \quad (7.1)$$

где α_c – собственные потери ОВ;

α_k – кабельные потери ОВ.

Собственные потери α_c выражаются в виде:

$$\alpha_c = \alpha_p + \alpha_{\text{пм}} + \alpha_{\text{ик}} + \alpha_{\text{пр}}, \quad (7.2)$$

где α_p – потери на рассеяние энергии (релеевское рассеяние), дБ/км;

$\alpha_{\text{п}}$ – потери на поглощение, дБ/км;

$\alpha_{\text{ик}}$ – потери на поглощение в инфракрасной области, дБ/км;

$\alpha_{\text{пр}}$ – потери на поглощение энергии посторонними примесями, дБ/км.

Затухание на поглощение связано с потерями на диэлектрическую поляризацию и существенно зависит от свойств материала ОВ,

$$\alpha_{\text{пм}} = 8,69 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg}(\delta)}{\lambda}, \quad (7.3)$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины;

λ – длина волны, км;

$\text{tg}(\delta) = 2.4 \cdot 10^{-12}$ – тангенс угла диэлектрических потерь в оптическом волокне.

Затухание на рассеяние обусловлено неоднородностями материала и тепловыми флуктуациями показателя преломления и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_p = 4.34 \cdot \frac{8 \cdot \pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot (n_1^2 - 1) \cdot K \cdot T \cdot H \cdot 10^3, \quad (7.4)$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины;

λ – длина волны, м;

$K = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана;

$T = 1500$ К – температура перехода в твердую фазу;

$H = 8.1 \cdot 10^{-11}$ м²/Н – коэффициент сжимаемости.

$\alpha_{\text{ик}}$ – составляющая затухания ОВ за счёт потерь в инфракрасной области, рассчитывается для $\lambda_p \geq 1.6$ мкм

$$\alpha_{\text{ик}} = C \cdot e^{-\frac{k}{\lambda}}, \quad (7.5)$$

где $C = 0.9$ дБ/км;

$k = (0.7 \div 0.9) \cdot 10^{-6}$ м;

λ – рабочая длина волны, м;

При правильном выборе материала для ОВ и рабочей длины волны λ суммарное оценочное значение коэффициента затухания ОВ выражается потерями на рэлеевское рассеяние (7.4) и потерями за счёт поглощения (7.3).

Дополнительные потери (7.1) $-\alpha_k$ или кабельные обусловлены технологией изготовления, условиями прокладки, хранения, транспортировки и эксплуатации оптических кабелей.

Кабельное затухание рассчитывается как сумма 7 составляющих:

$$\alpha_k = \sum_{i=1}^7 a_i, \quad (7.6)$$

где α_1 – затухание вследствие термомеханических воздействий на волокно в процессе изготовления кабеля;;

α_2 – затухание вследствие температурной зависимости коэффициента преломления ОВ;;

α_3 – затухание на микроизгибах ОВ;

α_4 – затухание вследствие нарушения прямолинейности ОВ, затухание на макроизгибах;

α_5 – затухание вследствие кручения ОВ вокруг оси

α_6 – затухание из-за неравномерности покрытия ОВ;

α_7 – затухание вследствие потерь в защитной оболочке.

Расчёту подлежат затухания за счёт макро- и микроизгибов. Затухание за счёт излучения при микроизгибах для одномодовых оптических волокон рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{микро}} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{k \cdot h \cdot a^4}{b^6 \cdot \Delta^3} \cdot \frac{W_0^6}{\lambda^4}, \quad (7.7)$$

где k – коэффициент, зависящий от длины и амплитуды микроизгибов, $k = 10 \div 15$;

h – высота микроизгиба от 2,5 до 10 мкм;

a – радиус волокна, мкм;

b – диаметр сердцевины, мкм;

Δ – относительная разность показателей преломления;

W_0 – радиус модового поля, мкм;

λ – длина волны, мкм.

Потери на макроизгибах рассчитываются по формуле:

$$\alpha_{\text{макро}} = \frac{33 \cdot \Delta^{0.25} \cdot \lambda_0^{1.5}}{R_{\text{изг}}^{0.5} - \lambda_p^2} \cdot e^{-k \cdot R_{\text{изг}}}, \quad (7.8)$$

где $\lambda_{\text{кр}}$ – критическая длина волны (длина волны отсечки), мкм;

$R_{\text{изг}}$ – минимально допустимый радиус изгиба для ОК, мкм, или значение меньше $R_{\text{изг min доп}}$, при котором имеет место макроизгиб.

$$k = 1.244 \cdot \frac{\Delta^{1.5}}{\lambda_p} \cdot \left(2.748 - \frac{0.996 \cdot \lambda_p}{\lambda_{кр}} \right)^3, \quad (7.9)$$

где λ – рабочая длина волны, мкм;

$\lambda_{кр}$ – критическая длина волны (длина волны отсечки), мкм;

7.2 Расчёт дисперсии

Дисперсия – это рассеяние во времени спектральных или модовых составляющих оптического сигнала. Дисперсионные искажения имеют характер фазовых искажений. При работе цифровой системы передачи они выражаются в уширении передаваемых импульсов, и, как следствие, в ограничении пропускной способности оптического кабеля.

Причинами дисперсии являются:

1. существование большого количества мод;
2. некогерентность источников излучения.

Дисперсия, возникающая вследствие существования большого количества мод, называется модовой $\tau_{\text{мод}}$. Дисперсия, обусловленная некогерентностью источника излучения, называется хроматической (частотной) дисперсией - $\tau_{\text{хр}}$ и состоит из двух составляющих – материальной $\tau_{\text{м}}$ и волноводной $\tau_{\text{в}}$ дисперсий. Материальная дисперсия связана с зависимостью показателя преломления от длины волны $n = f(\lambda)$, а волноводная обусловлена зависимостью коэффициента распространения от длины волны $\gamma = f(\lambda)$.

Уширение импульсов на расстоянии 1 км в результате дисперсии рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{рез}_{\text{км}}} = \sqrt{\tau_{\text{мод}_{\text{км}}}^2 + \tau_{\text{хр}_{\text{км}}}^2} = \sqrt{\tau_{\text{мод}_{\text{км}}}^2 + (\tau_{\text{м}_{\text{км}}} + \tau_{\text{в}_{\text{км}}})^2}, \quad (7.10)$$

где $\tau_{\text{мод}_{\text{км}}}$ – километрическая модовая (межмодовая дисперсия), пс/км;

$\tau_{\text{хр}_{\text{км}}}$ – километрическая хроматическая дисперсия, пс/км.

В зависимости от типа оптического волокна различные виды дисперсии проявляются по-разному. В ступенчатых многомодовых ОК уширение импульса определяется модовой дисперсией ($\tau_{\text{мод}} \gg \tau_{\text{хр}}$), которая рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{мод}_{\text{км}}} = \tau_{\text{рез}_{\text{км}}} = \frac{NA^2}{2 \cdot n_1 \cdot c}, \quad (7.11)$$

где NA – числовая апертура;

n_1 –показатель преломления сердцевины;

c –скорость света, км/с.

Для градиентных многомодовых оптических кабелей с параболическим показателем преломления расчёт дисперсии производится по формуле:

$$\tau_{\text{мод}_{\text{км}}} = \tau_{\text{рез}_{\text{км}}} = \frac{NA^4}{8 \cdot n_1^3 \cdot c}, \quad (7.12)$$

Для одномодовых ОВ дисперсия обусловлена наличием хроматической дисперсии:

$$\tau_{\text{рез}_{\text{км}}} = \tau_{\text{хр}_{\text{км}}} = |M(\lambda) + B(\lambda)| \cdot \Delta(\lambda) = D(\lambda) \cdot \Delta(\lambda) \quad (7.13)$$

где $M(\lambda)$ –удельная материальная дисперсия;

$B(\lambda)$ –удельная волноводная дисперсия;

$D(\lambda)$ –удельная хроматическая дисперсия;

$\Delta(\lambda)$ –ширина спектра излучения источника света.

Значение $\Delta(\lambda)$ зависит от типа излучателя. Для лазерного источника(ЛИ) ширина спектра излучения составляет (0,01 ÷ 0,5) нм, для светоизлучающего диода (СИД) –(30 ÷ 50) нм.

Значение удельных материальной $M(\lambda)$ и волноводной $B(\lambda)$ дисперсий можно определить по графику 7.1.

Для более точного расчета рекомендуется учитывать в расчетах справочные (паспортные) значение удельной хроматической дисперсии $D(\lambda)$, которые для ОВ, соответствующего рекомендации G.652 имеет значения для следующих длин волн:

$$\lambda_p = 1.55 \text{ мкм, не более } 18 \text{ пс}/(\text{нм} \cdot \text{км})$$

$$\lambda_p = 1.31 \text{ мкм, не более } 3.5 \text{ пс}/(\text{нм} \cdot \text{км})$$

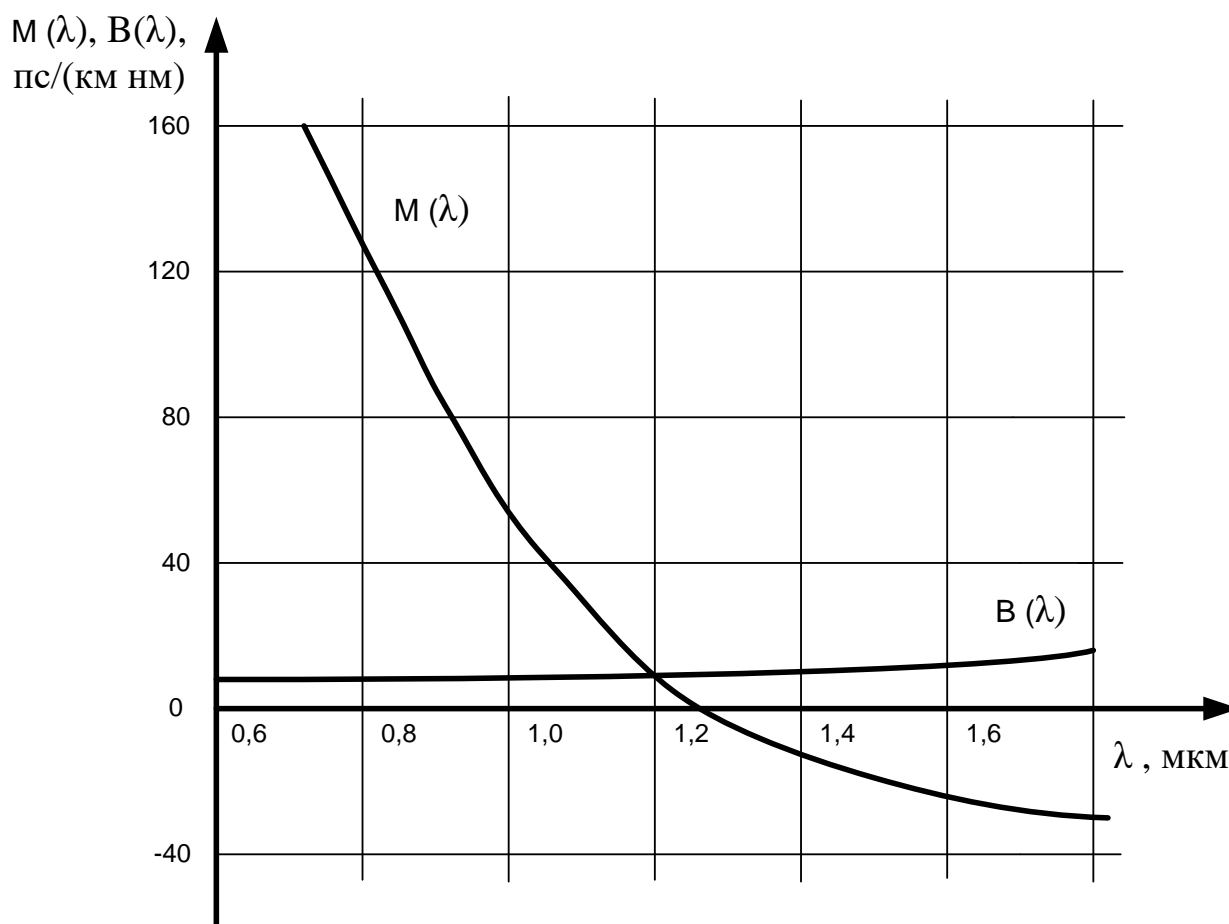


Рисунок 7.1 – Удельное значение дисперсии при различных длинах волн: $B(\lambda)$ – волноводная, $M(\lambda)$ – материальная.

Значение удельной материальной дисперсии $M(\lambda)$ и удельной волноводной дисперсии $B(\lambda)$ можно рассчитать по формулам:

$$M(\lambda) = \frac{\lambda}{c} \cdot \frac{\sum_{i=1}^3 \frac{A_i \cdot J_i^2 \cdot (3 \cdot \lambda + J_i^2)}{(\lambda - J_i^2)^3} - \left(\frac{\partial n}{\partial \lambda} \right)^2}{n_1(\lambda)} \cdot 10^9 \frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}} \quad (7.14)$$

$$M(\lambda) = \frac{2 \cdot n_1(\lambda) \cdot \Delta}{\lambda \cdot c} \cdot 10^9 \frac{\text{пс}}{\text{нм} \cdot \text{км}} \quad (7.15)$$

где λ – длина волны, мкм;

c – скорость света, км/с;

$n_1(\lambda)$ – показатель преломления сердечника;

A_i и J_i – коэффициенты из таблицы 6.1, выбираются в зависимости от состава стекла сердцевинны в полном соответствии с предварительными расчётами n_1 ;

Δ – относительная разность коэффициентов преломления;

$\partial n / \partial \lambda$ – производная, рассчитывается по формуле:

$$\frac{\partial n}{\partial \lambda} = -\frac{\lambda}{n_1(\lambda)} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \cdot J_i^2}{(\lambda^2 - J_i^2)^2}, \quad (7.16)$$

Поляризационно-модовая дисперсия $\tau_{\text{пмд}}$ – обусловлена дифференциальной групповой задержкой между лучами с основными состояниями поляризации. Распределение энергии сигнала по различным состояниям поляризации медленно изменяется со временем, например, вследствие изменения температуры окружающей среды, анизотропии показателя преломления, вызванной механическими усилиями.

Из-за небольшой величины $\tau_{\text{пмд}}$ её необходимо учитывать исключительно в одномодовом волокне, причем, когда используется передача высокоскоростного сигнала (2,5 Гбит/с и выше) с очень узкой спектральной полосой излучения 0,1 нм и меньше. В этом случае хроматическая дисперсия становится сравнимой с поляризационно-модовой дисперсией.

В одномодовом волокне распространяется не одна мода, как принято считать, а две перпендикулярные поляризации (моды) исходного сигнала. В идеальном волокне эти моды распространялись бы с одинаковой скоростью, однако реальные волокна имеют неидеальную геометрию. Главной причиной поляризационной модовой дисперсии $\tau_{\text{пмд}}$ является неконцентричность профиля сердцевины волокна, возникающая в процессе изготовления волокна и кабеля. В результате две перпендикулярные поляризационные составляющие имеют разные скорости распространения, что и приводит к дисперсии (рисунок 7.2).

