# Введение

Развитие науки и ускорение технического прогресса невозможны без совершенствования средств связи, систем сбора, передачи и обработки информации. Интенсивное развитие новых информационных технологий в последние годы привело к бурному развитию микропроцессорной техники, которая стимулировала развитие цифровых методов передачи информации. В конечном счёте, это привело к созданию новых высокоскоростных технологий глобальных сетей: PDH, SONET, SDH, ISDN, Frame Relay и ATM. Одной из наиболее современных технологией, используемых в настоящее время для построения сетей связи, является технология синхронной цифровой иерархии SDH.

Интерес к SDH обусловлен тем, что эта технология пришла на смену импульсно-кодовой модуляции PCM (ИКМ) и плезиохронной цифровой иерархии PDH (ПЦИ) и стала интенсивно внедряться в результате массовой установки современных зарубежных цифровых АТС, позволяющих оперировать потоками 2 Мбит/с, и создания в регионах локальных колец SDH.

Синхронная цифровая иерархия (СЦИ) обладает существенными преимуществами по сравнению с системами предшествующих поколений, позволяет полностью реализовать возможности волоконно-оптических и радиорелейных линий передачи (ВОЛП и РРЛП) и создавать гибкие, удобные для эксплуатации и управления сети, гарантируя высокое качество связи. Таким образом, концепция SDH позволяет оптимально сочетать процессы высококачественной передачи цифровой информации с процессами автоматизированного управления, контроля и обслуживания сети в рамках единой системы.

Системы СЦИ обеспечивают скорости передачи от 155 Мбит/с и выше и могут транспортировать как сигналы существующих цифровых систем (например, распространённых на городских сетях ИКМ-30), так и новых перспективных служб, в том числе широкополосных. Аппаратура СЦИ является программно управляемой и интегрирует в себе средства преобразования, передачи, оперативного переключения, контроля, управления.

Благодаря появлению современных волоконно-оптических кабелей (ВОК) оказались возможными высокие скорости передачи в линейных трактах (ЛТ) цифровых систем передачи с одновременным удлинением секций регенерации до 100 км и более. Производительность таких ЛТ превышает производительность цифровых трактов на кабелях с металлическими парами в 100 и более раз, что радикально увеличивает их экономическую эффективность. Большинство регенераторов оказывается возможным совместить с оконечными или транзитными станциями. Из этого следует, что СЦИ – это не просто новые системы передачи, это и принципиальные изменения в сетевой архитектуре, организации управления. Внедрение СЦИ представляет собой качественно новый этап развития цифровой сети связи.

В данном проекте в качестве базовой системы передачи проектируемой сети предполагается аппаратура первого уровня иерархии SDH, осуществляющая перенос информации со скоростью передачи цифрового сигнала 155 Мбит/с в рамках синхронного транспортного модуля.

# Выбор и обоснование проектных решений

В современных условиях рыночной экономики появилась необходимость коренных изменений в структуре и практике эксплуатации сетей связи. Использование существующей ассинхронной системы группообразования цифровых потоков для получения высокоскоростных сигналов приводит к громоздким и малонадежным техническим решениям. Затруднён доступ к составляющим (компонентным) цифровым потокам для ответвления и транзита (для чего нужно многоступенное расформирование группового сигнала). При нарушениях синхронизации группового сигнала сравнительно большое время тратится на многоступенное восстановление синхронизации компонентных потоков. Современные цифровые первичные сети (ЦПС) должны иметь гибкую, легко управляемую структуру. Они должны обеспечивать передачу и переключение потоков информации разной мощности, ввод и выделение этих потоков в произвольных пунктах, глубокий контроль качества и тарификацию в соответствии с действительным временем пользования связью и её качеством. Эти сети должны быть базой для служб, использующих как синхронный (Synchronous Transfer Mode, STM), так и ассинхронный (Asynchronous Transfer Mode, ADM) способы переноса информации.

Перечисленные выше требования практически не выполнимы в рамках плезиохронной цифровой иерархии (ПДИ), но их можно выполнить при синхронной системе группообразования. В 1998 г. МККТТ принял SDH, разработанную с учётом мирового опыта создания цифровых сетей. Идейной основой для SDH послужила синхронная оптическая сеть SONET США. В рамках SDH разработана не только новая иерархия скоростей передачи и система преобразований цифровых трактов, но и перспективная концепция построения и развития сетей связи, поддерживаемая системой международных стандартов.

Многие страны уже широко применяют СЦИ и планируют ограничить внедрение систем ПЦИ, а некоторые предполагают развивать свои сети только на базе СЦИ.

## Трасса кабельной линии передачи

В соответствии с техническим заданием к дипломному проекту требуется спроектировать высокоскоростную волоконно-оптическую линию внутризоновой связи, которая должна соединить по кольцевой схеме районные центры Елховка, Сергиевск, Исаклы, Кошки, Челно-Вершины, Шентала в Самарской области.

Передача сигналов многоканальных ЦСП может осуществляться по кабельным, радиорелейным и спутниковым линиям связи. В настоящее время кабельным линиям, как правило, отдаётся предпочтение из-за повышенной живучести и удовлетворительной скрытности связи. Поэтому проектируемая линия будет кабельной. Так как технология SDH была ориентированна на использование волоконно-оптических кабелей, то в качестве среды передачи для проектируемой линии связи возьмём волоконно-оптический кабель.

Часть территории Самарской области, по которой будет проходить предполагаемая трасса, имеет равнинный рельеф. Это землевладельческие освоенные равнины с чернозёмными почвами, поэтому, во избежание отчуждения земель сельскохозяйственного, значения будет правильным проектировать трассу вдоль автомобильных дорог. Кроме того, прокладка трассы вдоль автомобильных дорог облегчит эксплуатацию ВОЛП.

Обращаясь к карте местности /3/, видим, что очевиден единственный целесообразный вариант трассы, удовлетворяющий требованиям приведённым выше. Это вариант прокладки кабеля вдоль автодорог, соединяющих Челно-Вершинский, Шенталинский, Исаклинский, Сергиевский, Елховский и Кошкинский районы. Выбранная трасса имеет протяжённость на участках: Шентала-Исаклы – 35 км; Исаклы-Сергиевск – 30 км; Сергиевск-Елховка – 60 км; Елховка-Кошки – 40 км; Кошки - Челно-Вершины – 65 км; Челно-Вершины-Шентала – 25км. Общая протяжённость трассы равна 255 км. Данная трасса пересекает несколько автодорог областного значения, 2 железные дороги и две реки: Сок и Кундурча. Ситуационный чертёж трассы приведён в приложении ***А***.

## Характеристика обслуживаемых пунктов

Целью данного проекта является:

* создание современной телекоммуникационной сети в интересах населения, народно-хозяйственного комплекса;
* организация качественной связи для передачи информации различного вида между характеризуемыми населёнными пунктами.

Необходимо обосновать организацию связи между выбранными пунктами. Тяготение выбранных пунктов по услугам связи зависит, в первую очередь, от численности населения. Кроме того, степень заинтересованности во взаимосвязи зависит от экономических, культурных и социально-бытовых отношений между населёнными пунктами.

Приведём краткую характеристику выбранных пунктов.

Елховский район. В настоящее время площадь района составляет 1188,7 кв.км; он состоит из 39 населённых пунктов, которые объединены в 7 сельских администраций; численность постоянного населения на 1997 год – 11 тысяч человек. Основная отрасль экономики – сельское хозяйство. На территории Района находится 10 сельскохозяйственных предприятий. Елховский район – сырьевой. Он поставляет на региональный рынок зерно, молоко, мясо.

Исаклинский район – расположен на северо-востоке области и занимает площадь в 1,5 тысяч кв.км. Население района многонационально – русские, чуваши, мордва, татары, украинцы и др. – всего на 1997 год 15,8 тысяч человек. Основное занятие населения – зерновое земледелие, молочное и мясное животноводство. На полях растёт рожь, пшеница, картофель и кормовые культуры. На территории этого района ведётся добыча нефти. В 1997 году в Исаклинском районе построен газопровод высокого давления протяжённостью 13,9 км.

Кошкинский район – расположен на северо-востоке Самарской области в лесостепной зоне левобережья реки Волги; на севере – граничит с Республикой Татарстан, на западе – с Ульяновской областью, на юге и востоке – с Сергиевским и Елховским районами. В состав района входят 15 населённых пунктов, которые объединены в 5 сельских администраций. Население района в 1997 году составило 25,3 тысячи человек. В Кошкинском районе большой запас природных ресурсов: разрабатываются нефтяные месторождения, осваиваются источники минеральных вод.

Сергиевский район – в настоящее время объединяет 31 населённый пункт в одну поселковую и 18 сельских администраций. Имеет площадь 2763,4кв.км, численность населения на 1997 год – 49,4 тысячи человек, в составе которых русские, чуваши, украинцы, татары и другие национальности. Основная отрасль района – сельское хозяйство, развито животноводство. Имеется нефтедобывающий комплекс.

Челно-Вершинский район – расположен в северной части Самарской области, площадь его составляет 1159,8 кв.км. На севере он граничит с Республикой Татарстан, на западе – с Кошкинским районом, на юге и востоке – с Сергиевским и Исаклинским районами. В райцентре имеется железнодорожная станция Челно-Ульяновского отделения Куйбышевской железной дороги. Численность населения на конец 1997 года составила 21 тысячу человек. По производственной ориентации район является преимущественно сельскохозяйственным. В районе функционирует маслозавод, комбикормовой завод, дорожно-строительный участок, машиностроительный завод (ранее союзного значения), производящий доильное оборудование для животноводческих ферм.

Шенталинский район. В настоящее время площадь Шенталинского района составляет 1338,2 кв.км, из них Большую часть занимают сельскохозяйственные угодья. Население на 1997 год составило 20,2 тысячи человек. Основная деятельность населения – сельское хозяйство. Крупным предприятием района является Шенталинский лесхоз Самарского управления лесами. В районе функционирует также маслозавод, промкомбинат, комбикормовый завод, завод стройматериалов, райпищекомбинат.

На основе приведённых сведений делаем вывод о естественном тяготении друг к другу указанных населённых пунктов, А также убеждаемся в том, что организация связи между ними является практически обоснованной.

## Характеристика существующей сети связи

В настоящее время связь между населёнными пунктами Исаклы, Шентала, Сергиевск, Елховка, Кошки, Челно-Вершины осуществляется в основном при помощи аналоговых систем передачи.

Таблица 1.1 - Системы передачи на существующей сети связи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование населённого пункта | Тип оборудования | Количество каналов |
| Шентала | К 60п × К 1020с  К 60п | 24 канала Самара-Шентала (выделение 4 и 5 ПГ в ОУП Шентала из К 60п Сергиевск – Челно-Вершины) со стороны Сергиевска  24 канала выделение в Шентале из К 60п Челно-вершины – Сергиевск со стороны Челно-Вершин |
| Исаклы | К 60п | 60 каналов Исаклы-Сергиевск |
| Сергиевск | К 60п  К 60п  К 60п  Р-120/300 | 60 каналов Сергиевск-Самара  60 каналов Сергиевск – Челно-Вершины  60 каналов Сергиевск-Исаклы  300 каналов Сергиевск-Самара |
| Елховка | К 60п  В-12-3 | 60 каналов Елховка-Сергиевск  12 каналов Елховка-Кошки |
| Кошки | К 60п × К 1020с | 60 каналов Кошки-Самара |
| Челно-Вершины | К 60п  К 60п × К 1020с | 60 каналов Челно-Вершины – Сергиевск  36 каналов Челно-Вершины – Самара |

Из таблицы видно, что на внутризоновой сети Самарской области работают в основном системы передач К 60п. Для данного типа системы передачи используют 2 типа кабеля МКС 4×4×1,2 и МКС 1×4×1,2. Связь с РУЭС села Елховка осуществляется по воздушной линии связи с системой передачи В-12-3.

## Обоснование и расчёт числа каналов

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

Численность населения в любом населённом пункте может быть определена на основании статистических данных последней переписи населения. Обычно перепись населения осуществляется один раз в пять лет, поэтому при перспективности проектировании следует учесть прирост населения. Количество населения в заданном пункте и его подчинённых окрестностях с учётом среднего прироста определяется по формуле (1.1).

Ht = Ho [1 + ], чел, (1.1)

где Ho – число жителей во время проведения переписи населения, чел;

ΔH – средний годовой прирост населения в данной местности, % (принимается (2÷3)%);

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

Год перспективного проектирования проинимается на 5÷10 лет вперёд по сравнению с текущим временем. Если в проекте принять 5 лет вперёд, то

t = 5 + (tn - to), (1.2)

где tn– год составления проекта;

to – год, к которому относятся данные Ho.

Используя формулы (1.1) и (1.2) рассчитаем численность населения во всех выбранных пунктах.

