

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Проектирование программно-управляемых сетей и систем»
для студентов направления подготовки
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Направленность (профиль)
«Технологии построения программно-управляемых систем и компьютерных сетей»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	3
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2.1. Описание структурных элементов курсового проекта	5
2.2. Правила оформления курсового проекта	6
3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ.....	14
3.1. Выбор варианта задания.....	14
3.2. Оценка состояния связи в заданном регионе	15
3.3. Разработка проекта строительства волоконно-оптической линии связи .	15
4. КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	24
4.1. Оценка состояния связи в заданном регионе	24
4.2. Разработка проекта строительства волоконно-оптической линии связи .	24
5. ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА К ЗАЩИТЕ. ПРОЦЕДУРА ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	41
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ФОРМА ЗАДАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ	45
ПРИЛОЖЕНИЕ В. РЕКОМЕНДАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ПО ОДНОМОДОВОМУ ВОЛОКНУ	47
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. МАРКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ФОРМА ОТЗЫВА НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	58

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект представляет собой выполненную в письменном виде самостоятельную учебную работу, раскрывающую теоретические и практические проблемы, возникающие в процессе проектирования сетей, сооружений и средств связи в соответствии с техническим заданием, и является важнейшей формой самостоятельной работы обучающихся.

Выполнение курсового проекта предполагает углубление и систематизацию полученных знаний по дисциплине «Проектирование программно-управляемых сетей и систем»; выработку навыков сбора и обобщения практического материала, работы с первоисточниками; развитие умений применять полученные знания для решения конкретных научных и практических задач, формулирования и аргументации собственной позиции в их решении.

Методические указания дополняют теоретические сведения по дисциплине «Проектирование программно-управляемых сетей и систем» и могут быть использованы при проведении лекций.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект – обязательный вид учебной работы, выполняется студентом в течение семестра.

Курсовой проект является самостоятельной исследовательской работой студента и представляет собой логически завершенное и оформленное научное исследование.

Цель выполнения курсового проекта – формирование у студента навыков научно-исследовательской работы, повышение уровня его профессиональной (теоретической и практической) подготовки, углубление знаний по учебной дисциплине «Проектирование программно-управляемых сетей и систем», развитие интереса и навыков самостоятельной работы с научной и справочной литературой.

Выпускники университета по глубине усвоенных фундаментальных знаний и научному кругозору должны быть способны самостоятельно и высокопрофессионально решать производственные и научные задачи. Развитие навыков самостоятельной учебной, исследовательской и научной работы студентов происходит в процессе выполнения курсовых проектов.

Выполнение курсового проекта имеет целью расширение знаний студентов, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей науки, отработку навыков самостоятельного применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий. Системой курсовых проектов студент подготавливается к выполнению выпускной квалификационной работы.

В процессе выполнения курсового проекта студентом должны решаться следующие задачи:

1. Приобретение новых теоретических знаний в соответствии с темой работы и заданием руководителя.
2. Умение систематизировать, обобщать и логично излагать концепции, альтернативные точки зрения по исследуемой проблеме.
3. Развитие учебно-исследовательских и методических навыков, необходимых для системного научного анализа изучаемого явления.
4. Совершенствование профессиональной подготовки.

Одним из важных компонентов при выполнении курсового проекта является правильное определение тематики. Тематика курсовых проектов должна быть актуальной, отвечать учебным задачам дисциплины, а также потребностям науки и практики. Актуальность тематики курсовых проектов обусловлена научностью, современностью и направленностью к получению студентами навыков самостоятельной творческой работы.

Темы курсовых проектов должны быть комплексными, т. е. содержать ряд взаимосвязанных между собой проблем и опираться на фактический материал профильных предприятий и учреждений, а также на итоги учебной и производственной практики студентов, на научные работы членов кафедры, студенческих научных кружков и проблемных групп; использовать новейшие достижения отечественной и зарубежной науки, актуальные прикладные аспекты.

Темы курсовых проектов по дисциплине «Проектирование программно-управляемых сетей и систем»

Разработка проекта внутризоновой волоконно-оптической линии связи (по вариантам).

Основные содержательные и процессуальные аспекты, необходимые для выполнения проекта, оформляются кафедрой в заданиях по курсовому проектированию (Приложение 1).

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Описание структурных элементов курсового проекта

Курсовой проект имеет следующую структуру: титульные листы, содержание, введение, основную часть, заключение, список используемой литературы и приложения.

Титульные листы оформляются в соответствии с Приложениями А и Б.

Содержание включает названия разделов, подразделов документа с указанием страницы начала каждой части.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования; отражаются объект, предмет, задачи, цели, методы, новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

Основная часть должна содержать следующие разделы:

1. Оценка состояния связи в заданном регионе.

2. Разработка проекта строительства волоконно-оптической линии связи.

2.1. Оценка пропускной способности волоконно-оптической линии связи.

2.2. Разработка обобщенной структурной схемы волоконно-оптической линии связи и определение требований к активному оборудованию.

2.3. Рекомендации и выбор цифровой аппаратуры.

2.4. Выбор типа оптического волокна.

2.5. Расчет длин регенерационных участков и оценка бюджета волоконно-оптической линии связи.

2.6. Выбор технологии строительства волоконно-оптической линии связи. Описание конструкции используемого волоконно-оптического кабеля.

Заключение содержит анализ реализации целей и задач исследования.

Список используемой литературы должен быть составлен в соответствии с требованиями ГОСТов к оформлению библиографии; в нем

указываются все использованные студентом источники научной и технической литературы и документации.

Приложения содержат весь фактический материал экспериментальных исследований (анкеты, опросники, схемы, чертежи, расчетные материалы, карты, рисунки и т. д.).

2.2. Правила оформления курсового проекта

Курсовой проект должен оформляться в соответствии с требованиями **государственных стандартов:**

ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам; ГОСТ 2.106 -96. Текстовые документы; ГОСТ 2.104-68. Основные надписи; Единая система конструкторской документации; Единая система технологической документации; Единая система программной документации; ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание; ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов; ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.0.12-2011. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила.

Текст курсового проекта выполняют с использованием компьютера на одной стороне листа белой бумаги, формата А4, шрифт – Times New Roman 14-го размера, цвет шрифта – черный, межстрочный интервал – 1,5.

Номер страницы проставляют в правом нижнем углу листа. Страницы текстового материала следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему документу. Титульные листы текстового документа включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульных листах не проставляют.

Заголовки структурных элементов **«СОДЕРЖАНИЕ»**, **«ВВЕДЕНИЕ»**, **«ЗАКЛЮЧЕНИЕ»**, **«СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ»**

располагают по центру, не подчеркивают и не нумеруют, выделяют жирным и отделяют от текста межстрочным интервалом – 2.

Текст основной части документа делят на разделы.

Разделы начинаются с новой страницы и должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами (например, 1, 2, 3). В конце номера раздела точка не ставится.

Текст разделов при необходимости разбивают на подразделы, пункты и подпункты. При делении текста на пункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой (например, 1.1, 1.2, 1.3). В конце номера подраздела точка не ставится. Нумерация пунктов должна состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой (например, 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3).

Заголовок разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа, с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая.

Заголовки разделов, подразделов выделяют жирным.

Расстояние между заголовком раздела и текстом равно межстрочному интервалу – 2. Расстояние между заголовками раздела и подраздела равно межстрочному интервалу – 1,5.

Расстояние от края бумаги до границ текста следует оставлять с соблюдением следующих **размеров полей**:

- левое – 30 мм;
- верхнее и нижнее – 20 мм;
- правое – 10 мм.

Размер абзацного отступа должен быть одинаковым по всему тексту работы и равным 12,5 мм.

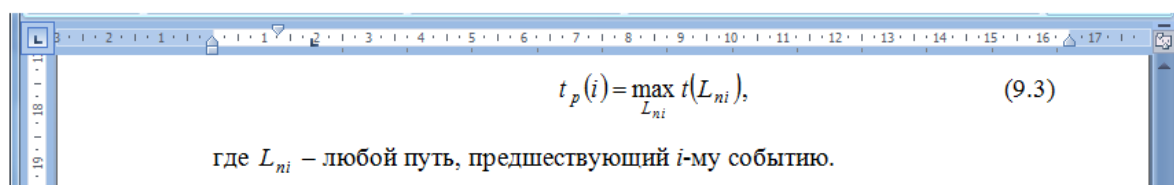
Формулы в работе выполняются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0, который должен быть предварительно запущен (вкладка Вставка → панель Текст → пункт Объект).

Перед набором формулы необходимо произвести настройку редактора или проверить существующие установки. Для этого необходимо войти в редактор формул. Открыть опцию «Размер», выбрать строку «Определитель». В открывшемся списке установить:

- обычный – 14;
- крупный индекс – 9;
- мелкий индекс – 7;
- крупный символ – 18;
- мелкий символ – 12.

Формулы следует выделять из текста в отдельную строку и выравнивать по центру.

При необходимости формулы нумеруются. Возможна сквозная нумерация (например, (34)) или нумерация в пределах раздела (например, (9.3)), в этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой. Номер формулы выравнивается по правому краю (рис. 2.1).



The image shows a screenshot of a formula editor interface. At the top is a horizontal ruler with markings from 1 to 17. Below the ruler, a formula is displayed:
$$t_p(i) = \max_{L_{ni}} t(L_{ni}), \quad (9.3)$$
 Below the formula, there is a line of text: "где L_{ni} – любой путь, предшествующий i -му событию." The entire content is enclosed in a blue border.

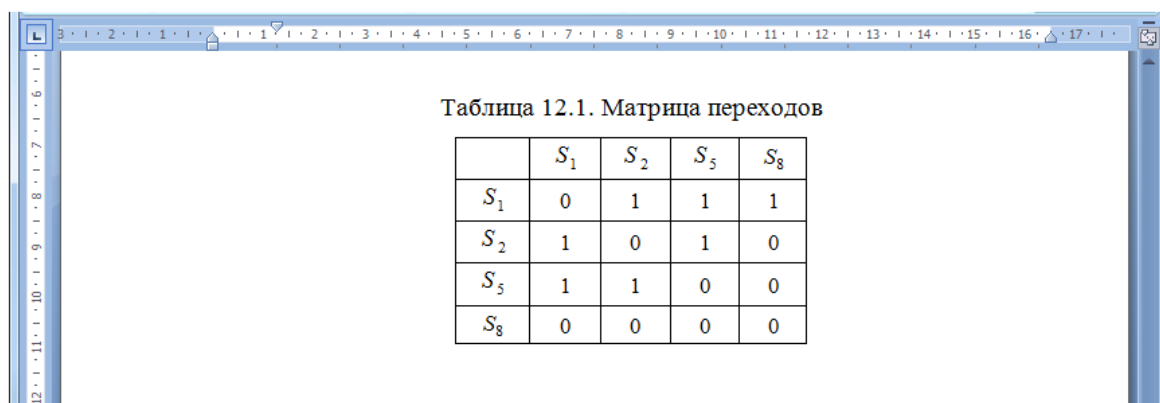
Рисунок 2.1. Образец оформления формулы

Формулы в приложениях имеют отдельную нумерацию в пределах каждого приложения с добавлением впереди обозначения приложения, например: (В.2).

Таблицы в работе выполняются в одном стиле. Для уменьшения размера таблиц допускается все таблицы оформлять с одинарным интервалом и 12 шрифтом.

Каждая таблица должна иметь свой номер и название. Возможна сквозная нумерация (например, (Таблица 34)) или нумерация в пределах раздела (например, (Таблица 9.3)), в этом случае номер таблицы состоит из

номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (рис. 2.2).



The image shows a screenshot of a document editor window. Inside the window, there is a table with a caption above it. The caption is 'Таблица 12.1. Матрица переходов'. The table has 5 columns and 5 rows. The first row contains the headers S_1 , S_2 , S_5 , and S_8 . The first column contains the headers S_1 , S_2 , S_5 , and S_8 . The data cells contain 0 or 1.

