**МГУПС**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ»**

**ТЕМА РАБОТЫ:**

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ВНУТРИЗОНОВОЙ СВЯЗИ**

Проверил: Выполнил:

преподаватель студент 5 курса

Иванов В.П. Варабин Д.Е.

Шифр: 0461−цАТС−1096

г. Нижний Новгород

2009

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
2. ВВЕДЕНИЕ
3. ТРАССА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ
4. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЧИСЛА КАНАЛОВ
5. ВЫБОР ТИПА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ
6. РАСЧЕТ ДЛИНЫ УЧАСТКОВ РЕГЕНЕРАЦИИ
7. СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ
8. РАСЧЕТ ПЕРВИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОВ
9. РАСЧЕТ ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОВ
10. РАСЧЕТ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ВОСП
11. РАСЧЕТ ПОРОГА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРОМ
12. РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ОВ
13. РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
14. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЦЕПЯМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
15. РАСЧЕТ ТОКОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ
16. РАЧЕТ НАДЁЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Таблица 1 содержит данные о расстояниях Xij между населенными пунктами Ai и Aj, где i=1,2,…,6, i≠j.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | X12,  км. | X23,  км. | X34,  км. | X45,  км. | X56,  км. | X61,  км. |
| 6 | 25 | 36 | 31 | 29 | 31 | 30 |

Таблица 2 содержит данные о численности населения H0(Ai), человек, в населенных пунктах Ai в 2009 г., где i=1,2,…,6.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | H0(A1), чел. | H0(A2), чел. | H0(A3), чел. | H0(A4), чел. | H0(A5), чел. | H0(A6), чел. |
| 6 | 35000 | 25000 | 20000 | 27500 | 26000 | 55000 |

**2. ВВЕДЕНИЕ**

Разработка световодных систем и их опытная эксплуатация на железнодорожном транспорте началась в начале 80-х годов. В этих системах связи сигналы, несущие информацию, передают по оптическим световодам, которые представляют собой тонкие нити специальной конструкции, изготовленные из диэлектрического материала, прозрачного для применяемого излучения. Волоконные световоды из особо чистого кварцевого стекла называются оптическими волокнами и составляют основу оптических кабелей.

В качестве направляющей среды передачи данных между населенными пунктами используется кабельная ВОЛС. В настоящее время кабельным линиям, как правило, отдаётся предпочтение из-за повышенной живучести и удовлетворительной скрытности связи.

Потребности существенного увеличения объемов, надежности и экономичности передачи цифровой информации предопределили дальнейшие поиски в области разработки ЦСП. Семейство оборудования, разработанное на принципах синхронной цифровой иерархии (SDH), явилось качественно новым этапом развития техники систем передачи. Концепция SDH позволяет оптимально сочетать процессы высококачественной передачи больших объемов цифровой информации с процессами автоматизированного управления, контроля и обслуживания сети в рамках единой системы.

Для переноса информации в SDH используются синхронные транспортные модули (Synchronous Transport Module, STM), которые представляют собой циклическую структуру с периодом повторения 125 мкс. Основной модуль STM–1, модули высших уровней STM–4 и STM–16.

Синхронная цифровая иерархия содержит три уровня, скорости, передачи которых относятся как 1:4:16. Номера уровней совпадают с этими числами: первый уровень (STM–1) имеет скорость передачи 155520 Кбит/с (155 Мбит/с), четвертый уровень (STM–4) – 622080 Кбит/с (620 Мбит/с), а 16–й уровень имеет скорость передачи данных – 2488320 Кбит/с (2,5 Гбит/с).

Если разделить скорость передачи соответствующего модуля на скорость передачи для одного канала (64 Кбит/с), можно, с учетом служебных каналов, определить количество телефонных каналов.

Однако, например, сигнал видеоконференции ёмкостью 384 Кбит/с не может быть передан по каналу 64 Кбит/с.

Поэтому в соответствии с европейским стандартом при рассмотрении ЦСП используют не телефонный канал, а стандартные цифровые каналы, условно обозначаемые Е1 – Е5:

Е1 – первичный цифровой канал (ПЦК) 2048 Кбит/с (2 Мбит/с), соответствующий первому уровню в европейской иерархии PDH;

Е2 – вторичный цифровой канал (ВЦК) 8448 Кбит/с, соответствующий второму уровню в европейской иерархии PDH;

Е3 – третичный цифровой канал (ТЦК) 34,368 Мбит/с, соответствующий третьему уровню в европейской иерархии PDH;

Е4 – четвертичный цифровой канал (ЧЦК) 139,264 Мбит/с, соответствующий четвертому уровню в европейской иерархии PDH;

Е5 – пятеричный цифровой канал (ПЦК) 564,992 Мбит/с, соответствующий пятому (не стандартизованному) уровню в европейской иерархии PDH.

Если разделить скорость передачи мультиплексора STM–1 (155 Мбит/с) на скорость передачи для канала Е1 (2 Мбит/с) можно определить максимальное количество каналов Е1 (максимальную нагрузку) для данного мультиплексора.

Однако, кроме информационной нагрузки, STM несут значительный объем избыточных сигналов, обеспечивающих функции контроля, управления и обслуживания, а также вспомогательной функции.

Поэтому, например, модуль STM–1 позволяет организовать не 77 (155 Мбит/с : 2 Мбит/с = 77,5), а 63 канала Е1.

Основными элементами приемопередающих модулей являются источник излучения с длиной волны, соответствующей одному из минимумов полных потерь в оптическом волокне, и приемник излучения. Оба модуля содержат электронные схемы для преобразования электрических сигналов и стабилизации режимов работы и разъемные соединители. Линейный тракт содержит ОК, в который через примерно равные промежутки включены линейные регенераторы, а в случае использования волнового уплотнения оптических волокон – оптические усилители.