Елховка: t = 5 + (2000 – 1997) = 8

Ht = 11000 ⋅ [1 + ] = 12,89(тыс.чел)*.*

Исаклы: t = 5 + (2000 – 1997) = 8

Ht = 15800 ⋅ [1 + ] = 18,51(тыс.чел)*.*

Кошки: t = 5 + (2000 – 1997) = 8

Ht = 25300 ⋅ [1 + ] = 29,65(тыс.чел)*.*

Сергиевск: t = 5 + (2000 – 1997) = 8

Ht = 49400 ⋅ [1 + ] = 57,89(тыс.чел)*.*

Челно-Вершины: t = 5 + (2000 – 1997) = 8

Ht = 7500 ⋅ [1 + ] = 8,79(тыс.чел)*.*

Шентала: t = 5 + (2000 – 1997) = 8

Ht = 20200 ⋅ [1 + ] = 23,66(тыс.чел)*.*

Взаимосвязь между выбранными оконечными и промежуточными пунктами определяется на основе статистических данных, полученных предприятиями связи за предшествующие проектированию годы. Практически эти взаимосвязи выражают через коэффициент тяготения КТ, который, как показывают исследования, колеблется в широких пределах, от 0.1% до 12%. В проекте KT = 5%, то есть KT = 0,05.

Учитывая это, а также то обстоятельство, что телефонные каналы в междугородной связи имеют превалирующее значение, предварительно необходимо определить количество телефонных каналов между выбранными пунктами. Для расчёта количества телефонных каналов можно воспользоваться приближенной формулой (1.3.).

*nтлф* = *k⋅ KT ⋅ y* *⋅*  + *β* (1.3)

где *k* и *β* - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям, обычно потери задаются равными 5%, тогда *k* = 1,3; *β* = 5,6;

*y* - удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, *y* = 0,05 Эрл;

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

В перспективе количество абонентов, обслуживаемых той или иной оконечной АМТС, определяются в зависимости от численности населения, проживающего в зоне обслуживания. Принимая средний коэффициент оснащённости населения телефонными аппаратами равным 0.3, количество абонентов в зоне АМТС

M *=* 0,3 ⋅Ht(1.4)

Таким образом, можно рассчитать число каналов для телефонной связи между пунктами. По кабельной линии передачи организовывают каналы и другие виды связи, а также учитывают и транзитные каналы. Общее число каналов между двумя АМТС будет равно:

*n = nтлф + nтг + nв + nпд + nг + nтр + nтв*,

где *n*тг – число каналов тональной частоты (ТЧ) для телеграфной связи;

*n*в – то же, для передачи сигналов вещания;

*n*пд – то же, для передачи данных;

*n*г – то же, для передачи газет;

*n*тр – число транзитных каналов;

*n*тв – число каналов ТЧ, исключаемых из передачи телефонной информации для организации одного канала телевидения.

Поскольку число каналов для организации связи различного назначения может быть выражено через число телефонных каналов, то есть каналов ТЧ, целесообразно общее число каналов между пунктами выразить через телефонные каналы. В проекте можно принять

*n*тг + *n*в + *n*пд + *n*г + *n*тр ≈ *nтлф*

Тогда общее число каналов рассчитывают по упрощённой формуле:

*n* = 2 *nтлф* + 2 *n*тв = 2 *nтлф* + 2880

Так как трасса не проходит через столицы республик, то каналы телевидения предусматривать не будем. Тогда общее число каналов будет равно:

*n* = 2 *nтлф* (1.5)

По формуле (1.4) рассчитаем количество абонентов зоне АМТС:

*mE* = 0,3 ⋅ 12,89 = 3,87 (тыс.чел)

*mИ* = 0,3 ⋅ 12,89 = 5,55 (тыс.чел)

*mК* = 0,3 ⋅ 12,89 = 8,89 (тыс.чел)

*mС* = 0,3 ⋅ 12,89 = 17,37 (тыс.чел)

*mЧ-В* = 0,3 ⋅ 12,89 = 2,64 (тыс.чел)

*mШ* = 0,3 ⋅ 12,89 = 7,09 (тыс.чел)

Количество телефонных каналов на участках данной трассы рассчитаем по приближенной формуле (1.3.).

Елховка:

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 13

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 14,36

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 15,89

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 10,7

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 13,74

Исаклы:

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 16,7

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 19,27

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 11,41

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 15,72

Кошки:

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 25

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 12,2

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 18,42

Сергиевск:

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 13,05

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 13,05

Челно-Вершины:

*nтлф* = 1,3 ⋅ 0,05 ⋅ 0,05  + 5,6 = 11,86

Из рассчитанных значений числа каналов составим матрицу исходящих и входящих каналов.

Таблица 1.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Населённые пункты | Елховка | Исаклы | Кошки | Сергиевск | Челно-Вершины | Шентала |
| Елховка |  | 13 | 14,36 | 15,89 | 10,7 | 13,74 |
| Исаклы | 13 |  | 16,7 | 19,27 | 11,41 | 15,72 |
| Кошки | 14,36 | 16,7 |  | 25 | 12,2 | 18,42 |
| Сергиевск | 15,89 | 19,27 | 25 |  | 13,05 | 21,96 |
| Челно-Вершины | 10,7 | 11,41 | 12,2 | 13,05 |  | 11,86 |
| Шентала | 13,74 | 15,72 | 18,42 | 21,96 | 11,86 |  |

Суммируя все значения матрицы, получим общее число каналов, необходимых для организации связи по данному "кольцу".

*n* = 467 (каналов)

## Выбор системы передач. Характеристика и технические данные выбранной системы передач

Основываясь на рассчитанном количестве каналов, выбираем аппаратуру синхронной цифровой иерархии STM-1

Мультиплексор STM-1 предназначен для организации цифрового потока со скоростью передачи 155 Мбит/с, работающий по одномодовому оптическому кабелю с длиной волны 1300 нм. Для кольцевых структур построения сети используется мультиплексор с функцией вставки/выделения (рис 1.1), предназначенный для обеспечения простого доступа к трибутарным потокам PDH и SDH.



Рисунок 1.1 - Схема мультиплексора с функцией вставки/выделения

Основные технические характеристики синхронного мультиплексора SMA-1 фирмы "SIMENS" приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Основные технически характеристики SM 1 фирмы "SIEMENS"

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Единица измерения | Мультиплексор  SM 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 волновое сопротивление 75 Ом, 120 Ом | т/с | 2,048 |
| 5.Номинальная амплитуда импульса:   * симметричные соединители * коаксиальные соединители | В  В | 3±10%  2,37±10% |
| 6.Ослабление | дБ | 6 при 1024 Гц |
| 7.Количество интерфейсов на модуль | кол-во | 21 |
| 8.Общее число потоков | кол-во | 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. | 1 ⋅ 10 |
| 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 |

## Характеристика транспортной системы

Достижения современной техники коммутации и передачи привели к тому, что возникла необходимость в создании современной цифровой транспортной сети или системы. Транспортная система (ТС) – это инфраструктура, объединяющая ресурсы сети, выполняющие функции транспортирования. При транспортировании выполняются не только перемещение информации, но и автоматизированное и программное управление сложными конфигурациями (кольцевыми и разветвлёнными), контроль, оперативное переключение и другие сетевые функции. ТС является базой для всех существующих и планируемых служб, для интеллектуальных, персональных и других перспективных сетей, в которых могут использоваться синхронный или асинхронный способы переноса информации.

Транспортная система СЦИ – органическое соединение информационной сети и системы контроля и управления SDH. Нагрузкой информационной сети СЦИ могут быть сигналы существующих сетей ПЦИ, а также сигналы новых служб и сетей связи. Аналоговые сигналы предварительно преобразовываются в цифровую форму с помощью имеющегося на сети оборудования.

В информационной сети СЦИ четко выдерживается деление по функциональным слоям. Сеть содержит три топологически независимых слоя (каналы, тракты и среда передачи), которые подразделяются на более специализированные слои. Каждый слой выполняет определённые функции и имеет точки доступа. Они оснащены собственными средствами контроля и управления, что минимизирует усилия при ликвидации аварий и снижает их влияние на другие слои. Функции слоя зависят от физической реализации нижнего обслуживающего слоя. Каждый слой может создаваться и совершенствоваться независимо.

В информационной сети используются принципы контейнерных перевозок. Благодаря этому сеть SDH достигает универсальных возможностей транспортирования разнородных сигналов. В транспортной системе SDH перемещаются не сами сигналы нагрузки, а новые цифровые структуры – виртуальные контейнеры, в которых размещаются сигналы нагрузки, подлежащие транспортировке. Сетевые операции с контейнерами выполняются независимо от содержания. После доставки на место и выгрузки сигналы нагрузки обретают исходную форму. Поэтому транспортная система SDH является прозрачной.

Создание сетевых конфигураций, контроль и управление отдельными станциями и всей информационной сетью осуществляется программно и дистанционно с помощью системе обслуживания SDH.

В слое среды передачи самыми крупными структурами SDH являются синхронные транспортные модули (STM), представляющие собой форматы линейных сигналов. Для создания высокоскоростных линейных сигналов используется синхронное мультиплексирование.

### **Структуры мультиплексирования SDH и PDH**

Рассмотрим группообразование синхронных транспортных модулей (STM).

Информация, поступающая в сеть, согласовывается со структурами, с помощью которых поддерживается соединение. В SDH эти структуры образуются в сетевых слоях секций и трактов и транспортируют цифровые потоки, а также широкополосную информацию. В функции этих структур входят также компенсация возможных изменений скорости и фаз транспортируемых по сети SDH цифровых потоков. Такая компенсация обеспечивает функционирование SDH как синхронной сети, допускающей плезиохронный режим.

Синхронные мультиплексоры фирмы "SIEMENS" формируют потоки синхронной цифровой иерархии и плезиохронной цифровой иерархии. На рисунке 1.2 показаны организация и связи структур мультиплексирования иерархий SDH и PDH.

###### Мультиплексирование начинается с формирования контейнера. Входящие потоки PDH упаковываются в контейнеры SDH С-12, С-3 или С-4 в соответствии с плезиохронным методом выравнивая скоростей; каждая стандартная скорость передачи информации потока PDH постоянно назначается контейнеру определённого размера.



Рисунок 1.2 - Структуры мультиплексирования SDH и PDH

Путём добавления к контейнерам заголовка тракта (POH) из контейнеров создаются виртуальные контейнеры VC-12,VC-2,VC-3 или VC-4. То есть VC=POH+C. Трактовый заголовок POH создаётся (ликвидируется) в пунктах, в которых организуется (расформировывается) VC, и контролирует тракт между этими пунктами. В функции POH контроль качества тракта и передача аварийной и эксплуатационной информации. POH тракта высшего порядка содержит так же информацию о структуре информационной нагрузки VC. Каждый виртуальный контейнер VC-12 или VC-2 генерирует, вместе с соответствующими указателями TU (указатель данных), трибутарную единицу TU-12 или TU-3. TU обеспечивает согласование между сетевыми слоями трактов низшего и высшего порядков и содержит информационную нагрузку и TU указатель, показывающий отступ начала цикла нагрузки от начала цикла VC высшего порядка. TU = TUуказатель + VC. Один или несколько TU, занимающих определённые фиксированные позиции в нагрузке VC высшего порядка, называют "группой трибутарных единиц" (TUG). TUG образуется путем генерирования байтов TU-12 или U-3.

Из-за своего размера виртуальный контейнер VC-4 может передаваться только непосредственно в цикле STM-1. Виртуальный контейнер VC-4 вместе с соответствующим указателем AU образует административную единицу AU-4. То есть AU = AUуказатель + VC. Указатель AU содержит разность фаз между циклами SDH более высокого порядка и соответствующим виртуальным контейнером VC-4. Один или несколько AU, занимающих определённые фиксированные позиции в нагрузке STM, называются "группой административных единиц" (AUG). Группа содержит однородный набор блоков AU-3 или один AU-4.

STM – N образуется побайтным соединением N AUG и секционного заголовка SOH: STM-N = SOH + N×AUG.

### **Структура цикла модуля STM-1**

Рассмотрим логическую структуру модуля STM-1, представленную в виде цикла STM-1 с его заголовками. Модуль STM-1 имеет скорость 155 Мбит/с. Кроме информационной нагрузки модуль STM-1 имеет избыточные сигналы (OH), обеспечивающие автоматизацию функций контроля, управления и обслуживания (ОАМ) и вспомогательные функции. Такие избыточные сигналы называются "заголовками". Поскольку STM используется в сетевом слое секций, его заголовок называется секционным (SOH). Он подразделяется на заголовки регенерационной (R SOH) и мультиплексной (M SOH) секций. R SOH передаётся между регенераторами, а M SOH между пунктами, в которых формируется и расформировывается STM, проходя регенераторы транзитом. R SOH – выполняет функции цикловой синхронизации, контроля ошибок, указания порядка синхронизируемого модуля, а также создаёт каналы передачи данных, служебной связи и пользователя. M SOH – выполняет функции контроля ошибок и создаёт каналы управления системой автоматического переключения на резерв, передачи данных и служебной связи.

Структура цикла модуля STM-1 приведена на рисунке 1.3.

Цикл STM имеет период повторения 125 мкс. Обычно цикл представляется в виде двумерной структуры (матрицы), формат которой: 9 строк на 270 однобайтных столбцов (9×270=2430 элементов). Каждый элемент соответствует одному байту (8 бит) информации и скорости 64 кбит/с. Весь цикл STM-1 имеет скорость передачи равную 64×2430=155520 кбит/с. Цикл STM-1 состоит из трёх групп полей: поле секционных заголовков – регенерационной секции (R SOH) формата 3×9 байтов и мультиплексной секции (M SOH) формата 5×9 байтов; поле указателя AU-4 формата 1×9 байтов; поле полезной нагрузки формата 9×261 байтов.

Блок AU-4 служит для переноса одного виртуального контейнера VC-4, имеющего свой маршрутный (трактовый) заголовок POH (левый столбец размером 9 байтов).