	S_1	S_2	S_5	S_8
S_1	0	1	1	1
S_2	1	0	1	0
S_5	1	1	0	0
S_8	0	0	0	0

Рисунок 2.2. Образец оформления таблицы

Название таблицы (например, Таблица 12.1. Матрица переходов) следует помещать над таблицей, применив выравнивание по центру, без абзацного отступа. Точка в конце названия не ставится. Таблица выравнивается по центру, без абзацного отступа.

Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицу с большим количеством строк делят на части и помещают их на разных страницах. При переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью. Над другими частями слева пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: Продолжение таблицы 12.2 (рис. 2.3).

Заголовки столбцов и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят.

Рисунки в документе должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Каждый рисунок должен иметь свой номер и название. Возможна сквозная нумерация (например, (Рисунок 34)) или нумерация в пределах

раздела (например, (Рисунок 9.3)), в этом случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (рис. 2.4).

Продолжение таблицы 12.2

№ вар.	Задача							№ вар.	Задача				
11		S1	S2	S3	S5	S7	S8	12		S1	S2	S5	S7
	S1	0	1	1	1	1	1		S1	0	1	1	1
	S2	1	0	1	0	1	1		S2	1	0	1	1
	S3	1	1	0	1	1	0		S5	1	1	0	1
	S5	1	1	0	0	1	0		S7	1	1	1	0
	S7	1	1	1	1	0	1		S7	1	1	1	0
	S8	0	0	0	0	0	0						

Рисунок 2.3. Образец оформления продолжения таблицы

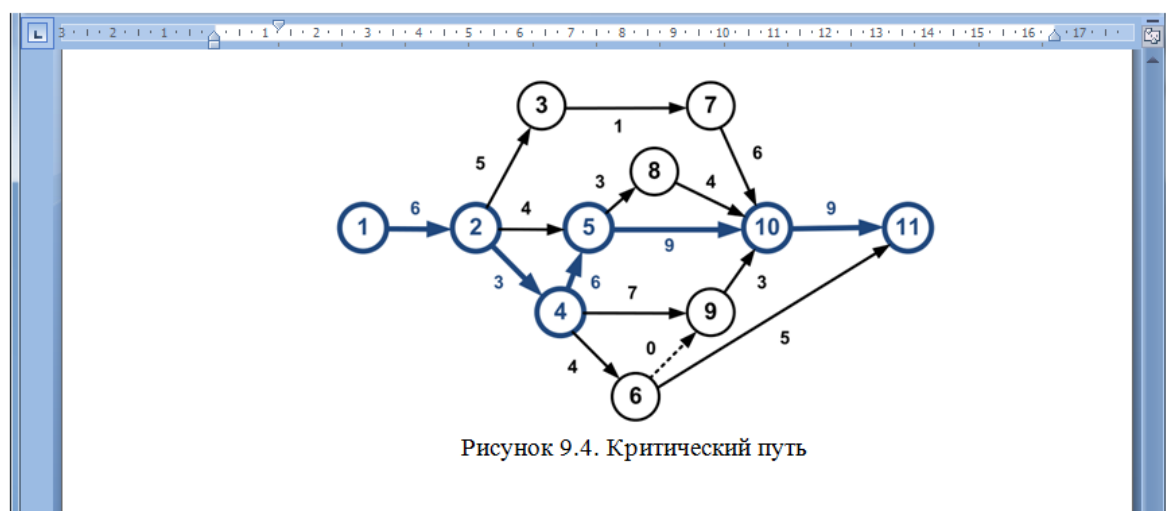


Рисунок 2.4. Образец оформления рисунка

Название Рисунка (например, Рисунок 3. Структура доходов фирмы) следует помещать под рисунком, применив выравнивание по центру, без абзацного отступа. Точка в конце названия не ставится. Слово «Рисунок» пишется полностью. Рисунок выравнивается по центру, без отступа.

Если в документе есть приложения, то рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением впереди обозначения приложения (например: Рисунок А.3.).

Списки в документе могут быть разделены на маркированные и нумерованные.

1. Маркированные списки

Если фрагменты перечисления, т. е. элементы списка имеют небольшой размер, то они начинаются с маленькой буквы, а заканчивать их следует знаком «точка с запятой». В виде маркера используется короткое тире «–» (рис. 2.5).

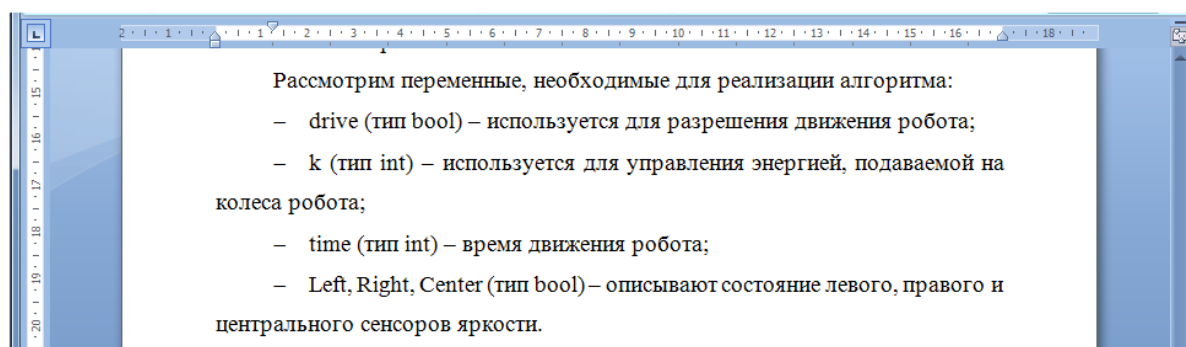


Рисунок 2.5. Образец оформления маркированного списка

2. Нумерованные списки

Для нумерованных списков, содержащих крупные текстовые фрагменты, принято использование арабских цифр с точкой после них. После этой точки текст должен начинаться с большой буквы и оканчиваться точкой (рис. 2.6).

Если фрагменты перечисления мелкие, то они нумеруются по порядку, с помощью арабских цифр со скобкой после них. Текст в этом случае необходимо начинать с маленькой буквы и разделять элементы списка знаком «точка с запятой» (рис. 2.7).

Список используемой литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание», ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов», ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

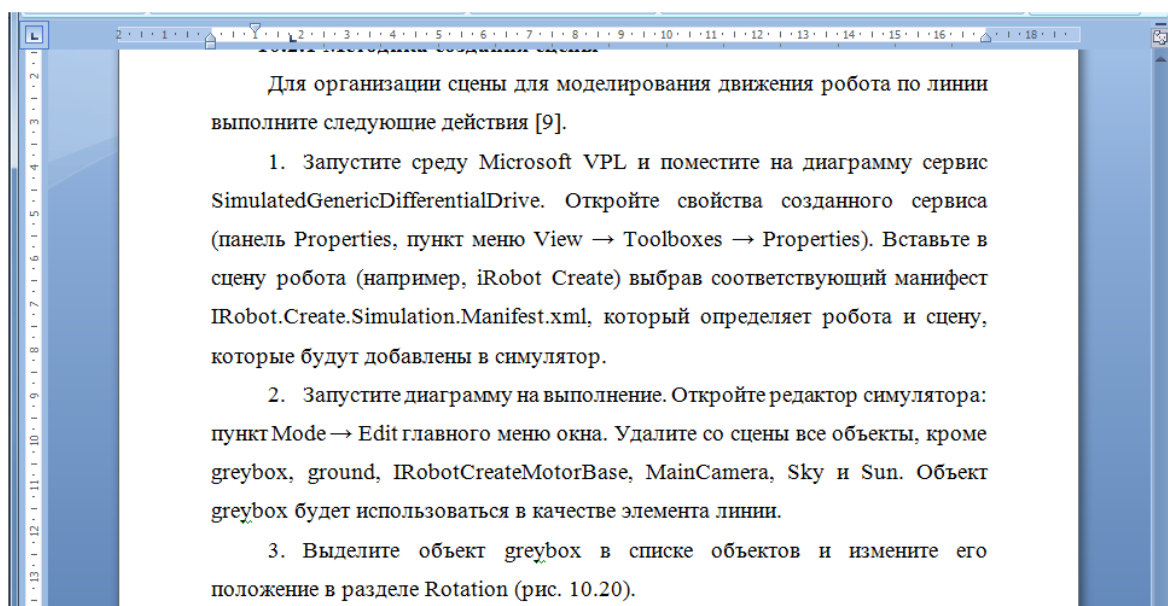


Рисунок 2.6. Образец оформления нумерованного списка (1 вариант)

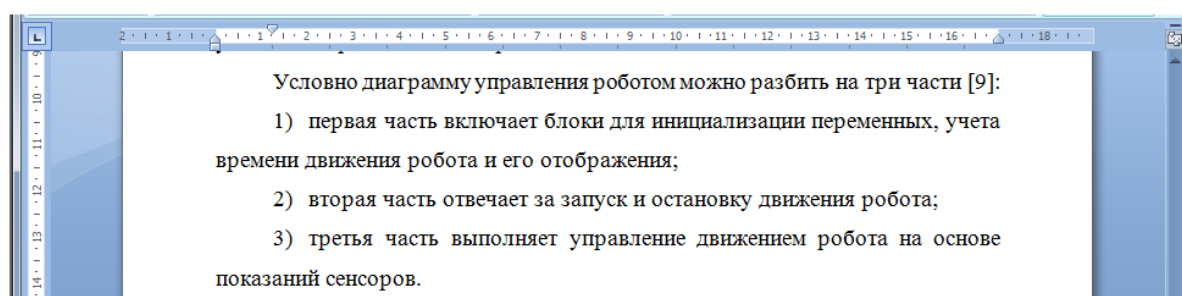


Рисунок 2.7. Образец оформления нумерованного списка (2 вариант)

Для *разграничения элементов* описания литературного источника используются следующие разделительные знаки:

. – (точка и тире) – ставится перед каждой областью описания, кроме первой (автор и заглавие);

: (двоеточие) – ставится перед наименованием издательства;

/ (косая черта) – предшествует сведениям об ответственности (авторы, составители, редакторы, переводчики);

// (две косых черты) – ставится перед сведениями о документе, из которого взята приведенная в списке работа (статья, глава, раздел).

Ссылка на источник в тексте документа приводится в квадратных скобках с указанием номера из списка литературы, например: «... в учебнике

[12] дается понятие...». Недопустимо заимствование текста из литературных источников без ссылки на автора цитаты.

Графическая часть работы (чертежи, схемы и т. п.) выполняется с соблюдением соответствующих государственных стандартов.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой (рис. 2.8).

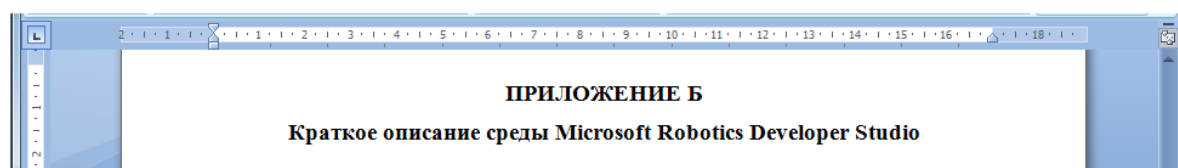


Рисунок 2.8. Образец оформления приложения

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность (например: ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

Если в документе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Текст каждого приложения может быть разделен на разделы, подразделы и т. д., которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Нумерация страниц приложений и основного текста должна быть сквозная.

3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Перед выполнением курсового проекта необходимо внимательно изучить теоретический материал, по соответствующим разделам курса «Проектирование программно-управляемых сетей и систем» используя учебные издания, указанные в списке рекомендуемой литературы [1 – 5], конспекты лекций, а также методические указания к выполнению курсового проекта.