Дальность непосредственной связи по ВОЛС, так же, как и длина регенерационного участка, зависит от параметров оптических волокон и энергетических характеристик приемопередающих устройств.

**3. ТРАССА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ**

На рисунке 1 представлен схематический план трассы ВОЛП с указанием:

– расстояния по трассе между населенными пунктами;

– численности населения в каждом населенном пункте;

– численности абонентов АТС в каждом населенном пункте;

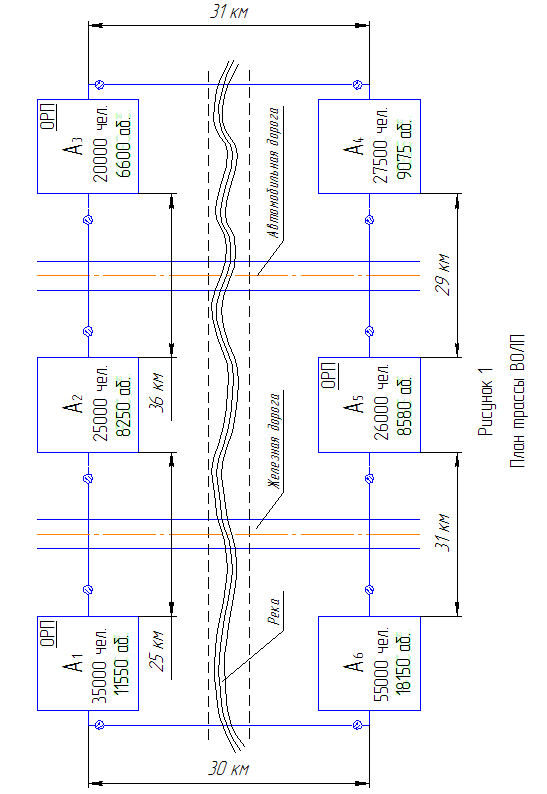
– мест расположения ОРП.

Трасса кабельной магистрали в прямом и обратном направлениях пересекает железнодорожные пути, автомобильную дорогу и реку.

Оптические кабели могут прокладываться в трубах, коллекторах кабельной канализации, грунтах всех категорий, на мостах через болота и водные преграды. При выполнении определенных условий и соблюдении соответствующих норм допускается прокладка оптических кабелей вдоль и под железнодорожными путями (автомобильными дорогами).

От правильного выбора трассы зависит стоимость сооружения кабельной линии, её долговечность, а также надёжность и бесперебойность действия. Трасса выбирается с таким расчетом, чтобы число переходов кабеля через железную дорогу было минимальным, а необходимые переходы устраивались в местах с наименьшим количеством путей.

При переходе кабеля через реку учитываются особенности этой реки и, как правило, кабель прокладывается по мосту в специально отведенных для этой цели желобах.



**4. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЧИСЛА КАНАЛОВ**

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

Количество населения в заданных пунктах и их подчиненных окрестностях, чел., с учётом среднего прироста определяется по формуле (1).

(1)



где – число жителей во время проведения переписи населения, чел., задано в таблице 1;



– средний годовой прирост населения в данной местности, принимаем равным 2%;



t – период, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения переписи населения, год, принимаем t = 5 лет.

Рассчитаем численность населения во всех заданных населенных пунктах.

Численность населения в пункте A1.

чел.



Численность населения в пункте A2.

чел.



Численность населения в пункте A3.

чел.



Численность населения в пункте A4.

чел.



Численность населения в пункте A5.

чел.



Численность населения в пункте A6.

чел.



В перспективе количество абонентов, обслуживаемых той или иной оконечной АМТС, определяется в зависимости от численности населения, приживающего в зоне обслуживания. Принимая средний коэффициент оснащенности населения телефонными аппаратами равным 0,3, количество абонентов в зоне АМТС определим по формуле (2).

(2)



абонентов.



абонентов.



абонентов.



абонентов.



абонентов.



абонентов.



Далее рассчитаем число телефонных каналов между заданными пунктами по формуле (3).

, (3)



где и – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям, обычно потери задаются равными 5%, тогда ; ;



*KT* – коэффициент тяготения, показывающий взаимосвязь между заданными оконечными и промежуточными населенными пунктами, в проекте принимаем *KT* =5%, то есть *KT*=0,05;

– удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, в проекте принимаем Эрл;



и – количество абонентов, обслуживаемых оконечными АМТС соответственно в пунктах А и Б.



Подставим численные значения.

канала.



каналов.



канала.



канала.



каналов.



каналов.



каналов.



каналов.



каналов.



каналов.



каналов.



канала.



каналов.



каналов.



каналов.



Из рассчитанных значений числа каналов составим матрицу исходящих и входящих каналов в виде таблицы 3.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Населенные пункты | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 |  | 22 | 20 | 23 | 22 | 29 |
| 2 |  |  | 18 | 20 | 20 | 25 |
| 3 |  |  |  | 19 | 18 | 22 |
| 4 |  |  |  |  | 20 | 26 |
| 5 |  |  |  |  |  | 25 |
| 6 |  |  |  |  |  |  |

Далее определим необходимое число межстанционных потоков Е1.

Е1 – первичный цифровой канал (ПЦК), скорость передачи данных составляет 2048 Кбит/с (2 Мбит/с), соответствующий первому уровню в европейской иерархии PDH.

Если разделить скорость передачи данных ПЦК 2048 Кбит/с на скорость передачи данных для одного канала (64 Кбит/с – основной цифровой канал (ОЦК)), то получится 32 канальных интервала, 30 из которых предназначены для организации цифровых каналов, а оставшиеся 2 – для передачи служебной информации и синхронизации, таким образом один поток Е1 содержит 30 цифровых каналов для передачи информации.