Основное назначение POH – обеспечить целостность на маршруте от точки сборки виртуального контейнера до точки его разборки.

Байты заголовка имеют следующие значения:

* байт J1 – используется для передачи в циклическом режиме 64×8 битовых структур для проверки целостности связи;
* байт B3 – BIP-8 код, контролирующий ошибки чётности в предыдущем контейнере;
* байт C2 – указатель типа полезной нагрузки. Несёт информацию о наличии полезной нагрузки;
* байт G1 – указатель состояния маршрута. Используется для передачи информации о состоянии линии к удалённому терминалу (например, о наличии ошибок или сбоев на дальнем конце);
* F2,Z3 – байты, которые могут быть задействованы пользователем данного маршрута для организации канала связи;
* H4 – обобщённый индикатор положения нагрузки, используется для организации мультифреймов;
* Z4 – байт зарезервирован для возможного развития системы;
* Z5 – байт оператора, зарезервирован для целей администрирования сети



Рисунок 1.3 - Структура цикла STM-1 и VC-4

Рассмотрим структуру заголовков цикла STM-1. Заголовок SOH (рисунок 1.4) состоит из двух блоков: R SOH – заголовка регенераторной секции размером 3×9=27 байт и M SOH – заголовка мультиплексной секции размером 5×9=45 байт.

Заголовки R SOH и M SOH содержат следующие байты:

* байты А1, A1, А1, А2, А2, А2 являются индентификаторами наличия цикла STM-1 в цикле STM-N (A1=11110110, А2=00101000);
* байт В1 и три байта В2 формируют две кодовые последовательности, используемые для проверки на чётность с целью обнаружения ошибок в предыдущем фрейме: BIP-8 формирует 8-битную последовательность для размещения в В1 и BIP-24 – 24-битную последовательность для размещения в трёх В2;
* байт С1 определяет значение третьей координаты "с" – глубину интерливинга в схеме мультиплексирования STM-N;
* байты D1-D12 формируют служебный канал передачи данных DCC: D1-D3 формируют DCC канал регенераторной секции (192 кбит/с), D4-D12 – DCC канал мультиплексной секции (576 кбит/с);
* байты Е1, Е2 могут быть использованы для создания служебных каналов голосовой связи: Е1 для регенераторной секции (64 кбит/с), Е2 для мультиплексной секции (64 кбит/с);
* байт F1 зарезервирован для создания канала передачи данных голосовой связи, для нужд пользователя;
* байты К1 ,К2 используются для сигнализации и управлением автоматическим переключением на исправный канал при работе в защищённом режиме – APS;
* байты Z1, Z2 являются резервными за исключением бит 5-8 байтов Z1, используемых для сообщений о статусе синхронизации;
* байт S1 – байт SSM – Сигнал маркера синхронизации. В нём передаётся информация о качестве источника синхронизации;
* шесть байтов, помеченных знаком Δ, могут быть использованы как поля определённые средой передачи;
* байты, помеченные звёздочками, не подвергаются (в отличие от остальных) процедуре шифрования заголовка;
* все непомеченные байты зарезервированы для последующей международной стандартизации.



Рисунок 1.4 - Структура заголовков SOH цикла STM-1

## Выбор типа оптического кабеля

Ведущая роль в совершенствовании линий связи принадлежит волоконно-оптическим кабелям, которые по сравнению с обычными металлическими обладают рядом преимуществ:

* высокая помехозащищённость от внешних электромагнитных полей;
* большая широкополостность. ВОК работают в диапазоне частот 10- 10 Гц. В световом диапазоне увеличивается несущая частота в 6-10 раз. Отсюда теоретически увеличивается объём передаваемой информации. Работают оптические линии со скоростью передачи до 10 Гбит/с (опытные образцы до 100 Гбит/с);
* малое затухание энергии в оптическом волокне позволяет существенно увеличить длину регенерационного участка;
* дефицитные металлы (медь, свинец) заменены кварцем;
* высокая скрытность передачи информации;
* большие строительные длины кабеля (2 км и более) обеспечивают меньшее число соединений, что увеличивает надёжность ВОЛС;
* снижение массы кабеля.

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 завися капитальные затраты и эксплуатационные расходы на проектируемую ВОЛП. На выбор влияют, с одной стороны, параметры ВОСП (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 и т.д.

Для внутризоновых сетей представляют интерес оптические кабели с длинами волны 1,3 и 1,55 мкм, позволяющие реализовать регенерационные участки (РУ) длинной 60 -100 км. Промышленностью выпускаются кабели следующих марок: ОКЛ, ОКЗ, ОЗКГ, ОМЗКГ.

Исходя из технических характеристик STM-1, приведённых в таблице 1.2, в проекте будем использовать кабель марки ОКЛК-01.

Дадим краткую характеристику данного кабеля.

Кабель оптический одномодовый для магистральных и зоновых сетей на длину волны λ=1,3 мкм, километрический коэффициент затухания 0,22 дБ/км, среднеквадратичное значение дисперсии оптического волокна (ОВ) 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 при эксплуатации от –40 до +50 °С.

Строительная длинна оптического кабеля должна быть не менее 2000 м. В расчётах будем брать строительную длину равную *l*стр=2 км. Допустимое раздавливающее усилие для данного кабеля равно 1000 Н/см, допустимое растягивающее усилие от 7000 до 80000 Н.

## Расчёт длины участков регенерации

Длинна регенерационного участка РУ цифровой волоконно-оптической системы (ЦВОСП) зависит от многих факторов, важнейшим из которых является:

* энергетический потенциал (Э) ЦВОСП, равный:

Э = Рпер – Рпр, дБ,

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

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

Э – энергетический потенциал определяет максимально-допустимое затухание оптического сигнала в оптическом волокне (ОВ), разъёмных и неразъёмных соединителях на РУ, а также в других узлах ЦВОСП.

* дисперсия в ОВ, σв, 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;
* 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;
* квантовый или фантомный шум, носителем которого является сам оптический сигнал (в силу его малости по сравнению с другими составляющими шумов оптического ЛТ, в проекте его не учитываем и влияние учитывается как влияние дестабилизирующих факторов);
* коэффициент затухания ОВ; α1, дБ/км;
* минимально детектируемая мощность (МДМ) Wмдм, соответствующая минимальному порогу чувствительности приёмного устройства – фотоприёмника ЦВОСП с заданной вероятностью ошибки.

Для определения длины РУ составляется его расчётная схема (рисунок 1.5).

ПРОМ

ПРОМ

НРП i

НРП δ+1

ОС-Р

ОС-Р

ОС-Н1

ОС-Нq

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

НРП – необслуживаемый регенерационный пункт;

ПРОМ – приёмопередающий оптический модуль, преобразующий оптический сигнал в электрический, восстанавливающий параметры последнего и преобразующий его в оптический;

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

Рисунок 1.5 - Расчётная схема РУ ЦВОСП

Как следует из рисунка 1.5 затухание РУ равно:

Ару = 2Аоср + q Аосн + α1 *l*ру + Аt + Ав, дБ, (1.6)

где Аоср – затухание, вносимое разъёмным оптическим соединителем, равное 0,5…1,5 дБ;

q – число неразъёмных оптических соединителей;

Аосн – затухание, вносимое неразъёмным оптическим соединителем, дБ;

α1 – коэффициент затухания ОВ, дБ/км;

*l*ру – длина регенерационного участка, км;

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

Ав – допуски на ухудшение параметров элементов ЦВОСП со временем (старение, деградация и т.п.), Ав=2…6 дБ (зависит от типов источника и приёмника оптического излучения и их комбинаций).

Для линейного оборудования СП синхронной цифровой иерархии всегда известным является уровень передачи, то есть Рпер = +2…-4 дБ.

Длину регенерационного участка найдём по формуле:

*l*ру = , км (1.7)

Энергетический потенциал Э возьмём из технических данных аппаратуры SMA1, равный 36 дБ (таблица 1.2).

Все величины в формуле (1.7) известны, кроме q – числа неразъёмных оптических соединений. Число q на единицу меньше числа строительных длин.

Определим длину РУ *l*ру мах, считая, что затухание вносимое неразъёмными соединителями равно нулю. При таком допущении длина РУ определится из выражения:

*l*ру мах = , км (1.8)

*l*ру мах =  = 99 (км)

Теперь зная *l*ру мах, определим число строительных длин ОК, составляющих РУ по формуле (1.9):

q= Ц (1.9)

где символ Ц означает округление в сторону большего числа.

q=  = 50

Число неразъёмных оптических соединителей вычисляем по формуле (1.10):

q = q - 1 (1.10)

q = 50 – 1 = 49

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

Δ*l* = , км (1.11)

Δ*l* =  = 16 (км)

С учётом (1.8) - (1.11) длину РУ определим по формуле:

*l*ру = *l*ру мах - Δ*l*, км

*l*ру = 99 – 16 = 83 (км)

## Схема организации связи

Схема организации связи между районными центрами Елховка, Сергиевск, Кошки, Исаклы, Шентала, Челно-Вершины представлена на рисунке1.6.

Для обеспечения связи между выбранными населёнными пунктами организуется 30 двухмегабитных потоков. Осталные потоки – резервные, используются на транзит, развитие, для аренды, а также для организации связи с областным кольцом.

##### E1

S1

S1

##### E1

S1

S1

25 км

Челно-Вершины



65 км

Кошки

##### S1

##### S1

E1

Исаклы

35 км

##### S1

##### S1

E1

S1

S1

##### E1

S1

S1

##### E1

60 км

##### STM-1

Елховка

40 км

Сергиевск

30 км

Рисунок 1.6 - Схема организации связи

# Расчёт параметров линейного тракта

## Расчёт первичных параметров оптического волокна

Одномодовое оптическое волокно (ООВ) является направляющей системой для распространения электромагнитных волн. Для их распространения по световоду используется известное явление полного внутреннего отражения на границе двух диэлектрических сред n1 и n2, где n1 – среда распространения волны НЕ11, ограниченная средой n2, при этом n1 < n2 /1/.

Средой распространения и ограничения является кварцевое стекло с различной концентрацией легирующих добавок для получения различных показателей преломления (ПП) n1 и n2, n1 =1,46 и n2 = 1,457.

Определим относительное значение ПП:

Δ = ,

Δ =  = 0,00205

По оптоволокну эффективно передаются только лучи, Заключённые внутри телесного угла θ, величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения. Этот телесный угол характеризуется числовой аппертурой:

*NA* = sin σ = 

*NA* =  = 0,093

где σ - апертурный угол падения луча,

σ = arcsin 0,093 = 5,336°

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

V = ,

где d = 10 мкм – диаметр сердцевины ОВ;

λ =1,3 мкм – длина волны оптического излучения.

V =  = 2,25

Одномодовая передача реализуется на гибридной волне НЕ11. Эта волна нулевое значение корня бесселевой функции Рnm=0,000, следовательно, она не имеет критической частоты и может распространяться при любой частоте. Все другие волны имеют конечное значение, и они не распространяются на частотах ниже критической. Интервал значений Рnm, при которых распространяется лишь один тип волны НЕ11, находится в пределах 0<Рnm<2,25. Поэтому при выборе диаметра сердцевины ОВ и выборе частоты передачи исходим из этого условия Рnm=1,883.

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

f = , Гц,

где с = 3 ⋅ 10 м/с – скорость света.

f =  = 2,31 ⋅ 10 (Гц)

Определим также длину волны:

λ =  =  = 1,298 (мкм)

Таким образом, по данной направляющей системе распространяется лишь одна волна НЕ11 при λо = 1,298 мкм.

## Расчёт вторичных параметров оптичёского волокна

В одномодовых световодах отсутствует модовая дисперсия и в целом дисперсия оказывается существенно меньше. В данном случае возможно проявление волноводной и материальной дисперсии, но при длинах волн λ = 1,2…1,6 мкм происходит их компенсация, то есть τмат ≈ ≈ τвв /4/.

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

σ = Δλ ⋅ σн, пс/км,

где Δλ = 5нм – ширина полосы длин волн оптического излучения;

σн = 3,5 пс/км – номинальное значение среднеквадратической дисперсии для ОК типа ОКЛ.

σ = 5 ⋅ 3,5 = 17,5 , пс/км.

Итак, σ = 17,5 пс/км, что существенно меньше модовой дисперсии многомодового ОК.

## Расчёт быстродействия ВОСП

Выбор типа ОК может быть оценён расчётом 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:

t= ****, нс,

где β - коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (вид линейного кода). β=0,7 для кода NRZ.

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

t= **** = 4,52 (нс)

Общее ожидаемое быстродействие ВОСП определяется по формуле:

t= 1,111, нс,

где tпер – быстродействие передающего оптического модуля (ПОМ), зависящее от скорости передачи информации и типа источника излучения; tпер = 1 нс (для скорости 155 Мбит/с);

tпр – быстродействие приёмного оптического модуля (ПРОМ), определяемое скоростью передачи информации и типом фотодетектора (ФД), tпр = 0,8 , нс;

tов – уширение импульса на длине РУ.

tсв = σ ⋅ *l*ру, нс,

где σ - дисперсия, определяемая в зависимости от типа волокна.

tсв = 17,5⋅ 83 = 1,45 нс

t= 1,111= 1,69 (нс),

Так как tож Σ = 1,69 нс < tдоп Σ = 4,52 нс, то выбор типа кабеля и длины РУ сделан верно. Величина

Δt = tдоп Σ - tож Σ

Δt = 4,52 – 1,69 = 2,83, нс

называется запасом по быстродействию.