3.1. Выбор варианта задания

Курсовой проект выполняется на тему «Разработка проекта внутризоновой волоконно-оптической линии связи» по индивидуальному заданию. Исходные данные выбираются из табл. 3.1 в соответствии с номером в списке студенческой группы.

Таблица 3.1. Варианты индивидуального задания

№ вар-та	Основные населенные пункты по маршруту трассы	Способ строительства ВОЛС
01	Петухово – Окуневка – Старорямова	воздушный
02	Саратов – Энгельс – Маркс	подземный
03	Саргатское – Красный Яр	воздушный
04	Советск – Нолинск	подземный
05	Ставрополь – Светлоград – Ипатово	воздушный
06	Тамбов – Кирсанов – Белинский	подземный
07	Урюпинск – Новониколаевский – Поворино	воздушный
08	Холм – Поддорье	подземный
09	Чишмы – Кандры	воздушный
10	Шацк – Сасово – Пителино	подземный
11	Лиски – Бобров	воздушный
12	Тула – Узловая – Новомосковск	подземный
13	Тихвин – Бокситогорск	воздушный
14	Опочка – Бежаницы	подземный

№ вар-та	Основные населенные пункты по маршруту трассы	Способ строительства ВОЛС
15	Калининград – Приморск	воздушный
16	Архангельск – Северодвинск	подземный
17	Мантурово – Шарья	воздушный
18	Липецк – Елец	подземный
19	Ачинск – Назарово	воздушный
20	Петрозаводск – Кондопога	подземный

3.2. Оценка состояния связи в заданном регионе

Для **предварительного ознакомления** с регионом, где расположены населенные пункты, указанные в задании, необходимо сформировать его карту. Для этого можно воспользоваться соответствующим сервисом, например, Яндекс.Карты [9] или Google Карты [10]. Карта позволяет определить расстояние между населенными пунктами по маршруту трассы.

Также картографические сервисы позволяют получить необходимую для выполнения курсовой работы информацию, как по населенным пунктам, так и в целом по региону. Собранные сведения при необходимости дополняются с использованием других источников.

3.3. Разработка проекта строительства волоконно-оптической линии связи

Разрабатываемый проект должен описывать особенности реконструкции внутризонавой линии связи, на основе строительства волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) в соответствии со схемой распределения цифровых потоков по основным и промежуточным населенным пунктам (объектам).

3.3.1. Оценка пропускной способности волоконно-оптической линии связи

В проекте предлагается учитывать схему распределения цифровых потоков по заданным населенным пунктам (объектам), составленную на основании сведений по региону и численности населения.

Для определения **численности населения** необходимо выполнить следующие шаги:

- оценить численность населения **в начальном и конечном населенных пунктах**, при необходимости учесть население соответствующей территории (например, района);
- определить необходимость реализации ответвлений цифровых потоков или оптических волокон в **промежуточных населенных пунктах**, а также оценить численность населения соответствующей территории.

На основе численности населения проводится оценка потребностей в услугах связи по следующим видам:

1. Телефония:

- количество стационарных телефонов в каждом из определенных населенных пунктов;
- количество каналов для организации работы стационарных телефонов;
- количество потоков Е1 для организации работы стационарных телефонов.

2. Сотовая связь:

- количество каналов для операторов мобильной связи;
- количество каналов для пользователей мобильным интернетом;
- скорость, выделяемая на обеспечение мобильной связи;
- количество потоков Е1 для организации работы абонентов мобильной связи.

3. Интернет провайдеры:

- число абонентов интернет в каждом из определенных населенных пунктов;
- скорость, выделяемая для провайдера интернет в каждом из определенных населенных пунктов;
- суммарная скорость, выделяемая провайдерам интернет.

4. Цифровое телевидение:

- количество цифровых ТВ каналов
- суммарная скорость, выделяемая для ТВ вещания.

5. Обеспечение потребностей в организации локальных сетей:

- расчет потребностей для организации сетей Ethernet или Fast Ethernet со скоростью обмена 10, 100, 1000 Мбит/с.

На основании полученных оценок потребностей в услугах связи определяются **показатели пропускной способности ВОЛС:**

- суммарная скорость передачи по линии;
- суммарное количество первичных цифровых потоков Е1.

Найденные значения являются определяющими для выбора типа активного оборудования соответствующего уровня SDH иерархии.

3.3.2. Разработка обобщенной структурной схемы ВОЛС и определение требований к активному оборудованию

Схема прокладки ВОЛС – одна из важнейших частей проектной документации, которая должна упорядочить процесс всех монтажных и строительных работ. **Структурная схема ВОЛС** является графическим документом, который должен наглядно показать, каким образом происходит взаимодействие активных и пассивных элементов.

Обобщенная структурная схема ВОЛС является основанием для выбора цифровой аппаратуры и определяет ее функциональное назначение.

Ситуационный план трассы прокладки ВОК выполняют на карте соответствующего масштаба, на которой должно быть отражено:

- границы и административное деление территории, по которой проходит ВОЛС;
- пересечение с реками, железными дорогами, автодорогами;
- начальный, конечный и промежуточные пункты трассы ВОЛС.

Если планируется строительство воздушной ВОЛС, то на ситуационном плане трассы необходимо нанести схему расположения тех или иных опор, на которые будет крепиться ВОК и тип воздушной линии электропередач (ЛЭП) (рис. 3.1).

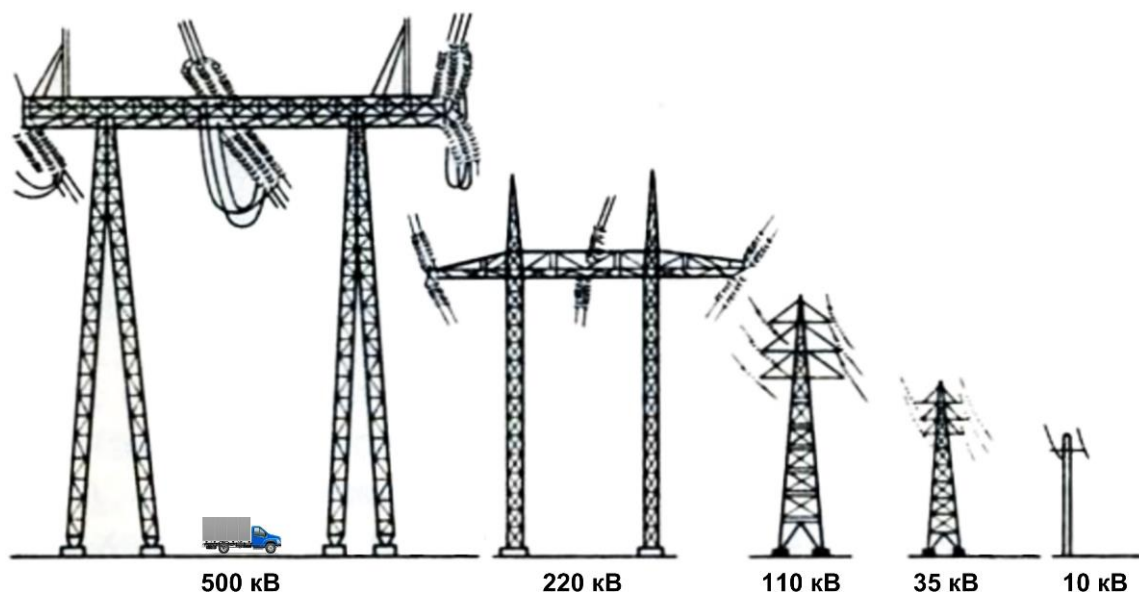


Рисунок 3.1. Внешний вид опор воздушных ЛЭП

При анализе наличия линии электропередач, подходящих для строительства воздушной ВОЛС рекомендуется использовать «Схему развития ЕЭС России на 2015 – 2021 годы» [11]. При составлении ситуационного плана необходимо учесть среднее расстояние между опорами ЛЭП (табл. 3.2).

Если строительство ВОЛС будет выполняться подземным способом, то на ситуационном плане отражается вариант прохождения трассы вдоль автодорог с указанием всех необходимых переходов.

На ситуационном плане трассы прокладки ВОК должны быть обозначены места, где организованы ответвления оптических волокон и/или потоков Е1 в интересах зоны.

Таблица 3.2. Конструктивные размеры воздушных ЛЭП

№ п/п	Номинальное напряжение ЛЭП, кВ	Расстояние между опорами, м	Высота опоры, м
1	0,4 – 1	40 – 50	8 – 9
2	6 – 10	50 – 80	10
3	35	150 – 200	12
4	110	170 – 250	13 – 14
5	150	200 – 280	15 – 16
6	220	250 – 350	25 – 30
7	330	300 – 400	25 – 30
8	500	350 – 450	25 – 30
9	750	450 – 750	30 – 41

3.3.3. Рекомендации и выбор цифровой аппаратуры

Выбор оборудования для реализации разработанной схемы ВОЛС является важным этапом в создания сети связи региона.

При этом необходимо учитывать несколько основных положений:

- важен выбор аппаратуры, которая соответствует последним техническим решения в данной области, прежде всего это оборудование SDH той или иной ступени иерархии (чем выше ступень иерархии, тем меньше оптических волокон может быть в кабеле; соответственно, меньше вариантов резервирования, что приводит к снижению надежности системы в целом);
- необходимо уже на стадии проектирования рассматривать возможность проведения модернизации аппаратуры, что определяет выбор оборудования единого технического решения;
- необходимо создавать и развивать систему диагностики и мониторинга, что позволит снизить эксплуатационные расходы на обслуживание системы в целом;
- технические решения аппаратных средств должны быть выстроены на единой платформе, реализованной в данном регионе, что обеспечит широкую взаимозаменяемость оборудования.

В курсовой работе может быть предложен вариант структурной (функциональной) схемы аппаратуры включающей в себя **оконечные и промежуточные мультиплексоры ввода-вывода**, отвечающие потребностям разработанной структурной схемы ВОЛС. При другом подходе предлагается готовое решение исполнения мультиплексоров конкретного производителя с описанием их технических характеристик.

3.3.4. Выбор типа оптического волокна

Определение типа одномодового оптического волокна (ОВ) в составе кабеля основывается на показателях пропускной способности проектируемой ВОЛС. Кроме этого должны быть учтены перспективы развития сети связи региона и место в этой структуре проектируемого участка.

Выбор типа ОВ осуществляется с учетом их основных характеристик и рекомендаций **Международного Союза Электросвязи (МСЭ – ITU, International Telecommunication Union)**.

3.3.5. Расчет длин регенерационных участков и оценка бюджета волоконно-оптической линии связи

При проектировании ВОЛС стремятся получить возможно большие длины регенерационных участков (РУ), что приводит к уменьшению количества необслуживаемых регенерационных пунктов и способствует уменьшению капитальных затрат на строительство и эксплуатацию магистрали. Длина регенерационного участка ограничивается двумя явлениями: затуханием и дисперсией.

В общем случае **затухание** – это ослабление светового потока в оптоволокне. Природа затухания может быть различной:

- затухание, вызванное поглощением света;
- затухание, вызванное рассеиванием излучения;
- затухание, связанное с изгибами оптического волокна.

Дисперсия – это растягивание (размывание) светового импульса при передаче его в оптическом волокне. При достаточно большом растягивании световые импульсы начинают перекрываться и становится невозможным их выделение при приёме. Дисперсия сильно ограничивает скорость работы оптических систем, заметно снижая граничную полосу пропускания.

При проектировании ВОЛС должны рассчитываться отдельно длина регенерационного участка по затуханию и длина участка регенерации по дисперсии или широкополосности.