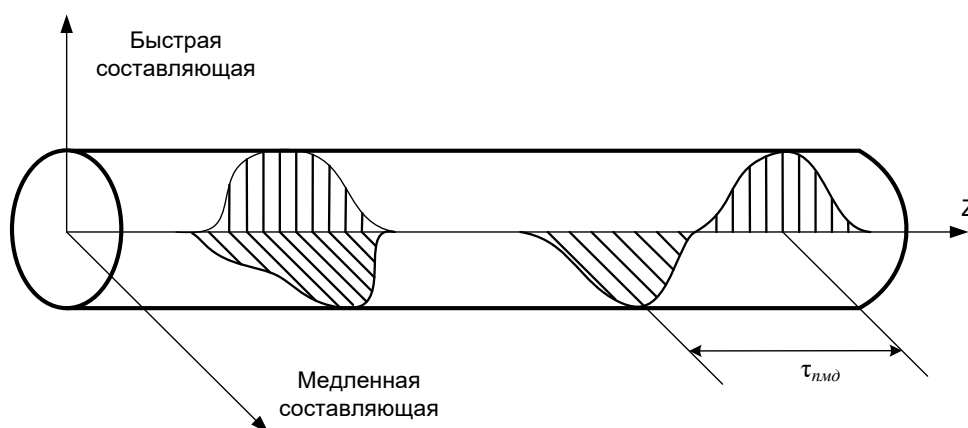


Рисунок 7.2 – Явление поляризационно-модовой дисперсии

Коэффициент удельной поляризационно-модовой дисперсии T нормируется в расчёте на 1 км и имеет размерность (пс/ $\sqrt{\text{км}}$). Величина поляризационно-модовой дисперсии $\tau_{\text{пмд}}$ рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{пмд}} = \sqrt{L} \cdot T(\lambda), \quad (7.17)$$

где L – протяженность трассы, км;

$T(\lambda)$ – коэффициент удельной поляризационно-модовой дисперсии,

$$T(\lambda) = 0.1 \text{ пс}/\sqrt{\text{км}}.$$

Расчёт $\tau_{\text{пмд}}$ производится на длине самого большого выбранного регенерационного участка.

Затем уточняется $\tau_{\text{рез}} = \sqrt{\tau_{\text{хр}}^2 + \tau_{\text{пмд}}^2}$ на всю длину регенерационного участка и уточняется пропускная способность участка по формуле:

$$\Delta F_L = \frac{0.44}{\tau_{\text{рез}}}, \frac{\text{бит}}{\text{с}} \quad (7.18)$$

ΔF_L должна быть выше, чем пропускная способность аппаратуры.

7.3 Расчёт коэффициента фазы волнового сопротивления и скорости передачи по оптическому кабелю

Волновое сопротивление $Z_{\text{в}}$ – это отношение комплексных амплитуд напряжения к току падающей и отраженной волны в любом сечении линии.

Волновое сопротивление световода может быть представлено через компоненты электромагнитного поля, определение которых получается довольно сложным. В практических расчетах пользуются предельными значениями волнового сопротивления сердечника и оболочки для плоской волны. При этом:

$$\frac{Z_0}{n_1} < Z_{\text{в}} < \frac{Z_0}{n_2}, \quad (7.19)$$

где $Z_0 = \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}$ – волновое сопротивление идеальной среды, Ом;

μ_0 – относительная магнитная проницаемость, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

ε_0 – относительная диэлектрическая проницаемость,

$$\varepsilon_0 = 10^{-9}/36\pi \text{ Ф/м}.$$

В соответствии с основным уравнением передачи по волоконным световодам, коэффициент фазы зависит от волнового числа среды и находится в следующих пределах:

$$k_2 \leq \beta \leq k_1, \quad (7.20)$$

где $k_2 = k_0 \cdot n_2$ – волновое число оболочки;
 $k_1 = k_0 \cdot n_1$ – волновое число сердцевины;
 k_0 – волновое число идеальной среды.

$$k_0 = \omega \cdot \sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0} = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (7.21)$$

где $\omega = 2\pi \cdot f$ – угловая частота, рад/с;
 λ – длина волны, м.

В соответствии с основными положениями электродинамики в однородных средах плоская электромагнитная волна распространяется с фазовой скоростью v_ϕ и групповой скоростью $v_{гр}$.

Для недисперсионной среды фазовая скорость не зависит от частоты, и тогда групповая скорость равна фазовой скорости. Однако в дисперсионных средах, где фазовая скорость электромагнитной волны является функцией от частоты, v_ϕ и $v_{гр}$ имеют различные значения.

Фазовая скорость рассчитывается по следующей формуле:

$$v_\phi = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi \cdot c}{\lambda \cdot \beta}, \quad (7.22)$$

где β – коэффициент фазы.

При больших значениях длин волн, близких к критической, энергия распространяется в оболочке с фазовой скоростью $v_{\phi_2} = (2\pi \cdot c)/(\lambda \cdot \beta_2)$, при уменьшении длины волны вся энергия концентрируется в сердечнике, которой соответствует скорость распространения $v_{\phi_1} = (2\pi \cdot c)/(\lambda \cdot \beta_1)$. Таким образом, с увеличением длины волны фазовая скорость уменьшается от значения скорости в оболочке до значения скорости в сердечнике световода.

Следует иметь в виду, что скорость распространения волны по световоду всегда меньше скорости света, т.е. поверхностная волна всегда имеет замедленный характер распространения.

Групповая скорость распространения по оптическому волокну определяется выражением:

$$v_{гр} = \frac{\partial \omega}{\partial \beta} = - \frac{c}{\left(n_1 - \lambda \cdot \frac{\partial n}{\partial \beta} \right)}, \quad (7.23)$$

где $\partial n / \partial \beta$ – производная, определяемая по следующей формуле:

$$\frac{\partial n}{\partial \beta} = -\frac{\lambda}{n_1(\lambda)} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \cdot J_i^2}{(\lambda^2 - J_i^2)^2}, \quad (7.24)$$

где A_i и J_i – коэффициенты, выбираемые в зависимости от состава стекла сердцевины.

8. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Российскими кабельными заводами ОК производятся в основном двух типов: с модульной конструкцией сердечника (сердечник с центральным силовым элементом, преимущественно из стеклопластикового стержня, вокруг которого находятся трубки-модули с расположенными в них оптическими волокнами (ОВ)), ёмкостью до 288 ОВ, и трубчатой конструкции (в виде центрального модуля-трубки), ёмкостью до 24 ОВ.

ОК производятся с различными типами ОВ – многомодовыми с размерами 50/125 мкм (сердцевина/оболочка соответственно) (рекомендация МСЭ-TG.651) и 62,5/125 мкм, одномодовыми (рекомендации МСЭ-TG.655), ОВ с расширенным диапазоном рабочих длин волн. Типы ОВ, которые должен содержать ОК (или же необходимость наличия в ОК различных типов ОВ), определяются заказчиком с учётом назначения ОК.

Основной тип ОВ, используемых в современных конструкциях ОК – одномодовые ОВ, характеризующиеся низкими потерями (так, километрическое затухание на длине волны 1.55 мкм у ОВ по рекомендации G.652 составляет 0.22 дБ/км). Мномодовые ОВ применяются практически только в ОК для локальных сетей, в частности, в структурированных кабельных системах, что определяется в основном технико-экономическими причинами.

Допустимые условия прокладки ОК:

1. прокладка в кабельную канализацию и специальные (защитные пластмассовые) трубы;
2. прокладка в грунтах различных категорий;
3. прокладка в грунтах, характеризующихся мерзлотными явлениями;
4. прокладка в болотах, на речных переходах, на глубоководных участках водоёмов (озера, водохранилища);
5. прокладка на прибрежных и на глубоководных участках морей;
6. подвеска на опорах воздушных линий связи, опорах ЛЭП, опорах контактной сети и автоблокировки железных дорог;
7. прокладка внутри зданий, в коллекторах и тоннелях.

В зависимости от исполнения ОК условия прокладки могут быть и расширенными (например, для прокладки в кабельную канализацию, специальные трубы, для подвески).

Основными особенностями конструкций ОК, определяющими область их прокладки, являются:

1. состав элементов конструкции ОК (наличие или отсутствие гидрофобного заполнения, металлических элементов);
2. механические характеристики (в основном допустимые растягивающие и раздавливающие усилия);
3. материал наружной оболочки.

Характерными особенностями конструкций ОК по сравнению с медно-жильными кабелями связи являются:

1. малые размеры и масса;
2. большая строительная длина (4 – 6 км и более);
3. малая величина километрического затухания;
4. отсутствие необходимости содержания ОК под избыточным воздушным давлением;
5. стойкость к электромагнитным (гроза, ЛЭП и др.) воздействиям (металлические конструктивные элементы используются только в качестве бронепокровов и/или для предотвращения поперечной диффузии влаги (оболочки «АЛПЭТ», «СТАЛПЭТ»)).

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°C), допустимые радиусы изгиба ОК (радиус изгиба не должен быть менее 20 наружных диаметров ОК) и так далее.

В Приложении Б приведены типовые конструкции ОК, используемые на междугородных линиях.

Дополнительную информацию о конструкции оптических кабелей можно получить в указанной литературе.

В курсовом проекте по результатам расчётов параметров ОК необходимо выбрать марку кабеля, привести эскиз и основные параметры выбранного ОК.

Параметры выбранного кабеля не должны превышать расчётные.

Длина волны проектируемой ВОСП должна соответствовать длине волны, на которой работает выбранный ОК.

9. РАСЧЁТ ДЛИНЫ УЧАСТКА РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЛН

При проектировании высокоскоростных ВОЛП, согласно [10], должны рассчитываться отдельно длина участка регенерации по затуханию (L_a) и длина участка регенерации по широкополосности (L_τ), так как причины, ограничивающие предельные значения L_a и L_τ независимы.

В общем случае необходимо рассчитывать две величины длины участка регенерации по затуханию:

$L_{a_{max}}$ – максимальная проектная длина участка регенерации;

$L_{a_{min}}$ – минимальная проектная длина участка регенерации.

Для оценки величин длин участка регенерации могут быть использованы следующие выражения:

$$L_{a_{max}} < \frac{A_{max} - M - N_{pc} \cdot \alpha_{pc}}{\alpha_{ок} + \frac{\alpha_{нс}}{L_{стр}}} \quad (9.1)$$

$$L_{a_{min}} > \frac{A_{min}}{\alpha_{ок} + \frac{\alpha_{нс}}{L_{стр}}} \quad (9.2)$$

$$L_\tau = \frac{4.4 \cdot 10^5}{B \cdot \tau_{рез_{км}}} \quad (9.3)$$

где A_{max} и A_{min} – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания выбранной аппаратуры ВОЛП, обеспечивающее к концу срока службы значение коэффициента ошибок не более 10^{-10} , дБ;

$\alpha_{ок}$ – километрическое затухание выбранного ОК;

$\alpha_{нс}$ – среднее значение затухания мощности оптического излучения на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации

$\alpha_{нс} = (0.01 \div 0.03)$ дБ;

$L_{стр}$ – среднее значение строительной длины на участке регенерации.;

α_{pc} – затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединения, $\alpha_{pc} = (0.2 \div 0.4)$ дБ;

$\tau_{рез_{км}}$ – результирующее значение дисперсии, пс/км;

B – широкополосность цифровых сигналов, передаваемых по оптическому тракту для выбранной СП, МГц;

M – системный запас ВОЛП по кабелю на участке регенерации, Дб.

Если по результатам расчётов получено:

$$L_{\tau} < L_{a_{max}},$$

то для проектирования должны быть выбраны аппаратура или кабель с другими техническими данными $(\Delta\lambda, \tau)$, обеспечивающие большой запас по широкополосности на участке регенерации. Расчёт должен быть произведён снова. Критерием окончательного выбора аппаратуры или кабеля должно быть выполнение отношения:

$$L_{\tau} > L_{a_{max}},$$

с учётом требуемой способности ВОЛП (В) на перспективу развития.

Максимальное значение перекрываемого затухания (A_{max}) определяется как разность между минимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем чувствительности приёмника оборудования. Минимальное значение перекрываемого затухания (A_{min}) определяется как разность между максимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем перегрузки приёмника оборудования.

Параметры оптических волокон и кабелей в выражениях (9.1), (9.2) и (9.3) приведены в технических характеристиках на поставляемый оптический кабель ($\alpha_{ок}, \tau$) или определяется условиями и технологией прокладки ($\alpha_{нс}, L_{стр}$). Параметры оптических стыков SDH приведены в Приложении А.

Системный запас M учитывает изменение состава оптического кабеля за счёт появления дополнительных (ремонтных) вставок, сварных соединений, а также изменение характеристик оптического кабеля, вызванных воздействием окружающей среды и ухудшением качества оптических соединителей в течение срока службы, и устанавливается при проектировании ВОЛП исходя из её назначения и условий эксплуатации оператором связи, в частности, исходя из статистики повреждения (обрывов) кабеля в зоне действия оператора. Рекомендуемый диапазон устанавливаемых значений системного запаса от 2 дБ (наиболее благоприятные условия эксплуатации) до 6 дБ (наихудшие условия эксплуатации).

Максимальное значение перекрываемого затухания определяется:

$$A_{max} = P_{пер_{min}} - P_{пр_{min}} \quad (9.4)$$

где $P_{пер_{min}}$ – гарантированная чувствительность приемника;

$P_{пр_{min}}$ – минимальная мощность оптического излучения передатчика.

$$A_{min} = P_{пер_{max}} - P_{перегрузки} \quad (9.5)$$

где $P_{\text{пер}max}$ – максимальная мощность оптического излучения передатчика;

$P_{\text{перегрузки}}$ – уровень перегрузки приемника.

10. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ

После расчётов длин регенерационных участков необходимо привести схему размещения ОП (оконечных пунктов) и НРП (необслуживаемых регенерационных пунктов).

Размещение НРП производится с учётом полученных допустимых длин регенерационных участков, 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:

$$L_{a_{max}} \geq L_{\text{проект.уч.}} \geq L_{a_{min}}$$

В результате расчёта и уточнения длин РУ окончательно определяется число НРП, ОП и составляется схема организации связи.

Рисунок проектируемой схемы организации связи выполняется на отдельном листе формата А4, А3.

Коды применения оборудования STM указываются в соответствии с [3].

Для приведенного примера (рисунок 10.1) требуемая пропускная способность 2.5 Гбит/с (STM-16), расстояние между населёнными пунктами от 70 до 100 км, рабочая длина волны 1.55 мкм, ОВ соответствует рекомендации G.652.

Код применения выбирается как L-16.2. Если рабочая длина волны 1.31 мкм, код обозначения выбирается L-16.1. Если ОВ соответствует рекомендации G.653, код обозначения следует указывать как L-16.3.



Тип кабеля	ОМЗКГ-10-02-0.22-16		
Протяженность, км	250		
Протяженность по участкам, км	100	70	80

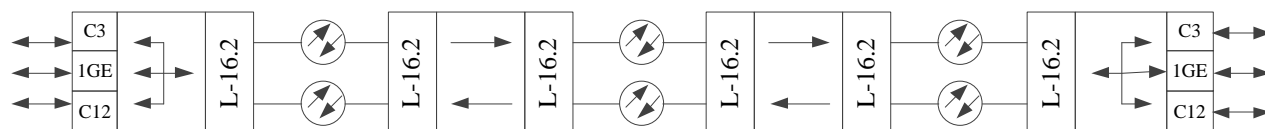


Рисунок 10.1

					«СибГУТИ» XXXXXX.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Проектируемая структурная схема системы связи	Лит.	Лист	Листов
Провер.								
Реценз								
Н. Контр.								
Утверд.								

11. РАСЧЕТ СУММАРНОЙ ДЛИНЫ ПРОКЛАДЫВАЕМОГО ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Длина кабеля определяется с учётом эксплуатационного запаса (γ).