канала, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



канала, соответственно, необходим 1 поток Е1.



канала, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



канала, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



каналов, соответственно, необходим 1 поток Е1.



Итого 15 потоков Е1.

Тогда общее число потоков Е1 составит:

(4)



потоков Е1.



Для реализации рассчитанного числа потоков (каналов) выберем аппаратуру SDH STM-1.

Мультиплексор STM-1 предназначен для организации цифрового потока со скоростью передачи 155 Мбит/с, работающий по одномодовому ОК с длиной волны 1,3 мкм. Для кольцевых структур построения сети используется мультиплексор с функцией вставки/выделения, предназначенный для обеспечения простого доступа к трибутарным потокам PDH и SDH.

Основные технические характеристики синхронного мультиплексора STM-1 фирмы «SIEMENS» приведены в таблице 4.

**Основные технические характеристики STM-1 фирмы «SIEMENS»**

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель | Единица измерения | Мультиплексор STM-1 |
| 1. Номинальная скорость | Мбит/с | 155,520 |
| 2. Напряжение электропитания | В | 40,5 – 75 |
| 3. Потребляемая мощность | Вт | 70 – 160 |
| 4. Скорость входящих потоков: основной вариант на сопротивление 75 Ом, 120 Ом | Мбит/с | 2,048 |
| 5. Номинальная амплитуда импульса: симметричные соединители | В | 3±10% |
| коаксиальные соединители | В | 2,37±10% |
| 6. Ослабление | дБ | 6 при 1024 Гц |
| 7. Количество интерфейсов на модуль | количество | 21 |
| 8. Общее число потоков | количество | 63 |
| 9. Линейный код | – | HDB 3 |
| 10. Номинальная длительность импульса | нс | 244 |
| 11. Частота синхронизации | кГц | 2048 |
| 12. Точность установки частоты синхронизации, не хуже | ед. |  |
| 13. Диапазон длин волн | нм | 1285 – 1330 |
| 14. Энергетический потенциал на длине волны 1300 нм | дБ | 36 |
| 15. Тип волокна оптического кабеля | – | одномодовый |
| 16. Переключение на резервный модуль | с | 10 |
| 17. Переключение на резервную линию | мс | 25 |

**5. ВЫБОР ТИПА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ**

Ведущая роль в совершенствовании линий связи принадлежит ВОК, которые по сравнению с обычными металлическими кабелями обладают рядом преимуществ:

1. Высокая помехозащищенность цифровых линейных трактов от внешних электромагнитных полей, вследствие чего не требуется применять специальные меры по защите от опасных напряжений линий электропередачи и электрифицированных железных дорог.
2. Большая широкополосность и пропускная способность волокна. ВОК работают в диапазоне частот 1014-1015 Гц. В световом диапазоне увеличивается несущая частота в 6-10 раз. Отсюда теоретически увеличивается объем передаваемой информации. Работают оптические линии со скоростью передачи до 10 Гбит/с (опытные образцы до 100 Гбит/с).
3. Малое значение коэффициента затухания в широкой полосе частот, что обеспечивает большие длины регенерационных участков по сравнению с электрическими кабелями (10 – 150 км вместо 2 – 6 км).
4. Малая металлоемкость и отсутствие дефицитных цветных металлов (медь, свинец) в кабеле.
5. Высокая скрытность передачи информации.
6. Небольшие размеры кабеля (масса оптических кабелей в 10 – 20 раз меньше, чем электрических).
7. Высокая техника безопасности (невоспламеняемость, отсутствие короткого замыкания).
8. Возможность прокладки кабеля между точками с большой разностью потенциалов.

Оптический кабель может быть использован при обычном построении Зоновой телефонной сети, но более полно его преимущества используются при организации связи по кольцевой схеме.

От правильности выбора оптического кабеля зависят капитальные затраты и эксплуатационные расходы на проектируемую ВОЛС. На выбор влияют, с одной стороны параметры ВОЛС (широкополостность или скорость передачи информации, длина волны оптического излучения, энергетический потенциал, допустимая дисперсия, искажения), с другой стороны, оптический кабель должен удовлетворять и техническим требованиям:

– возможность прокладки в тех же условиях, в каких прокладываются электрические кабели;

– максимальное использование существующей техники;

– устойчивость к внешним воздействиям.

Для внутризоновых сетей представляют интерес оптические кабели с длинами волны 1300 и 1550 нм, позволяющие реализовывать регенерационные участки (РУ) длинной 60 – 100 км. Промышленностью выпускаются кабели следующих марок: ОКЛ, ОКЗ, ОЗКГ, ОМЗКГ.

Исходя из технических характеристик STM-1, приведенных в табл. 4, в проекте предусматривается использование оптического кабеля марки ОКЛК-01.

Дадим краткую характеристику данного кабеля.

Кабель оптический одномодовый для магистральных и зоновых сетей на длину волны λ=1300 нм, километрический коэффициент затухания 0,22 дБ/км, среднеквадратическое значение дисперсии оптического волокна 3,5 пс/нм·км.

Кабель предназначен для прокладки в трубах, коллекторах кабельной канализации, грунтах всех категорий, на мостах через болота и водные переходы.

Допускаемая температура эксплуатации от -40 до +500С.

Строительная длина оптического кабеля составляет 2000 м. Допустимое раздавливающее усилие для данного кабеля равно 1000 Н/см, допустимое растягивающее усилие от 7000 до 80000 Н.