Реально существует вполне конкретная длина участка сети между населенными пунктами (узлами связи). Оконечные пункты, пункты выделения и ответвления потоков, определённые в Техническом задании, могут быть расположены самым неопределённым, но вполне конкретным образом. При этом фактическая длина регенерационного участка может быть как больше расчетной максимальной, так и меньше расчетной минимальной.

Аппаратура для организации цифровых потоков имеет выходные и входные характеристики. Прежде всего, к ним относятся уровень мощности оптического излучения передатчика, а также чувствительность приемника и его перегрузочная способность, т. е. динамический диапазон работы аппаратуры.

Это приводит к появлению еще одной оценки длины РУ, а именно **бюджета ВОЛС**, который связывает характеристики предполагаемой к использованию аппаратуры и параметры передачи волоконно-оптической линии связи.

3.3.6. Выбор технологии строительства волоконно-оптической линии связи. Описание конструкции используемого волоконно-оптического кабеля

Способ строительства ВОЛС указан в каждом индивидуальном задании. Необходимо выбрать наиболее подходящую **технологию**

строительства волоконно-оптической линии связи, а также соответствующую **конструкцию волоконно-оптического кабеля (ВОК)**.

При рассмотрении особенностей строительства **подземных ВОЛС** необходимо учесть следующие технологии:

1. Прокладка оптических кабелей непосредственно в грунт.
2. Прокладка оптического кабеля в отрытую траншею.
3. Прокладка оптического кабеля в кабельную канализацию.
4. Прокладка оптических кабелей в защитных пластмассовых трубах.

В большинстве вариантов реализации проекта строительства ВОЛС необходимо предусмотреть **организацию переходов** через различные преграды.

При рассмотрении особенностей строительства **воздушных ВОЛС** необходимо учесть следующие технологии:

1. Подвеска волоконно-оптического кабеля типа 8-ки.
2. Волоконно-оптический кабель в грозозащитном тросе.
3. Подвеска самонесущего ВОК на опорах высоковольтных линий электропередач.
4. Подвеска самонесущего ВОК на опорах контактной сети электрифицированных железных дорог.
5. Навивная технология строительства ВОЛС.

После выбора технологии строительства необходимо описать особенности реализации, основные достоинства и недостатки данной технологии.

Для выбранной технологии строительства требуется подобрать волоконно-оптический кабель соответствующей конструкции, используя каталоги производителей кабельной продукции, например, ООО «ОПТЕН-КАБЕЛЬ» [12], ГК «Севкабель» [13], ООО «ОКС 01» [14], или других производителей. Для выбранного волоконно-оптического кабеля необходимо определить число оптических волокон.

3.4. Заключение

В заключении студент должен сделать вывод о целесообразности рассмотренного варианта реконструкции участка сети в регионе по следующим критериям:

- доступность подключения к услугам связи (с экономической и технической точек зрения);
- возможности и перспективы развития сети связи региона, например, подключение дополнительных пунктов и расширение объема трафика;
- оценка вариантов подключения промежуточных пунктов по схеме выделения потоков или ответвления волокон (с экономической и технической точек зрения).

4. КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1. Оценка состояния связи в заданном регионе

Сформировать его карту региона с использованием соответствующих сервисов, например, Яндекс.Карты [10] или Google Карты [11].

На основе различных источников произвести оценку существующего состояния структуры связи в регионе по следующим критериям:

- административное значение региона и его промышленное развитие;
- численность населения в обозначенных пунктах;
- оценка уровня потребностей в услугах связи:
 - а) телефония, в том числе предоставление потоков мобильным операторам;
 - б) передача данных (интернет);
 - в) каналы ТВ-вещания;
 - г) услуги сетей стандартов Ethernet.

4.2. Разработка проекта строительства волоконно-оптической линии связи

4.2.1. Оценка пропускной способности волоконно-оптической линии связи

Оценка пропускной способности ВОЛС, как участка сети широкополосного доступа, достаточно сложная задача, так как предполагает учет всех или основных факторов, влияющих на состояние и развитие сети связи региона. Для ее надежной оценки должен быть выполнен многофакторный анализ структуры связи, однако в инженерных расчетах очень часто довольствуются приближенной оценкой этого параметра, учитывая только основные моменты формирования структуры связи.

В проекте предлагается учитывать схему распределения цифровых потоков по определенным населенным пунктам (объектам), составленную на основании сведений по региону и численности населения H_x .

Оконечные населенные пункты:

Пункт 1 –, численность населения – $H_{OK1} = \dots$ тыс. чел.;

Пункт 2 –, численность населения – $H_{OK2} = \dots$ тыс. чел.

Промежуточные населенные пункты:

Пункт 1 –, численность населения – $H_{ПП1} = \dots$ тыс. чел.;

Пункт 2 –, численность населения – $H_{ПП2} = \dots$ тыс. чел.;

Пункт 3 –, численность населения – $H_{ПП3} = \dots$ тыс. чел.

На основе численности населения проводится оценка потребностей в услугах связи по следующим видам:

1. Телефония

Количество абонентов – M_x , в зоне обслуживания АМТС населенных пунктов определяется для каждого пункта по формуле:

$$M_x = 0,3 \times H_x. \quad (4.1)$$

Число каналов между окончными пунктами определяется по формуле:

$$N_{(OK1-OK2)} = A \times F \times Y \times \frac{(M_{OK1} \times M_{OK2})}{(M_{OK1} + M_{OK2})} + B, \quad (4.2)$$

где A и B – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям (при потерях 4 %, $A = 4,5$; $B = 7,0$); F – коэффициент тяготения ($F = 0,006 - 0,01$), определяется на основании сведений по региону, при связи окончных пунктов он может лежать в пределах 0,04 – 0,06; Y – удельная нагрузка, т. е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, $Y = 0,05$ Эрл; M_{OKx} – количество абонентов, обслуживаемых АМТС в окончных пунктах.

Число каналов между окончным и промежуточным пунктами определяется по формуле:

$$N_{(OKx-ППy)} = A \times F \times Y \times \frac{(M_{OKx} \times M_{ППy})}{(M_{OKx} + M_{ППy})} + B, \quad (4.3)$$

где F – коэффициент тяготения, при связи окончного и промежуточного пунктов может лежать в пределах 0,02 – 0,04; M_{OKx} , $M_{ПРy}$ – количество абонентов, обслуживаемых АМТС в окончном и промежуточном пунктах.

Число каналов между промежуточными пунктами определяется по формуле:

$$N_{(ПРx-ПРy)} = A \times F \times Y \times \frac{(M_{ПРx} \times M_{ПРy})}{(M_{ПРx} + M_{ПРy})} + B, \quad (4.4)$$

где F – коэффициент тяготения, при связи промежуточных пунктов может лежать в пределах 0,01 – 0,02; $M_{ПРx}$, $M_{ПРy}$ – количество абонентов, обслуживаемых АМТС в промежуточных пунктах.

Общее количество каналов для телефонии определится суммой всех потребностей региона:

$$N_{ОБЩ} = N_{(OK1-OK2)} + N_{(OK1-ПР1)} + N_{(OK1-ПР2)} + N_{(OK1-ПР3)} + N_{(OK2-ПР1)} + \\ + N_{(OK2-ПР2)} + N_{(OK2-ПР3)} + N_{(ПР1-ПР2)} + N_{(ПР1-ПР3)} + N_{(ПР2-ПР3)} \quad (4.5)$$

На современные электронные АТС с АМТС (или узлов доступа) должны поступать потоки уровня Е1 – 2048 кбит/с. Один поток Е1 включает в себя 30 цифровых каналов со скоростью 64 кбит/с. Это требует определения числа потоков Е1 для телефонии, распределяемых по региону – $K_{E1(x-y)}$, которое будет равно:

$$K_{E1(x-y)} = \frac{N_{(x-y)}}{30}, \quad (4.6)$$

если результат получается дробным, его округляют в большую сторону.

Выражение 4.6 позволяет определить количество потоков Е1 выделяемых в каждом определенном населенном пункте по трассе ВОЛС.

Общее число потоков Е1, передаваемых по ВОЛС для организации телефонии можно определить как сумму потоков

$$K_{E1ТЛФ} = \sum_1^m K_{E1(x-y)}, \quad (4.7)$$

где m – число возможных связей между пунктами по трассе ВОЛС.

Суммарная скорость, выделяемая на обеспечение телефонной связи, будет равна:

$$V_{ТЛФ} = 2,048 \times K_{Е1ТЛФ} \text{ [Мбит/с]}. \quad (4.8)$$

2. Сотовая связь

Возможно, что часть ресурсов проектируемой ВОЛС будут востребована сотовыми операторами. Оценка требуемой скорости передачи возможна с учетом числа телефонных каналов, рассчитанного по ф. 4.5.

В среднем, можно принять число каналов, выделяемое операторам мобильной связи, равным:

$$N_{МОБ} = N_{ОБЩ} \times S_{МОБ}, \quad (4.9)$$

где $S_{МОБ}$ – коэффициент определяющий долю пользователей мобильной связью (40 до 60 %) в зависимости от численности населения в населенных пунктах по трассе ВОЛС (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1. Зависимость взаимосвязи услуг связи от численности населения

	Численность населения, тыс. чел.				
	до 10	10 – 30	30 – 50	50 – 100	100 – 500
$S_{МОБ}$	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
$S_{МОБИ}$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
$S_{ИНТ}$	0,1	0,08	0,06	0,04	0,03
$V_{АБИ},$ Мбит/с	10	20	20	50	50
$Y_{ИНТ}$	0,01	0,006	0,001	0,002	0,004

У определенной части пользователей мобильной связью будет востребована услуга мобильного интернета, что приводит к увеличению скорости в канале на 128 кбит/с (из расчета на одного пользователя). Количество число каналов, выделяемое операторам мобильной связи для пользователей мобильным интернетом, равно

$$N_{МОБИ} = N_{МОБ} \times S_{МОБИ}, \quad (4.10)$$

где $S_{МОБИ}$ – коэффициент определяющий долю пользователей мобильным интернетом среди пользователей мобильной связью в зависимости от численности населения (см. табл. 4.1).

Скорость, выделяемая на обеспечение мобильной связи, будет равна:

$$V_{МОБ} = 0,064 \times (N_{МОБ} - N_{МОБИ}) + 0,128 \times N_{МОБИ} \text{ [Мбит/с]}. \quad (4.11)$$

Количество первичных потоков для организации работы абонентов мобильной связи, будет равно:

$$K_{Е1МОБ} = \frac{V_{МОБ}}{2,048}, \quad (4.12)$$

если результат получается дробным, его округляют в большую сторону.

3. Интернет провайдеры

Число абонентов интернета в каждом из определенных населенных пунктов целесообразно принять равным:

$$N_{ИНТх} = H_x \times S_{ИНТ}, \quad (4.13)$$

где H_x – число жителей населенных пунктов по трассе ВОЛС, $S_{ИНТ}$ – коэффициент определяющий долю пользователей интернетом среди жителей населенного пункта, зависит от числа жителей, административного значения пункта, потребностей населения в услугах интернет и пр. (см. табл. 4.1).

Количество провайдеров в регионе может быть различным. Каждый провайдер должен иметь доступ в глобальную сеть с определенной скоростью $V_{ИНТх}$, (x – определенный населенный пункт по трассе ВОЛС). Эта скорость зависит от потребностей абонентов, их количества и возможностей передачи данных по распределительной сети.

Скорость доступа абонента в интернет – $V_{АБИх}$ может различаться и определяется приоритетом (см. табл. 4.1), однако вероятность использования интернет канала всеми абонентами одновременно очень мала и время занятия канала тоже невелико, что позволяет ввести понятие удельной нагрузки на канал интернет ($Y_{ИНТх}$) – средней нагрузки, создаваемой одним абонентом находящемся в определенном населенном пункте.