При расчете суммарной длины прокладываемого ОК необходимо предусмотреть запас с учетом неровности местности, выкладки кабеля в котлованах, колодцах и подобном. Нормы расхода оптического кабеля (γ) на 1 км трассы приведены в таблице 3.2.

$$L_{\text{каб}} = \gamma_{\text{гр}} \cdot (l_{\text{в}} + l_{\text{м}} + l_{\text{вр}}) + \gamma_{\text{кан}} \cdot l_{\text{кан}} + \gamma_{\text{подвес}} \cdot l_{\text{подвес}} + \gamma_{\text{подвод}} \cdot l_{\text{подвод}} \quad (11.1)$$

где $l_{\text{в}}$ – длина трассы при бестраншейной прокладке (кабелеукладчиком);

$l_{\text{м}}$ – длина трассы, разрабатываемой механическим способом (экскаватор);

$l_{\text{вр}}$ – длина трассы, разрабатываемой вручную;

$l_{\text{кан}}$ – длина трассы по канализации.

$l_{\text{подвес}}$ – длина трассы на опорах.

$l_{\text{подвод}}$ – длина подводной трассы.

Рекомендуемое процентное соотношение в способах производства работ по прокладке кабеля:

1. бестраншейная прокладка – 75% ÷ 85%;
2. прокладка в траншею, разрабатываемую мехспособом – 15% ÷ 10%;
3. прокладка в траншею, разрабатываемую вручную – 10% ÷ 5%;
4. прокладка в канализации – 3 ÷ 4 км на город.

Количество муфт по трассе:

$$n_{\text{тр}} = \frac{L_{\text{тр}}}{L_{\text{стр}} - 1} \quad (11.2)$$

где $L_{\text{тр}}$ – протяжённость ВОЛП на загородном участке, км;

$L_{\text{стр}}$ – строительная длина ОК, прокладываемого на загородном участке, км.

Количество муфт в колодцах кабельной канализации:

$$n_{\text{кк}} = \frac{L_{\text{кк}}}{L_{\text{стр}} - 1} \quad (11.2)$$

где $L_{\text{кк}}$ – протяжённость кабельной канализации в каждом населённом пункте, км;

$L_{\text{стр}}$ – строительная длина ОК, прокладываемого в кабельной канализации, в курсовом проекте принять $L_{\text{стр}} = 2$ км.

Общее количество муфт:

$$n = n_{\text{тр}} + n_{\text{кк}} \quad (11.3)$$

12. РАСЧЁТ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАДЁЖНОСТИ 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 ($K_{\text{Г}}$) и время наработки на отказ (T_0).

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 внутризоновой первичной сети (ВзПС) и магистральной первичной сети (СМП) ВВС РФ с максимальной протяжённостью $L_{\text{м}}$ (без резервирования) приведены в таблицах 12.1 и 12.2 в соответствии с РД 45.047-99.

Таблица 12.1 – Показатели надёжности для ВзПС, $L_{\text{м}} = 1400$ км

Показатель надёжности	Канал ТЧ или ОЦК независимо от применяемой системы передачи	Канал ОЦК на перспективной цифровой сети	АЛТ
Коэффициент готовности	> 0.99	> 0.998	0.99
Среднее время между отказами, час	> 111.4	> 2050	>350
Время восстановления, час	< 1.1	< 4.24	См. примечание

Таблица 12.2 – Показатели надёжности для СМП, $L_M = 12\,500$ км

Показатель надёжности	Канал ТЧ или ОЦК независимо от применяемой системы передачи	Канал ОЦК на перспективной цифровой сети	АЛТ
Коэффициент готовности	> 0.92	> 0.982	0.92
Среднее время между отказами, час	> 12.54	> 230	> 40
Время восстановления, час	< 1.1	< 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:

$$\lambda_0 = \frac{\mu \cdot L}{8760 \cdot 100} \quad (12.1)$$

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:

$$K_{\Pi(L)} = \frac{\lambda_0 \cdot T_B}{1 + \lambda_0 \cdot T_B} = \frac{T_B}{T_{0(L)} + T_B} \quad (12.2)$$

где T_B – время восстановления, ч;

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

$$T_{0(L)} = T_0 \cdot \frac{L_M}{L} \quad (7.3)$$

где T_0 – время между отказами для линии максимальной длины L_M , ч, из таблицы 12.1;

L_M – максимальная протяженность линии, км, из таблицы 12.2.

Коэффициент готовности определяется по формуле:

$$K_{Г(L)} = 1 - K_{\Pi(L)} \quad (12.4)$$

Для случаев эксплуатации ВОЛП на основе оптимальной стратегии восстановления, начинающегося с обнаружения предотказного состояния объектов технической эксплуатации (ОТЭ), то есть повреждения, необходимо для расчетов показателей надежности использовать выражение:

$$K_{\Pi(L)} = \frac{\lambda_0 \cdot (T_B - 0.7 \cdot t_1)}{1 + \lambda_0 \cdot T_B} \quad (12.5)$$

где t_1 – время подъезда, ч, из таблицы 12.2.

При использовании резервирования по схеме $n + m$

$$K_{\Pi}^P = \frac{n + m}{n \cdot (m + 1)} \cdot K_{\Pi}^{(m+1)} + \frac{n}{n + m} \cdot \frac{\lambda_p}{(n + m) \cdot \lambda_0 + \lambda_p}$$

где n – время между отказами для линии максимальной длины L_M , ч, из таблицы 12.1;

m – максимальная протяженность линии, км, из таблицы 12.2;

λ_0 – интенсивность отказов одного элемента системы передачи;

λ_p – интенсивность отказов устройства переключения на резерв;

Таким образом, для схемы резервирования «1+1», $n = m = 1$, $\lambda_p = 0$, получаем

$$K_{\Pi}^P = K_{\Pi}^2.$$

В курсовом проекте необходимо сравнить полученные значения параметров надёжности с показателями из таблиц 12.1 и 12.2, сделать выводы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Параметры оптических стыков STM-1.

Наименование	Значение параметров									
Номинальная скорость передачи битов, кбит/с	155520									
Рабочий диапазон длин волн, нм	1260 - 1360	126 1 - 136 0	143 0 - 157 6	143 0 - 158 0	1280 - 1335	148 0 - 158 0	148 0 - 158 3 - 157 7	148 0 - 158 0 - 158 0	148 0 - 158 0	148 0 - 158 0
Передающее устройство в эталонной точке Пд										
Тип источника	МЛД	СИД	МЛД	МЛД	ОЛД	МЛД	ОЛД	ОЛД	МЛД	ОЛД
Спектральные характеристики:										
Среднеквадратичная ширина, не более, нм	40	80	7,7	2,5	–	4	–	–	3/2, 5	–
Уровень излучаемой мощности:										
максимальный, дБм	–8	–8	–8	–8	–8	0	0	0	0	0
минимальный, дБм	–15	–15	–15	–15	–15	–5	–5	–5	–5	–5
Диапазон перекрываемого затухания, дБ	0–7	0–7	0–12	0–12	0–12	10–28	10–28	10–28	10–28	10–28
Суммарная дисперсия, не более, пс/нм	18	25	96	296	НП	185	НП	НП	185/296	НП
Приемное устройство в эталонной точке Пр										
Уровень чувствительности, не более, дБм	–23	–23	–28	–28	–28	–34	–34	–34	–34	–34
Уровень перегрузки, не менее, дБм	–8	–8	–8	–8	–8	–10	–10	–10	–10	–10
Дополнительные потери	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица А.2 – Параметры оптических стыков STM-4.

Наименование	Значение параметров							
Номинальная скорость передачи битов, кбит/с	622080							
Рабочий диапазон длин волн, нм	1261 – 1360	1293-1334/ 1274-1256	1430-1580	1300-1325/ 1296-1330	1280-1335	1480-1580	1480-1580	
Передающее устройство в эталонной точке Пд								
Тип источника	МЛД	СИД	МЛД	ОЛД	МЛД	ОЛД	ОЛД	ОЛД
Спектральные характеристики:								
Среднеквадратичная ширина, не более, нм	14,5	35	4/2,5	–	2,0/1,7	–	–	–
Уровень излучаемой мощности:								
максимальный, дБм	–8	–8	–8	–8	+2	+2	+2	+2
минимальный, дБм	–15	–15	–15	–15	–3	–3	–3	–3
Диапазон перекрываемого затухания, дБ	0–7	0–7	0–12	0–12	10–24	10-24	10-24	10-24
Суммарная дисперсия, не более, пс/нм	13	14	46/74	НП	92/109	НП	НП	НП
Приемное устройство в эталонной точке Пр								
Уровень чувствительности, не более, дБм	-23	-23	-28	-28	-28	-28	-28	-28
Уровень перегрузки, не менее, дБм	–8	–8	–8	–8	–8	-8	-8	-8
Дополнительные потери, дБ	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица А.3 – Параметры оптических стыков STM-16.

Наименование	Значение параметров					
Номинальная скорость передачи битов, кбит/с	2488320					
Рабочий диапазон длин волн, нм	1266-1380	1260-1360	1430-1580	1280-1335	1480-1580	1480-1580
Передающее устройство в эталонной точке Пд						
Тип источника	МЛД	ОЛД	ОЛД	ОЛД	ОЛД	ОЛД
Спектральные характеристики:						
Среднеквадратичная ширина, не более, нм	4	–	–	–	–	–
Уровень излучаемой мощности:						
максимальный, дБм	–3	0	0	+3	+3	+3
минимальный, дБм	–10	–5	–5	–2	–2	–2
Коэффициент гашения, не менее, дБ	8,2	8,2	8,2	10	8,2	10
Диапазон перекрываемого затухания, дБ	0–7	0–12	0–12	10-24	10-24	10-24
Суммарная дисперсия, не более, пс/нм	12	НП	НП	НП	1200	НП
Приемное устройство в эталонной точке Пр						
Уровень чувствительности, не более, дБм	–18	–18	–18	–27	–28	–27
Уровень перегрузки, не менее, дБм	–3	0	0	–9	–9	–9
Дополнительные потери оптического тракта, дБ	1	1	1	1	2	1

Таблица А.4 – Параметры оптических стыков СТМ-64(с ОУ) (Длинные и очень длинные).

Код применения	Д – 64.3 ²⁾ (L – 64.3)	Д – 64.3 ³⁾ (L – 64.3)	О – 64.2а ¹⁾ (V – 64.2а)	О – 64.2б ¹⁾ (V – 64.2б)	О – 64.3 (V – 64.3)
Наименование параметров	Значение параметров				
Рабочий диапазон длин волн, нм;	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565
Уровень излучаемой мощности, дБм: Максимальны Минимальный	1 -2	13 10	13 10	15 12	13 10
Ширина спектра на уровне -20дБ, не более, нм.	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2
Диапазон перекрываемого затухания, дБ;	10...22	16...22	22...33	22...33	22...33
Хроматическая дисперсия, не более, дБм;	1600	260	2400	2400	400
Суммарная поляризационная модовая дисперсия, не более, дБм	10	10	10	10	10
Уровень чувствительности, не более, дБм	-26	-13	-25	-23	-24
Уровень перегрузки, не менее, дБм	-9	-3	-9	-7	-9
Дополнительные потери оптического тракта, не более, дБ	2	1	2	2	1
<p>1)Для уменьшения дисперсии в оптическом тракте используют для кода применения О-64.2а пассивный компенсатор дисперсии, а для кода применения О-64.2б – самомодуляцию фазы.</p> <p>2)При применении только ОУ₂</p> <p>3)При применении только ОУ₁</p>					

Таблица А.5 – Параметры оптических стыков СТМ-64(с ОУ) (Короткие и длинные)

Код применения	К – 64.1 (S – 64.1)	К – 64.2 (S – 64.2)	К – 64.3 (S – 64.3)	Д – 64.2а ^{1,2} (L – 64.2а, с	Д – 64.2б ^{1,3} (L – 64.2б)
Наименование параметров	Значение параметров				
Рабочий диапазон длин волн, нм;	1290...1330	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565
Уровень излучаемой мощности, дБм: Максимальны Минимальный	2 -1	2 -1	2 -1	1 -2	13 10
Ширина спектра на уровне -20дБ, не более, нм.	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Диапазон перекрываемого затухания, дБ;	5...11	5...11	5...11	10...22	16...22
Хроматическая дисперсия, не более, дБм;	70	800	130	1600	1600
Суммарная поляризационная модовая дисперсия, не более, дБм	10	10	10	10	10
Уровень чувствительности, не более, дБм	-13	-14	13	-26	-14
Уровень перегрузки, не менее, дБм	-3	-3	-3	-9	-3
Дополнительные потери оптического тракта, не более, дБ	1	2	1	2	2
<p>1)Для уменьшения дисперсии в оптическом тракте используют для кода применения Д-64.2а пассивный компенсатор дисперсии или принудительное импульсное смещение центральной частоты, а для кода применения Д-64.2б – самомодуляцию фазы.</p> <p>2)При применении только ОУ₂</p> <p>3)При применении только ОУ₁</p>					

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Классификация оптических кабелей и принципы их маркировки

Классификация оптических кабелей

Волоконно-оптические кабели (ВОК) выпускаются многими компаниями, как зарубежными, например, Alcatel, AMP, BICCCablesCompany/BICC K WOKabelGmbH, Focas, Fujikura, Hellukabel, Lucent Technologies, Mohawk/ CDT, NKCabis, Phillips, Pirelli, Samsung, Siemens, Sumitomo, так и отечественными, например, «Москабельмет» (Москва, теперь «Москабель-Фуджикура»), «Оптен» (С. Петербург), «Оптика-кабель» (Москва, теперь «Москабель-Фуджикура»), Самарская оптическая кабельная компания (СОКК) (Самара), «Саранскабель» (Саранск), «Севкабель-оптик» (С. Петербург), «Трансвок» (Боровск, Калининская область) «Электропровод» (Москва), и др. Российские компании, как правило, используют импортное оборудование и волокно, их продукция соответствует мировому уровню качества и подтверждена соответствующими сертификатами, что позволяет использовать её с выгодой для отечественного потребителя. Они классифицируются по назначению, условиям прокладки и конструкциям составляющих элементов.

По назначению все кабели можно разделить на три категории:

1. внутренней прокладки (indoor);
2. наружной прокладки (outdoor);
3. специальные.

Кабели внутренней или внутриобъектовой прокладки, используются внутри телефонных станций, офисов, зданий и помещений клиентов/абонентов. По условию прокладки эти кабели в свою очередь можно разделить на:

1. кабели вертикальной прокладки (risercable);
2. кабели городской прокладки (distributioncable);
3. шнуры коммутации (patchcord).

Кабели наружной прокладки могут применяться практически на любых линиях связи;

1. воздушные (aerial);
2. подземные (buried);
3. подводные (undersea, underwater).

Кабели воздушной подвески подвешиваются на опорах различного типа и в свою очередь, делятся на кабели:

1. самонесущие (self-supporting, например, типа ADSS - All-Dielectric Self-supporting);
2. полностью диэлектрические самонесущие;
3. с несущим тросом или без него, подвешиваемые на опорах различного типа, в том числе на опорах ЛЭП и контактной сети железных дорог;

4. прикрепляемые (lashed, например, типа *ADL*-полностью диэлектрические прикрепляемые), которые крепятся к несущему проводу с помощью диэлектрических шнуров или ленты, или же с помощью специальных зажимов, или спиралевидных отрезков металлической проволоки;
5. навиваются вокруг несущего, например, фазового провода или провода заземления (грозотроса);
6. встраиваемые в грозотрос (типа ORGW - OpticalgroundWire – ОКГТ – оптический кабель в грозотросе).

Кабели подземной прокладки в свою очередь делятся на:

1. кабели, прокладываемые в кабельной канализации и туннелях;
2. кабели, закапываемые в грунт;
3. кабели, автоматической прокладки (АП) в специальных трубах (например, трубах типа Silikor - ГТЭ трубы компании Dura-Line).