**6. РАСЧЕТ ДЛИНЫ УЧАСТКОВ РЕГЕНЕРАЦИИ**

Длина регенерационного участка (РУ) цифровой волоконно-оптической системы передачи (ЦВОСП) зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются:

1. Энергетический потенциал (Э) определяет максимально-допустимое затухание оптического сигнала в оптическом волокне (ОВ), разъемных и неразъемных соединителях на РУ, а также в других узлах ЦВОСП, дБ, равный:

, дБ, (5)



где – абсолютный уровень мощности оптического сигнала (излучения), дБм;



– абсолютный уровень мощности оптического сигнала на входе приёмного устройства, при котором коэффициент ошибок или вероятность ошибки *Рош* одиночного регенератора не превышает заданного значения, дБм.



2. Дисперсия в OB, σ, пс/нм·км. Дисперсионные явления в ОВ приводят к расширению во времени спектральных и модовых составляющих сигнала, то есть к различному времени их распространения, что приводит к изменению формы и длительности оптических импульсных сигналов, к их уширению.

3. Помехи, обусловленные тепловыми шумами резисторов, транзисторов, полупроводниковых диодов, усилителей, шумами источников оптического излучения, шумами из-за отражения оптического излучения от торцевой поверхности ОВ, модовыми шумами из-за интерферентности мод, распространяющихся в ОВ; этот вид помех интегрально учитывается как собственные шумы.

4. Квантовый или фантомный шум, носителем которого является сам оптический сигнал (в силу его малости по сравнению с другими составляющими шумов оптического линейного тракта, в проекте его не учитываем и влияние учитывается как влияние дестабилизирующих факторов).

5. Коэффициент затухания ОВ α1, дБ/км.

6. Минимально детектируемая мощность (МДМ) Wмдм, соответствующая минимальному порогу чувствительности приемного устройства – фотоприемника ЦВОСП с заданной вероятностью ошибки.

Для определения длины РУ составляется схема (рис. 2). Как следует из рис. 2, затухание РУ, дБ, равно:

, (6)



где – затухание, вносимое разъёмным оптическим соединителем, принимаем равным 0,5 дБ;



– число неразъёмных оптических соединителей;



– затухание, вносимое неразъёмным оптическим соединителем, принимаем равным 0,1 дБ;



– коэффициент затухания ОВ, принимаем равным 0,3 дБ/км;



– длина регенерационного участка, км;



– допуски на температурные изменения параметров ЦВОСП, в том числе и ОК, для типовых ВОСП равные 0,5 – 1,5 дБ, в проекте принимаем равным 1 дБ;



– допуски на ухудшение параметров элементов ЦВОСП со временем (старение, деградация), дБ (зависит от типов источника и приёмника оптического излучения и их комбинаций), в проекте принимаем равным 5 дБ.



Рис. 2

Расчетная схема РУ ЦВОСП

ОС-Р – оптический соединитель разъёмный (их число на РУ равно 2);

НРП – необслуживаемый регенерационный пункт;

ПРОМ – приемопередающий оптический модуль, преобразующий оптический сигнал в электрический, восстанавливающий параметры последнего и преобразующие его вновь в оптический сигнал;

ОС-Н – оптический соединитель неразъёмный, число которых на единицу больше числа строительных длин ОК, составляющих РУ.

Для линейного оборудования SDH всегда известным является уровень передачи, то есть *Рпер* = +2... –4 дБ.

Длину регенерационного участка найдем по формуле:

, км. (7)



Энергетический потенциал Э принимаем из технических данных аппаратуры STM-1 фирмы «SIEMENS», равный 36 дБ (таб. 4).

Все величины в формуле (7) известны, кроме – числа неразъёмных оптических соединителей. Число на единицу больше числа строительных длин.



Определим длину РУ , км, считая, что затухание вносимое неразъёмными оптическими соединителями равно нулю (то есть без учета оптических потерь). При таком допущении длина РУ определится из выражения:



. (8)



Подставим численные значения

км.



Теперь зная , определим число строительных длин ОК, составляющих РУ по формуле:



, (9)



где – округление в сторону большего числа.



Подставим численные значения

.



Число неразъёмных оптических соединителей вычисляем по формуле:

. (10)



Подставим численные значения

.



Затухание, вносимое этими соединителями, равно . Следовательно, длина РУ должна быть уменьшена на величину



. (11)



Подставим численные значения

км.



Тогда длина РУ с учетом оптических потерь составит:

. (12)



Подставим численные значения

км.



По формуле (7) выполним проверку:

км.



Следовательно, расчет длины РУ с учетом оптических потерь выполнен верно.

Далее по формуле (6) определим затухание РУ.

дБ.



**7. СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ**

На рисунке 3 представлена схема организации связи между заданными районными центрами.

Для обеспечения связи между заданными населенными пунктами организуется тридцать двухмегабитных потоков. Остальные потоки – резервные, используются на транзит, развитие, для аренды, а также для организации связи с областным кольцом.



Рис. 3

Схема организации связи

**8. РАСЧЕТ ПЕРВИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОВ**

Одномодовое оптическое волокно (ООВ) является направляющей системой для распространения электромагнитных волн. Для их распространения по световоду используется явление полного внутреннего отражения на границе двух диэлектрических сред с коэффициентами преломления n1 и n2. Где – коэффициент преломления для сердечника – среда распространения волны НЕ11, ограниченная оболочкой с коэффициентом преломления , при этом n1 < n2.



Средой распространения и ограничения является особо чистое кварцевое стекло с различной концентрацией легирующих добавок для получения различных показателей преломления и .



Определим относительное значение показателя преломления:

. (13)



Подставим численные значения



По оптоволокну эффективно передаются только лучи, заключенные внутри телесного угла φ, величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения. Параметр световода, который характеризует выполнение данного условия называется числовая апертура (NA):

, (14)



где – апертурный угол – угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса падающего в торец волоконного световода при котором угол падения равен критическому углу;



– коэффициент преломления среды, из которой луч попадает в световод (для воздуха ).