При tож Σ < tдоп Σ станционное и линейное оборудование ВОЛП будут обеспечивать безыскажённую передачу линейного сигнала.

## Расчёт 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 приёма, то есть при отсутствии и шума искажений для обеспечения вероятности ошибок не хуже 10 требуется генерация 21 фотона на каждый приёмный импульс. Это является фундаментальным пределом, который присущ любому физически реализуемому фотоприёмнику и называется квантовым пределом детектирования.

Соответствующая указанному пределу минимальная средняя мощность оптического сигнала длительностью

τ = , с/бит,

τ =  = 6,45 ⋅ 10 (с/бит)

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.

## Расчёт 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 (берутся из паспортных данных ОК).

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

Потери в разъёмном соединителе определяются суммой

Ар = Σ аi, i = 1,2,3,4,

где а1 – потери вследствии радиального смещения на стыке ОВ (рисунок 2.1);

а2 – потери на угловое рассогласование (рисунок 2.2);

а3 – потери на осевое рассогласование (рисунок 2.3);

а4 – неучтённые потери.

Потери вследствие радиального смещения в одномодовом ОВ рассчитываются по формуле:

а1 = - 10 lq , дБ,

где δ - величина максимального радиального смещения двух ОВ, δ = 1,138 мкм;

w – параметр, определяющий диаметр моды ООВ, w = 10 мкм.

а1 = - 10 lq  = 0,056 (дБ)

Угловое рассогласование ОВ также приводит к существенным оптическим потерям. В формулы для расчёта указанных потерь, кроме угла рассогласования θ, входят ещё и показатели преломления и воздуха. Из-за того, что в паспортных данных ОВ не приводится величина ПП, расчёт потерь из-за углового рассогласования вызывает определённые трудности. Поэтому принимаем а2 = 0,35 дБ.

δ

Рисунок 2.1 - Радиальное смещение ОВ

θ

а

Рисунок 2.2 - Угловое рассогласование ОВ

a

Z

Рисунок 2.3 - Осевое рассогласование ОВ

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

Для расчёта потерь из-за осевого рассогласования можно воспользоваться следующей формулой

а= - 10 lq , дБ,

где Z – максимальное расстояние между торцами ОВ;

d – диаметр ОВ;

θа – аппертурный угол.

Для достижения малых величин потерь для ООВ можно принять максимальное значение Z = 2,95. θа = 5,336° (п.2.1.).

а= - 10 lq = 0,01 (дБ),

Неучтённые потери в разъёмном соединителе можно принять равным а4 =0,01 дБ.

При существующих технологиях потери в разъёмном соединителе не превышают величины

Ар = ≤ 0,5 дБ,

Ар = 0,056 + 0,35 + 0,01 = 0,426 ≤ 0,5 (дБ)

а в неразъёмных соединителях не более Ан ≤ 0,1 дБ.

## Расчёт 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 в неразъёмных соединителях. Исходные данные для расчёта распределения энергетического потенциала поместим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Обозначение | Единица измерения | Значения |
| Уровень мощности передачи оптического сигнала | Рпер | дБм | - 4 |
| Минимальный уровень мощности приёма | Рпр min | дБм | - 40 |
| Энергетический потенциал ВОСП | Э | дБ | 36 |
| Длина РУ | Lру | км | 83 |
| Строительная длина ОК | Lс | км | 2 |
| Количество строительных длин ОК на РУ | Nс | - | 50 |
| Количество разъёмных соединителей на РУ | Nр | - | 2 |
| Затухание оптического сигнала на разъёмном соединителе | Ар | дБ | 0,5 |
| Количество неразъёмных соединителей ОВ на РУ | Nн | - | 49 |
| Затухание оптического сигнала на неразъёмном соединителе | Ан | дБ | 0,1 |
| Коэффициент затухания ОВ | α | дБ | 0,3 |

Уровень передачи оптического сигнала Рпер = - 4 дБм. Уровень сигнала после первого разъёмного соединителя:

Рр1 = Рпер – Ар = - 4 – 0,5 = - 4,5 дБм

Уровень сигнала после первого неразъёмного соединителя станционного ОК и линейного ОК

Рн1 = Рр1 – Ан = - 4,5 – 0,1 = - 4,6 дБм

Уровень сигнала после неразъёмного соединителя на позиции 2 км

Рн2 = Рн1 – lс ⋅ α - Ан = - 4,6 – 2 ⋅ 0,3 – 0,1 = - 5,3 дБм

Уровень сигнала после неразъёмного соединителя на позиции 4 км

Рн3 = Рн2 – lс ⋅ α - Ан = - 5,3 – 2 ⋅ 0,3 – 0,1 = - 6 дБм

Таким образом, рассчитаем уровни сигнала после всех неразъёмных соединителей. Например:

Рн4 = - 6,7 дБм

Рн5 = - 7,4 дБм

И так далее, до

Рн49 = - 38,2 дБм

Уровень сигнала после 49-го неразъёмного соединителя равен –38,2 дБм.

Уровень сигнала после 2-го разъёмного соединителя

Рр2 = Рн49 – Ар = - 38,2 – 0,1 = - 38,3 дБм

Уровень сигнала после 2-го разъёмного соединителя является уровнем приёма

Рпр = Рр2 = - 38,3 дБм

Общее затухание на оптической соединительной линии составляет

Ару = Рпер – Рпр = - 4 – ( - 38,3) = 34,3 дБм

По результатам расчётов можно сделать вывод, что затухание на оптической соединительной лини меньше энергетического потенциала ВОСП, равного Э =36 дБ.

Эксплуатационный запас системы можно принять аз = 4 дБм.

Для транспортных систем SDH в технических данных приводится максимальный уровень приёма. Рассчитанный уровень приёма не должен быть больше максимально возможного уровня приёма, но и не должен быть ниже минимально возможного уровня приёма:

Рпр min ≤ Рпр ≤ Рпр max

- 40 дБм ≤ - 38,3 дБм ≤ - 4 дБм

Таким образом, уровни оптического сигнала в точке приёма больше минимально возможного и меньше максимально возможного уровней, приводимых в технических данных ВОСП.

# Организация управления сетью связи

Функционирование любой сети (SDH не является исключением) невозможно без её обслуживания на различных уровнях. Обслуживание сети сводится в общем случае к автоматическому, полуавтоматическому или ручному управлению системой, её тестированию и сбору статистики о прохождении сигнала и возникающих аварийных ситуациях, а также административному управлению системой.

Сетевое управление оказывает влияние как на развитие услуг и сетей связи, так и на структуру элементов сети. В системе управления сетью связи (СУСС) выделяют: элемент сети, посредник, операционную систему и рабочую станцию. Указанное решение влияет на требование к отдельным элементам сети, несмотря на то, что распределение функций в сети не оговаривается. При наличии трактов передачи СЦИ между различными элементами сети функции посредника осуществляет контроллер узла связи при дистанционном интерфейсе управления (интерфейсная сеть управления передачей – TMN).

Функции дистанционного интерфейса:

* проверка состояния аварийности оборудования;
* проверка соединений конфигурации TMN;
* административная функция безопасности (пароль и профиль оператора);
* сервисная память для всех событий в оборудовании;
* контроль за значениями рабочих характеристик.

Кроме собственных адресов отдельные элементы сети должны передавать в операционную систему данные об информационных сигналах, маршрутизацию которых они выполняют, о переключении портов и состояниях системы, а также о результатах текущего контроля. Таким образом, в централизированной базе данных содержится вся информация о маршрутизации трактов в сети.

Так как на проектируемой сети находится небольшое количество станций (6 станций), целесообразно использовать в качестве операционной системы управления обслуживанием NCT локального рабочего терминала LCT.

## Рабочая станция сети

Операционная система управления оборудованием NCT основывается на системе UNIX. Система управления NCT обеспечивает централизированное управление SDH-сетей. Комплексный обзор всей сетевой структуры с возможностью детального рассмотрения всех элементов сети даёт ясное понимание сети, её конфигурации и событий. Возможность выполнять все изменения конфигурации и текущий контроль задач для всей сети из одной точки делает NCT идеальной системой управления сетью. Это также позволяет осуществлять наблюдение за аварийными сигналами и рабочими параметрами, а также быстро реагировать на изменение состояния сети посредством дистанционной реконфигурации оборудования.

С помощью системы управления NCT может быть установлено резервное переключение и, при необходимости, инициализировано в элементе сети.

Функции управления.

Управление при неисправности.

Набор функций, обеспечиваемый управлением при неисправности, позволяет немедленно наглядно отобразить любые аварийные сигналы, появившиеся в элементах сети. При появлении аварийного сигнала цвет пиктограммы, представляющий элемент сети (NE), изменяется на красный. Цвет пиктограммы соответствующих субсетей и сети также изменяется.

Конфигурация.

Данные функции позволяют войти в сетевую топологию, обеспечивающую общий обзор сети по региону, местоположению и элементу сети. Это даёт оператору представление о сети на том уровне, который требуется для выполнения соответствующей задачи, от обзора всей сети до деталей планировки секции или кросс-соединений отдельного элемента сети (NE). Параметры, которые могут быть сконфигурированы на управляемом элементе сети, могут изменяться с помощью системы управления NCT, при этом изменения, которые могут быть вынесены с локального терминала элемента сети, могут производиться централизовано системой управления NCT.

Локальный рабочий терминал LCT.

Локальный терминал пользователя (LCT) может использоваться для локального или дистанционного управления и текущего контроля каждого синхронного мультиплексора SMA1. LCT взаимодействует с блоком управления системой (SCU) синхронного мультиплексора.

Функции LCT:

* рабочее состояние;
* аварийная информация, диагностическая информация;
* блокировка и приоритет аварийных сигналов;
* конфигурация;
* установка параметров для счётчиков рабочих характеристик, текущие счётчики рабочих характеристик;
* дата и время, данные пользователя;
* управление оборудованием (программным обеспечением);
* оборудование системы (функциональные блоки сетевого элемента), оборудование подстатива (модули в сетевом элементе);
* переключение на резерв;
* кросс соединения.

В качестве локального терминала пользователя (LCT) используется ноутбук компании "SIEMENS". Структура программного обеспечения терминала LCT приведена на рисунке 3.1.

FTP

Применения, определяемые конкретными сетевыми элементами

##### NE – UNIGATE

Прикладной уровень (режим LCT)

GUI (режим LCT)

Транспортный уровень (при наличии)

Сетевой уровень

Канальный уровень

Физический уровень

Операционная система MS Windows 3.1.

Сетевой элемент SMA1

##### QD2B3

##### QD2F

Рисунок 3.1 - Структура программного обеспечения терминала пользователя LCT

Прежде чем использовать ноутбук в качестве локального терминала пользователя (LCT), помимо операционной системы MS Windows 3.1. должны быть установлены следующие программные компоненты:

а) шлюзовое программное обеспечение LCT ("NE – UNIGATE"). Это програмное обеспечение позволяет подключать локальный терминал LCT к синхронному мультиплексору (сетевой элемент) в режиме локального или дистанционного управления (через интерфейс QD2F (V.24) или интерфейс QD2B3 (Ethernet)) и запускает конкретные, определяемые сетевыми элементами, прикладные программы;

б) програмное обеспечение FTP. Это программное обеспечение необходимо для транспортировки данных между операторским терминалом LCT и синхронным мультиплексором (сетевым элементом);

в) специализированное прикладное программное обеспечение LCT для соответствующего SM (двойного) или SMc (одиночного) подстатива мультиплексора. Это програмное обеспечение используется для конфигурирования и текущего контроля синхронного мультиплексора.

LCT подключается к интерфейсу QD2F (ITU-T V.24) синхронного мультиплексора или через блок подключения к среде передачи (MAU) к интерфейсу QD2B3 (интерфейс Ethernet 10 Мбит/с).

Интерфейс Ethernet (плата расширения)

Последовательный интерфейс RS 232/V.24

Сетевой элемент SMA1

##### SCU

Интерфейс QD2B3

MAU

Интерфейс QD2F

Рисунок 3.2 - Подключение LCT к синхронному мультиплексору SMA1 R2

Более высокая скорость передачи данных интерфейса QD2B3 особенно выгодна при коротком времени передачи в процессе транспортировки файлов (загрузки программного обеспечения) и для доступа к удалённым сетевым элементам (удалённый вход в систему). Удалённый вход в систему возможен только через интерфейс QD2B3. Эти интерфейсы реализованы в синхронном мультиплексоре посредством сверхминиатюрных D-соединителей; они расположены на соединительной панели подстатива.

Программное обеспечение LCT защищено паролем для предотвращения несанкционированного чтения данных конфигурации и доступа к средствам управления.

LCT имеет управляемый с помощью меню цветной графический интерфейс пользователя (GUI) с английским текстом. GUI показывает либо логическое изображение синхронного мультиплексора в виде функциональных групп, либо физическое изображение (модульный вид). Графический интерфейс пользователя адаптирован с учётом других прикладных программ Windows. Следовательно, нет необходимости проходить специальный курс обучения для работы с данным компьютером.