Подводные кабели имеют следующие разновидности:

1. кабели, укладываемые на дно несудоходных рек, неглубоких озёр и болот (используются при прохождении водных преград небольшой длины);
2. кабели, укладываемые на дно морей и океанов (что может означать не только укладку на дно, но и закрепление на определённой глубине, или закапывание в донный грунт на определённую глубину).

К специальным кабелям относят следующие:

1. одноволоконные полностью диэлектрические (ПД) кабели в тонкой специальной оболочке для использования в сети внутренней коммутации различных спецустройств и приборов;
2. многоволоконные плоские (ПД) кабели, используемые для внутренних шин и компьютерных сетей суперкомпьютеров;
3. многоволоконные объёмные (матричные) ПД кабели, используемые для прямой (несканируемой) передачи плоских графических изображений объектов (например, для передачи видеоизображений - содержат тысячи или десятки тысяч волокон).

По конструкции кабели делятся на ряд типов в зависимости от назначения, условий прокладки и других конструктивных элементов. К этим элементам относятся:

1. оптические волокна, имеющие первичное и вторичное защитные покрытия или специально подготовленные для укладки в кабель (например, соединённые вместе в плоскую ленту, а несколько плоских лент в матрицу - для увеличения общего числа волокон в кабеле до нескольких сот);
2. трубчатые модули, пластмассовые или металлические, в которых располагаются ОВ, называемые также оптическими модулями (ОМ);

3. профилированные сердечники, в продольных (по винтовой линии на периферии) пазах которых укладываются отдельные волокна, пучки волокон или размещаются трубчатые модули;
4. силовые элементы: центральные (в виде корда или металлической жилы) - ЦСЭ или внешние (в виде одного или нескольких повивов металлической проволоки). В качестве ЦСЭ может быть стеклопластиковый (СП) стержень, пучок специальных высокопрочных арамидных нитей (Кевлар, Тварон, Терлон), стальная проволока или стальной профилированный стержень;
5. специальные элементы, например, токопроводящие слои и повивы кабеля в грозотросе (ОКГТ) для уменьшения удельного сопротивления троса току короткого замыкания (КЗ);
6. технологические элементы типа гидрофобных заполнителей (гелей) или водоблокирующих лент, препятствующих проникновению (и распространению вдоль кабеля) влаги, увеличивающей затухание в ОВ кабеля, и различных технологических обмоток и оболочек, служащих для различных целей, в том числе и для тех же целей, что и гели;
7. технологические элементы типа корделей (модулей-заполнителей), используемых вместо оптических модулей в случае малого числа требуемых волокон для сохранения выбранной геометрии конструкции кабеля (их диаметры, как правило, одинаковы с диаметром трубок для удобства формирования повива);
8. специальные интегрированные элементы типа служебных жил медного провода, используемых вместе с модулями и корделями в гибридных кабелях для заказчиков, использующих две среды передачи;
9. защитная броня либо в виде стальной (чаще гофрированной) ленты для защиты от механических повреждений и грызунов, либо в виде круглых (реже сегментированных) стальных нержавеющих или оцинкованных проволок накрученных в виде повивов (в один или несколько слоев) для придания нужных защитных и механических свойств.

Технические требования к оптическим кабелям связи

В соответствии с «Техническими требованиями к оптическим кабелям связи, предназначенным для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации», утверждёнными 21 мая 1998 года ОКС должны удовлетворять нижеперечисленным требованиям, представленным в таблице 1.

Оболочки, бронепокровы в соответствии с их функциональными назначениями и областью применения должны обеспечивать:

1. герметичность и влагостойкость;
2. механическую защиту;
3. стойкость к воздействию соляного тумана, солнечного излучения;
4. стойкость к избыточному гидростатическому давлению;

5. защиту от грызунов;
6. нераспространение горения.

Оптические волокна и элементы группирования волокон в кабеле должны иметь цветовую идентификацию.

Таблица Б.1 – Характеристики оптических волокон

Наименование параметра	Многомо- довые ОВ	Одномодовые ОВ		
	Рекомендации МСЭ-Т			
	G. 651	G.652	G.653	G.654
Передаточные характеристики				
Рабочая длина волны, нм	1300	1310 1550	1550	1550
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:				
– на длине волны 13 10 нм	0,7(1300 нм)	0,36	-	-
– на длине волны 1550 нм	-	0,22	0,22	0.22
Числовая апертура	0,18-0,24	-	-	-
Коэффициент широкополосности, МГц км, не менее	500, 1000	-	-	-
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм км, не более:				
– в интервале длин волн (1285-1330) нм	-	3,5	-	-
– в интервале длин волн (1525-1575) нм	-	18	3,5	20
Длина волны отсечки, нм	-	1270	1270	530
Диаметр сердцевины, мкм	50 ± 3	-	-	-
Диаметр модового поля, мкм	-	(9-10) ±10%	(7-8,3) ±10%	10,5±10
Геометрические характеристики:				
Диаметр оболочки, мкм	125±1	125±1	125±1	125±1
Диаметр по защитному покрытию, мкм	250±15	250±15	250±15	250±15
Некруглость отражающей оболочки, %, не более	2	2	2	2
Неконцентричность сердцевины, мкм, не более	2	-	-	-

Номинальная строительная длина кабеля, указанная в документации производителя, должна быть не менее 2 км (кроме станционных кабелей).

Для морских кабелей строительные длины указываются в конкретных контрактах.

ОКС, содержащие металлические элементы, должны удовлетворять следующим требованиям к электрическим параметрам:

1. электрическое сопротивление наружной оболочки кабеля, измеренное между металлическими элементами и землей (водой) должно быть не менее 2000 МОм-км (при заводских испытаниях);
2. внешняя оболочка кабеля должна выдержать напряжение, приложенное между металлическими элементами, соединенными вместе, и водой (землей) 20 кВ постоянного тока или 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц в течение 5 секунд. Для морских кабелей величина испытательного напряжения определяется с учетом величины дистанционного питания (ДП);
3. электрическое сопротивление изоляции жил ДП и между металлическими элементами и жилами ДП должно быть не менее 10000 МОм-км;
4. электрическое сопротивление жил ДП, приведенное к температуре 20 °С, должно быть не более 16 Ом/км;
5. изоляция жил ДП должна выдерживать испытательное напряжение 2,5 кВ переменного тока или 5 кВ постоянного тока в течение 2 мин;
6. оптический кабель с металлическими наружными покровами должен выдерживать испытания импульсным током в четырех поддиапазонах значений: менее 55 кА (I-ая категория молниестойкости); (55-80) кА (II-ая категория); (80-105) кА (III-я категория молниестойкости); 105 кА и выше (IV-я категория).

Оптический кабель связи должен быть стойким к механическим воздействиям. Он должен выдерживать 20 циклов изгибов на угол $\pm 90^\circ$ по радиусу не более 20-кратного внешнего диаметра при нормальной температуре и при температуре не ниже минус 10°С окружающей среды (кроме внутри объектов). Кабели должны выдерживать 10 циклов осевых закручиваний на угол $\pm 360^\circ$ на длине не более 4 м при нормальной температуре окружающей среды. Он должен быть стойким к вибрационным нагрузкам в диапазоне частот (10-200) Гц с ускорением 4g.

Срок службы оптических кабелей должен быть не менее 25 лет. Срок хранения в полевых условиях под навесом должен быть не менее 10 лет, в отапливаемых помещениях не менее 15 лет. Срок хранения входит в срок службы кабеля.

Транспортирование кабелей допускается любым видом транспорта на любое расстояние в соответствии с правилами перевозки грузов.

Хранение кабелей должно осуществляться в упакованном виде.

Не должно быть воздействия паров кислот, щелочей и других агрессивных сред.

Температура окружающей среды при транспортировании и хранения от -50 °С до +50 °С, для кабелей с пониженной рабочей температурой окружающей среды от -60 °С до +50 °С.

Условия хранения морских кабелей определяются заводом – производителем.

Кабель должен обеспечивать возможность его прокладки и монтажа при температуре до -10 °С (внутриобъектовые – не ниже - 5°С).

Допустимый статический радиус изгиба кабеля должен быть равен 20-ти номинальным наружным диаметрам кабеля. Для кабелей, прокладываемых в кабельной канализации, допустимый радиус изгиба не должен превышать 250 мм.

Допустимый радиус изгиба оптического волокна при монтаже должен быть не более 3 мм (в течение 10 мин).

Допустимый статический радиус изгиба оптических модулей должен быть указан в ТУ на конкретный тип кабеля.

Изготовитель должен гарантировать соответствие оптического кабеля требованиям Технических условий при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, эксплуатации и монтажа, установленных в Технических условиях и эксплуатационной документации.

Срок гарантии составляет не менее 2 лет со дня ввода в эксплуатацию.

Маркировка оптических кабелей

Маркировка ВОК достаточно разнообразна и зависит от компаний производителей. Обычно используются два типа маркировки: кодовая буквенно-цифровая и непосредственная, когда вслед за маркой кабеля последовательно указываются значения основных параметров. Рассмотрим маркировку кабеля наружной прокладки.

Примером отечественной кодовой маркировки может служить кодировка кабеля компании «Севкабель-оптик» (см. таблицу 2, где код приведён в русской и латинской версиях).

СЕВ - ДПС - 024 Е 06- 06 - М2

SEV - DPC - 024 E 06 - 06 - M2

Примером непосредственной цифровой маркировки (кроме буквенных обозначений типа кабеля) может служить кодировка обозначений кабелей, используемая ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания» (СОКК), представленная в таблице 3.

ОКЛТ -01-6-16-10/125-0,36/0,22-3,5/158-1,0

ОКГТ-МТ-24-10/125-0,36/0,22-3,5/18-13,2-81/71,6

Таблица Б.2 – Кодовая маркировка компании «Севкабель-оптик»

№	Код русский	Лат.	Расшифровка кода маркировки
1	СЕВ СКО	SEV SCO	ОАО«Севкабель» ЗАО «Севкабель-Оптик»
2	Д О	D O	Модульный, с диэлектрическим центральным элементом Трубчатый (центральный модуль)
3	А П Н	A P N	Алюмополиэтиленовая (полиэтилен, покрытый алюминием) Полиэтиленовая С замедленным распространением горения
4	О Л Н	O L N	Без дополнительных внешних покровов С гофрированной продольно наложенной стальной лентой и ПЭ оболочкой С гофрированной стальной лентой и оболочкой
	С У 2 М Т	C Y 2 M T	из пластмассы, с нераспространением горения С однослойной бронёй из стальных проволок и ПЭ оболочкой С усиленной однослойной бронёй из стальных проволок и ПЭ оболочкой С двухслойной бронёй из стальных проволок и ПЭ Оболочкой С однослойной бронёй из стеклопластиковых стержней и ПЭ оболочкой С периферийными диэлектрическими силовыми элементами и ПЭ оболочкой
5			Число оптических волокон (чётное)
6	Е С Н М	E S N M	Одномодовое стандартное волокно Одномодовое волокно со смещённой нулевой дисперсией Одномодовое волокно со смещённой ненулевой дисперсией Многомодовое волокно
7			Число волокон в модуле/пучке
8			Число элементов в скрутке
9	М2 М4 М8	M2 M4 M8	Две медные жилы Четыре медные жилы Восемь медных жил

Таблица Б.3 - Кодовая маркировка ЗАО СОКК

№	Код	Расшифровка кода маркировки
1	ОКГТ	Оптический кабель, встроенный в грозотрос для подвески на опорах ЛЭП
	ОКЛ	Оптический кабель для прокладки в трубах, коллекторах, кабельной канализации и внутри зданий
	ОКЛН	Оптический кабель для прокладки в трубах, коллекторах, кабельной канализации, грунтах всех категорий, на мостах, через болота и водные переходы
	ОКЛСт	Оптический кабель для прокладки в трубах, коллекторах, кабельной канализации, в гравийно-песчаных и тяжёлых глинистых грунтах, с защитой от грызунов
	ОКЛЖ	Оптический кабель самонесущий для подвески на опорах линий связи, контактной сети железных дорог и ЛЭП
2	01, 02, S, МТ	Модификация типа кабеля
3		Количество элементов в повиве сердечника (кроме ОКГТ-МТ)
4	2-96	Количество оптических волокон
5		Диаметр сердцевины/диаметр оболочки в мм.
6		Коэффициент затухания в дБ/км на длинах волн 1310нм/1550нм
7		Хроматическая дисперсия в пс/нм/км на длинах волн 1310нм/1550нм
8		Допустимая растягивающая нагрузка в кН или (для ОКГТ) внешний диаметр кабеля в мм.
9		Для ОКГТ - термическая стойкость к току КЗ в кА2*с
10		Для ОКГТ - разрывная нагрузка в кН (или кг)

В маркировке кабелей «Электропровод» (таблица Б.4) нет явного указания на рабочую длину волны волокна, но её можно установить по двум другим параметрам - диаметру сердцевины и коэффициенту затухания, если использовать указанные в примечании значения, связывающие- эти параметры ОВ. Например:

ОКВО-М12(0,9)Т-10-0,4-8ОКНЕ М8Т-10-0,25-8/4

ОК/Т-М6П-10-0,4-12ОКБ-Т6,0-8-0,22-32

Таблица Б.4 – Кодовая маркировка компании «Электропровод»

№	Код	Расшифровка кода маркировки
1	ОК	Оптический кабель в полиэтиленовой оболочке
2	Н	Если используется полиэтиленовая оболочка с нераспространением горения
3	А Б В О С	Силовой элемент из арамидных нитей Броня из стальных оцинкованных проволок Оболочка из поливинилхлоридного пластика Оплётка стальными оцинкованными проволоками Броня из стальной гофрированной ленты
	/А /П /Т	Подвесной кабель с внешним силовым элементом из арамидных нитей Подвесной кабель с внешним силовым элементом из стеклопластикового прутка Подвесной кабель с внешним силовым элементом из стального троса
4	М Т	Модульная конструкция кабеля Конструкция с центральной трубкой
5	Н (О/О) О	Количество элементов (модулей, корделей) в повиве Наружный диаметр модуля/диаметр буферного покрытия (для внутриобъектовых кабелей) Диаметр центральной трубки
6	П Т	Центральный силовой элемент - стеклопластиковый пруток Центральный силовой элемент - стальной трос
7	8 10 50 62,5	Одномодовое оптическое волокно с диаметром сердцевины 8 мкм, (ОМ ОВ со сдвигом дисперсии) Одномодовое оптическое волокно с диаметром сердцевины 10мкм, (ОМ ОВ стандартное) Многомодовое оптическое волокно (ММ ОВ)с диаметром сердцевины 50 мкм Многомодовое оптическое волокно (ММ ОВ) с диаметром сердцевины 62,5мкм.
8		Предельное значение коэффициента затухания в дБ/км.
9	4–72/ «n»	Количество ОВ/количество МЖ (если есть) Количество ОВ (допустимое растягивающее усилие -для кабеля ОКА)

Примечание:

1. ОМ волокно со сдвигом дисперсии (диаметр сердцевины - 8 мкм) работает на длине волны 1550нм и поставляется с затуханием 0,2-0,25 дБ/км;
2. ОМ волокно стандартное (диаметр сердцевины - 10 мкм) работает на длинах волн 1550 и 1310 нм и поставляется с затуханием: 0,2-0,25 дБ/км для $\lambda=1550$ нм и 0,35-0,4 для $\lambda = 1310$ нм;
3. ММ волокно стандартное (диаметр сердцевины 50 мкм) работает на длинах волн 850 и 1310 нм и поставляется со следующими значениями

затухания: 2,4-5 дБ/км для $\lambda=850$ нм (широкополосность 400-600 МГц-км) и 0,5-1,5 дБ/км для $\lambda=1310$ нм (широкополосность 400-1500 МГц-км);

4. ММ стандартное (диаметр сердцевины 62,5 мкм) работает на длинах волн 850 и 1310 нм и поставляется со следующими значениями затухания: 2,8-5 дБ/км для $\lambda=850$ нм (широкополосность 160-400 МГц-км) и 0,6-1,5 дБ/км для $\lambda=1310$ нм (широкополосность 200-800 МГц-км).