Подставим численные значения

.



.



Для ООВ диаметр сердечника выбирается таким, чтобы обеспечить условия распространения только одной моды НЕ11. В этом случае, из условия одномодовой передачи, нормированная частота:

, (15)



где мкм – диаметр сердцевины ОВ;



мкм – длина волны источника оптического излучения.



Подставим численные значения

.



Одномодовая передача реализуется на гибридной волне НЕ11. Эта волна имеет нулевое значение корня бесселевой функции *Pnm*=0,000, следовательно, она не имеет критической частоты и может распространятся при любой частоте. Все другие волны имеют конечное значение частоты и они не распространяются на частотах ниже критической. Интервал значений *Pnm*, при которых распространяется лишь один тип волны НЕ11 находится в пределах 0< *Pnm*<2,25. Поэтому при выборе диаметра сердцевины ОВ и выборе частоты передачи исходим из этого условия *Pnm*=2,25.

Определим критическую частоту, Гц, при которй распространяется лишь один тип волны НЕ11:

, (16)



где м/с – скорость света.



Подставим численные значения

Гц.



Длину волны, излучаемую источником оптического излучения, определим по формуле:

. (17)



Подставим численные значения

м.



**Вывод:**

Чтобы волоконный световод имел одномодовый режим передачи необходимо:

1. Длина волны источника оптического излучения должна быть соизмерима с диаметром волоконного световода. .



2. Показатели преломления сердечника и оболочки ( и ) должны отличаться незначительно, что характеризует параметр . Для одномодового волокна . Полученная величина удовлетворяет данному интервалу.



3. Для одномодового световода нормированная частота должна быть менее 2,405. Полученная величина менее допустимой 2,405.



Таким образом, имеем одномодовый режим передачи, реализуемый на гибридной волне НЕ11, с длиной передаваемой волны мкм.



**9. РАСЧЕТ ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОВ**

В световоде при передаче импульсных сигналов (отличающихся друг от друга различной мощностью) после прохождения ими некоторого расстояния световые импульсы искажаются и расширяются во времени, то есть время подачи одного импульса увеличивается. Так как импульсы передаются друг за другом с определенной частотой, то в результате наступает такой момент, когда соседние импульсы начинают перекрывать друг друга, и вместо отдельных световых импульсов в световоде будет иметь место сплошной световой поток. Данное явление в теории световодов называют дисперсией.

Расширение импульсов устанавливает предельные скорости передачи информации по световоду при цифровой модуляции и при малых потерях ограничивает длину ретрансляционного участка. Дисперсия ограничивает пропускную способность ВОЛС, которая предопределяет полосу частот , пропускаемую световодом, ширину линейного тракта и соответственно объем информации, который можно передать по ОК.



В одномодовых световодах отсутствует модовая дисперсия и в целом дисперсия оказывается существенно меньше. В данном случае возможно проявление волновой и материальной дисперсии.

Волновая дисперсия обусловлена процессами внутри моды и связана со световодной структурой моды. Она характеризуется зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны.

Материальная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента преломления материала световода от длины волны.

Однако, при длинах волн 1,2...1,6 мкм происходит их взаимная компенсация, то есть .



При взаимодействии всех факторов форма сигнала на приёме не известна. Поэтому в качестве меры дисперсии используется среднеквадратическая дисперсия в оптоволокне, пс/км:

, (18)



где нм – ширина полосы длин волн оптического излучения;



пс/км – номинальное значение среднеквадратической дисперсии для ОК типа ОКЛ.



Подставим численные значения

пс/км.



Дисперсия одномодового ОВ меньше многомодового, что позволяет повышать скорость передачи данных и увеличивать длину регенерационных участков. Модовая дисперсия при одномодовом режиме передачи отсутствует.

**10. РАСЧЕТ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ВОСП**

Выбор типа ОК может быть оценен расчетом быстродействия системы и сравнением его с допустимым значением.

Быстродействие системы определяется инертностью её элементов и дисперсионными свойствами ОК.

Полное допустимое быстродействие системы определяется скоростью передачи В', бит/с, способом модуляции оптического излучения, типом линейного кода и определяется по формуле:

, (19)



где – коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (вид линейного кода), для кода NRZ;



– номинальная скорость передачи данных мультиплексора STM-1фирмы SIEMENS, принимаем из табл. 4.



Подставим численные значения

нс.



В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т линейным кодом транспортных систем SDH является код NRZ.

Общее ожидаемое быстродействие ВОСП, нс, определяется по формуле:

, (20)



где быстродействие передающего оптического модуля (ПОМ), зависящее от скорости передачи информации и типа источника излучения; нс (для скорости 155 Мбит/с);



– быстродействие приемного оптического модуля (ПРОМ), определяемое скоростью передачи информации и типом фотодетектора (ФД), нс;



– уширение импульса на длине РУ, нс.



. (21)



Подставим численные значения

нс.



нс.



В результате выполненных расчетов получили: , следовательно, выбор типа кабеля и длины РУ сделан верно, станционное и линейное оборудование ВОСП будут обеспечивать неискаженную передачу линейного сигнала.



Величина, определяемая по формуле (22) называется запасом по быстродействию.

. (22)



Подставим численные значения

нс.



**11. РАСЧЕТ ПОРОГА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРОМ**

Одной из основных характеристик приёмника оптического излучения является его чувствительность, то есть минимальное значение обнаруживаемой (детектируемой) мощности оптического сигнала, при которой обеспечиваются заданные значения отношения сигнал/шум или вероятность ошибок.

