

Федеральное агентство связи

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования
«Сибирский Государственный Университет Телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

В.В. Бутенков

Проект строительства и технической эксплуатации ВОЛП

Методические указания к курсовому проекту

Новосибирск

2020

УДК 621.315.235

Утверждено редакционно-издательским советом СибГУТИ

Рецензент *канд. техн. наук, доцент В.Г. Фокин*

Бутенков В.В. Проект строительства и технической эксплуатации ВОЛП: Методические указания / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики; каф. Линии связи. – Новосибирск, 2020. – 17 с.

В методических указаниях даны рекомендации по выполнению курсового проекта для студентов дневной и заочной форм обучения.

Для направления **11.04.02** «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

© Бутенков В.В., 2020

© Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020

Курсовой проект предназначен для закрепления знаний по основным разделам курса, а также для контроля усвоения материала и программы курса.

Исходные данные для выполнения курсового проекта приведены в таблицах. Выбор варианта осуществляется по последней цифре номера пароля.

Выполненный курсовой проект представить для рецензирования до начала лабораторно-экзаменационной сессии.

Не зачтенный курсовой проект исправить согласно рецензии и повторно представить на рецензию.

Варианты для выполнения курсового проекта

Табл. 1. Исходные данные – трасса ВОЛП

№вар	Трасса ВОЛП
1	Новосибирск - Омск
2	Новосибирск - Томск
3	Новосибирск - Кемерово
4	Новосибирск - Барнаул
5	Новосибирск - Красноярск
6	Новосибирск - Абакан
7	Новосибирск - Красноярск
8	Новосибирск – Горно-Алтайск
9	Новосибирск - Бийск
0	Новосибирск – Камень-на-Оби

Табл. 2. Исходные данные – оптический кабель

Заданный параметр	Вариант (последняя цифра номера пароля)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Завод-изготовитель	«Москабель-Фуджикура»	«Оптен-Кабель»	«СОКК»	«Саранскабель-Оптика»	«ОКС 01»	«Трансвокс»	«Интегра-Кабель»	«Еврокабель-1»	«АлтайОптикаКабель»	«Эликс-Кабель»

ВНИМАНИЕ! При выполнении расчетов необходимо следить за размерностью величин.

Содержание курсового проекта

Введение

- 1 Выбор трассы ВОЛП
- 2 Выбор системы передачи
- 3 Конструкции и основные характеристики ОКС
 - 3.1 ОКС для прокладки в грунт
 - 3.2 ОКС для прокладки в кабельной канализации
 - 3.3 ОКС для подвески
- 4 Схема организации связи
- 5 Прокладка и монтаж ОКС
 - 5.1 Прокладка ОКС в грунт
 - 5.2 Прокладка ОКС в кабельной канализации
 - 5.3 Подвеска ОКС
 - 5.4 Прокладка ОКС на переходах через дороги и подземные коммуникации
 - 5.5 Прокладка ОКС через водные преграды
 - 5.6 Монтаж оптических муфт и кроссов
- 6 Техническая эксплуатация ВОЛП
 - 6.1 Организация технической эксплуатации ВОЛП
 - 6.2 Техническое обслуживание ВОЛП
 - 6.3 Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП
 - 6.4 Технический надзор за строительством и ремонтом ВОЛП
 - 6.5 Измерения на ВОЛП

Заключение

Список литературы

Введение

Рассмотреть достоинства и недостатки волоконно-оптических систем передачи (ВОСП), оптических кабелей связи (ОКС) и волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП).

1 Выбор трассы ВОЛП

Выбор трассы ВОЛП определяется, прежде всего, географическим расположением заданных пунктов, между которыми должна быть организована связь. При этом должны быть выполнены основные требования, предъявляемые к строительству ВОЛП, чтобы затраты на сооружение и эксплуатацию ВОЛП были минимальными.

Трасса ВОЛП должна иметь минимальную длину и проходить, как правило, вдоль автомобильных и железных дорог. Это условие необходимо для обеспечения транспортировки материалов при строительстве и передвижения обслуживающего персонала при эксплуатации ВОЛП.