Оптические кабели связи отечественных производителей

Ниже приведены основные технические характеристики ОК, наиболее широко применяемых при строительстве ВОЛП и изготавливаемых фирмами, предприятиями и заводами России.

ЗАО "Самарская оптическая кабельная компания" (г. Самара)

"Самарская оптическая кабельная компания" имеет самое современное технологическое оборудование по производству ОК. Оборудование оснащено компьютерной системой управлений производством, что позволяет осуществлять контроль качества изготовления кабеля на всех этапах производства. Компания производит следующие типы оптических кабелей.

Кабель оптический небронированный для внутриобъектной прокладки типа ОКЛ-01, ОКЛ-02

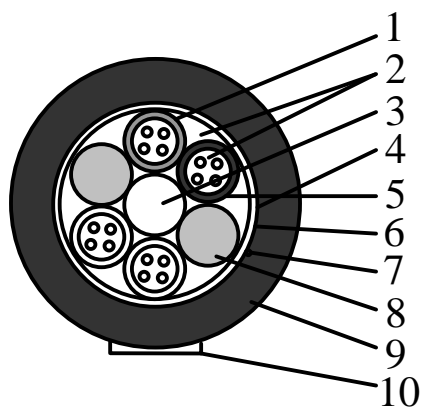
Применяется для прокладки в трубах, коллекторах кабельной канализации, а также внутри зданий.

Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-83.

Особенности:

- экономичная конструкция;
- возможность использования в среде с электропомехами;
- минимальный вес, диапазон рабочей температуры: $-40^{\circ}..+50^{\circ}$

Конструкция



1 – оптическое волокно фирмы "Корнинг"; 2 – гидрофобный наполнитель; 3 – центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень или стальной трос в ПЭ оболочке); 4 – водоблокирующая лента (по требованию); 5 – полимерная трубка; 6 – скрепляющая лента; 7 – вспарывающий корд (по требованию); 8 – кордель; 9 – полимерная защитная оболочка; 10 – маркировка.

Рисунок Б.1

Таблица Б.5 – Основные характеристики

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-144
Диаметр кабеля, мм	10,0-20,0
Вес, кг/м	70-300
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:	
– на длине волны 1,31 мкм	0,35
– на длине волны 1,55 мкм	0,20
Удельная хроматическая дисперсия, пс/нм-км, не более:	
– на длине волны 1,31 мкм	3,4
– на длине волны 1,55 мкм	18
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см, не менее	200
Допустимое растягивающее усилие, кН	От 1,0 до 3,0

Кабель оптический небронированный для прокладки в ПЭ трубах и трубах "Duraline"

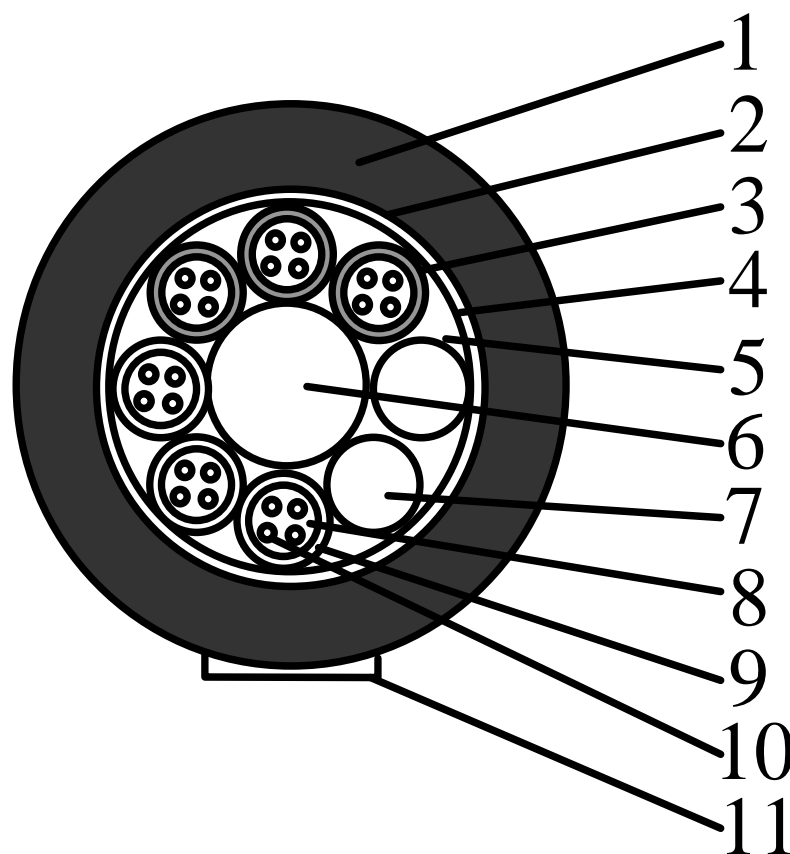
Применяется для прокладки методом задувки. Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ №ОС/1-КБ-83.

Особенности:

- экономичная конструкция;
- возможность использования в среде с электропомехами;
- минимальный вес;

- диапазон рабочей температуры: $-40^{\circ}..+50^{\circ}$;
- длительный срок службы.

Конструкция



1– защитная полиэтиленовая оболочка; 2– арамидные нити; 3– водоблокирующая лента; 4– скрепляющая обмотка; 5– гидрофобный наполнитель; 6– центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень или стальной трос в ПЭ оболочке); 7– кордель; 8– гидрофобный наполнитель; 9– оптический модуль; 10– оптическое волокно фирмы "Корнинг"; 11– маркировка.

Рисунок Б.2

Таблица Б.6 – Основные характеристики

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-144
Диаметр кабеля, мм	10,0-20,0
Вес, кг/м	80-350
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	0,34
- на длине волны 1,55 мкм	0,20
Удельная хроматическая дисперсия, пс/нм*км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	3,5
- на длине волны 1,55 мкм	18
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см, не менее	200
Допустимое растягивающее усилие, кН	от 1,0 до 3,0

Кабель оптический с броней из круглых стальных проволок для подземной прокладки типа ОКЛК-01, ОКЛК-02

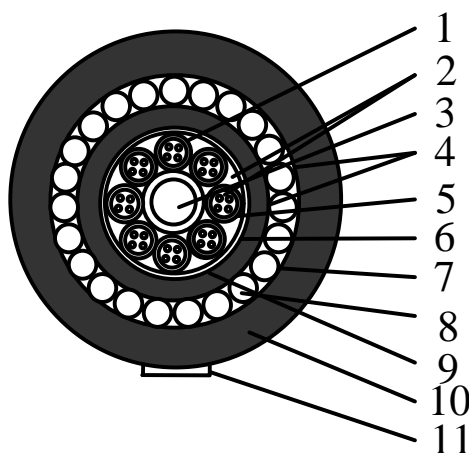
Применяется для прокладки в трубах, в шахтах и тоннелях, блоках и коллекторах кабельной канализации, в грунтах всех категорий, на мостах, через болота и водные переходы.

Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-96.

Особенности:

1. компактный дизайн;
2. стойкость к повышенным радиальным и продольным нагрузкам;
3. оптимальная защита от механического повреждения;
4. защита от повреждений грызунами;
5. высокая молниестойкость;
6. стабильная эксплуатация в грунтах повышенной сложности;
7. диапазон рабочей температуры: -40°..+50°.

Конструкция



1– оптическое волокно фирмы "Корнинг"; 2–гидрофобный наполнитель; 3– центральный силовой элемент (стеклопластик-01, стальной трос в ПЭ оболочке-02); 4– водоблокирующая лента (по требованию); 5– полимерная трубка; 6– скрепляющая лента; 7– вспарывающий корд (по требованию); 8– стальная оцинкованная проволока; 9– полимерная защитная внутренняя оболочка; 10– полимерная защитная наружная оболочка; 11– маркировка.

Рисунок Б.3

Таблица Б.7 – Основные характеристики

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-144
Диаметр кабеля, мм	15,0-28,5
Вес, кг/м	300-1800
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	0,34
- на длине волны 1,55 мкм	0,20
Удельная хроматическая дисперсия, пс/нм*км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	3,5
- на длине волны 1,55 мкм	18
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см, не менее	1000
Допустимое растягивающее усилие, кН	7,0 - 80,0

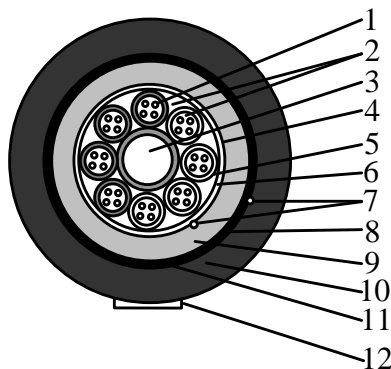
Кабель оптический с броней в виде продольно наложенной стальной гофрированной оболочки для подземной прокладки типа ОКЛСт-01, ОКЛСт-02

Предназначен для прокладки в трубах, блоках и коллекторах кабельной канализации, по мостам в шахтах и тоннелях, в гравийно-песчаный грунт, наносные пески, тяжелые глинистые грунты. Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-84.

Особенности:

1. компактный дизайн;
2. оптимальная защита от проникновения влаги;
3. защита от повреждений грызунами;
4. защита от механического повреждения;
5. защита от коррозии;
6. диапазон рабочей температуры: $-40^{\circ}..+50^{\circ}$.

Конструкция



1— оптическое волокно фирмы "Корнинг"; 2 — гидрофобный наполнитель; 3— центральный силовой элемент (стеклопластик-01, стальной трос в ПЭ оболочке-02); 4— водоблокирующая лента (по требованию); 5— полимерная трубка; 6— скрепляющая лента; 7— вспарывающий корд (по требованию); 8— водоблокирующая лента; 9— полимерная защитная внутренняя оболочка; 10— полимерная защитная наружная оболочка; 11— ламинированная стальная гофрированная лента (зетабон); 12— маркировка.

Рисунок Б.4

Таблица Б.8 – Основные характеристики

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-144
Диаметр кабеля, мм	14,0-25,0
Вес, кг/м	185-500
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	0,34
- на длине волны 1,55 мкм	0,20
Хроматическая дисперсия, пс/нм*км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	3,5
- на длине волны 1,55 мкм	18
Допустимое раздавливающее усилие. Н/см, не менее	400
Допустимое растягивающее усилие. кН	от 1,0 до 6,0

Кабель оптический самонесущий, диэлектрический для воздушной прокладки типа ОКЛЖ

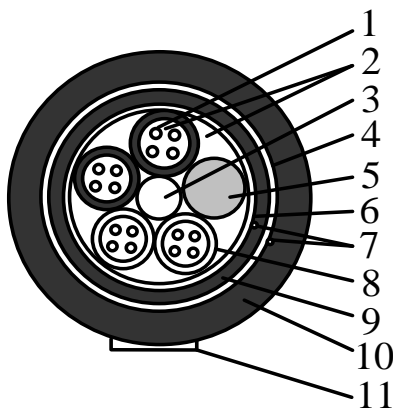
Предназначен для подвески на опорах контактной сети электрифицированных железных дорог и линий электропередачи, воздушных линий передачи и городского энергохозяйства.

Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-120.

Особенности:

1. полностью диэлектрический кабель;
2. способность выдерживать высокие механические нагрузки;
3. повив (слой) силовых элементов в виде высокопрочных синтетических нитей, обеспечивающих гибкость и небольшой наружный диаметр кабеля;
4. стойкость к воздействию электрического поля (трекинговая стойкость);
5. минимальный вес;
6. диапазон рабочей температуры: $-60^{\circ}..+70^{\circ}$;
7. длительный срок службы;
8. возможность изготовления больших строительных длин;
9. создает минимальные дополнительные нагрузки на опоры.

Конструкция



1— оптическое волокно фирмы "Корнинг"; 2— гидрофобный заполнитель; 3— центральный силовой элемент (стеклопластик); 4— силовые элементы (арамидные нити); 5— кордель; 6— скрепляющая лента; 7— вспарывающий корд (по требованию); 8— полимерная трубка; 9— полимерная защитная внутренняя оболочка; 10— полимерная защитная наружная оболочка; 11— маркировка.

Рисунок Б.5

Таблица Б.9 – Основные характеристики

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-96
Номинальный наружный диаметр, мм	12,0-22,0
Расчетный вес, кг/м	120-410
Коэффициент затухания. дБ/км, не более: - на длине волны 1,31 мкм - на длине волны 1,55 мкм	0,34 0,20
Хроматическая дисперсия, пс/нм*км, не более: - на длине волны 1,31 мкм - на длине волны 1,55 мкм	3,5 18
Разрывное усилие, кН, не менее	10,0- 100,0
Максимально допустимое растягивающее усилие, кН	3,5 – 30,0

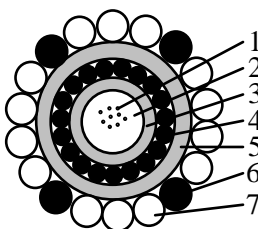
Кабель оптический, встроенный в грозозащитный трос, типа ОКГТ-МТ

Предназначены для подвески на опорах воздушных линий электропередачи. Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-140 линий.

Особенности:

1. способность выдерживать высокие механические и электрические нагрузки;
2. защита от коррозии;
3. высокая молниестойкость; высокая стойкость к пляске и вибрации;
4. минимальный крутящий момент при монтаже и эксплуатации;
5. диапазон рабочей температуры: -60°..+70°;
6. возможность изготовления больших строительных длин;
7. длительный срок службы.

Конструкция



1– оптическое волокно фирмы "Корнинг"; 2– гидрофобный заполнитель; 3– центральная полимерная трубка; 4– проволоки стальные оцинкованные; 5– алюминиевая оболочка; 6– проволоки из алюминиевого сплава; 7– проволоки стальные с алюминиевым покрытием.

Рисунок Б.6

Таблица Б.10 – Основные характеристики

Параметр	Значение
Количество ОВ	2-16
Номинальный внешний диаметр кабеля, мм	13,1
Расчетный вес кабеля, кг/м	545
Коэффициент затухания, дБ/км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	0,34
- на длине волны 1,55 мкм	0,20
Хроматическая дисперсия, пс/нм*км, не более:	
- на длине волны 1,31 мкм	3,5
- на длине волны 1,55 мкм	18
Максимально допустимая растягивающая нагрузка, кг	3650
Максимально допустимая разрывная нагрузка, кг	7300
Среднеэксплуатационная нагрузка, кг	1470
Модуль упругости (конечный), кг/мм	13214
Сопротивление постоянному току при 20°, Ом/км	0,47
Допустимый ток КЗ в 1 сек, кА	9,1
Термическая стойкость к КЗ, кА ² -с	81
Коэффициент линейного термического расширения, °/С	1,6x10 ⁻⁵
Минимальный радиус изгиба, мм	260

Примечания для всех типов кабелей:

1. Параметры передачи даны для стандартного одномодового волокна марки *SMF 28 CPC 6 ф. КОРНИНГ*. Возможно изготовление кабеля с более низким коэффициентом затухания по специальному заказу.
2. Возможно изготовление кабеля с другими типами оптических волокон производства *ф. КОРНИНГ*:
 - a. одномодовое с ненулевой смещенной дисперсией марки *LEAF CPC*
 - b. многомодовое 50/125 CPC 63.