В условиях идеального приема, то есть при отсутствии шума и искажений для обеспечения вероятности ошибок не хуже 10-9 требуется генерация 21 фотона на каждый приемный импульс. Это является фундаментальным пределом, который присущ любому физически реализуемому фотоприемнику и называется квантовым пределом детектирования.

Соответствующая указанному пределу минимальная средняя мощность оптического сигнала, с/бит, длительностью:

, (23)



называется минимально детектируемой мощностью (МДМ).

Минимальная средняя мощность оптического сигнала на входе ПРОМ, при которой обеспечивается заданное отношение сигнал/шум или вероятность ошибок, называется порогом чувствительности.

Подставим численные значения

с/бит.



**12. РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ОВ**

Уровень оптической мощности, поступающей на вход ПРОМ, зависит от энергетического потенциала системы, потерь мощности в ОВ, потерь мощности в разъёмных и неразъёмных соединителях.

Потери мощности в ОВ нормируются и составляют, например, во втором окне прозрачности 0,36 дБ/км, а в третьем окне прозрачности 0,22 дБ/км (данные берутся из паспортных данных ОК).

Потери мощности в неразъёмном оптическом соединителе нормируются и составляют 0,1 дБ.

Потери мощности в разъёмном оптическом соединителе определяются суммой

, (24)



где – потери вследствие радиального смещения на стыке ОВ (рис. 4);



– потери на угловое рассогласование (рис. 4);



– потери на осевое рассогласование (рис. 4);



– неучтенные потери.



Графическое изображение радиального, углового и осевого рассогласований оптических волокон представлены на рисунке 4.



Рис. 4

Потери вследствие радиального смещения в одномодовом ОВ, дБ, рассчитываются по формуле:

, (25)



где – величина максимального радиального смещения двух ОВ, мкм;



– параметр, определяющий диаметр моды ООВ, мкм.



Подставим численные значения:

дБ.



Угловое рассогласование ОВ также приводит к существенным оптическим потерям. В формулы для расчета указанных потерь, кроме угла рассогласования Θ, входят ещё и показатели волокна и воздуха. Из-за того, что в паспортных данных ОВ не приводится величина ПП, расчет потерь из-за углового рассогласования вызывает определенные трудности. Поэтому принимаем дБ.



Оптические потери в разъёмных соединителях увеличиваются также в результате осевого рассогласования.

Для расчета потерь из-за осевого рассогласования, дБ, можно воспользоваться следующей формулой:

, (26)



где – максимальное расстояние между торцами ОВ, мкм;



– апертурный угол, .



Подставим численные значения

дБ.



Неучтённые потери в разъёмном соединителе можно принять равными дБ.



Вычислим суммарные потери в разъёмном соединителе.

дБ.



При существующих технологиях потери в разъёмном соединителе не превышают 0,5 дБ, а в неразъёмном соединителе не более 0,1 дБ.

**13. РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА**

Уровень оптической мощности сигнала, падающего на вход ПРОМ, зависит от энергетического потенциала ВОСП, потерь мощности в ОВ, потерь мощности в разъёмных соединителях, потерь мощности в неразъёмных соединителях.

Исходные данные для расчета распределения энергетического потенциала поместим в таблицу 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Обозначение | Единица измерения | Значения |
| 1. Уровень мощности передачи оптического сигнала |  | дБм | -4 |
| 2. Максимальный уровень мощности приёма |  | дБм | -25 |
| 3. Минимальный уровень мощности приёма |  | дБм | -40 |
| 4. Энергетический потенциал ВОСП | *Э* | дБ | 36 |
| 5. Длина РУ |  | км | 80 |
| 6. Строительная длина ОК |  | км | 2 |
| 7. Количество строительных длин ОК на РУ |  | – | 40 |
| 8. Количество разъёмных соединителей ОВ на РУ |  | – | 2 |
| 9. Количество неразъёмных соединителей ОВ на РУ |  | – | 41 |
| 10. Затухание оптического сигнала на разъёмном соединителе |  | дБ | 0,48 |
| 11. Затухание оптического сигнала на неразъёмном соединителе |  | дБ | 0,1 |
| 12. Коэффициент затухания ОВ |  | дБ | 0,3 |

Уровень передачи оптического сигнала дБм. Уровень сигнала после первого разъёмного соединителя:



. (27)



Подставим численные значения

дБм.



Уровень сигнала после первого неразъёмного соединителя станционного ОК и линейного ОК:

. (28)



Подставим численные значения

дБм.



Уровень сигнала на позиции xi км, дБм:

, (29)



где xi – расстояние между станциями, км;

– округление в сторону большего числа.



Подставим численные значения

дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



Уровень сигнала после второго разъёмного соединителя является уровнем приёма, дБм.

, (30)



где – эксплуатационный запас системы, дБ.



Подставим численные значения

дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



Для транспортных систем SDH в технических данных приводится максимальный уровень приёма, который в курсовой работе можно оценить с помощью неравенства (31), (32):

(31)



(32)



На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что уровень приёма на каждом рассматриваемом участке не входит в пределы неравенства (32). Для повышения уровня приёма на каждом участке предусматриваем установление аттенюаторов с затуханием 10 дБ. Тогда истинный уровень приёма составит:

, (33)



где 10 дБ – затухание аттенюатора.

Подставим численные значения

дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



Общее затухание на оптической соединительной линии, дБм, составляет:

. (34)



Подставим численные значения

дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



дБм.



По результатам расчетов можно сделать вывод, что затухание на каждом рассматриваемом участке оптической соединительной линии меньше энергетического потенциала ВОСП, равного 36 дБ, следовательно, энергетического потенциала аппаратуры достаточно для нормального функционирования ВОСП.