## Конфигурация сети

### **Топология сетей SDH**

Для того чтобы спроектировать высокоскоростную линию передачи необходимо решить задачу выбора топологии сети. Эта задача может быть решена достаточно легко, если знать возможный набор стандартных базовых топологий, из которых может быть составлена топология сети в целом. Ниже рассмотрены также базовые топологии и их особенности:

а) "точка-точка" – является наиболее простым примером базовой топологии SDH (рисунок 3.3). Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров ТМ, как на схеме без резервного канала приёма/передачи, так и по схеме со стопроцентным резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный электрический или оптический агрегатные выходы (каналы приёма/передачи). При выходе из строя основного канала сеть в считанные десятки миллисекунд автоматически переходит на резервный;

ТМ

ТМ

В

#### А

В

#### А

основной

резервный

Каналы

доступа

(трибы)

Каналы

доступа

(трибы)

Рисунок 3.3 - Топология "точка-точка", реализованная с использованием ТМ

б) топология "последовательная линейная цепь" (рисунок 3.4). Эта базовая топология используется, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость ответвлений в ряде точек на линии, где могут вводиться и выводиться каналы доступа. Она реализуется с использованием как терминальных мультиплексоров на обоих концах, так и мультиплексоров ввода/вывода в точках ответвления. Эта топология напоминает последовательную линейную цепь, где каждый мультиплексор ввода/вывода является отдельным её звеном. Она может быть представлена либо в виде последовательной линейной цепи без резервирования, либо более сложной цепью с резервированием типа 1+1;

ТМ

ТМ

Каналы

доступа

(трибы)

Каналы

доступа

(трибы)

Восток

Запад

ТDМ

Каналы доступа

(трибы)

Ввод

Вывод

Рисунок 3.4 - Топология "последовательная линейная цепь", реализованная на ТМ и TDM

в) топология "звезда" (рисунок 3.5), реализующая функцию концентратора. В этой топологии один из удалённых узлов сети, связанный с центром коммутации или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора, где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователей, тогда как оставшаяся его часть может быть распределена по другим удалённым узлам. Иногда такую схему называют оптическим концентратором, если на его входы подаются частично заполненные потоки уровня STM-N (или потоки уровня на ступень ниже), а на его выход поступает STM-N. Фактически эта топология напоминает топологию "звезда", где в качестве центрального узла используется мультиплексор SDH.

MUX

MUX

MUX

SMUX

ADM

Рисунок 3.5 - Топология "звезда" с мультиплексором в качестве концентратора

Г) топология "кольцо" (рисунок 3.6). Эта топология широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH-иерархии (155 и 622 Мбит/с).

Каналы

доступа

Каналы

доступа

Каналы доступа

Каналы доступа

Восток

Запад

Восток

Восток

Восток

Запад

Запад

Запад

SMUX

SMUX

SMUX

SMUX

Рисунок 3.6 - Топология "кольцо"

Основное преимущество этой топологии – лёгкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах SMUX двух пар (основной и резервной) оптических агрегатных выходов (каналов приёма/передачи): восток – запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встроенными потоками, и путевой защиты.

### **Конфигурация проектируемой сети**

Хотя транспортные способности уже первого уровня (155 Мбит/с) СЦИ казалось бы велики для зоновых сетей, однако принципы SDH позволяют эффективно использовать её и здесь. Упомянутая скорость передачи определяет лишь предел пропускной способности линий, которые в сложных сетях могут нести нагрузку от многих станций, обеспечивая сетевое резервирование.

Основными потребительскими потоками в зоновых сетях и сетях доступа являются первичные цифровые тракты 2 Мбит/с, из которых формируются VC-4. При использовании ассинхронного размещения, почти исключительно реализуемого во всей выпускаемой аппаратуре SDH, проблем взаимодействия не возникает, поскольку при этом сеть SDH сохраняет среднюю тактовую частоту первичного цифрового тракта. Сохраняются и возможности построения синхронных сетей коммутации.

Сеть данного проекта содержит 6 станций в районных центрах Кошки, Елховка, Исаклы, Челно-Вершины, Сергиевск, Шентала. Оптимальным вариантом для построения сети является топология "кольцо". Выбранная топология обеспечивает:

* более высокую надёжность;
* наиболее полную реализацию всех возможностей SDH;
* возможность расширения сети.

При использовании данного варианта построения сети расширение последней можно будет произвести различными способами. Так, например, для создания "двунаправленного кольца" потребуется строительство новой трассы между районными центрами Кошки, Елховка, Исаклы, Челно-Вершины, Сергиевск, Шентала, территориально разнесённой с существующей (проектируемой).

Весьма перспективным представляется построение сети SDH в виде нескольких объединённых колец для создания и развития взаимоувязанной сети связи в Самарской области и России в целом.

Так как оборудование SMA-1(фирмы "SIEMENS") не поддерживает режим самолечащегося кольца, то защиту трафика можно организовать только с помощью путевой защиты (рисунок 3.7).

Рабочий путь

Резервный путь

Мультиплексор SMA-1

Рисунок 3.7

Путевая защита реализуется путём создания и установления ряда кросс-соединений. Фактически создаётся 2 тракта: рабочий и резервный. Переключение на резервный тракт осуществляется при появлении аварийных сигналов. Например:

* AU-AIS – административная единица – сигнал индикации аварии;
* TU-AIS – трибутарная единица – сигнал индикации аварии;
* SSF – сбой сигнала сервера;
* ExcBER – чрезмерное количество ошибок.

### **Выбор способа формирования STM-1**

Поскольку основными потребительскими потоками на виртуальных сетях являются первичные цифровые тракты со скоростью 2 Мбит/с, то схема преобразования должна отвечать основному варианту взаимодействия (рекомендация G.709) и реализовывать следующий путь преобразования сигнала 2048 кбит/с.

C-12 / VC-12 / TU-12 / TUG-2 / TUG-3 / VC-4 / AU-4 / AUG / STM-1

Схема преобразования представлена на рисунке 3.8.

Контейнер

C-12

Виртуальный контейнер VC-12

Субблок

TU-12

Группа субблоков

TUG-2

Виртуальный контейнер VC-4

Административный блок AUG

Группа административных блоков AU-4

Синхронный транспортный модуль STM-1

Добавления трактового заголовка (POH)

2 Мбит/с

Добавления указателя PTR

Мультиплексирование

Добавления указателя PTR

Мультиплексирование

Мультиплексирование

Мультиплексирование

Группа субблоков

TUG-3

Мультиплексирование

Рисунок 3.8 - Схема преобразования сигнала 2 Мбит/с

## Маршрутизация транспортных потоков

Окончательный этап формирования сети управления состоит в механической установке оборудования узлов, их соединении с помощью кабелей и интерфейсных разъёмов и инициализации узла: установки программного обеспечения, тестирования правильности соединения, конфигурирования узлов и блоков и маршрутизации потоков.

Маршрутизация потоков осуществляется администратором сети с его рабочего места посредством программного сетевого управления NCT. Процесс маршрутизации осуществляется следующим образом:

* войти в Windows
* необходимо активизировать систему
* набрав пароль и идентифицировав профиль оператора, войти в операционную систему;
* загрузить программное приложение той станции, где будет производится маршрутизация;
* приступить к маршрутизации.

Непосредственно маршрутизация осуществляется в окне кросс-соединений. В этом окне можно выбрать доступные трибутарный вход и вход блока сборки высокого порядка и скоммутировать их. В таблице, приведённой в этом окне, появится состояние коммутированного тракта. В этом окне можно устанавливать программно закольцованное кросс-соединение, а также коммутировать резервный тракт, закреплённый за данным потоком (при необходимости). Список всех кросс-соединений и их состояние может быть показан в отдельной таблице, либо распечатан на принтере.

## Синхронизация сети

Синхронные мультиплексоры SMA 1,SMA 4 могут синхронизироваться от следующих источников тактовых сигналов:

* максимум 2 потока данных STM-1 или STM-4 (тактовый сигнал Т1);
* максимум 2 потока данных PDH (тактовый сигнал Т2);
* максимум 2 внешних тактовых сигнала (Т3);
* внутренний кварцевый генератор (Т0).

При установке конфигурации (при вводе в эксплуатацию) определяются имеющиеся источники тактовых сигналов, и каждому источнику тактовых сигналов назначается приоритет.

Во время работы выполняется текущий контроль каждого из сконфигурированных источников синхронизации. При отказе источника тактовых сигналов, в данный момент используемого для синхронизации, мультиплексор автоматически переключается на источник тактовых сигналов со следующим приоритетом.

Критерием для переключения источников синхронизации могут служить следующие события:

* LOS (потеря сигнала);
* LOF (потеря цикла);
* AIS (сигнал индикации аварии);
* ТМА (аварийный сигнал маркера синхронизации);
* ExcBER (интенсивность битовых ошибок 10).

Кроме этого синхронный мультиплексор SMA 1, SMA 4 сам может служить источником для передачи синхросигнала. Для этого предусмотрен специальный выход Т4.

Информация о качестве источника синхронизации передаётся в байте S1 заголовка STM-1. В таблице 3.1 показана информация, содержащаяся в байте маркера синхронизации SSM.

Таблица 3.1 - Информация в байте маркера синхронизации SSM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SSM (шестнадцатеричное значение) | Описание значения | Уровень качества |
| 2h | PRC (G.811) | Q1 |
| 4h | SRC, транзитный (G.812T) | Q2 |
| 8h | SRC, локальный (G.812L) | Q3 |
| Bh | MTS | Q4 |
| Oh | Качество неизвестно | Q5 |
| Fh | Для синхронизации не используется | Q6 |

Дадим некоторые пояснения к таблице 3.1:

* PRC – первичный опорный тактовый генератор: при получении SSM со значением 2h каждый сетевой элемент синхронизируется этим опорным генератором с уровнем качества Q1;
* SRC, транзитный – вторичный опорный тактовый генератор: байт маркера синхронизации SSM со значением 4h указывает на использование источника синхронизации, соответственно G.812T ITU-T с уровнем качества Q2;
* SRC, локальный – это опорный тактовый генератор редко используется в сетях SDH. Уровень качества Q3 почти на порядок ниже, чем для транзитного SRC;
* MTC – источник синхросигналов мультиплексора: этот байт маркера синхронизации SSM том случае, если в списке приоритетов отсутствуют другие источники тактовых сигналов;
* Качество неизвестно: этот байт SSM передаётся сетевым элементом на выход STM до тех пор, пока внутренний кварцевый генератор не будет синхронизирован с источников входящих тактовых сигналов. Как только это произойдёт, на все другие выходы SSM передаётся байт маркера синхронизации, который соответствует этому источнику опорных тактовых сигналов;
* Для синхронизации не используется: байт маркера синхронизации со значением равным Fh передаётся автоматически в случае синхронизации SDH-порта в обратном направлении. Таким образом, предотвращается образование шлейфа по синхронизации.

STM-N

W

1

2

1

2

STM-N

E

E

W

NE n

NE n+1

Рисунок 3.10 - Организация синхронизации по линейному порту

На рисунке 3.10 стрелки на сетевых элементах (NE) показывают направление синхронизации: например, источникои синхронизации, используемым сетевым элементом NEn, является линия "запад". Числа внутри сетевых элементов соответствуют приоритетам используемых источников тактовых сигналов. Символы в кружочках указывают значение (шестнадцатеричное) передаваемого байта маркера синхронизации SSM.

Для проектируемой сети организация синхронизации представлена на рисунке 3.11.

##### STM-1

ЗГ

Шентала

2

1

##### STM-1

ЗГ

2

1

Исаклы

ЗГ

ЗГ

ЗГ

ЗГ

Челно-Вершины

Кошки

Елховка

Сергиевск

2

2

1

STM-1

1

1

2

STM-1

STM-1

2

1

STM-1

От АМТС EWSD

Рисунок 3.11 - Организация синхронизации для проектируемой сети

## Функциональные методы защиты синхронных потоков

При проектировании сетей СЦИ важно обеспечить их надёжность и живучесть. Технология SDH позволяет организовать такую сеть, при которой достигается не только высокая надёжность функционирования, обусловленная использованием ВОК, но и возможность сохранения или восстановления (за очень короткое время – в десятки миллисекунд) работоспособности сети, даже в случае отказа одного из элементов или среды передачи – кабеля. Кроме того, встроенные средства контроля и управления облегчают и ускоряют обнаружение неисправностей и переключение на резервные ёмкости. Поэтому применительно к сетям SDH иногда используется термин – "самозалечивающиеся".

Существуют различные методы обеспечения быстрого восстановления работоспособности синхронных сетей, которые могут быть сведены к следующим схемам:

* резервирование участков сети по схемам 1+1 и 1:1 по разнесённым трассам;
* организация самовосстанавливающихся кольцевых сетей, резервированных по схемам 1+1 и 1:1;
* резервирование терминального оборудования по схемам 1:1 и N:1;
* восстановление работоспособности сети путём обхода неработоспособного узла;
* использование систем оперативного переключения.

## Организация служебной связи

Заголовки SOH и POH цикла STM-1 имеют достаточно большую ёмкость, которая может быть использована для формирования различных служебных каналов. Общий объём заголовка составляет 90 (89+1) байт. Использование каждого байта эквивалентно созданию канала 64 кбит/с. все указанные байты могут быть разделены на 3 типа (рисунок 3.9).