По требованию заказчика возможно изготовление кабелей с оболочкой из негорючего полиэтилена.

АО НФ "Электропровод" (г. Москва)

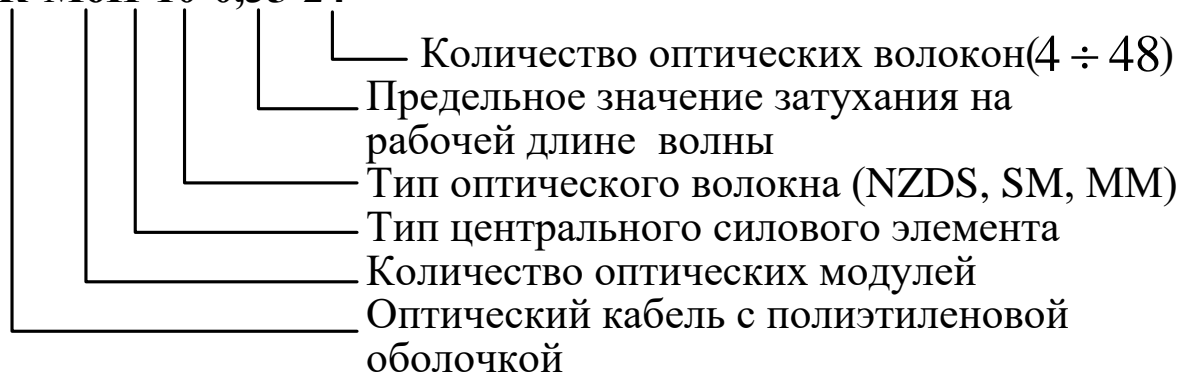
В настоящее время фирма выпускает следующие новые оптические кабели для местных и междугородных линий связи ВСС России по ТУ 16.К12-16-97: городские ОК, в том числе модульной конструкции; магистральные ОК; подвесные ОК; внутриобъектовые ОК, предназначенные для прокладки внутри аппаратуры, станций, зданий и сооружений. Основным поставщиком кабельной продукции является "Телекомкомплектсервис".

Кабели оптические городские

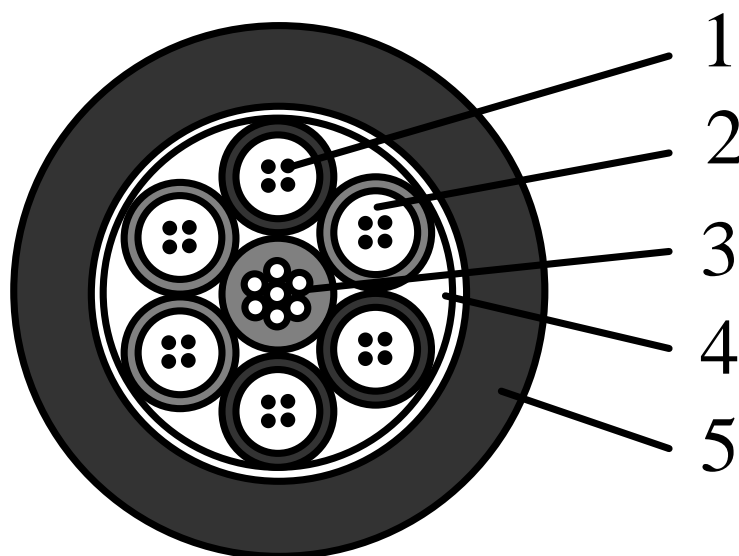
Оптические кабели типа ОК предназначены для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, на мостах и в кабельных шахтах. Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-93, ТУ 16.К12-16-97.

Маркировка

ОК-М6П-10-0,35-24



Конструкция



- 1— оптическое волокно; 2— внутримодульный гидрофобный наполнитель;
3— центральный силовой элемент:
— стальной трос (Т),
— стеклопластиковый пруток (П);
4— межмодульный гидрофобный наполнитель; 5— защитная оболочка из полиэтилена.

Рисунок Б.7

Таблица Б.11 – Основные характеристики

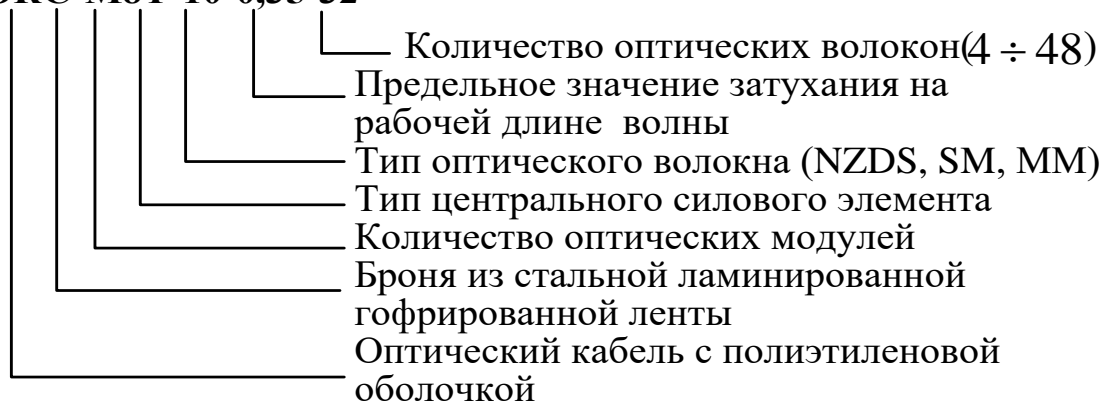
Тип оптического волокна	NZDS (8/125)	SM (10/125)	GI MM (50/125)	SIMM 62,5/125
Коэффициент затухания, дБ/м				
на $\lambda = 0,85$ мкм	--	--	2,5	3,0
на $\lambda = 1,3$ мкм	--	--	0,7	0,7
на $\lambda = 1,31$ мкм	0,4	0,35	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	0,25	0,22	--	--
Хроматическая дисперсия, пс/км*нм				
на $\lambda = 1,31$ мкм	--	3,5	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	1,3 ÷ 5,8 - (5,8 ÷ 1,3)	18	--	--
Полоса пропускания, МГц-км				
на $\lambda = 0,85$ мкм, не менее			400	160
на $\lambda = 1,3$ мкм, не менее			600	500
Количество модулей	6/8			
Количество волокон в модуле	1 ÷ 6			
Максимальный внешний диаметр кабеля ($D_{\text{КАВ}}$), мм	16			
Минимальный радиус изгиба (при t не ниже 0°C), мм	15x $D_{\text{каб}}$			
Температурный диапазон, °C	- 40 ÷ +50			
Допустимое растягивающее усилие, кН	1,5			
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см	10			
Масса кабеля, кг/км	90 ÷ 120			
Максимальная строительная длина, м, не менее	4000			

Оптические кабели типа ОКС предназначены для прокладки в легких грунтах, кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, на мостах и в кабельных шахтах.

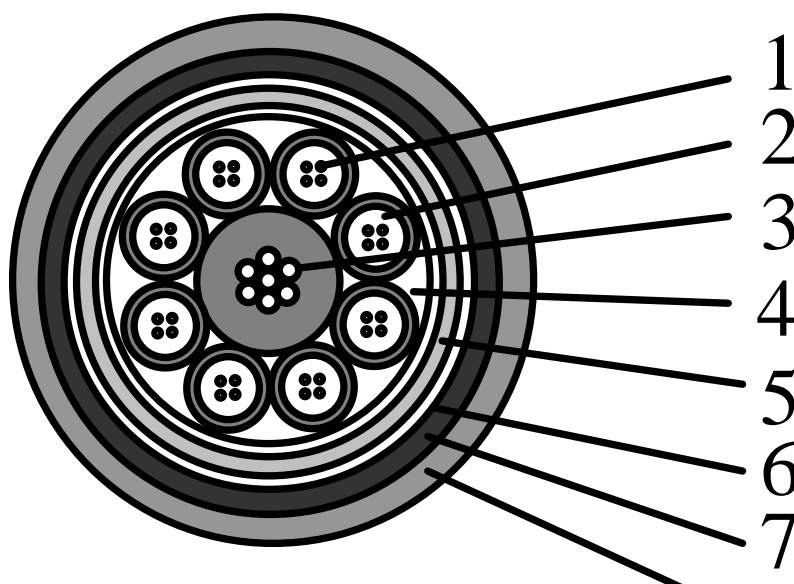
Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ ОС/1-КБ-93, ТУ 16.К12-16-97
Кабель ОКНС-М сертифицирован Государственной Противопожарной Службой
МВД РФ за №001405

Маркировка

ОКС-М8Т-10-0,35-32



Конструкция



8

1— оптическое волокно; 2— внутримодульный гидрофобный наполнитель; 3— центральный силовой элемент:

— стальной трос (Т),

— стеклопластиковый пруток (П);

4— гидрофобный наполнитель; 5— промежуточная оболочка из полиэтилена;

6— гидрофобный наполнитель; 7— броня из стальной ламинированной

гофрированной ленты; 8— защитная оболочка из полиэтилена (ОКС-М) или полиэтилена, не распространяющего горение (ОКНС-М)

Рисунок Б.8

Таблица Б.12 – Основные характеристики

Тип оптического волокна	NZDS (8/125)	SM (10/125)	GI MM (50/125)	SI MM (62,5/125)
Коэффициент затухания, дБ/км				
на $\lambda = 0,85$ мкм	--	--	2,5	3,0
на $\lambda = 1,3$ мкм	--	--	0,7	0,7
на $\lambda = 1,31$ мкм	0,4	0,35	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	0,25	0,22	--	--
Хроматическая дисперсия, пс/км*нм				
на $\lambda = 1,31$ мкм	--	3,5	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	1,3 ÷ 5,8 -5,8 ÷ -1,3	18	--	--
Полоса пропускания, МГц-км на λ = 0,85 мкм, не менее			400	160
на $\lambda = 1,3$ мкм, не менее			600	500
Количество модулей	6/8			
Количество волокон в модуле	1 ÷ 6			
Максимальный внешний диаметр кабеля ($D_{\text{КАВ}}$), мм	16 ÷ 21			
Минимальный радиус изгиба (при t не ниже -10°C), мм	20x $D_{\text{каб}}$			
Температурный диапазон, °C	- 40 ÷ +50			
Допустимое растягивающее усилие. кН, ОКС-М; ОКНС-М	3,5			
Допустимое раздавливающее усилие. Н/см	1000			
Масса кабеля, кг/км	190 ÷ 240			
Максимальная строительная длина, м, не менее	4000			

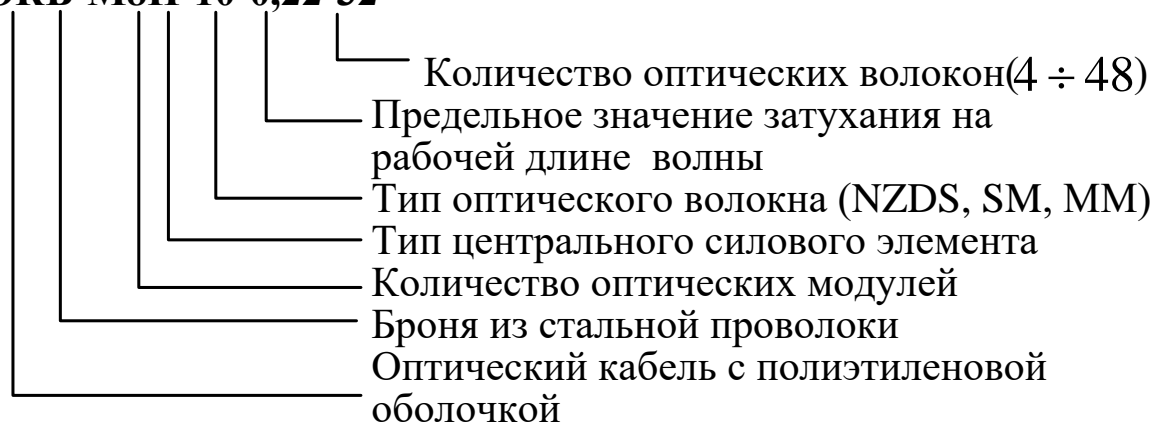
Кабели оптические магистральные

Предназначены для прокладки в грунтах всех категорий (в том числе зараженных грызунами), в кабельной канализации, в трубах, в блоках, в коллекторах, на мостах и в кабельных шахтах.

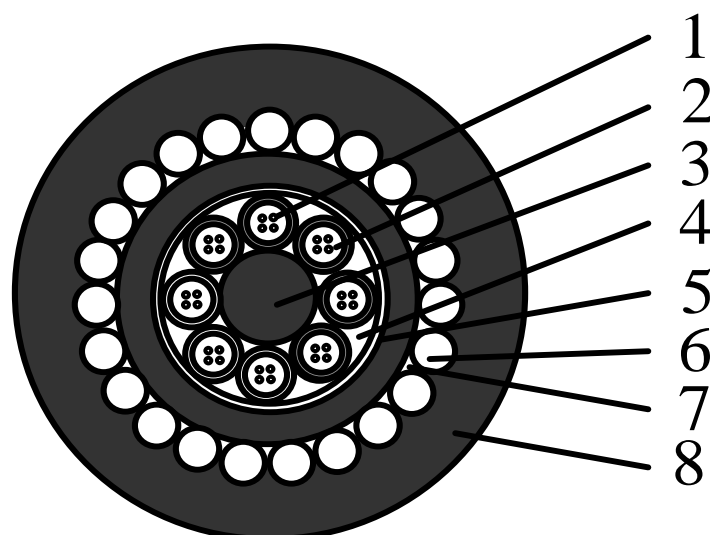
Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-93, ТУ 16.К12-16-97.

Маркировка

ОКБ-М8П-10-0,22-32



Конструкция



1— оптическое волокно; 2— внутримодульный гидрофобный наполнитель; 3— центральный силовой элемент:

— стальной трос (Т),
— стеклопластиковый пруток (П).