Необходимо сравнить не менее двух вариантов прохождения трассы ВОЛП. При сравнении вариантов трасс учитываются следующие факторы: протяженность трассы, требуемое количество каналов или потоков между различными пунктами, энерговооруженность промежуточных пунктов, количество естественных и искусственных преград (рек, болот, пересечений автомобильных и железных дорог).

Привести описание выбранной трассы ВОЛП.

2 Выбор системы передачи

В соответствии с выбранной трассой осуществляется выбор волоконно-оптической системы передачи. При этом необходимо знать назначение проектируемой ВОЛП, требуемую дальность связи и количество потоков между оконечными и промежуточными пунктами.

На проектируемой ВОЛП необходимо выбрать систему передачи уровня STM-16. Оборудование ВОСП выпускают зарубежные и российские фирмы. Основным элементом оборудования ВОСП являются синхронные мультиплексоры, которые могут использоваться для работы в качестве:

- оконечного (терминального) мультиплексора;

- промежуточного мультиплексора ввода-вывода;
- регенератора;
- концентратора;
- кросс-коммутатора.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы выбрать, рассмотреть и описать оборудование ВОСП, привести основные технические характеристики.

3 Конструкции и основные характеристики ОКС

Оптические кабели связи могут прокладываться: в грунт (бестраншейно и траншейно) – вне населенных пунктов, в каналах кабельной канализации – в городах и районных центрах, по опорам различного назначения – при невозможности прокладки в грунт.

На сайте завода–изготовителя оптического кабеля связи необходимо выбрать кабели для подземной прокладки в грунт, в кабельной канализации и самонесущие для подвески на опорах и по крышам зданий.

Изобразить эскизы поперечных сечений выбранных кабелей с указанием марки и конструктивных элементов.

Марка кабеля это конкретные буквы и цифры.

Привести основные передаточные и механические характеристики выбранных оптических кабелей связи.

Передаточные и механические характеристики оптических кабелей связи – это конкретные: километрические затухание и дисперсия, длина волны, количество оптических волокон, диаметр кабеля, погонный вес кабеля, строительная длина кабеля, минимальный радиус изгиба, допустимое растягивающее усилие, допустимое раздавливающее усилие.

Конструкции и основные характеристики выбранных ОКС привести в 3.1, 3.2 и 3.3.

3.1 ОКС для прокладки в грунт

3.2 ОКС для прокладки кабельной канализации

3.3 ОКС для подвески

4 Схема организации связи

В соответствии с выбранной трассой ВОЛП и оборудованием ВОСП осуществляется построение схемы организации связи. Схема организации связи разрабатывается на основе заданного числа потоков и их распределения по ВОЛП.

Для размещения промежуточных регенерационных пунктов необходимо определить длину участка регенерации.

Расчет длины участка регенерации выполняется по методике приведенной в РД 45.047-99.

При проектировании ВОЛП должны рассчитываться отдельно длина участка регенерации по затуханию (L_α) и по широкополосности (L_B), так как причины ограничивающие предельные значения L_α и L_B независимы.

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

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

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

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

$$L_{\alpha \max} < \frac{A_{\max} - M - n \cdot a_{pc}}{\alpha_{OK} + \alpha_{НС} / l_{CD}}, \text{ км}$$

$$L_{\alpha \min} > \frac{A_{\min}}{\alpha_{OK} + \alpha_{НС} / l_{CD}}, \text{ км}$$

$$L_B > \frac{4,4 \cdot 10^5}{\Delta\lambda \cdot \tau \cdot B}, \text{ км}$$

где $-A_{\max}$, A_{\min} (дБ) – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания выбранной аппаратуры ВОСП, обеспечивающее к концу срока службы значение коэффициента ошибок не более 1×10^{-10} ;

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

– $\alpha_{НС}$ (дБ) – среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного соединения на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации, как правило, $\alpha_{НС} = 0.05$ дБ;

– $l_{\text{сд}}$ (км) – среднее значение строительной длины кабеля на участке регенерации. Если на сайте не указано, то $l_{\text{сд}} = 6$ км;