Скорость по ВОЛС, выделяемая для интернет-провайдера в конкретном населенном пункте, может быть определена по выражению:

$$V_{ИИТх} = (N_{ИИТх} \times V_{АБИ}) \times Y_{ИИТх} \text{ [Мбит/с]}. \quad (4.14)$$

Суммарная скорость, выделяемая интернет-провайдерам, определится как сумма скоростей по всем пунктам.

$$V_{ИИТ} = \sum_1^n V_{ИИТх}, \quad (4.15)$$

где n – число пунктов по трассе ВОЛС.

4. Цифровое телевидение

В соответствии с госпрограммой РТРС (Российская телевизионная и радиовещательная сеть) развертывает сети вещания двух пакетов цифровых телеканалов. Двадцать телеканалов двух мультиплексов – минимум, который должен быть обеспечен государством для своих граждан.

Примем количество цифровых ТВ каналов, передачу которых должна обеспечить проектируемая ВОЛС равным $K_{ТВ} = 20$.

Скорость передачи в канале $V_{ТВ} = 8$ Мбит/с. Тогда суммарная скорость, выделяемая на обеспечение передачи сигналов цифрового телевидения, будет равна:

$$V_{ТВ} = K_{ТВ} \times V_{ТВ} = 160 \text{ [Мбит/с]}. \quad (4.16)$$

5. Обеспечение потребностей в организации локальных сетей

Расчет скорости ($V_{ЛВС}$) выделяемой для организации работы сетей семейства Ethernet (на скоростях 10, 100, 1000 Мбит/с) производится при необходимости организации локальных вычислительных сетей в интересах предприятий и банковских структур региона.

Суммарная скорость передачи по волоконно-оптической линии связи определяется по выражению:

$$V_{ВОЛС} = V_{ТЛФ} + V_{МОБ} + V_{ИИТ} + V_{ТВ} + V_{ЛВС}. \quad (4.17)$$

Суммарное количество первичных цифровых потоков Е1 определяется по выражению:

$$K_{Е1} = K_{Е1ТЛФ} + K_{Е1МОБ}. \quad (4.18)$$

Найденные значения являются определяющими для выбора типа активного оборудования соответствующего уровня SDH иерархии.

4.2.2. Разработка обобщенной структурной схемы волоконно-оптической линии связи и определение требований к активному оборудованию

Обобщенная структурная схема ВОЛС – графический документ, который показывает особенности взаимодействия активных и пассивных элементов, а также является основанием для выбора цифровой аппаратуры и определяет ее функциональное назначение.

На рис. 4.1 в качестве примера приведена структурная схема ВОЛС между г. Приозерск и г. Лахденпохья с выделением потоков в пос. Хийтола и пос. Элисенваара.

В рассмотренном примере проектируется строительство ВОЛС с подвеской самонесущего ВОК на опорах высоковольтных воздушных линий электропередач. Определен тип ЛЭП – 110 кВ, для которой средняя протяженность пролета равна 210 м, тогда протяженность трассы ВОЛС:

- на интервале (Лахденпохья – Элисенваара) – 29 км, 139 опор;
- на интервале (Элисенваара – Хийтола) – 20 км, 96 опор;
- на интервале (Хийтола – Приозерск) – 34 км, 162 опоры.

Ситуационный план трассы ВОЛС для приведенного примера выполнен на карте соответствующего масштаба (рис. 4.2).

4.2.3. Рекомендации и выбор цифровой аппаратуры

В курсовой работе используется технология **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy), которая определяет стандарт для транспорта трафика. Стандарт определяет уровни скорости прохождения сигнала синхронного транспортного модуля (Synchronous Transport Module, STM). Стандарт также определяет физический (оптический) уровень, необходимый для совместимости оборудования от различных производителей.

Схема организации связи между населенными пунктами г. Приозерск и г. Лахденпохья с выделением потоков E1 (2048 Кб/с) в пос. Хийтола и пос. Элисенваара

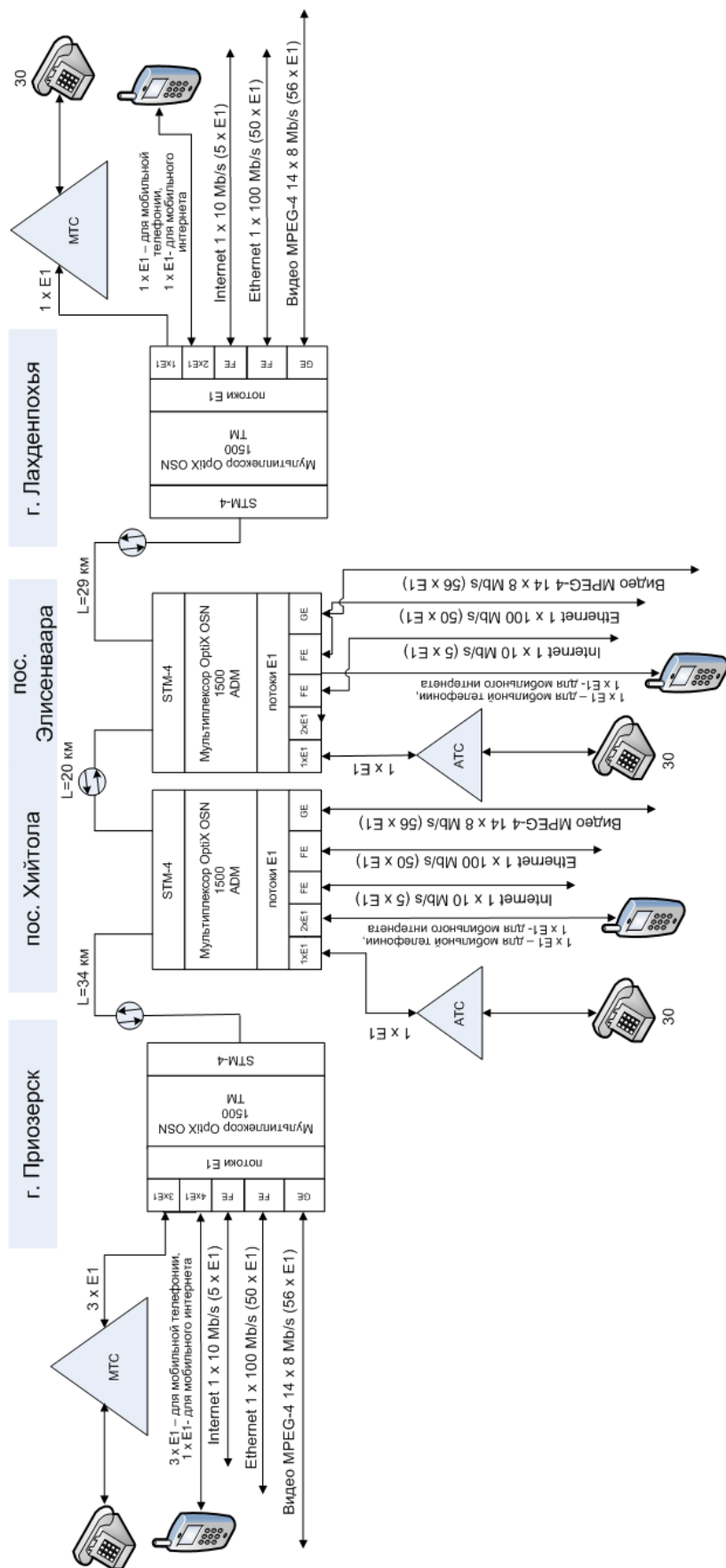


Рисунок 4.1. Структурная схема ВОЛС между г. Приозерском и г. Лахденпохья

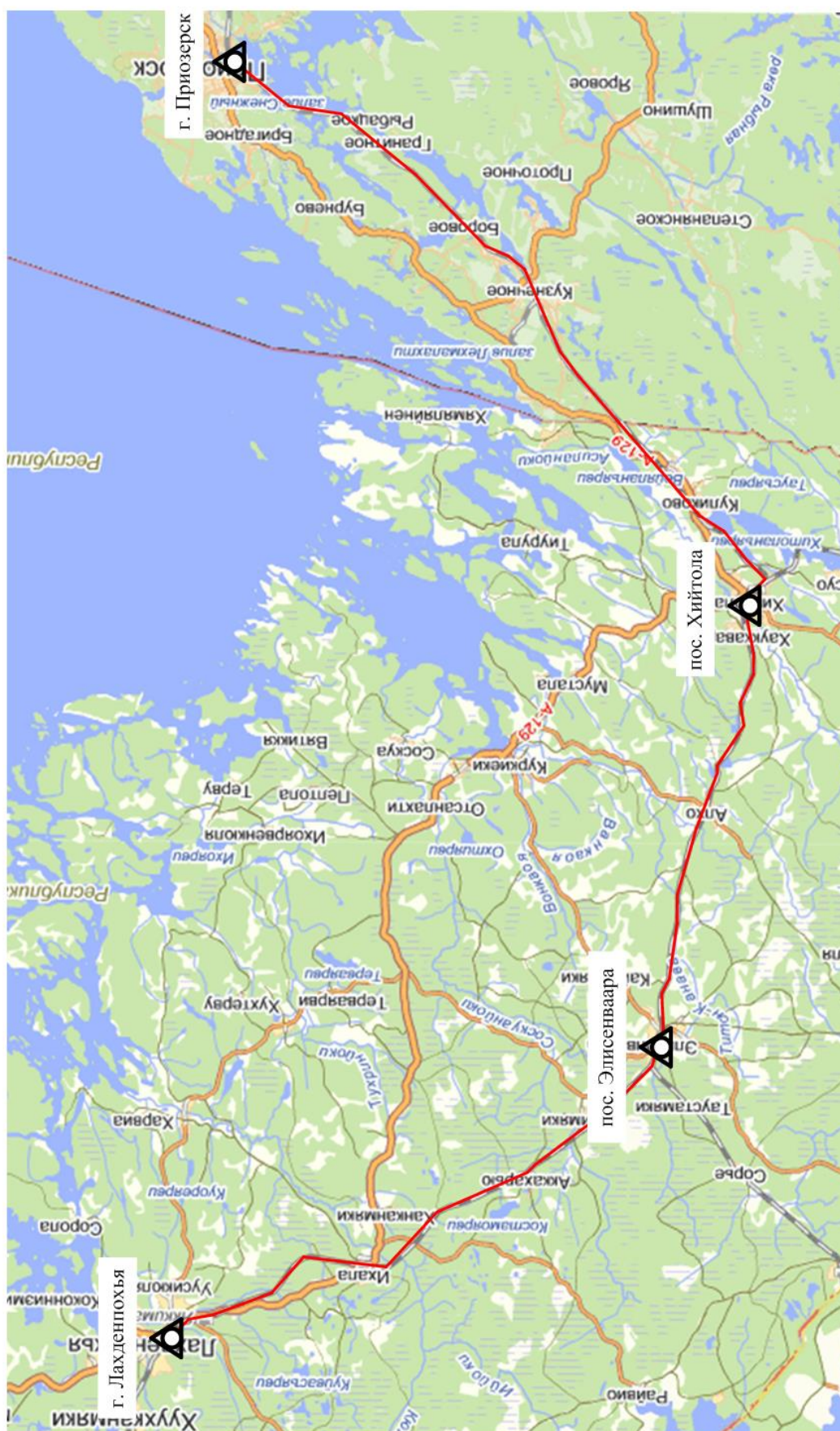


Рисунок 4.2. Ситуационный план трассы ВОЛС между г. Приозерском и г. Лахденпохья

Основная скорость передачи – 155,250 Мбит/с (STM-1). Более высокие скорости определяются как кратные STM-1: STM-4 – 622 Мбит/с, STM-16 – 2488,32 Мбит/с, STM-64 – 9953,28 Мбит/с.

Технология предполагает использование метода временного мультиплексирования (TDM) и кросс-коммутации тайм-слотов. При этом оконечное оборудование SDH оперирует потоками E1 (2,048 Мбит/с), к которым подключается клиентское оборудование. Основными устройствами сети являются SDH-мультиплексоры.