**14. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЦЕПЯМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

Современная аппаратура ЦСП предъявляет высокие требования к системам и устройствам электропитания, составляющим до 25% объёма аппаратуры передачи. По мере микро- и миниатюризации аппаратуры передачи намечается тенденция роста этой величины. С увеличением объёма передаваемой информации и повышением её роли в автоматизированных системах управления к электропитанию аппаратуры электросвязи предъявляются все более жёсткие требования.

К числу основных требований, которым должны отвечать системы и устройства электропитания, следует отнести бесперебойность подачи напряжения к аппаратуре связи, стабильность основных параметров во времени, электромагнитную совместимость с питаемой аппаратурой, высокие экономические показатели, устойчивость к внешним механическим и климатическим воздействиям и минимальный объем эксплуатационных работ.

Чтобы системы и устройства электропитания отвечали изложенным требованиям, они должны базироваться на следующих принципах:

− максимальное использование энергосистем, центральных и местных электростанций в качестве основных и наиболее дешевых источников электроэнергии, а также оборудование предприятий двумя независимыми вводами;

− применение на оконечных и промежуточных станциях резервных источников электроэнергии. Эти источники должны практически мгновенно замещать отключившийся основной источник и иметь большой коэффициент готовности. Кроме того, они должны обеспечивать автономный режим работы предприятия в течение длительного времени. В настоящее время наибольшее распространение получили собственные электростанции, оборудованные автоматизированными дизель-генераторными агрегатами, и аккумуляторные батареи;

− применение установок гарантированного питания постоянного и переменного тока, в состав которых входят преобразовательные устройства;

− автоматизация электропитающих установок, предусматривающая выполнение основных функций электропитающих устройств без вмешательства эксплуатационного персонала;

− применение современных полупроводниковых приборов, а также введение избыточности элементов, что существенно повышает надёжность электропитания;

− построение систем и устройств электропитания с максимальной унификацией оборудования;

− обязательное использование дистанционного питания НРП, что является важным фактором повышения автоматизации и надёжности сети связи в целом.

**15. РАСЧЁТ ТОКОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

Токораспределительная сеть (ТРС) для питания проектируемой аппаратуры по напряжению 48В рассчитывается по методике, разработанной ЦНИИСом «Методика расчета ТРС с учётом проекта допустимых норм нестандартных изменений напряжения».

Необходимость расчета ТРС вызвана тем, что к устанавливаемой аппаратуре предъявляются более жёсткие требования по допустимым изменениям напряжения, возникающим при нестандартных процессах в системе электропитания.

Наибольшие изменения напряжения питания аппаратуры возникают при резких изменениях тока нагрузки в электропитающей установке и ТРС. Также изменения нагрузки могут иметь место в аварийных ситуациях, главным образом при коротких замыканиях в ТРС, на входных клеммах питания аппаратуры и т.п.

В этом случае ток короткого замыкания может достигать нескольких тысяч ампер и, протекая по ТРС, создает запас энергии в её индуктивности. В результате этого, после срабатывания защиты, отсекающей участок с коротким замыканием, возникают опасные перенапряжения.

Ограничением напряжения на входе ЭПУ, в ТРС и аппаратуре можно обеспечить сохранность и работоспособность аппаратуры. В качестве мер ограничения перенапряжения используется включение автоматических включателей в рядовой минусовой фидер, резко уменьшающих время протекания процесса короткого замыкания, увеличение сопротивления рядовой минусовой проводки путем включения в эту проводку дополнительных резисторов, ограничивающих эту величину тока короткого замыкания, и снижение индуктивности в ТРС путем максимального сближения разнополярных питающих фидеров, что также снижает запасенную энергию, а следовательно, и перенапряжения. С целью максимального снижения перенапряжения предлагается устройство магистрально-радиальной проводки от существующей ЭПУ до токораспределительного оборудования.

Токораспределительное оборудование предназначено для стабилизации напряжения, коммутации и распределения питания по рядам аппаратуры.

Исходными данными для расчета будут следующие параметры:

− напряжение 48 В (питание от 24 до 60 В);

− потребляемая мощность при полной комплектации − 100 Вт.

Рассматриваем случай, когда к одному питающему кабелю подключаются все стойки ряда (стойка одна). Тогда длина кабеля рядового питания, м, равна:

, (35)



где м − приведённая длина кабеля, равная общей ширине рядом стоящих стоек, умноженная на коэффициент ;



м − длина соединительного кабеля от магистральной шины до стойки.



Подставим численные значения

м.



Падение напряжения в рядовой проводке для напряжения +24 В принято считать равным 0,1 В. Поэтому сечение и длина кабеля рядовой проводки выбираются равными для кабеля -24 В.

Перемычки от рядового кабеля до стойки выполняются кабелем с алюминиевой жилой сечением 16 мм2.

Рассчитаем момент тока по формуле:

, (36)



где − потребляемый аппаратурой ток, при мощности полной комплектации 100 Вт и напряжении питания 24 В.



Подставим численные значения

.



Допустимое падение напряжения в магистральном фидере от места ввода фидера в ЛАЦ до наиболее удаленного ряда аппаратуры принимается для средних ЛАЦ равным В.



Сечение магистральной шины рассчитаем по формуле:

, (37)



где − коэффициент пропорциональности для медной жилы.



Подставим численные значения

мм2.



**16. РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ**

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

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 надёжность – свойство технической системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Надёжность отражает влияние главным образом внутрисистемных факторов − случайных отказов техники, вызываемых физико-химическими процессами старения аппаратуры, дефектами её изготовления или ошибками обслуживающего персонала.

Для удобства расчета показателей составим структурную схему, характеризующую надёжность зоновой линии связи. На этой схеме последовательно соединим элементы, которые должны быть работоспособными для сохранения работоспособности всего элемента (рис. 5).