– $\alpha_{\text{рс}}$ (дБ) – затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя, как правило, $\alpha_{\text{рс}} = 0.3$ дБ;

- n – число разъемных оптических соединителей на участке регенерации, как правило, $n = 4$;

- τ (пс/км×нм) – суммарная дисперсия одномодового оптического волокна в выбранном ОКС;

- $\Delta\lambda$ (нм) – ширина спектра источника излучения для выбранной ВОСП;

- B (МГц) – широкополосность цифровых сигналов, передаваемых по оптическому тракту для выбранной ВОСП (Мбит/с);

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

Если по результатам расчетов получено: $L_{\text{в}} < L_{\alpha \text{ max}}$, то для проектирования должны быть выбраны аппаратура или кабель с другими техническими данными ($\Delta\lambda$, τ), обеспечивающие больший запас по широкополосности на участке регенерации.

Расчет должен быть произведен снова.

Критерием окончательного выбора аппаратуры или кабеля должно быть выполнение соотношения:

$$L_{\text{в}} > L_{\alpha \text{ max}}$$

с учетом требуемой пропускной способности ВОЛП (B) на перспективу развития.

Максимальное значение перекрываемого затухания (A_{max}) определяется как разность между уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем чувствительности приемника для ВОЛП на базе ЦСП ПЦИ

$$A_{\text{max}} = p_{\text{пер.max}} - p_{\text{пр.min}}, \text{ дБ}$$

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

$p_{\text{пр.min}}$ – гарантированная чувствительность приемника.

Минимальное значение перекрываемого затухания (A_{min}) определяется как разность между уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем перегрузки приемника для ВОЛП на базе ЦСП ПЦИ

$$A_{min} = p_{пер.мах} - p_{перегр.мин}, \text{ дБ}$$

где $-p_{пер.мах}$ – максимальная мощность оптического излучения передатчика;

$-p_{перегр.мин}$ – уровень перегрузки приемника.

$A_{мах}$ и $A_{мин}$ для ВОЛП на базе ЦСП СЦИ должны определяться в соответствии с ОСТ 45.104.

Уровни чувствительности и перегрузки приемника определяются соответственно как минимальное и максимальное значения уровня мощности, оптического излучения на входе приемника, при которых обеспечивается коэффициент ошибок не более 1×10^{-10} к концу срока службы аппаратуры для ВОЛП на базе ПЦИ и СЦИ.

Уровни мощности оптического излучения на передаче, ширина спектра источника излучения ($\Delta\lambda$), затухание оптического излучения разъемного оптического соединителя ($\alpha_{рс}$), уровни чувствительности и перегрузки приемника должны быть приведены в ЭД, ТУ и для ВОЛП СЦИ должны удовлетворять требованиям ОСТ 45.104.

Параметры оптических волокон и кабелей должны быть приведены в технических характеристиках на поставляемый оптический кабель ($\alpha_{ок}$, τ) или определяться условиями и технологией прокладки ($\alpha_{нс}$, $l_{сд}$).

Системный запас (М) учитывает изменение состава оптического кабеля за счет 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 ее 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).

На схеме организации связи должны быть показаны конечные и промежуточные пункты, расстояния между ними, вводимые и выводимые потоки, марки и емкости ОКС.

5 Прокладка и монтаж ОКС

При строительстве ВОЛП, как и при строительстве обычных электрических кабельных линий связи, выполняются такие основные виды работ, как разбивка трассы ВОЛП, определение мест установки НРП на местности в соответствии с проектом, доставка оборудования, кабеля и материалов на трассу, испытание, прокладка, монтаж кабеля и оконечных устройств, проведение приемосдаточных испытаний.

5.1 Прокладка ОКС в грунт

Вне крупных населенных пунктов ОКС прокладывают в грунт вдоль автомобильных и железных дорог бестраншейно и траншейно.

Для бестраншейной прокладки ОКС часто применяются прицепные кабелеукладчики КУ-120 буксируемые сцепом тягачей – гусеничных тракторов Т-130.