В курсовой работе приводится описание применяемых оконечных и промежуточные SDH-мультиплексоров ввода-вывода на уровне структурной (функциональной) схемы.

При другом подходе предлагается готовое решение исполнения мультиплексоров конкретного производителя с описанием их технических характеристик. Подробные технические параметры оборудования необходимые для разработки проекта, необходимо брать на сайтах фирм производителей, например ОАО «Супертел» [15].

В курсовой работе студент должен приводить только конкретные характеристики аппаратуры для выбранного варианта, такие как рабочая длина волны передающего оптоэлектронного модуля (ПОМ), мощность излучения, чувствительность приемного оптоэлектронного модуля (ПРОМ), перекрываемое затухание, интерфейсы, которые должны быть по схеме организации связи.

4.2.4. Выбор типа оптического волокна

Определение типа одномодового ОВ в составе кабеля основывается на показателях пропускной способности ВОЛС, с учетом перспектив развития сети связи региона и место в этой структуре проектируемого участка. Основные характеристики для определенного типа ОВ даны в рекомендациях **Международного Союза Электросвязи (МСЭ – ITU, International Telecommunication Union)** (см. Приложение В).

4.2.5. Расчет длин регенерационных участков и оценка бюджета волоконно-оптической линии связи

При проектировании ВОЛС необходимо провести оценку длины регенерационного участка по двум параметрам – по **затуханию** (L_A) и по **широкополосности** ($L_{Ш}$), т. к. причины, ограничивающие предельные значения указанных длин независимы (затухание и дисперсия).

Длина регенерационного участка по затуханию оценивается по двум величинам:

L_{Amax} – максимальная проектная длина участка регенерации;

L_{Amin} – минимальная проектная длина участка регенерации.

Для оценки этих величин используются выражения:

$$L_{Amax} = \frac{(A_{max} - M - n \times A_{PC})}{\left(\alpha_{OK} + \frac{A_{HC}}{L_{CTP}} \right)}, \quad (4.19)$$

$$L_{Amin} \geq \frac{A_{min}}{\left(\alpha_{OK} + \frac{A_{HC}}{L_{CTP}} \right)}, \quad (4.20)$$

$$L_{Ш} \leq \frac{4,4 \times 10^5}{D \times d \times B}. \quad (4.21)$$

где A_{max} , A_{min} – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания аппаратуры волоконно-оптической системы передачи (ВОСП), обеспечивающее к концу срока службы значение **коэффициента блоков с фоновыми ошибками** – BBER (Background Block Error Ratio) – не более 10^{-10} ; как правило A_{min} принимают равным величине $(A_{max} - M)$, т. е. когда весь системный запас, заложенный на стадии проектирования, будет израсходован в силу различных причин;

α_{OK} (дБ/км) – километрическое затухание в оптических волокнах кабеля;

A_{HC} (дБ) – среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного оптического соединителя на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации;

$L_{СТР}$ (км) – среднее значение строительной длины кабеля на участке регенерации;

$A_{РС}$ (дБ) – затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя;

n – число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

D (пс/нм×км) – суммарная дисперсия одномодового оптического волокна;

d (нм) – ширина спектра источника излучения;

B (мГц) – широкополосность цифровых сигналов, передаваемых по оптическому тракту;

M (дБ) – системный запас ВОСП по кабелю на участке регенерации.

Если по результатам расчета получено $L_{III} < L_{Amax}$, то для проектирования должны быть выбраны аппаратура или кабель с другими техническими данными (D, d), обеспечивающие больший запас по широкополосности на участке регенерации. Расчет должен быть проведен снова. Критерием окончательного выбора аппаратуры или кабеля должно быть выполнение соотношения

$$L_{III} > L_{Amax} . \quad (4.22)$$

Максимальное значение перекрываемого затухания (A_{max}) определяется как разность между максимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и чувствительностью приемника.

$$A_{max} = P_{ИЗ/Imax} - P_{ПРmin} . \quad (4.23)$$

Эта величина может быть определена исходя из характеристик аппаратуры, а в некоторых описаниях аппаратуры приводится непосредственно значение этого параметра.

Минимальное значение перекрываемого затухания ($A_{\min}$) определяется как разность между минимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и перегрузкой приемника.

$$A_{\min} = P_{\text{ИЗЛ min}} - P_{\text{ПР max}}. \quad (4.24)$$

Эта величина может быть определена исходя из характеристик аппаратуры, а в некоторых описаниях аппаратуры приводится непосредственно значение этого параметра. Также $A_{\min}$ можно определить в соответствии с соотношением ($A_{\max} - M$), что является более верным т. к. M учитывает не только изменения характеристик передающего и приемного модулей, но и возможные изменения потерь в линии.

Системный запас ВОСП M учитывает изменение состава оптического кабеля за счет появления дополнительных ремонтных вставок, сварных соединений, а также изменения характеристик оптического кабеля, вызванных воздействием окружающей среды и ухудшением качества оптических соединителей в течение срока службы, и устанавливается при проектировании ВОСП исходя из ее назначения и условий эксплуатации оператором связи, в частности, исходя из статистики повреждения (обрывов) кабеля в зоне действия оператора.

Диапазон устанавливаемых значений системного запаса лежит, как правило, в пределах 2 – 6 (дБ), что соответствует наиболее или наименее благоприятным условиям эксплуатации ВОЛС.

Приведенные выражения позволяют оценить максимальные длины участков регенерации на оптическом волокне типа SSF (Standard Singlemode Fibers). Для других типов волокон (например, при применении оптических волокон с минимизированными потерями на длине волны 1,55 мкм, или с минимизированной дисперсией, а также при использовании технологии WDM) должны быть внесены коррективы.

Оценка бюджета ВОЛС

Аппаратура для организации цифровых потоков имеет выходные и входные характеристики. Прежде всего, к ним относятся уровень мощности

оптического излучения на рабочей длине волны и закон её изменения в процессе эксплуатации, а также чувствительность приемника и его перегрузочная способность, т. е. динамический диапазон работы аппарата.

Бюджет ВОЛС связывает характеристики аппаратуры и параметры передачи волоконно-оптической линии связи.

$$A_{\max} \geq \alpha_{OK} L_{PY} + \Delta\alpha \geq A_{\min}, \quad (4.25)$$

где: $\alpha_{OK} L_{PY}$ – затухание участка регенерации, $\Delta\alpha$ – пределы изменения затухания оптического аттенюатора, установленного для регулировки потерь в оптической линии связи.

4.2.6. Выбор технологии строительства волоконно-оптической линии связи. Описание конструкции используемого волоконно-оптического кабеля

Способ строительства ВОЛС указан в индивидуальном задании. Исходя из особенностей прохождения проектируемой трассы ВОЛС необходимо выбрать наиболее подходящую технологию строительства, а также соответствующую конструкцию волоконно-оптического кабеля.

Для подземных ВОЛС необходимо рассмотреть возможность применения следующих технологий прокладки ВОК:

- непосредственно в грунт;
- в отрытую траншею;
- в кабельную канализацию;
- в защитных пластмассовых трубах (ЗПТ).

При этом необходимо предусмотреть организацию переходов через различные преграды.

Для воздушных ВОЛС необходимо рассмотреть возможность применения следующих технологий подвески ВОК:

- кабель типа 8-ки;
- кабель в грозозащитном тросе;

- самонесущий кабель на опорах высоковольтных ЛЭП;
- самонесущий кабель на опорах контактной сети электрифицированных железных дорог;
- навивная технология строительства ВОЛС.

После выбора технологии строительства ВОЛС студент должен описать особенности реализации данной технологии, а также её основные достоинства и недостатки.

Для выбранной технологии строительства требуется подобрать ВОК соответствующей конструкции, используя ПРИЛОЖЕНИЯ Г – Д, а также каталоги производителей кабельной продукции, например, ООО «ОПТЕН-КАБЕЛЬ» [12], ГК «Севкабель» [13], ООО «ОКС 01» [14], или других производителей.

Далее необходимо определить **число оптических волокон в кабеле** – $N_{ОВ}$ которое может быть рассчитано по формуле:

$$N_{ОВ} = N_{ОВраб} + N_{ОВрез} + N_{ОВотв}, \quad (4.26)$$

где $N_{ОВраб}$ – число рабочих волокон, которое определяется исходя из количества используемых комплектов оборудования;

$N_{ОВрез}$ – число резервных волокон – равно числу рабочих;

$N_{ОВотв}$ – число волокон на ответвления в промежуточных пунктах, если это предусматривается проектом, рекомендуется по 4 ОВ в каждом пункте.

В случае если найденное число волокон оказывается меньше 8 ОВ, то определяется минимум, который нужно разместить в кабеле равный 16 ОВ.

Произвести расчет **средней протяженности строительной длины ВОК**, протяженности монтажных участков, их количества.

1. Для кабелей, *прокладываемых в грунт* или защитные пластмассовые трубы (ЗПТ) средняя протяженность участка, на который укладывается строительная длина, определяется из следующих условий:

- максимальная протяженность строительной длины, выпускаемая кабельным заводом – 6 км;
- расстояние по трассе между пунктами на всех участках;

– размер технологического запаса ВОК при монтаже строительных длин.

Таким образом, если расстояние между пунктами на конкретном участке равно L , то количество строительных длин на этом участке будет равно:

$$N_{CD} = L/6. \quad (4.27)$$

При получении дробного значения N_{CD} результат необходимо округлить в большую сторону. Если результат при вычислении ф.4.27 целое число, то его необходимо увеличить на 1.

Затем определяется **средняя протяженность монтажных участков** L_{CMV} (расстояние между колодцами для размещения соединительных муфт по трассе) на участке путем деления длины участка L на откорректированное значение N_{CD} .

Муфты, соединяющие строительные длины, укладываются в пластмассовых колодцах и там же размещается технологический запас, как минимум по 6 метров с каждой стороны, поэтому к полученному значению средней протяженности монтажных участков необходимо прибавить как минимум 12 метров и это определит **среднюю протяженность строительной длины** L_{CD} .

2. Для кабелей, *подвешиваемых на различных опорах*, протяженность строительной длины и места размещения соединительных муфт, определяется из следующих условий:

- муфты должны размещаться на опорах, т. е. строительные длины должны начинаться и заканчиваться на опорах;
- должно быть предусмотрено место для крепления защитного контейнера, где будет размещаться технологический запас ВОК и муфта;
- размер контейнера должен обеспечивать возможность укладки до 30 м технологического запаса ВОК.

Максимальная протяженность строительной длины кабелей ($L_{CD\max}$) в грозотросе – 4 км, для самонесущих, типа 8-ки, навивных – 6 км.

Таким образом, если средняя протяженность пролета на конкретном участке равно L_{PP} , то количество пролетов, которое укладывается на строительной длине на этом участке, будет равно:

$$N_{PP} = L_{CD\max} / L_{PP} . \quad (4.28)$$

При получении дробного значения N_{PP} результат необходимо округлить в меньшую сторону. Затем определяется **средняя протяженность строительной длины** на этом участке путем умножения откорректированного значения N_{PP} на среднюю протяженность пролета L_{PP} .

Это обеспечит размещение муфт на опорах ЛЭП, т. к. сокращение числа пролетов, на которых укладывается строительная длина ВОК, позволит сформировать технологический запас для монтажа муфт и спуски последнего на конечных пунктах.

5. ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА К ЗАЩИТЕ. ПРОЦЕДУРА ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта начинается с выдачи задания студентам. Задание выдается за подписью руководителя работы, датируется днем выдачи, утверждается заведующим кафедрой и регистрируется в кафедральном журнале.

В рамках времени отведенного учебным планом на курсовой проект должны регулярно проводиться индивидуальные консультации.