Типы байтов SOH и POH следующие:

* байты, которые не могут эксплуатироваться пользователями SDH оборудования (их 36, они затонированы на рисунке 3.9);
* байты, которые специально предназначены для использование в служебных целях или для создания служебных каналов (их 16, они помечены символом и номером, например Е1), к ним относятся, например, канал DCCR (D1, D2, D3), использующий скорость 192 кбит/с для обслуживания регенераторных секций, канал DCCM (D4 – D12) – 576 кбит/с для обслуживания мультиплексных секций; кроме этого существуют ещё 4 байта – Е1, Е2 и F1, F2, зарезервированные для создания четырёх каналов 64 кбит/с;

E1

F1

D1

D8

D5

SOH

D4

D7

D10

D11

D2

D3

E2

D12

D9

D6

F2

POH

Рисунок 3.9 - Байты SOH и POH и возможности их использования

* байты, к которым пользователь имеет доступ, но функции которых не регламентированы стандартами (их 38, они никак не помечены).

Последние две группы байтов могут быть сконфигурированы для создания служебных каналов и скоммутированы на внешние интерфейсы, к которым может подключаться пользователь SDH оборудования.

Для создания канала служебной связи необходимо наличие платы ОНА и сконфигурированных кросс-соединений.

В качестве каналов передачи могут использоваться байты Е1 и Е2 в RSOH и MSOH.

Каждому сетевому элементу можно назначить свой трёх значный телефонный номер. Существует также возможность организации конференц-связи и организации группового вызова.

# Комплектация оборудования

В данном дипломном проекте используется оборудование SM 1 фирмы "SIEMENS". SM 1 выполняет функции линейного и станционного оборудования. Всего используется 6 SM 1, по одному в следующих населённых пунктах: Елховка, Исаклы, Шентала, Челно-Вершины, Сергиевск, Кошки.

Комплектация мультиплексора SMA 1 осуществляется следующими модулями:

* EI2W (рабочий) – модуль вставки/выделения потоков 2 Мбит/с. На одном модуле можно выделять до 21 потока 2 Мбит/с, возможно резервирование модулей в режиме 1+1, этот модуль предназначен для нормальной работы;
* EI2P (резервный) – модуль для переключения на резерв (защита платы);
* OI155 – модуль оптического линейного тракта. Модуль OI155 содержит двунаправленный синхронный интерфейс. Структура потоков данных и их характеристические параметры соответствуют рекомендации ITU-TG.957 для линейных потоков STM-1 со скоростью передачи 155 Мбит/с. Модуль OI155 выполняет функции мультиплексирования/демультиплексирования SDH для потоковTU-3, TU-2 и TU-12 уровня AU-4. Потоки SDH могут передаваться в закрытой форме на высоком уровне или рассредоточиваться по низким уровням. Необходимые функции текущего контроля и управления реализованы для всех уровней. Обработка заголовка потока STM-1 и переключение на резерв (защита тракта) выполняются совместно с коммутационным полем;
* SN – модуль коммутационного поля. Ядром коммутационного поля является не блокируемая полнодоступная матрица временного коммутатора ёмкостью1008 эквивалентов VC-12. Матрица осуществляет все переключения под управлением встроенного микроконтроллера. Все подключаемые к мультиплексору плезиохронные сигналы перед вводом в коммутатор преобразуются в виртуальный контейнер соответствующего уровня на основании рекомендации ITU-T № G.709. коммутатор обеспечивает подключение сигналов уровней: TU-12 (2 Мбит/с), TU-2 (6,3 Мбит/с), TU-3 (34 Мбит/с) и AU-4 (140 Мбит/с). При этом возможна организация следующих видов соединений:
* однонаправленное;
* двунаправленное;
* шлейф;
* доступ к разделениям;
* вещание.

1

2

1008

1007

1

2

1008

Модуль управления

Жёсткий диск

Модуль сигнализации

Входящие TU-12

Рисунок 4.1 - Функциональная схема коммутационного поля

* ОНА – модуль доступа к заголовку SDH потоков STM 1. Модуль ОНА поддерживает следующие интерфейсы:
* интерфейсы данных 64 кбит/с на основании ITU-T G.703;
* интерфейсы речевых сигналов (двухпроводные, четырёхпроводные);
* коммутационное поле для прямого соединения со служебными каналами;
* коммутация конференц-соединения каналов служебной связи;
* кнопочный телефонный аппарат с тональным набором;
* генерация вызывных сигналов и акустических тональных сигналов;
* источник синхронизации. Все модули мультиплексора SMA 1 имеют общую функциональную группу SET для синхронизации мультиплексоров SMA 1. В качестве источников опорных сигналов могут использоваться следующие источники синхросигналов:
* внешний опорный тактовый генератор 2,048 МГц (входной сигнал Т3);
* смежный поток данных STM-1 (входной сигнал Т1);
* поток данных 2,048 Мбит/с (входной сигнал Т4);
* внутренний кварцевый генератор (выходной сигнал Т0).

В качестве входных сигналов может быть выбрано до 6 различных внешних источников синхросигнала;

* UCU-C – модуль блока управления – это универсальный процессор с операционной системой UNIX, выполняющий функции управления синхронным оборудованием SEMF и функции передачи сообщений MCF в блоке управления системой (SCU);
* LAD – модуль локальной аварийной сигнализации и жёсткого диска. Модуль LAD – это часть блока управления системой (SCU); наиболее важными функциями модуля LAD являются следующие функции:
* массовая память блока SCU на сменном жёстком диске 2,5 дюйма (планируется зеркальное копирование жёсткого диска);
* генерация аварийных сообщений и сообщений об ошибках;
* получение программных аварийных сообщений, сообщения о помехах и аварийные сигналы аппаратных средств от модуля UCU-C.

Блок управления UCU-U и модуль локальной аварийной сигнализации и жёсткого диска вместе составляют блок управления системой (SCU). Блок SCU отвечает за управление и текущий контроль синхронного мультиплексора (функция SEMF) и передаёт информацию между интерфейсами QD2F и QD2B (функция MCF).

Каждый модуль, кроме модулей UCU-C и LAD, содержит один или два периферийных блока управления (PCU). PCU – это процессор для контроля устройств передачи данных, регулировки конфигурации и связи с блоками управления системой (SCU) более высокого уровня.

На рисунке 4.2 представлено взаимодействие описанных модулей SMA 1.

Синхронные мультиплексоры SMA 1 представляют собой модульные подстативы. Существуют подстативы двух типов:

* двойной подстатив, с двумя рядами модулей, максимальное количество выделяемых потоков – 252;
* одиночный подстатив, с одним рядом модулей, максимальное количество выделяемых потоков – 125.

Данным проектом предусматривается применение одиночного подстатива (рисунок 4.3.).

Подстативы синхронных мультиплексоров SMA 1предназначены для установки в стативах ETSI с размерами 600 мм × 2200 мм × 300 мм (ширина, высота, глубина).

Каждый мультиплексор снабжён панелью локальной сигнализации аварийных состояний. Панель предохранительных автоматов находится в верхней части статива ETSI. По бокам статива предусмотрено пространство для подводимых к мультиплексору кабелей.

При разработке мультиплексоров SMA 1 были использованы принципы децентрализации, что позволило отказаться от единого блока питания. Каждый модуль содержит свой преобразователь, вырабатывающий напряжения, используемые модулями. Применение такого подхода значительно увеличило надёжность устройства и уменьшило потребляемую мощность.

64,8 Мбит/с

##### SN

64,8 Мбит/с

1+1

OI 155

OI 155

STM-1

STM-1

##### OHA

##### E12

Управление

SCU

UCU-C

##### LAD

Канал служебной связи EOW

Служебные каналы

2 Мбит/с

QD2F

QD2B

Тактовые сигналы

МТS

Рисунок 4.2 - Взаимодействие модулей SMA-1

101

201

301

S N Y

401

S N X

O I 1 5 5

OHA

E I 2 w

E I 2 w

E I 2 w

E I 2 P

O I 1 5 5

UCU C

L AD

416

Питающие интерфейсы

Линейные (трибутарные) интерфейсы

Служебные интерфейсы

Рисунок 4.3 – Механическая конструкция SMA 1

# Разработка и расчёт цепей электропитания

Современная аппаратура МСП предъявляет высокие требования к системам и устройствам электропитания, составляющим до 25% объёма аппаратуры передачи. По мере микро 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 всё 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 объём 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 дешёвых 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.

## Организация токораспределительной сети

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

Необходимость расчёта ТРС вызвана тем, что к устанавливаемой аппаратуре предъявляются более жёсткие требования по допустимым изменением 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 (к.з.) 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, создаёт 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 к.з., увеличение сопротивления рядовой минусовой проводки путём включения в эту проводку дополнительных резисторов, ограничивающих эту величину тока к.з., и снижение индуктивности в ТРС путём 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.

## Расчёт токораспределительной сети

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

Исходными данными для расчёта 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 длинна кабеля рядового питания равна

*l*к = *l′*к + *l*cк + 0,5 , м,

где *l′*к – приведённая длинна кабеля, равная общей ширине рядом стоящих стоек, умноженное на коэффициент к = 0,66.

*l′*к = 1⋅ 0,65 ⋅ 0,66 = 0,429 (м)

*l*cк = 1 м – длина соединительного кабеля от магистральной шины до стойки.

*l*к = 0,429 + 1 + 0,5 = 1,929 (м)

Суммарный ток кабеля рядового питания будет равен

Iк = =  = 2 (А)

так как всего одна стойка.

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 аллюминевой жилой сечением 16 кв.мм.

Рассчитаем моменты токов, то есть момент тока, так как он один

М = I ⋅ *l*к = 2 ⋅ 1,929 = 3,858

Допустимое падение напряжения в магистральном фидере от места ввода фидера в ЛАЦ до наиболее удалённого ряда аппаратуры принимается для средних ЛАЦ равным ΔUм=0,02 В.

Сечение магистральной шины рассчитывается по формуле:

Sм = , мм,

где q = 57 – коэффициент пропорциональности для медной жилы.

Sм =  = 3,4 (мм)

# Надёжность 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.

Надёжностью называется свойство объектов выполнять свои функции с требуемыми показателями качества, определяемыми системой нормативно-технической документации, в заданных условиях работы и в заданное время. Надёжность отражает влияние главным образом внутрисистемных факторов – случайных отказов техники, вызываемых физико-химическими процессами старения аппаратуры, дефектами её изготовления или ошибками обслуживающего персонала.

В данном разделе будут рассмотрены 2 основных показателя надёжности: интенсивность отказов λ и вероятность безотказной работы для заданного интервала времени P(t).

## Расчёт параметров надёжности

Для удобства расчёта показателей составим структурную схему, характеризующую надёжность зоновой линии связи. На этой схеме последовательно соединим элементы, которые должны быть работоспособными для сохранения работоспособности всего элемента (рисунок 6.1). В том случае, если для сохранения работоспособности объекта достаточна работоспособность одного из нескольких элементов, то такие элементы соединим параллельно.

Для работоспособности линии связи все её элементы должны быть работоспособными.

ОРП

Кабель

λ орп

λ каб

Рисунок 6.1 - Схема замещения для расчёта показателей надёжности

И поэтому в эквивалентной схеме надёжности они соединяются последовательно. Если число элементов = n, интенсивность отказов и вероятность безотказной работы элементов составляют соответственно λ i и Pi(t), то вероятность безотказной работы всей линии:

Р(t) =  = = , (6.1)

где λ = ; *i* = 1÷*n*

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

λ = λ орп ⋅ n орп + λ каб ⋅ L , 1/ч (6.2)

где λ орп, λ каб – интенсивность отказов ОРП (ОП), 1 км кабеля соответственно, 1/ч;

n орп – число ОРП;

L – длина линии, км.

Данные для расчёта приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели надёжности | ОРП | Кабель на 1 км |
| Интенсивность отказов λ, 1/ч | 10 Е-7 | 5 ⋅ 10 Е-8 |
| Время восстановления повреждения tв, ч | 0,5 | 5,0 |

Рассчитаем интенсивность отказов по формуле (6.2).

λ = 10⋅ 6 + 5 ⋅ 10⋅ 255 = 13,35 ⋅ 10, (1/ч).

Рассчитаем среднее время восстановления связи:

Тв = , ч,

где tв орп, tв каб – время восстановления повреждения ОРП (ОП), ОК, соответственно, ч.

Тв =  = 4,8 (ч).

Зная среднее время восстановления связи, можем найти интенсивность восстановления связи:

μ = , 1/ч,

где Тв – среднее время восстановления связи, ч.

μ =  = 0,21 , (1/ч).

Вероятность безотказной работы определим по формуле (6.1) для следующих интервалов времени: t1 = 1 час; t2 = 1 месяц = 720 часов; t3 = 1 год = 8640 часов; t4 = 10 лет = 86400 часов. Результаты расчётов занесём в таблицу 6.2.

Таблица 6.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятность безотказной работы | Интервал времени t, ч | | | | |
| 0 | 1 | 720 | 8640 | 86400 |
| Р(t) | 1 | 0,999987 | 0,990434 | 0,891445 | 0,316 |

Р(t)

8640

86400

1

0,9

0,3

t,ч

0

Рисунок 6.2 - Зависимость вероятности безотказной работы от времени

# Эргономические параметры рабочего места оператора связи

В связи с всеобщей компьютеризацией становится важным вопрос об организации рабочего места оператора связи.

Рабочее место оператора должно отвечать определенным эргономическим и техническим требованиям, обеспечивать максимальную комфортность условий работы за компьютером, способствовать сохранению работоспособности и хорошего самочувствия в течение дня.