Для траншейной прокладки ОКС часто применяются цепные траншейные экскаваторы ЭТЦ-165, кабельные транспортеры ККТ-4, тракторы Т-130, оснащенные навесным оборудованием бульдозера.

Указать участки трассы ВОЛП, на которых предусмотрена прокладка ОКС в грунт (бестраншейная и траншейная), дать характеристику этих участков.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать способы и технологии прокладки ОКС в грунт на конкретных участках трассы ВОЛП, указать применяемые машины и механизмы.

5.2 Прокладка ОКС в кабельной канализации

В крупных населенных пунктах (города и районные центры) ОКС прокладываются в каналах кабельной канализации.

Возможна прокладка ОКС в свободном и занятом (совместно с другими ОКС) каналах.

Перед прокладкой ОКС необходима заготовка каналов при помощи УЗК и стальной проволоки. Прокладка осуществляется либо вручную, либо с применением лебедки.

Указать населенные пункты на трассе ВОЛП, в которых предусмотрена прокладка ОКС в кабельной канализации, дать характеристику населенных пунктов.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать технологию прокладки ОКС в каналах кабельной канализации в конкретных населенных пунктах трассы ВОЛП, указать применяемые машины и механизмы.

5.3 Подвеска ОКС

При невозможности прокладки ОКС в грунт и в кабельной канализации допускается подвеска ОКС на опорах различного назначения (по согласованию с владельцами опор).

Возможны тросовая и бестросовая подвески, чаще применяется бестросовая подвеска самонесущих ОКС.

Перед подвеской ОКС на опорах устанавливаются монтажные ролики и лидер-трос. Для натяжной подвески ОКС применяются лебедки. После регулировки силы натяжения ОКС по стреле провеса, ОКС закрепляются на опорах при помощи специальной арматуры.

Указать участки трассы ВОЛП, на которых предусмотрена подвеска ОКС на опорах, дать характеристику этих участков.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать технологию бестросовой подвески самонесущих ОКС на конкретных участках трассы ВОЛП, указать применяемые машины и механизмы.

5.4 Прокладка ОКС на переходах через дороги и подземные коммуникации

При пересечении трассой ВОЛП автомобильных и железных дорог, а также подземных коммуникаций устраиваются скрытые переходы. Скрытые переходы выполняются методами: прокола, продавливания и горизонтального направленного бурения. Выбор метода зависит от характеристик препятствия (длина, ширина, глубина) и грунта (категория, однородность).

Указать участки трассы ВОЛП, на которых предусмотрена прокладка ОКС через дороги и подземные коммуникации, дать характеристику этих участков.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы выбрать метод пересечения препятствий, рассмотреть и описать технологию выполнения скрытых переходов на конкретных участках трассы ВОЛП, указать применяемые машины и механизмы.

5.5 Прокладка ОКС через водные преграды

При пересечении трассой ВОЛП водных преград (рек), ОКС могут прокладываться по дну и в дно реки. Прокладка может выполняться либо кабелеукладчиком, либо на выброшенных тросах, либо с плавсредств, либо методом горизонтального направленного бурения. Выбор метода зависит от характеристик препятствия: малое, среднее, большое.

Указать участки трассы ВОЛП, на которых предусмотрена прокладка ОКС через водные преграды, дать характеристику рек и этих участков.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы выбрать метод пересечения водных преград, рассмотреть и описать технологию выполнения пересечений рек на конкретных участках трассы ВОЛП, указать применяемые машины и механизмы.

5.6 Монтаж оптических муфт и кроссов

На окончных и промежуточных пунктах трассы ВОЛП монтируются оптические кроссы, а на трассе ВОЛП – оптические муфты.

Выбрать и указать марки оптических муфт и кроссов.

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать технологии и операции при монтаже конкретных оптических муфт и кроссов. Учесть, что емкость муфт и кроссов должна соответствовать емкости (количеству оптических волокон) выбранных кабелей.

6 Техническая эксплуатация ВОЛП

Техническая эксплуатация ВОЛП – комплекс мероприятий по обеспечению надежной и высококачественной работы линейных сооружений и обслуживаемых связей в процессе эксплуатации.