Одной из важных форм взаимодействия студента и руководителя является предварительный просмотр выполненного курсового проекта. Курсовой проект перед сдачей руководителю подписывается студентом. Если он удовлетворяет требованиям, предъявляемым к курсовым проектам, она допускается к защите, о чем руководитель делает надпись на титульном листе.

Защита курсового проекта является обязательной формой проверки выполнения работы. Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. Научный руководитель зачитывает отзыв на курсовой проект студента (Приложение Е).

Результаты защиты курсового проекта оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка заносится в зачетную книжку студента и зачетно-экзаменационную ведомость, составляемую в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре в течение всего срока обучения студента, другой представляется в дирекцию института (филиала) или деканат факультета.

Защита курсовых проектов, предусмотренных учебным планом, проводится не позднее, чем за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший его по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые проекты, представляющие теоретический и практический интерес, следует представлять на конкурс в студенческие научные общества, конференции, отмечать приказом по университету.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Иванов В. С. Строительство ВОЛС. Современные технологии и организация. Часть 1 : учебное пособие / В. С. Иванов, Б. К. Никитин, Р. Я. Пирмагомедов. – СПб. : СПбГУТ, 2015. – 71 с.
2. Иванов В. С. Строительство ВОЛС. Современные технологии и организация. Часть 2 : учебное пособие / В. С. Иванов, Б. К. Никитин, Р. Я. Пирмагомедов. – СПб. : СПбГУТ, 2015. – 76 с.
3. Никитин Б. К. Современные технологии проектирования, строительства и эксплуатации направляющих систем электросвязи. Учебное пособие для вузов / Б. К. Никитин, Л. Н. Кочановский. – СПб. : СПбГУТ, 2011. – 217 с.
4. Фокин В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети: учебное пособие / В. Г. Фокин. – М.: Эко-Тренз, 2008. – 271 с.
5. Фокин В. Г. Проектирование оптической мультисервисной транспортной сети: учебное пособие / В. Г. Фокин. – Новосибирск: Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики, 2009. – 205с.

Дополнительная литература и источники

6. Родина, О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство : учебное пособие / О. В. Родина. – М. : Горячая линия-Телеком, 2012. – 400 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253600>.
7. Фокин, В. Г. Когерентные оптические сети : учебное пособие / В. Г. Фокин – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. – 371 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=431522>.
8. Никитин Б. К. Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Проектирование и строительство ВОЛС» / Б. К. Никитин, А. Н. Сергеев, Г. М. Смирнов. – СПб. : СПбГУТ, 2015. – 61 с.
9. Сайт сервиса Яндекс.Карты. Режим доступа: <http://maps.yandex.ru/>.
10. Сайт сервиса Google Карты. Режим доступа: <https://www.google.ru/maps/>.
11. Схема развития ЕЭС России на 2015 – 2021 годы. Режим доступа: <http://energybase.ru/map/>.
12. Сайт кабельного завода «Оптен». Режим доступа: <http://www.opten.spb.ru/>.
13. Группа компаний «Севкабель». Режим доступа: <http://sevcable.ru/>.
14. Сайт ООО «ОКС 01». Режим доступа: <http://www.ocs01.ru/>.
15. Сайт ОАО «Супертел». Режим доступа: <http://www.supertel.ru/>.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А. ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВПО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ
КАФЕДРА

КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)

по дисциплине

« »

на тему:

« »

Выполнил:

студент __ курса группы __
направления (специально-
сти) _____
_____ формы обучения

(подпись)

Руководитель работы:

(Ф.И.О., должность, кафедра)

Работа допущена к защите _____
(подпись руководителя)

(дата)

Работа выполнена и
защита с оценкой _____ Дата защиты _____

Члены комиссии: _____
(должность) (подпись) (И.О. Фамилия)

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Ставрополь, 20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ФОРМА ЗАДАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

(название кафедры)

(ФИО)

Институт _____
Кафедра _____

Направление (специальность) _____

Профиль (специализация) _____

ЗАДАНИЕ **на курсовую работу (проект)**

студента _____
(фамилия, имя, отчество)

по дисциплине _____

1. Тема работы _____

2. Цель _____

3. Задачи _____

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

а) по теоретической части _____

б) по аналитической части _____

5. Исходные данные:

а) по литературным источникам _____

б) по вариантам, разработанным преподавателем _____

в) иное _____

6. Список рекомендуемой литературы _____

7. Контрольные сроки представления отдельных разделов курсовой работы:

25 % -	“	”	20_ г.
50 % -	“	”	20_ г.
75 % -	“	”	20_ г.
100 % -	“	”	20_ г.

8. Срок защиты студентом курсовой работы “ ” 20_ г.

Дата выдачи задания “ ” 20_ г.

Руководитель курсовой работы

_____	_____	_____
<i>(ученая степень, звание)</i>	<i>(личная подпись)</i>	<i>(инициалы, фамилия)</i>

Задание принял(а) к исполнению студент(ка) _____ формы обучения

_____ курса	_____ группы	_____
	<i>(личная подпись)</i>	<i>(инициалы, фамилия)</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ В. РЕКОМЕНДАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ПО ОДНОМОДОВОМУ ВОЛОКНУ

Рекомендации ITU-T G.652. Стандартное одномодовое оптоволокно имеет длину волны нулевой дисперсии величиной не более 3,5 пс/нм×км около 1310 нм, оптимизировано для использования в области длины волны 1310 нм, может также быть использовано в области 1550 нм (табл. В.1).

Применение G.652. На ВОЛС первичной сети до уровня внутризоновой сети, структурах широкополосного абонентского доступа, в том числе и по технологиям PON, для технологий CWDM до 8 несущих.

Рекомендации ITU-T G.653. Одномодовое оптоволокно с нулевой смещенной дисперсией – ZDSF (zerodispersion-shiftedfibre) для высокоскоростных линий связи с небольшой длиной регенерационного участка без применения технологий оптического уплотнения (табл. В.2).

Применение G.653. На ВОЛС первичной сети до уровня внутризоновой сети при скорости трафика до 40 Гб/с (на небольшие расстояния), структурах широкополосного абонентского доступа, в том числе и по технологиям PON.

Рекомендации ITU-T G.654. Одномодовое оптоволокно со смещенной длиной волны отсечки, которое имеет нулевую дисперсию при длине волны около 1300 нм, оптимизировано по затуханию для использования в диапазоне длин волн 1530 – 1625 нм (табл. В.3).

Применение G.654. В морских и береговых волоконно-оптических системах дальней связи при больших протяженностях участков регенерации.

Рекомендации ITU-T G.655. Одномодовое оптоволокно с ненулевой смещенной дисперсией – NZDSF (Non-Zero Dispersion Shifted Fibre) (табл. В.4).

Применение G.655. Системы спектрального уплотнения с высокой плотностью частотных интервалов – DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

Таблица В.1. Рекомендации ITU-T G.652

№ п/п	Характеристика	G.652.A	G.652.B	G.652.C	G.652.D
1	Длина волны, нм	1310	1310	1310	1310
2	Диаметр модового пятна, мкм	$8,6 - 9,5 \pm 0,6$	$8,6 - 9,5 \pm 0,6$	$8,6 - 9,5 \pm 0,6$	$8,6 - 9,5 \pm 0,6$
3	Диаметр оболочки, мкм	$125,0 \pm 1$	$125,0 \pm 1$	$125,0 \pm 1$	$125,0 \pm 1$
4	Диаметр защитного покрытия, мкм	$250,0 \pm 15$	$250,0 \pm 15$	$250,0 \pm 15$	$250,0 \pm 15$
5	Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,6 максимум	0,6 максимум	0,6 максимум	0,6 максимум
6	Сплюсненность оболочки	1,0 % максимум	1,0 % максимум	1,0 % максимум	1,0 % максимум
7	Длина волны отсечки кабеля, нм	1260 максимум	1260 максимум	1260 максимум	1260 максимум
8	Потери на макроизгибе, дБ	0,1 максимум на 1550 нм	0,1 максимум на 1550 нм	0,1 максимум на 1550 нм	0,1 максимум на 1550 нм
9	Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум
10	Длина волны нулевой дисперсии, нм	от 1300 до 1324	от 1300 до 1324	от 1300 до 1324	от 1300 до 1324
11	Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм×км, не более, в интервале длин волн: 1285 – 1330 1525 – 1575	3,5 18	3,5 18	3,5 18	3,5 18
12	Знак дисперсии	+	+	+	+
13	Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,5 на 1310	0,4 на 1310	0,4	0,4
		–	0,35 на 1550	0,35 на 1383	0,35 на 1383
		0,4 на 1550	0,4 на 1625	0,3 на 1550	0,3 на 1550
14	Коэффициент PMD, пс/ $\sqrt{\text{км}}$	0,5	0,2	0,5	0,2

Таблица В.2. Рекомендации ITU-T G.653

№ п/п	Характеристика	G.653.A	G.653.B
1	Длина волны, нм	1550	1550
2	Диаметр модового пятна, мкм	$7,8 - 8,5 \pm 0,8$	$7,8 - 8,5 \pm 0,6$
3	Диаметр оболочки, мкм	$125,0 \pm 1$	$125,0 \pm 1$
4	Диаметр защитного покрытия, мкм	$250,0 \pm 15$	$250,0 \pm 15$
5	Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,8 максимум	0,6 максимум
6	Сплюсненность оболочки	2,0 % максимум	1,0 % максимум
7	Длина волны отсечки кабеля, нм	1270 максимум	1270 максимум
8	Потери на макроизгибе, дБ	0,5 макс. на 1550 нм	0,1 макс. на 1550 нм
9	Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум
10	Длина волны нулевой дисперсии, нм	от 1500 до 1600	от 1300 до 1324
11	Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм×км, не более, в интервале длин волн: 1525-1575	3,5	3,5
12	Коэффициент затухания, дБ/км на длине волны, нм	0,35 на 1550	0,35 на 1550
13	Коэффициент PMD, пс/ $\sqrt{\text{км}}$	0,5	0,20

Таблица В.3. Рекомендации ITU-T G.654

№ п/п	Характеристика	G.654.A	G.654.B	G.654.C
1	Длина волны, нм	1550	1550	1550
2	Диаметр модового пятна, мкм	9,5 – 10,5 ± 0,7	9,5 – 13 ± 0,7	9,5 – 10,5 ± 0,7
3	Диаметр оболочки, мкм	125,0 ± 1	125,0 ± 1	125,0 ± 1
4	Диаметр защитного покрытия, мкм	250,0 ± 15	250,0 ± 15	250,0 ± 15
5	Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,8 максимум	0,8 максимум	0,8 максимум
6	Сплюсненность оболочки	2,0 % максимум	2,0 % максимум	2,0 % максимум
7	Длина волны отсечки кабеля, нм	1530 максимум	1530 максимум	1530 максимум
8	Потери на макроизгибе, дБ	0,5 максимум на 1625 нм	0,5 максимум на 1625 нм	0,5 максимум на 1625 нм
9	Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум
10	Длина волны нулевой дисперсии, нм	—	—	—
11	Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм×км, не более, в интервале длин волн: 1525-1575	20	22	20
12	Знак дисперсии	+	+	+
13	Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,22 на 1550	0,22 на 1550	0,22 на 1550
14	Коэффициент PMD, пс/√км	0,5	0,2	0,2

Таблица В.4. Рекомендации ITU-T G.655

№ п/п	Характеристика	G.655.A	G.655.B	G.655.C	G.655.D	G.655.E
1	Длина волны, нм	1550	1550	1550	1550	1550
2	Диаметр модового пятна, мкм	8,0 – 11,0 ± 0,7	8,0 – 11,0 ± 0,7	8,0 – 11,0 ± 0,7	8,0 – 11,0 ± 0,6	8,0 – 11,0 ± 0,6
3	Диаметр оболочки, мкм	125,0 ± 1	125,0 ± 1	125,0 ± 1	125,0 ± 1	125,0 ± 1
4	Диаметр защ. покрытия, мкм	250,0 ± 15	250,0 ± 15	250,0 ± 15	250,0 ± 15	250,0 ± 15
5	Эксцентриситет сердц., мкм	0,8 максимум	0,8 максимум	0,8 максимум	0,6 максимум	0,6 максимум
6	Сплюсненность оболочки	2,0 % максимум	2,0 % максимум	2,0 % максимум	1,0 % максимум	1,0 % максимум
7	Длина волны отсечки, нм	1450 максимум	1450 максимум	1450 максимум	1450 максимум	1450 максимум
8	Потери на макроизгибе, дБ	0,5 максимум на 1550 нм	0,5 максимум на 1625 нм	0,5 максимум на 1625 нм	0,1 максимум на 1625 нм	0,1 максимум на 1625 нм
9	Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум
10	Коэф. хром. дисп. пс/нм×км, не более, 1460-1625 1530-1565 1565-1625	0,1 – 6 –	1 – 10 –	1 – 10 –	2,6 – 6,0 – 4,0 – 8,9	2,6 – 6,0 – 4,0 – 8,9
11	Знак дисперсии	+ и –	+ и –	+ и –	+ и –	+ и –
12	Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	–	0,35 на 1550	0,35 на 1550	0,35 на 1550	0,35 на 1550
		0,35 на 1550	0,4 на 1625	0,4 на 1625	0,4 на 1625	0,4 на 1625
13	Коэффициент PMD, пс/√км	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2

Одномодовое волокно с коэффициентом хроматической дисперсии (абсолютное значение), величина которого превышает некоторое ненулевое значение на всех длинах волн, больших 1530 нм. Эта дисперсия подавляет рост нелинейных эффектов, которые особенно вредны в системах плотного волнового мультиплексирования (DWDM).