Специалисты в области эргономики считают, что для большинства людей комфортабельным рабочим местом является такое, которое можно приспособить не менее чем для двух позиций, при этом положение кресла, дисплея, клавиатуры, манипулятора "мышь" и т.д., а также их качество, должны каждый раз соответствовать выполняемой работе.

Рабочее место оператора связи включает:

* монитор, с подставкой – для установки экрана монитора под нужным углом наклона;
* регулируемый стол для компьютера, позволяющий изменять высоту положения клавиатуры;
* регулируемое кресло;
* клавиатура и манипулятор "мышь";
* оригиналодержатель для рабочих материалов.

## Монитор

Монитор является основным звеном безопасности в настольной вычислительной системе. Плохой монитор может стать вполне реальной угрозой здоровью человека. В то же время монитор высокого качества благодаря хорошим техническим показателям и низкому уровню электромагнитных излучений повышает продуктивность работы, предотвращает зрительное утомление, усталость и головные боли.

На рабочем месте оператора связи должен быть установлен монитор не менее 15-дюймов. Этот монитор отвечает требованиям по размеру видимой части экрана, разрешению, частоте смены кадров, мультичастотности, экранному покрытию и настройке экрана.

Он обеспечивает частоту регенерации кадров не менее 75 Гц при оптимальном для каждого класса разрешении. Это снижает утомляемость глаза, что немаловажно при постоянной работе с компьютером.

Монитор полностью удовлетворяет стандартам MPRII, ТСО и требованиям безопасности, установленным ГОСТ Р50948-96 "Средства отображения информации индивидуального пользования", по уровню переменных электромагнитных и электростатических полей (таблица 7.1).

Таблица 7.1 - Допустимые уровни излучений монитора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид поля | TCO 92 | MPR II | ГОСТ Р 50948-96 |
| Электростатическое | 500 В | 500 В | 500 В |
| Переменное электрическое |  |  |  |
| 5 Гц – 2 кГц | 10 В/м | 25 В/м | 25 В/м |
| 2 – 400 кГц | 1 В/м | 2,5 В/м | 2,5 В/м |
|  | на расст. 0,3 м от центра экрана и 0,5 м вокруг дисплея | на расcт. 0,5м вокруг дисплея | на расст. 0,5 м от экрана и 0,4 м от центра клавиатуры |
| Переменное магнитное |  |  |  |
| 5 Гц – 2 кГц | 250 нТл, 200 мА/м | 250 нТл,200 мА/м | 250 нТл, 200 мА/м |
| Продолжение таблицы 7.1 | | | |
| Вид поля | TCO 92 | MPR II | ГОСТ Р 50948-96 |
| 2 – 400 кГц | 25 нТл, 20 мА/м | 25 нТл, 20 мА/м | 25 нТл, 20 мА/м |
|  | на расст. 0,3 м от центра экрана и 0,5 м вокруг дисплея | на расст. 0,5 м вокруг дисплея | на расст. 0,5 м от экрана и 0,4 м от центра клавиатуры |

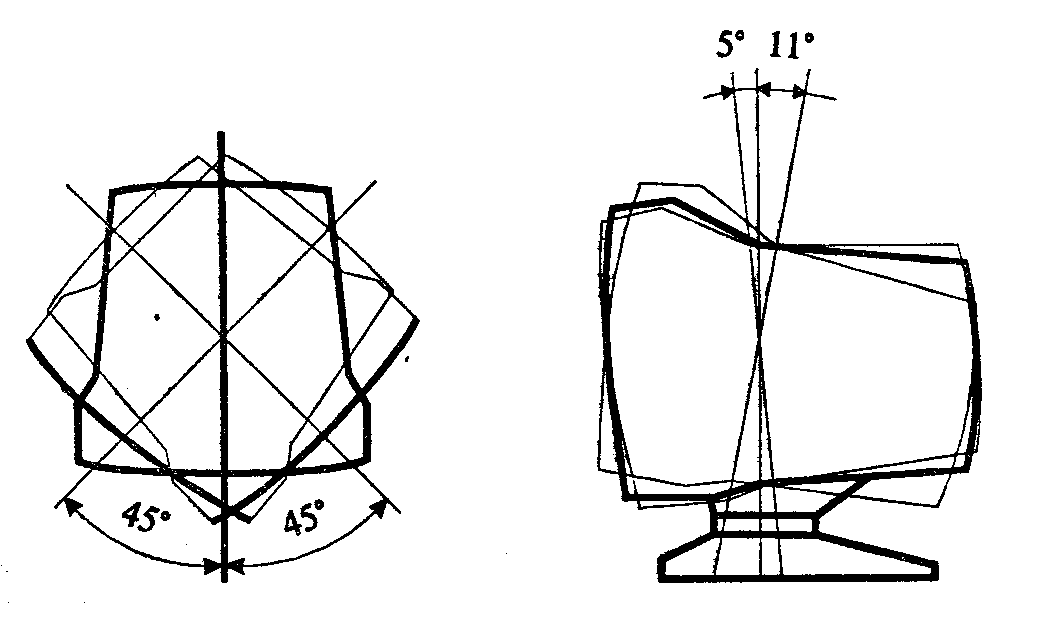


Рисунок 7.1 - Повороты монитора в вертикальной и горизонтальной плоскостях

## Клавиатура и манипулятор "мышь"

Клавиатура является основным устройством ввода и от ее конструктивной особенности зависит, как быстро устанет оператор и, следовательно, производительность труда.

Недостатком клавиатуры является быстрая утомляемость кисти руки при длительной работе, так как кисть находится все время в подвешенном состоянии, что создает нагрузку на мышцы предплечья.

Для повышения удобства работы с компьютером можно оснастить рабочие места клавиатурой *Natural Keyboard* фирмы *Microsoft* (рисунок 7.2), которая своеобразной конструкцией призвана снизить нагрузку на руки. Она в какой-то степени застрахует операторов от туннельного синдрома запястного канала.

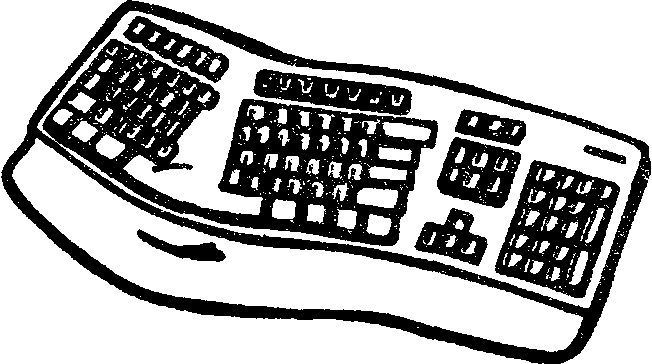


Рисунок 7.2 - Эргономическая клавиатура Natural Keyboard фирмы Microsoft

Основной блок клавиш на клавиатуре разбит на две части, развернутые вовне таким образом, что пользователю волей-неволей приходится раздвигать руки и расставлять локти. По мнению Microsoft, такое положение рук удобнее, чем напряженная поза с изогнутыми кистями, неизбежная при работе на стандартной клавиатуре. Удобным эргономическим приспособлением является подставка для кистей шириной 7,5 см, расположенная на клавиатуре со стороны оператора. Имеется также регулятор высоты расположения кистей, прикрепленный к клавиатуре снизу и позволяющий изменять ее наклон. Длина хода клавиш как нельзя лучше подходит для профессиональной машинописи слепым методом. В целом клавиатура очень удобна для работы, но требует некоторого привыкания.

Другое устройство, которое привлекает особое внимание специалистов в области эргономики — манипулятор типа "мышь".

Недостатком всех манипуляторов "мышь" является то, что при каждом поднятии руки и повторяющемся ее удержании над каким-нибудь предметом предплечье испытывает значительную нагрузку. На рынке имеются подвижные опоры для кистей, перемещающиеся вместе с руками. Эти опоры размещаются так, чтобы кисти свободно с них свисали, что снижает нагрузку на предплечья и снижает утомляемость.

## Рабочий стол и кресло

Рабочая мебель при работе с компьютером играет важную роль в создании эргономически оптимальных условий деятельности человека. Грамотное ее использование позволяет снизить степень утомления, повысить работоспособность, производительность труда, концентрацию внимания.

Компьютерная мебель должна быть удобной, прочной, надежной, и иметь аккуратный вид. При этом конструкция и размеры стола и кресла способствуют оптимальной позе оператора, при которых выдерживаются определенные угловые соотношения между "шарнирными" частями тела. Правильная поза (следовательно, и правильное функционирование организма) поможет сохранению здоровья и воспрепятствует возникновению симптомов синдрома компьютерного стресса, а также синдрома постоянных нагрузок.

Для исключения негативного влияния неудобства рабочей позы оператора в конструкции рабочего столапредусматривается возможность регулировать высоту рабочей поверхности стола, которая в зависимости от роста пользователя находится в пределах 68-80 см.

В конструкции стола есть выдвижные горизонтальные панели для клавиатуры и манипулятора "мышь" на уровне 5-10 см ниже поверхности стола, чтобы обеспечить оптимальное угловое соотношение в локтевых и кистевых суставах. Кроме того, установив клавиатуру и "мышь" в выдвижную панель, освобождается место на поверхности рабочего стола. Это актуально, поскольку в процессе работы пользователь имеет дело с большим количеством литературы и документов.

К конструкции кресла также предъявляется ряд немаловажных требований. Компьютерные кресла на рабочем месте оператора связи, позволяют занять вертикально прямую позицию*,* предотвращающее сутулость, обеспечивающее опору для ягодиц, бедер и нижней части спины и равномерное распределение силы тяжести всех частей тела на опорные поверхности (что позволяет избежать статического напряжения больших мышечных групп). Кресла имеют возможность регулирования по высоте сиденья, высоте и углу наклона спинки. При этом форма спинки кресла повторяет форму спины сидящего. Чтобы оператор не чувствовал давления на копчик (если кресло расположено слишком низко) или на бедра (если кресло расположено слишком высоко), кресло установлено на оптимальной высоте.

Параметры компьютерного кресла (рисунок 7.3), обеспечивают:

* плавное перемещение сидения по высоте с помощью газовой пружины;
* плавное изменение наклона спинки;
* плавное изменение наклона сиденья;
* регулировку пружинного противодавления спинки кресла на спину оператора;
* перестановку спинки по высоте;
* изменение глубины сидения путем изменения изгиба края сиденья;
* синхронное повторение движений оператора сиденьем и спинкой в правильном угловом соотношении;
* синхронное повторение спинкой кресла движений верхней части туловища сидящего;
* амортизация сиденья.

Кроме того, конструкция рабочего кресла такова, чтобы у оператора не было возможности скользить тазом по сиденью вперед (что ведет к сутулости) и опускать (прогибать) среднюю часть спины по спинке кресла.

Кресла имеют обивку из мягкого, упругого, нескользящего, неэлектризующегося материала.

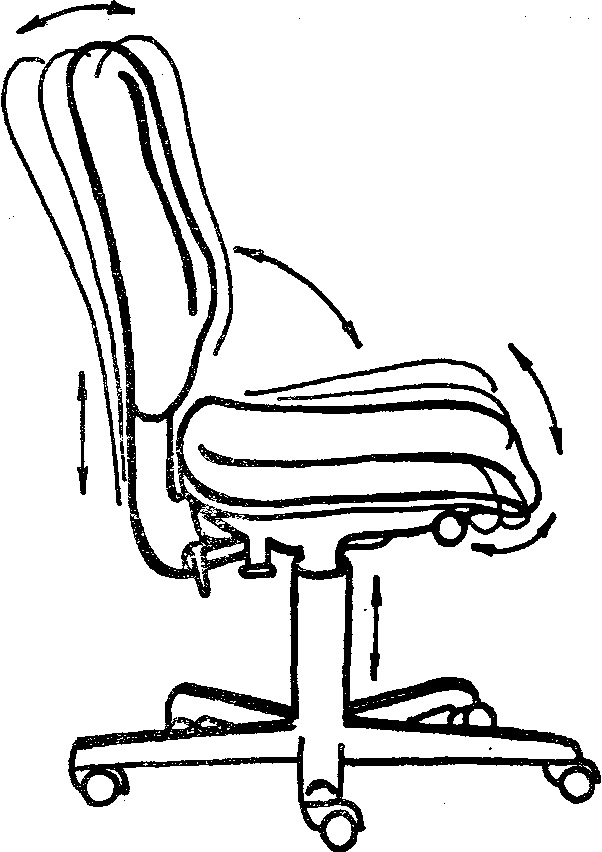


Рисунок 7.3 - Компьютерное кресло

## Оригиналодержатель

Для удобства работы с документами предусмотрена подставка с оригиналом документа, которая располагается вертикально в одной плоскости с экраном и на одной с ним высоте. Работа глаз из стороны в сторону предпочтительнее, чем сверху вниз от экрана к горизонтальной копии, а затем вновь к экрану. Если по ходу работы надо чаще смотреть на оригинал, чем на экран, кресло или экран поворачивают таким образом, чтобы прямо перед оператором располагался оригинал, а не экран компьютера.

Расположение материала периодически меняется, размещая его то слева, то справа от экрана. Движение вперед-назад, слева направо от экрана к копиям снижают опасность возникновения визуального стресса и совершенствуют визуальные характеристики глаз.

Выводы

Только правильное соблюдение требований и мероприятий по оптимизации условий труда оператора связи позволяет сохранить не только нормальную работоспособность, но и самое главное – здоровье.