6.1 Организация технической эксплуатации ВОЛП

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать принципы, задачи и методы организации технической эксплуатации ВОЛП.

6.2 Техническое обслуживание ВОЛП

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать комплекс профилактических мероприятий, имеющих целью поддержание в исправности линейно-кабельных сооружений в процессе эксплуатации для обеспечения необходимой степени надежности линейно-кабельных сооружений ВОЛП.

6.3 Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать аварийно-восстановительные работы, проводимые с целью оперативного восстановления работоспособности поврежденной ВОЛП.

6.4 Технический надзор за строительством и ремонтом ВОЛП

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать комплекс мероприятий контроля за качеством, технологической последовательностью и точным соответствием выполнения строительно-монтажных и ремонтных работ проектным решениям, руководствам, строительным нормам и правилам.

6.5 Измерения на ВОЛП

Используя рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы рассмотреть и описать приемосдаточные измерения и измерения в процессе эксплуатации ВОЛП. Привести особенности измерений на ВОЛП. Описать измерение затухания ОВ методом вносимого затухания конкретным оптическим тестером. Описать измерение затухания ОВ методом обратного рассеяния конкретным оптическим рефлектометром.

Заключение

Привести конкретные итоги выполненной работы. Записать выводы по каждому разделу.

Список литературы

Список основной литературы

1. Горлов Н.И., Первушина Л.В. Организация строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий передачи [Электронный ресурс]: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1. Проектирование волоконно-оптических линий передачи / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. – Новосибирск: СибГУТИ, 2017. – 406 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74671.html>.
2. Горлов Н.И., Бутенков В.В., Первушина Л.В., Виркунин А.О., Полежаев А.В. Организация строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий передачи [Электронный ресурс]: учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий передачи / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. – Новосибирск: СибГУТИ, 2017. – 434 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74672.html>.
3. Правила технической эксплуатации эксплуатации первичных сетей Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации, книга третья – Правила технической эксплуатации линейно-кабельных сооружений междугородных линий передачи. – М.: Госкомсвязи России, 1998.

Список дополнительной литературы

1. РД 45.047-99. Линии передачи волоконно-оптические на магистральной и внутризоновых первичных сетях ВСС России. Техническая эксплуатация.
2. РД 45.156-2000. Состав исполнительной документации на законченные строительством линейные сооружения магистральных и внутризоновых ВОЛП.
3. РД 45.190-2001. Участок кабельный элементарный волоконно-оптической линии передачи. Типовая программа приемочных испытаний.
4. РД 45.211-2001. Инструкции по проведению аварийно-восстановительных работ на кабелях междугородных линий передачи.

Привести все используемые литературные источники, выполнить ссылки по тексту курсового проекта.

Контрольные вопросы

1. Конструкции и характеристики ОКС
2. Технология траншейной прокладки ОКС в грунт
3. Машины и механизмы для траншейной прокладки ОКС
4. Технология бестраншейной прокладки ОКС в грунт
5. Машины и механизмы для бестраншейной прокладки ОКС
6. Виды и назначение кабельной канализации
7. Технология прокладки ОКС в кабельной канализации
8. Технология бестросовой подвески ОКС
9. Технология тросовой подвески ОКС
10. Операции при монтаже ОКС. Инструменты для монтажа ОКС
11. Задачи и методы организации технической эксплуатации ВОЛП
12. Техническое обслуживание ВОЛП
13. Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП
14. Технический надзор за строительством и ремонтом ВОЛП
15. Измерения на ВОЛП. Методы и приборы для измерения затухания ОВ

Методические указания

БУТЕНКОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ

Проект строительства и технической эксплуатации ВОЛП

Редактор *Л.В. Первушина*

Корректор

Подписано в печать

Формат бумаги 62x84/16, отпечатано на ризографе, шрифт №10,
п. л. - 1, заказ № , тираж - 50.

Редакционно-издательский отдел СибГУТИ
630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, 86, офис 107, тел. (383) 269-82-36