На более коротких длинах волн одно из значений коэффициента дисперсии может быть равно нулю, однако значения коэффициента хроматической дисперсии на этих длинах волн могут быть предусмотрены для поддержки систем грубого волнового мультиплексирования (CWDM), которые не имеют существенных искажений, вызываемых нелинейными эффектами.

Рекомендации ITU-T G.656. Одномодовое оптоволокно с ненулевой дисперсией для широкополосной передачи данных (табл. В.5).

Применение G.656. Для передачи широкополосного оптического сигнала на базе разреженного спектрального уплотнения или спектрального уплотнения с низкой плотностью – CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) и DWDM. Снижен пик поглощения на ионах OH.

Рекомендации ITU-T G.657. Стандартное одномодовое оптоволокно (табл. В.6).

Применение G.657. В кабелях, предназначенных для прокладки внутри зданий и сооружений. Волокна категории В пригодны для передач на волнах длиной 1310, 1550 и 1625 нм на ограниченные расстояния, связанных с транспортом сигналов внутри помещений. Эти волокна характеризуются иными, по сравнению с волокнами G.652, свойствами сращивания и соединения, но допускают очень малые радиусы гибов.

Таблица В.5. Рекомендации ITU-T G.656

№ п/п	Характеристика	G.656.A
1	Длина волны, нм	1550
2	Диаметр модового пятна, мкм	7,0 – 11,0 ± 0,7
3	Диаметр оболочки, мкм	125,0 ± 1
4	Диаметр защитного покрытия, мкм	250,0 ± 15
5	Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,8 максимум
6	Сплюсненность оболочки	2,0 % максимум
7	Длина волны отсечки, нм	1450 максимум
8	Потери на макроизгибе, дБ	0,5 максимум на 1625 нм
9	Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум
10	Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм×км, не более, 1460-1625 1530-1565	2,0 – 8,0 4,0 – 7,0
11	Знак дисперсии	положительный
12	Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,4 на 1460
		0,35 на 1550
		0,4 на 1625
13	Коэффициент PMD, пс/ √км	0,2

Таблица В.6. Рекомендации ITU-T G.657

№ п/п	Характеристика	G.657.A1		G.657.A2			G.657.B2			G.657.B3		
1	Длина волны, нм	1310		1310			1310			1310		
2	Диаметр модового пятна, мкм	8,6 – 9,5 ± 0,4		8,6 – 9,5 ± 0,4			6,3 – 9,5 ± 0,4			6,3 – 9,5 ± 0,4		
3	Диаметр оболочки, мкм	125,0 ± 0,7		125,0 ± 0,7			125,0 ± 0,7			125,0 ± 0,7		
4	Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,5 максимум		0,5 максимум			0,5 максимум			0,5 максимум		
5	Сплюсненность оболочки	1,0 % максимум		1,0 % максимум			1,0 % максимум			1,0 % максимум		
6	Длина волны среза кабеля, нм	1260 максимум		1260 максимум			1260 максимум			1260 максимум		
7	Потери на макроизгибе, дБ: радиус, мм количество витков макс. при 1550 нм макс. при 1625 нм	15 10 0,25 1,0	10 1 0,75 1,5	15 10 0,03 0,1	10 1 0,1 0,2	7,5 1 0,5 1,0	15 10 0,03 0,1	10 1 0,1 0,2	7,5 1 0,5 1,0	10 1 0,03 0,1	7,5 1 0,08 0,25	5 1 0,15 0,45
8	Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум		0,69 минимум			0,69 минимум			0,69 минимум		
9	Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм×км, не более, 1285-1330 1525-1575	3,5 18		3,5 18			—			—		
10	Коэффициент затухания тах, дБ/км; на длине волны, нм	0,4 на 1310,1625		0,4 на 1310,1625			0,5 на 1310			0,5 на 1310		
		0,4 на 1383		0,4 на 1383			0,3 на 1550			0,3 на 1550		
		0,3 на 1550		0,3 на 1550			0,4 на 1625			0,4 на 1625		
11	Коэффициент PMD, пс/√км	0,20		0,20			—			—		

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. МАРКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ

Таблица Г.1. Марки ВОК для прокладки в грунт

№ п/п	Марка кабеля	Описание
ВОК для непосредственной прокладки в грунт		
1	ДПС ОВ 2-16	Центральный силовой элемент – диэлектрический, броня из стальных оцинкованных проволок
2	ДПН 2 -16	тоже
3	ДПГ 2 - 16	тоже
4	СПС 2 - 16	Центральный силовой элемент – стальной, броня из стальных оцинкованных проволок
5	СПН 2 - 16	тоже
6	СПГ2 - 16	тоже
7	ТОС 2 - 24	В грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, полиэтиленовая
8	ОПС от 2 до 144	Трубчатый сердечник кабеля, однослойная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
9	ОПУ от 2 до 144	Трубчатый сердечник кабеля, однослойная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
10	ДПС от 2 до 144	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка, броня из гофрированной стальной ленты, внешняя полиэтиленовая оболочка
11	ДПУ от 2 до 144	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка, однослойная усиленная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
12	ДП2 от 2 до 144	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка, двухслойная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
Марка ДПО, ДПЛ (для пневмопрокладки)		
13	ДПЛ от 2 -16	Диэлектрический,. стальная гофрированная лента с полимерным покрытием
14	ДПО от 2 -16	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка
15	ДПО от 2 -144	тоже
16	ДОЛ от 2 -216	В кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки) при опасности повреждения грызунами; по мостам и эстакадам; гофрированная броня.
17	ДАО от 2-216	В кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки); гофрированная броня

Таблица Г.2. Марки ВОК для воздушных способов строительства

№ п/п	Марка кабеля	Описание
Подвесной ВОК типа 8-ки		
18	ОПД от 2 до 64	Кабели содержат (ЦСЭ) из стеклопластика, вокруг ЦСЭ скручены оптические модули с волокнами и кордели. В качестве периферийного силового элемента использован стеклопластиковый пруток.
19	ОПВ от 2 до 24	Для подвески на опорах линий связи, контактной сети железных дорог, линий электропередач.
20	ОКТс от 2 до 48	Несущий элемент – стальной трос.
21	ДПВ от 2 до 16	Вынесенный силовой элемент: – диэлектрический (ДПИ); – стальной (ДПВ).
Самонесущие ВОК		
22	ОКА-М6П-16А-4,0 (с)	Кабель оптический самонесущий 16 волокон одномод 4кН, электропровод
23	ОКА-М6П-16А-6,0 (с)	Кабель оптический самонесущий 16 волокон одномод 6кН, Электропровод
24	ОКК от 2 до 144	Диэлектрический самонесущий с силовым элементом и броней из высокомодульных арамидных нитей (Саранскабель-Оптика).
25	ДПМ от 2 до 16	Для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи. Повив из несущих силовых элементов из диэлектрических стержней. (Оптен)
26	ДПТ от 2 до 16	Для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи. Повив из силовых элементов из высокомодульных прядей (Оптен).
27	ПЗВ_О (СИП_О)	Одновременная передача электрической энергии и оптических сигналов связи. Монтируется методом подвески на воздушных линиях электропередачи напряжением 10 кВ.
Волоконно-оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос (OPGW)		
28	ОКГТ-Ц от 2 до 48	С центральной модульной трубкой. Для подвески на опорах воздушных линий электропередач от 35 кВ и выше
29	ОКГТ-С от 2 до 288	Встроенный в грозозащитный трос с оптическими модулями в повиве.
ВОК для навивной технологии		
30	ОКН(ГТ) до 48	Навивной на грозотрос 35 – 220 кВ
31	ОКН(ФТ) до16	Навивной на фазовый провод 35 – 110 кВ без расщепленной фазы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

На территории России располагается несколько производств волоконно-оптических кабелей связи. Единого классификатора оптических кабелей нет, и каждый производитель использует собственную маркировку кабелей. В таблице приведено соответствие основных типов оптических кабелей у различных производителей.

Таблица Д.2. Соответствие основных типов оптических кабелей

Производитель	Для прокладки в трубах и коллекторах	С броней из гофрированной стальной ленты	С броней из круглых стальных проволок	Подвесные самонесущие	С усиленной броней
Еврокабель	ОТД, ОТМ, ОТЦ, ОТЦм	ОКД, ОКМ, ОКЦ	ОГД, ОГМ, ОГЦ	ОПД, ОСД	ОГД, ОГМ
Москабель-Фуджикура	ОККТМ, ОККТЦ, ОККТЦГ	ОКСТМ, ОКСТЦ	ОМЗКГМ	ОКСНМ	ОМЗКГМ
ОКС - 01	ДПО, ДАО	ДПП	ОПС, ОАС, ДПС, ДАС	ДПМ, ДПТ	ОА2, ДАУ, ДП2, ДА2
ОФС-Связьстрой - 1	ДП, СП, ДПа, СПа	ДБП	ДКП-03	ДС, ДТ	ДКП-07, ДКП-20
Самарская Оптическая Кабельная Компания	ОКЛ	ОКЛСт	ОКЛК	ОКЛЖ	—
Саранскабель-Оптика	ОКГ	ОКЛ	ОКБ	ОКК	—
Севкабель-оптик	ДПО	ДПЛ	ДПС	ДПТ	ДПУ, ДА2
Трансвок	ОКМТ	ОКЗ	ОКБ	ОКМС	ОКБу
Электропровод	ОК	ОКС	ОКБ	ОКА	—
Эликс-кабель	ДПО	ДПЛ, СПЛ	ДПС	ДПТ	ДПУ, ДА2

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ФОРМА ОТЗЫВА НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Отзыв

на курсовую работу (проект) студента/ки ____ курса

Ф.И.О.

тема

Актуальность: курсовая работа посвящена

В первой главе

Вторая глава

Выводы, сделанные в Заключение, соответствуют целям, поставленным во Введении.

Проанализированобъем литературы...

За время работы студент/ка проявил/а себя как.....

Таким образом, работа выполнена на ... уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к курсовым работам, и заслуживает ... оценки.

Научный руководитель

степень, звание, должность

место работы

Ф.И.О.

Печать

".....".....201...г.