4— межмодульный гидрофобный наполнитель; 5— промежуточная оболочка из полиэтилена; 6— броня из стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,6-2,0 мм; 7— гидрофобный наполнитель; 8— защитная оболочка из полиэтилена (ОКБ-М) или полиэтилена, не распространяющего горение (ОКНБ-М)

Рисунок Б.9

Таблица Б.13 – Основные характеристики

Тип оптического волокна	NZDS (8/125)	SM (10/125)	CI MM (50/125)	SI MM 62,5/125
Коэффициент затухания, дБ/км на $\lambda = 0,85$ мкм		--	2,5	3,0
на $\lambda = 1,3$ мкм		--	0,7	0,7
на $\lambda = 1,31$ мкм	0,4	0,35	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	0,25	0,22	--	--
Хроматическая дисперсия, пс/км*нм				
на $\lambda = 1,31$ мкм	--	3,5	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	1,3 ÷ 5,8 -5,8 ÷ -1,3	18	--	--
Полоса пропускания, МГц-км				
на $\lambda = 0,85$ мкм, не менее			400	160
на $\lambda = 1,3$ мкм, не менее			600	500
Количество модулей	6/8			
Количество волокон в модуле	1 ÷ 6			
Внешний диаметр модуля, мм	2,0 или 2,9			
Номинальный внешний диаметр кабеля (Дкаб), мм				
6 модулей	15			
8 модулей	18			
Минимальный радиус изгиба (при t не ниже -10°C), мм	20 x Дкаб			
Температурный диапазон, °C	- 40 ÷ +50			
Допустимое растягивающее усилие, кН	10 ÷ 20			
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см	1000			
Масса кабеля, кг/км	436 ÷ 560			
Максимальная строительная длина, м, не менее	4000			

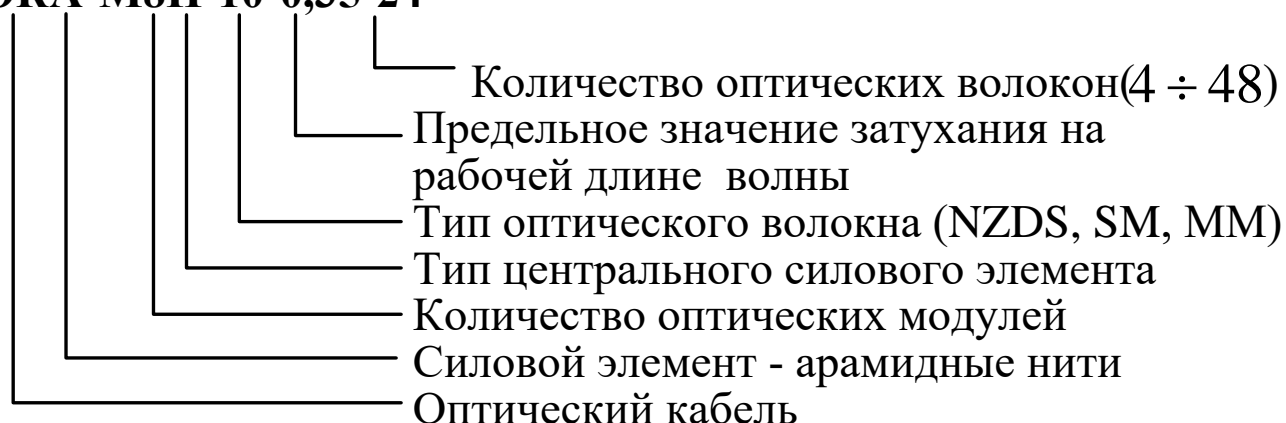
Кабели оптические самонесущие

Предназначены для подвески на опорах линий связи, контактной сети железных дорог, линий электропередач на напряжение до 110 кВ.

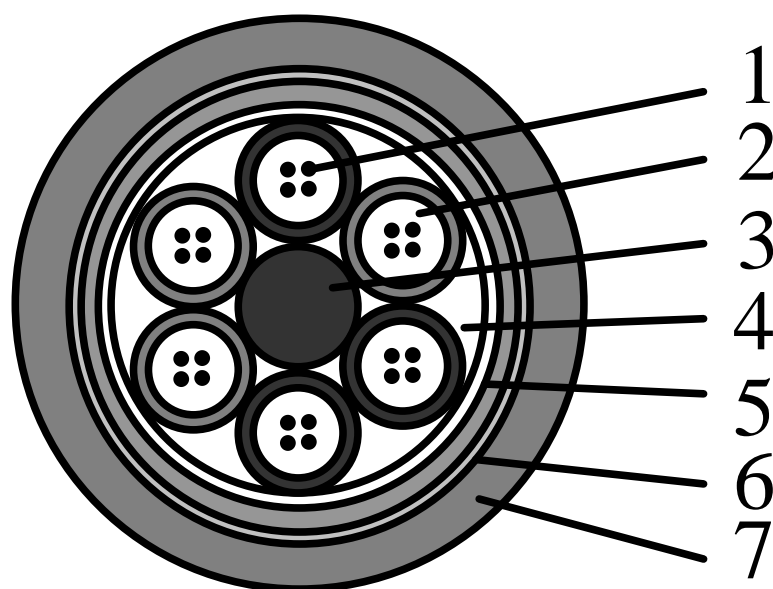
Сертификат соответствия РФ № ОС/1-КБ-93, ТУ 16. К12-16-97.

Маркировка

ОКА-М8П-10-0,35-24



Конструкция



1— оптическое волокно; 2— внутримодульный гидрофобный наполнитель; 3— центральный силовой элемент — стеклопластиковый пруток (П); 4— межмодульный гидрофобный наполнитель; 5— промежуточная оболочка из полиэтилена; 6— силовой элемент — обмотка из арамидных нитей; 7— защитная оболочка из полиэтилена высокой плотности.

Рисунок Б.10

Таблица Б.14 – Основные характеристики

Тип оптического волокна	NZDS (8/125)	SM (10/125)	GI MM (50/125)	SI MM (62,5/125)
Коэффициент затухания, дБ/км на $\lambda = 0,85$ мкм на $\lambda = 1,3$ мкм на $\lambda = 1,31$ мкм на $\lambda = 1,55$ мкм	-- -- 0,4 0,25	-- -- 0,35 0,22	2,5 0,7 -- --	3,0 0,7 -- --
Хроматическая дисперсия, пс/км*нм на $\lambda = 1,31$ мкм на $\lambda = 1,55$ мкм	-- 1,3÷5,8 -5,8÷-1,3	3,5 18	-- --	-- --
Полоса пропускания, МГц-км на $\lambda = 0,85$ мкм, не менее на $\lambda = 1,3$ мкм, не менее			400 600	160 500
Количество модулей	6			
Количество волокон в модуле	1 ÷ 6			
Максимальный внешний диаметр кабеля (ДКАВ). мм	15,5			
Минимальный радиус изгиба (при t не ниже -10°C), мм	20xDкаб			
Температурный диапазон. °C	-60 ÷ +60			
Допустимое растягивающее усилие, кН	3,5,7,8,10,15,20			
Масса кабеля, кг/км	170 ÷ 200			
Максимальная строительная длина, м, не менее	6000			

Кабели оптические подвесные

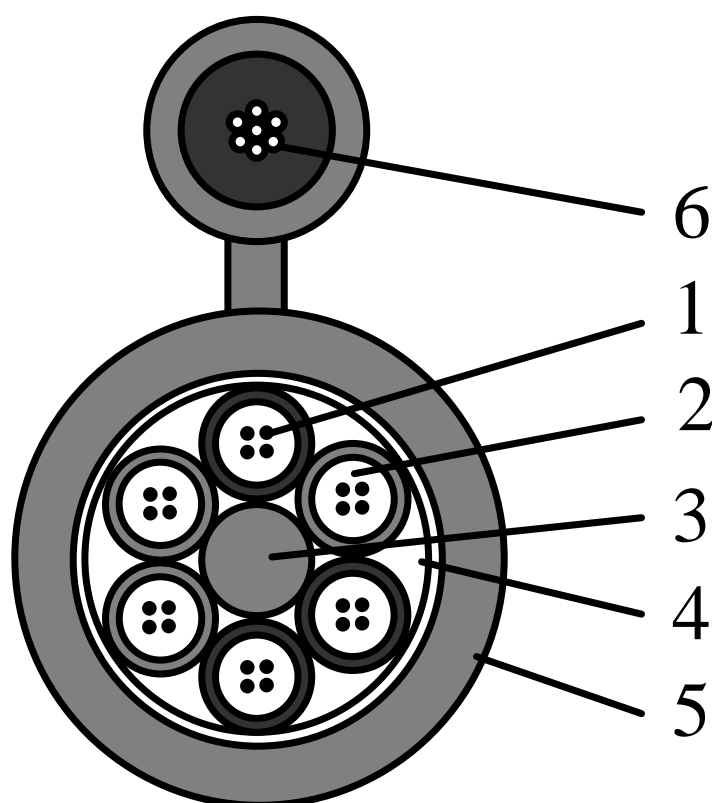
Предназначены для подвески на опорах линий связи. Сертификат соответствия Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-93, ТУ 16.К12-16-9.

Маркировка

ОК/А-М6П-10-0,35-24

- Количество оптических волокон ($4 \div 48$)
- Предельное значение затухания на рабочей длине волны
- Тип оптического волокна (NZDS, SM, MM)
- Тип центрального силового элемента
- Количество оптических модулей
- Внешний силовой элемент
- Оптический кабель с полиэтиленовой оболочкой

Конструкция



1— оптическое волокно; 2— внутримодульный гидрофобный наполнитель; 3— центральный силовой элемент стекло пластиковый пруток (П); 4— межмодульный гидрофобный наполнитель; 5— защитная оболочка из полиэтилена; 6— внешний силовой элемент:

- стальной трос (ОК/Т-...);
- арамидные нити (ОК/А-...);
- стеклопластиковый пруток (ОК/П-...).

Рисунок Б.11

Таблица Б.14 – Основные характеристики

Тип оптического волокна	NZDS (8/125)	SM (10/125)	GI MM (50/125)	SI MM (62,5/125)
Коэффициент затухания, дБ/км на $\lambda = 0,85$ мкм	--	--	2,5	3,0
на $\lambda = 1,3$ мкм	--	--	0,7	0,7
на $\lambda = 1,31$ мкм	0,4	0,35	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	0,25	0,22	--	--
Хроматическая дисперсия, пс/км*нм				
на $\lambda = 1,31$ мкм	--	3,5	--	--
на $\lambda = 1,55$ мкм	1,3 ÷ 5,8 -5,8 ÷ -1,3	18	--	--
Полоса пропускания, МГц*км на λ = 0,85 мкм, не менее			400	160
на $\lambda = 1,3$ мкм, не менее			600	500
Количество модулей	6			
Количество волокон в модуле	1 ÷ 6			
Максимальный внешний диаметр кабеля (DКАВ). мм	10/19			
Минимальный радиус изгиба (при t не ниже -10°C), мм	20xDкаб			
Температурный диапазон, °C	- 60 ÷ + 60			
Допустимое растягивающее усилие, кН	3,5			
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см	100			
Масса кабеля, кг/км	120 ÷ 166			
Максимальная строительная длина, м, не менее	4000			

ЗАО "Оптика-кабель" (г. Москва)

Изготавливает одномодовые и многомодовые оптические кабели по ТУ 16.К 12-14-96. Число ОВ составляет от 4 до 36.

Одномодовые волоконные кабели с затуханием 0,22 дБ/км могут изготавливаться с числом ОВ от 4 до 36, 48, 96 и 144, а многомодовые ОК – от 4 до 32.

Кабели типа *O(M)ЗКГм-10-01*, *O(M)ЗКГм-50-01* предназначены для прокладки в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, а также в воде при пересечении болот и рек, в кабельной

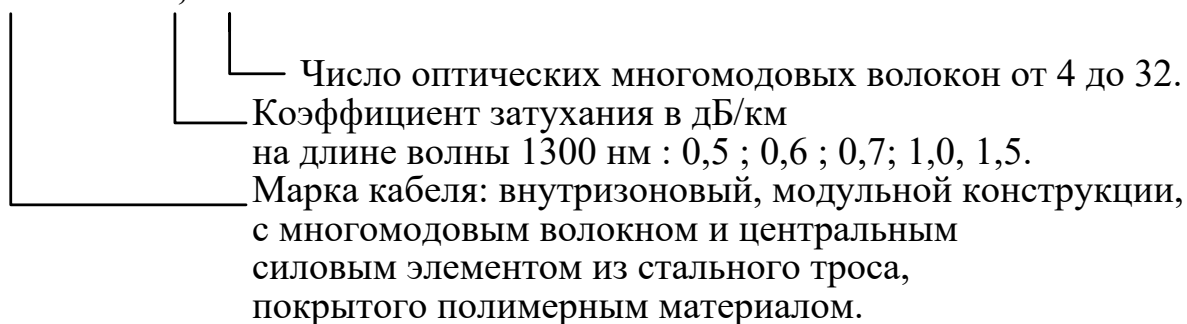
канализации, трубах, блоках и коллекторах. Кабели эксплуатируются при температуре от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

ОЗКГНм – то же, с наружной защитной полимерной оболочкой не распространяющей горение.

ОКСТ – кабели оптические городские для прокладки в канализации, трубах, блоках, коллекторах, ручным и механизированным способом для эксплуатации при температуре от минус 40 до плюс 50 градусов С, армированные гофрированной стальной лентой (ТУ 16.К12-13-95).

Пример записи условного обозначения кабеля ОЗКГм:

ОЗКГм-50-01-0,7-16



ОККО – кабели оптические линейные для прокладки в канализации; трубах, блоках, коллекторах, ручным и механизированным способом для эксплуатации при температуре от минус 40 до плюс 50 градусов С, армированные оплёткой из стальной проволоки (ТУ 16.К71-084-90).

ОКК(ОК) – кабели оптические городские для прокладки в канализации, трубах, блоках, коллекторах, ручным и механизированным способом для эксплуатации при температуре от минус 40 до плюс 50 градусов С (ТУ 16.К71-084-90, ТУ 16.705.296-86).

Примеры записей условного обозначения кабелей ОКСТ, ОККО, ОКК(ОК):

ОКСТ-10-02-0,4-16

	Число оптических одномодовых (ОМ) или многомодовых(ММ) волокон от 4 до 32.
	Коэффициент затухания в дБ/км для ММ: на длине волны 1300 нм: 0,7 ; 1,0 ; 1,5. для ОМ: на длине волны 1300 нм: 0,35, 0,4, 0,5 для ОМ: на длине волны 1550 нм : 0,2 ; 0,22 ; 0,5.
	Номер разработки : 02-на стальном тросе, 01-на стеклопластике.
	Оптическое волокно: 10-одномодовое, 50-многомодовое.

ОКСТН, ОККОН, ОККН(ОКН)— кабели с наружной защитной полимерной оболочкой, не распространяющей горение.

Пример записи условного обозначения кабеля ОМЗКГ:

ОМЗКГ-10-02-0,4-16

	Число оптических одномодовых (ОМ) или многомодовых(ММ) волокон от 4 до 32.
	Коэффициент затухания в дБ/км для ММ: на длине волны 1300 нм: 0,7 ; 1,0 ; 1,5. для ОМ: на длине волны 1300 нм: 0,35, 0,4, 0,5 для ОМ: на длине волны 1550 нм : 0,2 ; 0,22 ; 0,5.
	Номер разработки : 02-на стальном тросе, 01-на стеклопластике.
	Оптическое волокно: 10-одномодовое, 50-многомодовое.
	Марка кабеля: ОМЗКГ, ОКСТ, ОККО, ОКК

По отдельно согласованной конструкции и программе испытаний:

- Кабель комбинированный с одномодовыми и многомодовыми оптическими волокнами;
- Кабель со специальными многомодовыми оптическими волокнами диаметром 0 62,5 мкм;
- Кабель комбинированный с изолированными дополнительными медными жилами;
- Кабель с защитной оболочкой не распространяющей горение;
- Кабель для эксплуатации при температуре до минус 60 °С.

Таблица Б.15 – Основные характеристики

Марка кабеля	Диаметр, мм (максимальный)	Вес 1 км кабеля, кг (номинальный)	Максимальное растягивающее усилие, Н	Минимальная длина, км
О(М)ЗКГм	17,2	450	10000	2
ОКСТ	16,0	223	3000	1
ОККО	14,2	172	3000	1
ОКК(ОК)	12,2	101	3000(2200)	1

СП "Эликс-кабель" (г. Москва)

Общие характеристики

Кабели, имеющие в составе:

- одномодовое волокно 9,5/125 с затуханием: 0,35дБ/км на $\lambda = 1300\text{нм}$, 0,22дБ/км на $\lambda = 1550\text{нм}$;
- многомодовое волокно 62,5/125 с затуханием 0,70дБ/км на $\lambda = 1300\text{нм}$.

Максимальное число волокон: 72

Число волокон в оптическом модуле: от 4 до 6

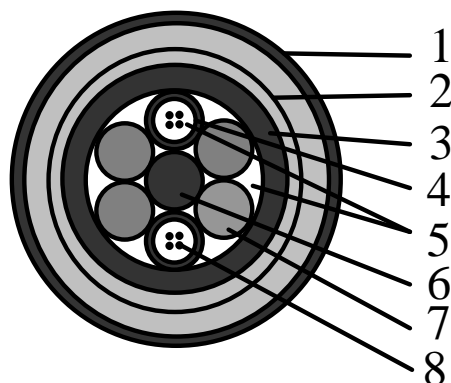
Диапазон рабочих температур: -40С ... +50С.