Рис. 5

Схема замещения для расчёта показателей надёжности

Для работоспособности линии связи все её элементы должны быть работоспособными. И поэтому в эквивалентной схеме надёжности они соединяются последовательно. Если число элементов = n, то вероятность безотказной работы и интенсивность отказов элементов составляют соответственно и , тогда вероятность безотказной работы всей линии связи:



, (38)



где ;



.



Таким образом, трассу ВОЛС можно представить одним эквивалентным элементом с интенсивностью отказов :



, (39)



где − интенсивность отказов ОРП (ОП), 1/ч;



− интенсивность отказов 1 км кабеля, 1/ч;



− число ОРП;



− длина линии, км.



Обслуживаемые регенерационные пункты размещаются в каждом из заданных населённых пунктов, таким образом, число ОРП равно шести, ().



Длину ВОЛС определим путём суммирования всех расстояний между заданными населенными пунктами ( км).



Далее по формуле (39) рассчитаем интенсивностью отказов .



1/ч.



Среднее время наработки до первого отказа:

. (40)



Подставим численные значения

ч ≈ 12 лет.



Среднее время восстановления:

, (41)



где ч − время восстановления повреждения в ОРП;



ч − время восстановления повреждения на ОК.



Подставим численные значения

ч.



Интенсивность восстановления:

. (42)



Подставим численные значения

1/ч.



Вероятность безотказной работы:

. (43)



Вероятность безотказной работы определим для следующих интервалов времени: ч; ч; ч; ч; ч.



− предполагается, что до начала работы объект является, безусловно, работоспособным.



.



.



.



.



Результаты расчетов занесем в таблицу 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятность безотказной работы | Интервал времени *t*, ч | | | | |
| 0 | 1 | 720 | 8640 | 86400 |
|  | 1 | 0,9999 | 0,9931 | 0,9196 | 0,4325 |

На рисунке 6 представлен график зависимости безотказной работы от времени.

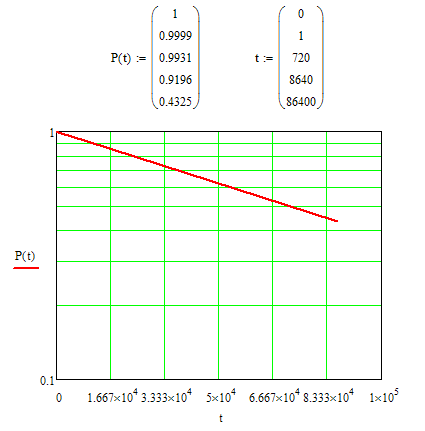


Рис. 6

График зависимости безотказной работы от времени.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**волоконный оптический внутризоновый связь**

В настоящее время связь является одной из наиболее быстроразвивающихся частей инфраструктуры общества. Современный этап развития в области связи характеризуется появлением новых телекоммуникационных технологий, а так же их конвергенцией с информационными технологиями.

Это способствовало появлению новых типов сетей связи, расширению номенклатуры услуг, предоставляемых пользователям, а так же усилению интеграции ресурсов сетей электросвязи. При этом возникает задача оптимального использования ресурсов сетей, построенных на базе сети связи общего пользования. Данные тенденции в области телекоммуникаций нашли свое отражение в эволюционном пути развития сетей электросвязи России.

Связь является решающим фактором в достижении успеха конкурирующими коммерческими предприятиями и, следовательно, в экономическом росте и процветании любого региона. Поэтому слияние на пороге 21-го века телекоммуникационных и компьютерных технологий принимает решающее значение – точно так же, как это происходило при активном внедрении электрификации в строительство железных дорог.

Высокие требования, предъявляемые к связи, обуславливают необходимость огромных капиталовложений в инфраструктуру, следовательно, тщательное планирование и выбор перспективной системы имеют наивысший приоритет. Средства электросвязи во всем мире, в том числе в России являются определяющим фактором экономического развития страны, роста ее валового национального продукта.

В курсовой работе была рассмотрена возможность создания высокоскоростной волоконно-оптической линии внутризоновой связи, которая соединяет по кольцевой схеме районные центры, указанные в задании.

В качестве направляющей среды для проектируемой линии передачи данных использовался волоконно-оптический кабель, который позволяет осуществлять передачу информации со скоростями намного большими, чем это позволяют металлические кабели. Кроме того, оптические кабели обладают рядом других преимуществ, наблюдается тенденция снижения их стоимости, что в конечном итоге выводит их на лидирующие позиции при новом строительстве или модернизации существующих сетей и линий связи.

Выполнение курсовой работы на тему: «Применение высокоскоростных волоконно-оптических линий внутризоновой связи» позволяет получить: современное представление о новой цифровой аппаратуре, применяемой в настоящее время на ВОЛС; навыки в выборе типа ОК, в расчетах числа необходимых каналов связи, длины регенерационных участков, первичных и вторичных параметров оптического волокна, токораспределительной сети и надёжности оптической линии передачи, а также составлении различных схем.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Покацкий Д.А., Пушенко Д.В. Передача дискретной информации. Задание на курсовую работу с методическими указаниями для студентов 5 курса специальности 210700 Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте (АТС) специализации 210702 Системы передачи и распределения информации на железнодорожном транспорте (СПИ). – М.: РГОТУПС, 2005. – 30 с.

2. Кудряшов В.А., Семенюта Н.Ф. Передача дискретной информации на железнодорожном транспорте. Учеб. для вузов ж.-д. трансп. – М.: «Вариант», 1999. – 328 с.

3. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Г.В. Горелов, В.А. Кудряшов, В.В. Шмытинский и др., Под ред. Г.В. Горелова. М.:УМК МПС России, 1999. – 576 с.

4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

5. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.

/ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Варабин Д.Е.