Кабели имеют сертификат Министерства Связи России

Оптический кабель типа ДПЛ (СПЛ)

Для прокладки в кабельной канализации, трубах, коллекторах.

Конструкция



1– наружная оболочка из ПЭВД; 2– броня из стальной гофрированной ленты; 3– промежуточная оболочка; 4– оптический модуль; 5– гидрофобный наполнитель; 6– центральный силовой элемент; 7– кордель, заполненный стеклонитями; 8– оптические волокна.

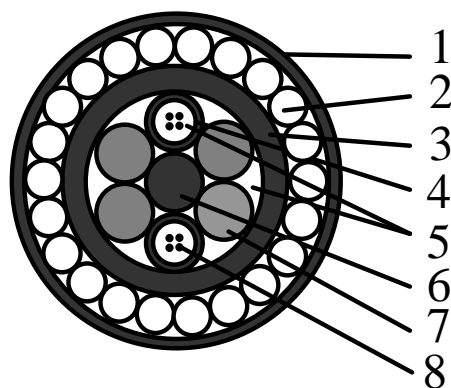
Рисунок Б.12

Вес не более 200 кг/км, внешний диаметр 12 мм, максимальное усилие протяжки 2700Н.

Оптический кабель типа ДПС (СПС)

Для прокладки в грунтах всех групп при прокладке в открытую траншею, в кабельной канализации, трубах, коллекторах при наличии особо высоких требований по механической устойчивости.

Конструкция



1– наружная оболочка из ПЭВД; 2– броня из стальной оцинкованной проволоки; 3– промежуточная оболочка; 4– оптический модуль; 5– гидрофобный наполнитель; 6– центральный силовой элемент; 7– кордель, заполненный стеклонитями; 8– оптические волокна.

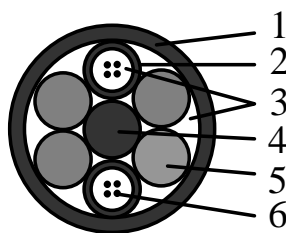
Рисунок Б.13

Вес не более 650 кг/км, внешний диаметр 16 мм, максимальное усилие протяжки 7000Н.

Оптический кабель типа ДНО (СПО)

Для прокладки внутри зданий и сооружений, в кабельной канализации, трубах, коллекторах (желательно с использованием субканала из полиэтиленовой трубы ПНД-32).

Конструкция



- 1— наружная оболочка из полиэтилена высокого давления (ПЭВД);
2— оптический модуль из ПБТ; 3— гидрофобный наполнитель;
4— центральный силовой элемент из стеклопластика или металлического троса; 5— кордель, заполненный стеклонитями;
6— оптические волокна.

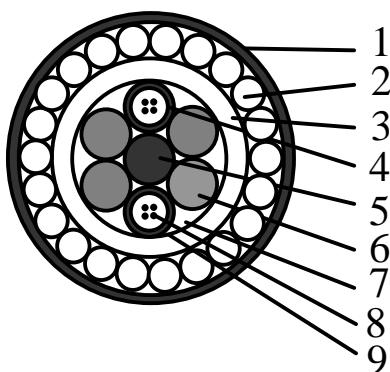
Рисунок Б.14

Вес не более 100 кг/км, внешний диаметр 8мм, максимальное усилие протяжки 1000Н, минимальный радиус изгиба 20 диаметров кабеля.

Оптический кабель типа ДАУ

Для прокладки в грунтах всех групп и глубоководных преградах.

Конструкция



- 1— наружная оболочка из ПЭВД; 2— броня из толстой стальной проволоки; 3— промежуточная оболочка; 4— оптический модуль из ПБТ; 5— центральный силовой элемент; 6— кордель, заполненный стеклонитями; 7— гидрофобный наполнитель; 8— оптические волокна; 9— алюмополиэтиленовая фольга.

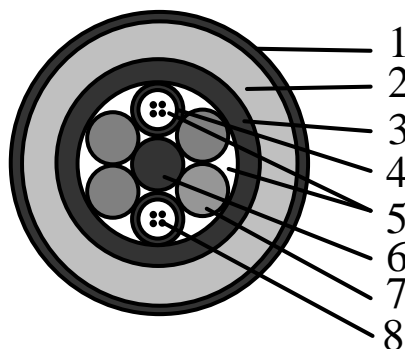
Рисунок Б.15

Вес не более 790 кг/км, внешний диаметр 18,5мм, максимальное усилие протяжки 20000 Н.

Оптический кабель типа ДПТ (СПТ)

Для подвески на опорах (столбах) линий связи, на опорах контактной сети и ЛЭП автоблокировки железных дорог. Кабель самонесущий. Стандартная длина пролета 60 м. Возможна поставка кабеля с большими длинами пролета.

Конструкция



1– наружная оболочка из ПЭВД; 2– диэлектрические упрочняющие элементы; 3– промежуточная оболочка; 4– оптический модуль; 5– гидрофобный наполнитель; 6– центральный силовой элемент; 7– кордель, заполненный стеклонитями; 8– оптические волокна.

Рисунок Б.16

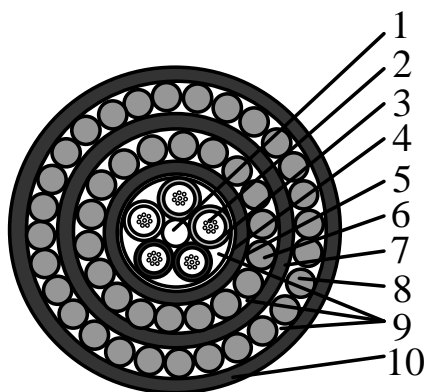
Вес не более 150 кг/км, внешний диаметр 12 мм.

ЗАО "Оптен" (г. Санкт-Петербург)

Кабели связи оптические для водных переходов и сложных грунтов (марка ДА 2)

Применение: на магистральных, внутризоновых и местных линиях связи. Для прокладки на водных переходах, на затопляемых, заболоченных поймах, на береговых участках внутренних водоемов, по болотам, в сложных грунтах.

Конструкция



1– диэлектрический центральный силовой элемент; 2– оптическое волокно (от 2 до 12); 3– оптический модуль (от 1 до 12); 4– алюминиевая лента с полимерным покрытием; 5– полиэтиленовый слой; 6– первая броня из стальных оцинкованных проволок; 7– промежуточная оболочка; 8– вторая броня из стальных оцинкованных проволок; 9– гидрофобный компаунд; 10– наружная оболочка.

Рисунок Б.17

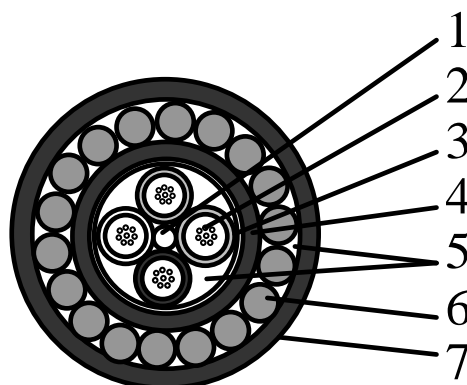
Таблица Б.16 – Основные технические характеристики

Марка кабеля	Допустимое раздавливающее усилие, кН/см	Допустимое растягивающее усилие, кН	Диапазон рабочих температур, °С	Диаметр кабеля, мм
ДА2	> 1,0	20,0 - 80,0	от -60°С до +70°С	21,0-28,0

Кабели связи оптические для прокладки в грунте и кабельной канализации (марки ДПС, СПС)

Примечание: на магистральных, внутризоновых и местных линиях связи. Для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках и коллекторах, по мостам и в тоннелях, грунтах всех категорий и при пересечении болот.

Конструкция



- 1– центральный силовой элемент;
 – диэлектрический (ДПС);
 – стальной (СПС);
 2– оптическое волокно (от 2 до 12); 3– оптический модуль (от 1 до 12); 4–
 внутренняя полиэтиленовая оболочка; 5– гидрофобный компаунд; 6–
 защитный покров: броня из стальных оцинкованных проволок; 7– наружная
 полиэтиленовая оболочка.

Рисунок Б.18

Таблица Б.17 – Основные технические характеристики

Марка кабеля	Допустимое раздавливающее усилие, кН/см	Допустимое растягивающее усилие, кН	Диапазон рабочих температур, °С	Диаметр кабеля, мм
ДПС, СПС	>1,0	7,0 - 80,0	от -60°С до +70°С	13,5-29,0

Конструкции кабелей марок ДАС и САС в отличие от марок ДПС и СПС содержат дополнительный водоблокирующий слой из алюминиевой ленты с полимерным покрытием.

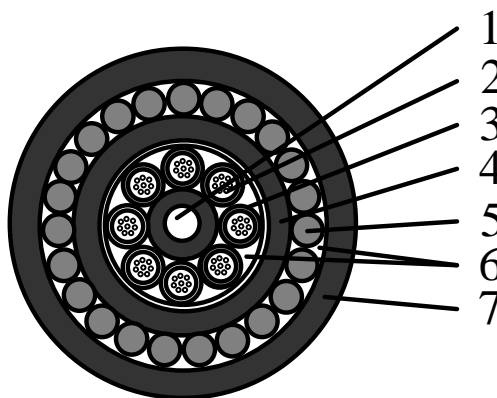
Конструкции кабелей марок ДПН и СПН в отличие от марок ДПС и СПС имеют наружную оболочку из материала, не распространяющего горение.

Конструкции кабелей марок ДПГ и СПГ в отличие от марок ДПС и СПС имеют наружную оболочку из галогенонесодержащего материала, не распространяющего горение.

Кабели связи оптические самонесущие (марки ДПМ, ДПК)

Применение: на магистральных, внутризоновых и местных линиях связи. Для прокладки по опорам ЛЭП, контактной сети железных дорог, в трубах, по мостам, в тоннелях, а также в грунтах всех категорий (за исключением кабелей марок ДОМ и ДОК).

Конструкция



1– диэлектрический центральный силовой элемент; 2– оптическое волокно (от 2 до 12); 3– оптический модуль (от 1 до 12); 4– внутренняя полиэтиленовая оболочка; 5– повив из несущих силовых элементов из диэлектрических стержней; 6– гидрофобный компаунд; 7– наружная оболочка: полиэтиленовая (ДПМ) (в электрических полях с потенциалом до 12 кВ); из дугостойкого материала (ДПК) (в электрических полях с потенциалом до 25 кВ).

Рисунок Б.19

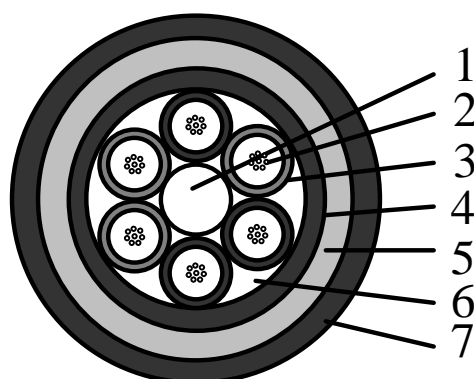
Таблица Б.18 – Основные технические характеристики

Марка кабеля	Допустимое раздавливающее усилие, кН/см	Допустимое растягивающее усилие, кН	Диапазон рабочих температур, °С	Диаметр кабеля, мм	Вес кабеля, кг/км
ДПМ, ДПК	>1,0	9,0 - 32,0	от -60°С до +70°С	14,5-24,5	200-600

Кабели связи оптические самонесущие (марки ДПТ, ДПР)

Примечание: на магистральных, внутризоновых и местных линиях связи. Для прокладки по опорам ЛЭП, контактной сети железных дорог.

Конструкция



1– диэлектрический центральный силовой элемент; 2– оптическое волокно (от 2 до 12); 3– оптический модуль (от 1 до 12); 4– внутренняя полиэтиленовая оболочка; 5– повив из несущих силовых элементов из высокомодульных пряжей; 6– гидрофобный компаунд; 7– наружная оболочка: полиэтиленовая (ДПТ) (в электрических полях с потенциалом до 12 кВ); из дугостойкого материала (ДПР) (в электрических полях с потенциалом до 25 кВ).

Рисунок Б.20

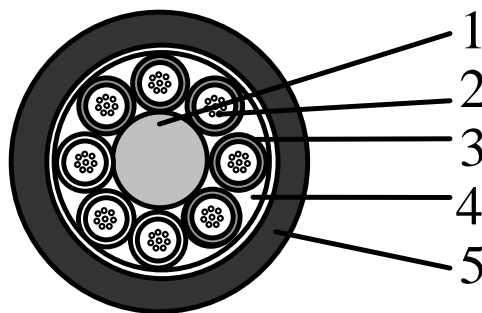
Таблица Б.19 – Основные технические характеристики

Марка кабеля	Допустимое раздавливающее усилие, кН/см	Допустимое растягивающее усилие, кН	Диапазон рабочих температур, °С	Диаметр кабеля, мм	Вес кабеля, кг/км
ДПТ, ДПР	>0,5	3,0 - 34,0	от -60°С до +70°С	11,5-17,5	100-250

Кабели связи оптические для прокладки в трубах (марки ДПО, СПО, ДВО)

Применение: на магистральных, внутризоновых и местных линиях связи. Для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки).

Конструкция



1— центральный силовой элемент:

— диэлектрический (ДПО, ДВО);

— стальной (СПО);

2— Оптическое волокно (от 2 до 12); 3— Оптический модуль (от 1 до 12); 4—

гидрофобный компаунд; 5— Наружная оболочка:

— полиэтиленовая (ДПО, СПО);

— из материала повышенной теплостойкости (ДВО).

Рисунок Б.21

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- 1 Учебное пособие «Направляющие системы электросвязи» том 1. Теория передачи и влияния. В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. Издательство «Горячая линия – телеком», 2010 г.
- 2 Учебник «Направляющие системы электросвязи» том 2. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация В.А. Андреев, А.В. Бурдин и другие. Издательство «Горячая линия – телеком», 2010 г.
- 3 Учебник Многоканальные телекоммуникационные системы В.Н. Гордиенко, М.С. Тверецкий горячая линия – Телеком , г. Москва 2005 г.
- 4 Учебное пособие «Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей» Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Хрусталева изд. Горячая линия – телеком, г. Москва 2005г.
- 5 Письмо Минсвязи России от 27.12.1999 №7934, рекомендации для расчета необходимого при проектировании ВОЛП количества каналов.
- 6 Горлов Н.И., Микиденко А.В, Минина Е.А. Оптические линии связи и пассивные компоненты ВОЛП. Учебное пособие, г. Новосибирск, 2003 г.
- 7 Савин Е.З. Волоконно-оптические линии связи на участке железной дороги. Методические указания, г. Хабаровск, 2001 г.
- 8 Городские и сельские телефонные сети, НТП 112, 2000 г.
- 9 РД 45. 047-99 Руководящий документ отрасли. Линии передачи волоконно-оптические на магистральной и внутризоновой первичных сетях ВСС России. Техническая эксплуатация.
- 10 Справочник Строительство кабельных сооружений связи, Радио и связь, г. Москва, 1988 г.
- 11 Воронцов А.С., Горин О.И. и др. Справочник «Оптические кабели связи российского производства», Эко-Трендз, г. Москва, 2003 г.
- 12 Иоргачёв Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи, Эко-Трендз, г. Москва, 2002 г.
- 13 Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи ВСН 116-93
- 14 Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сети.
- 15 Алексеев Е.Б. Основы технической эксплуатации современных волоконно-оптических систем передачи. Учебное пособие. г. Москва. ИПК при МТУСИ, 1998 г.