Ведь вся разработка мероприятий по оптимизации условий труда оператора связи предназначена для предотвращения неблагоприятного воздействия на человека вредных факторов, сопровождающих работы с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами.

# Технико-экономическое обоснование

В данной главе дипломного проекта приводится расчёт технико-экономических показателей для проектируемой ВОЛС.

Линия связи создаётся на базе оборудования SDH, имеет топологию построения "кольцо". Протяжённость трассы составляет 255 км. Линия обеспечивает 1920 каналов тональной частоты.

Потребителями междугородной связи будут предприятия, население, также часть каналов будет предоставляться для передачи данных и сдаваться в аренду.

Размещение проектируемого оборудования СП SDH предполагается осуществлять на свободных площадях ЛАЦ существующих зданий, кабель будет прокладываться в существующей кабельной канализации. Приём нового штата не предусматривается.

Таким образом, поставленная задача относится к техническому перевооружению.

## Расчёт капитальных затрат

Капитальные вложения – это затраты на расширение воспроизводства основных производственных фондов.

Капитальные вложения являются важнейшим экономическим показателем, так как непосредственно характеризуют, во что обходится создание новых сооружений техники связи.

Капитальные вложения включают в себя затраты на строительно-монтажные работы, приобретение оборудования, транспортных средств и инвентаря и прочие виды подготовительных работ, связанных со строительством, то есть капитальные затраты принимаются равными сметной стоимости строительного объекта.

Так как размещение оборудования производится на существующих площадях, то затраты на строительство зданий не предусмотрены.

Все произведённые расчёты представлены ниже в табличной форме (таблица 8.1 и таблица 8.2).

Таким образом, из расчёта смет получим, что сумма капитальных вложений составляет 27219590 рублей.

Таблица 8.1 – Смета №1 затрат на оборудование

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование работ или затрат | Единицы измерения | Количество единиц | Смётная стоимость,руб. | | |
| Единица | | Общее |
| А.Оборудование фирмы "SIEMENS"  Базовое оборудование: (мультиплексор, плат SN (2 шт.),UCU, LAD)  Плата служебной связи  Плата EI2W  Плата EI2P  Статив  Плата OI155  Нотебук с программным обеспечением | комплект  плата  плата  плата  стойка  плата  шт. | 6  6  18  6  6  12  1 | 364000  42000  42000  35000  28000  84000  560000 | | 2184000  252000  756000  210000  168000  1008000  560000 |
| Итого |  |  |  | | 5138000 |
| Стоимость неучтённого оборудования | % | 10 | |  | 513800 |
| Итого |  |  | |  | 5651800 |
| Тара и упаковка  Транспортные расходы (от стоимости оборудования) | %  % | 0,5  4 | |  | 28259 205520 |
| Итого |  |  | |  | 5885579 |
| Заготовительно-складские расходы (от предыдущего итога) | % | 1,2 | |  | 70626 |
| Итого по разделу |  |  | |  | 5956205 |
| Б.Монтаж и настройка оборудования с учётом накладных расходов | % | 18 | |  | 1072116 |
| Всего по смете |  |  | |  | 7028321 |

Таблица 8.2 – Смета №2 затрат на линейные сооружения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование работ или затрат | Единицы измерения | Количество единиц | Сметная стоимость, руб. | |
| Единица | Общее |
| А.Приобретение кабеля ОКЛК | км | 255 | 41600 | 10608000 |
| Итого |  |  |  | 10608000 |
| Тара и упаковка  Транспортные расходы (от стоимости кабеля) | %  % | 0,5  4 |  | 53040 423320 |
| Итого |  |  |  | 11084360 |
| Заготовительно-складские расходы (от предыдущего итога) | % | 1,2 |  | 133012 |
| Итого по разделу |  |  |  | 11217372 |
| Б.Строительство и монтажные работы по прокладке кабеля (с учётом транспортировке кабеля по трассе, накладных расходов) | % | 80 |  | 8973897 |
| Всего по смете |  |  |  | 20191269 |

## Расчёт численности штата

Расчёт численности работников по обслуживанию проектируемой волоконно-оптической линии зоновой связи произведём на основании приказа Министерства Связи РФ от 24.01.96 №6/3258 об утверждении норм времени на техническое обслуживание.

Таблица 8.3 – Общие нормы времени

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование видов работ | Единицы измерения | Норматив на ед. чел. | Количество единиц | Всего чел. час |
| Текущее обслуживание телефонных каналов без переприёма | канал | 2,5 | 467 | 1166,5 |
| Профилактика каналообразующего оборудования | стойка | 4 | 6 | 24 |
| Текущее обслуживание 1 км кабеля | км | 4,8 | 255 | 1224 |
| Всего |  |  |  | 2414,5 |

Численность штата найдём по формуле:

P= , чел

где *К* - коэффициент, учитывающий резерв на подмену во время отпусков, *К*= 1,08;

Ф - месячный фонд рабочего времени, Ф= 169,2 ч;

Н - норматив на обслуживание.

Р =  = 16 (чел)

В результате получим, что на обслуживание линейного и станционного оборудования необходимо 16 человек.

## Расчёт фонда заработной платы

Расчёт годового фонда заработной платы (З) производится на основании численности производственного персонала (Р) и средней месячной заработной платы одного работника (), то есть

З = Р ⋅  ⋅ 12,

где  - средняя месячная заработная плата одного работника, равная 2000 рублей.

З = 16 ⋅ 2000 ⋅ 12 = 384000 (руб.)

Отчисления на социальные нужды производится в размере 38,5 % от годового фонда заработной платы, то есть

О= 0,385 ⋅ З

О= 0,385 ⋅ 384000 = 147840 (руб.)

## Расчёт амортизационных отчислений

Расчёт суммы годовых амортизационных отчислений производится на основании сборника "Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства РФ" по формуле:

А = ,

где А – сумма годовых амортизационных отчислений;

а- норма амортизационных отчислений в процентах от среднегодовой стоимости основных производственных фондов *i*-го вида; *i* =  (*n* – число видов основных фондов);

Ф - среднегодовая стоимость основных производственных фондов *i-*го вида.

В нашем случае Ф= 27219590, а= 5 %.

А = = 1360979,5 (руб.)

## Расчёт эксплуатационных расходов

В данном дипломном проекте годовые эксплуатационные расходы рассчитываются укрупнённым методом по наиболее весомым статьям затрат. Для волоконно-оптической линии связи, затраты на заработную плату (З) плюс отчисления на социальные нужды (О), плюс сумма годовых амортизационных отчислений (А) составляют 75 % в общей сумме эксплуатационных затрат. Исходя из выше сказанного, найдём общую сумму эксплуатационных расходов:

Э = = = 1892819,5 (руб.)

## Расчёт тарифных доходов

Расчёт тарифных доходов производится на основании объёма услуг связи средних доходных такс по видам услуг связи, либо по утверждённым тарифам. Расчёт годовых тарифных доходов для волоконно-оптической линии связи производится по формуле:

Д= N⋅ Q ⋅ q ⋅ 0,6 +  ⋅ Q ⋅ 0,1q ⋅ 0,16

где N - количество исходящих оконечных каналов, N= 234 к;

Q - исходящий зоновый обмен, равный 27235 разговорам (по статистическим данным);

q - доходная такса зонового разговора, q = 2,05 (берётся в среднем изутверждённых тарифов);

 - количество исходящих оконечных каналов, организованных на магистрали;

Q - исходящий магистральный обмен, равный 12363 разговорам (по статистическим данным);

q - доходная такса магистрального разговора, q = 3,52 (берётся в среднем из утверждённых тарифов).

Д= 234 ⋅ 27235 ⋅ 2,05 ⋅0,6 +  ⋅ 12363 ⋅ 0,1 ⋅ 3,52 ⋅ 0,16 = 7960156,2 (руб)

Таблица 8.4 – Показатели эффективности проекта

|  |  |
| --- | --- |
| Расчётный период, лет | 30 |
| Норма дисконта, % | 0,10 |
| Общая сумма капзатрат, тыс.руб. | 27219,60 |
| Индекс доходности проекта | 4,25 |
| Чистый дисконтированный доход проекта, тыс.руб. | 12725,93 |
| Срок окупаемости проекта, лет | 10,80 |
| Внутренняя норма доходности проекта, % | 0,18 |

Таблица 8.5 – Данные расчёта показателей эффективности инвестиционного проекта

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателя | Шаг расчёта | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | 5 |
| Общая сумма капзатрат, т.руб. | 27219,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 |
| Доходы разовые, т.руб. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 |
| Доходы от эксплуатации, т,руб. | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | | | 7960,00 |
| Доходы – общая сумма, т.руб. | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | | | 7960,00 |
| Доходы после вычета НДС, т.руб. | 6633,33 | 6633,33 | 6633,33 | 6633,33 | | | 6633,33 |
| Эксплуатационные расходы, т.руб. | 727,00 | 727,00 | 727,00 | 727,00 | | | 727,00 |
| Прибыль до налога, т.руб. | 5906,33 | 5906,33 | 5906,33 | 5906,33 | | | 5906,33 |
| Чистая прибыль, т.руб. | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | | | 3839,12 |
| Сальдо движения ДСОИД, т.руб. | 23366,88 | 3852,12 | 3852,12 | 3852,12 | | | 3852,12 |
| Коэффициент дисконтирования | 1,00 | 0,91 | 0,83 | 0,75 | | | 0,68 |
| ЧДД одного шага проекта, т.руб. | -23366,88 | 3501,92 | 3183,57 | 2894,15 | | | 2631,05 |
| ЧДД проекта, т.руб. | -23366,88 | -19864,96 | -16681,39 | -13787,24 | | | -11156 |
| Общая сумма капзатрат, т.руб. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 |
| Доходы разовые, т.руб. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 |
| Доходы от эксплуатации, т,руб. | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | | | 7960,00 |
| Доходы – общая сумма, т.руб. | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | | | 7960,00 |
| Доходы после вычета НДС, т.руб. | 6633,33 | 6633,33 | 6633,33 | 6633,33 | | | 6633,33 |
| Эксплуатационные расходы, т.руб. | 727,00 | 727,00 | 727,00 | 727,00 | | | 727,00 |
| Прибыль до налога, т.руб. | 5906,33 | 5906,33 | 5906,33 | 5906,33 | | | 5906,33 |
| Чистая прибыль, т.руб. | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | | |
| Сальдо движения ДСОИД, т.руб. | 3852,12 | 3852,12 | 3852,12 | 3852,12 | 3852,12 | | |
| Коэффициент дисконтирования | 0,62 | 0,56 | 0,51 | 0,47 | 0,42 | | |
| ЧДД одного шага проекта, т.руб. | 2391,86 | 2174,42 | 1976,75 | 1797,04 | 1633,67 | | |
| ЧДД проекта, т.руб. | -8764,33 | -6589,91 | -4613,17 | -2816,13 | -1182,45 | | |
| Общая сумма капзатрат, т.руб. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | |
| Доходы разовые, т.руб. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | |
| Доходы от эксплуатации, т.руб. | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | | 7960,00 | |
| Доходы – общая сумма, т.руб. | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | 7960,00 | | 7960,00 | |
| Доходы после вычета НДС, т.руб. | 6633,33 | 6633,33 | 6633,33 | 6633,33 | | 6633,33 | |
| Эксплуатационные расходы, т.руб. | 727,00 | 727,00 | 727,00 | 727,00 | | 727,00 | |
| Прибыль до налога, т.руб. | 5906,33 | 5906,33 | 5906,33 | 5906,33 | | 5906,33 | |
| Чистая прибыль, т.руб. | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | 3839,12 | | 3839,12 | |
| Сальдо движения ДСОИД, т.руб. | 3852,12 | 3852,12 | 3852,12 | 3852,12 | | 3852,12 | |
| Коэффициент дисконтирования | 0,39 | 0,35 | 0,32 | 0,29 | | 0,26 | |
| ЧДД одного шага проекта, т.руб. | 1485,16 | 1350,14 | 1227,40 | 1115,82 | | 1014,38 | |
| ЧДД проекта, т.руб. | 302,70 | 1652,85 | 2880,25 | 3996,07 | | 5010,45 | |

Расчёты показали, что чистый дисконтированный доход ЧДД > 0 (ЧДД равен 12725,93 т.руб.), а индекс доходности проекта ИД >1 (ИД равен 4,25). Исходя из этого, можно сделать вывод об экономической эффективности проекта. Значит, строительство проектируемой линии связи с использованием SDH в Самарской области целесообразно.

# Заключение

В данном дипломном проекте разработана высокоскоростная волоконно-оптическая линия зоновой связи между населёнными пунктами Кошки, Шентала, Челно-Вершины, Исаклы, Сергиевск, Елховка с использованием SDH оборудования STM-1. Была дана характеристика перечисленных выше населённых пунктов, существующей сети связи, приведено обоснование и расчёт числа каналов. Охарактеризована транспортная система, а также произведён расчёт основных параметров линейного тракта. Сеть сконфигурирована по принципу "кольцо", организовано управление сетью связи, осуществлена маршрутизация транспортных потоков и организация служебной связи.

В населённых пунктах Кошки, Шентала, Челно-Вершины, Исаклы, Сергиевск, Елховка устанавливается по одному синхронному мультиплексору SMA 1, изготовленного фирмой "SIEMENS".

Разработана цепь электропитания и токораспределительная сеть, рассчитаны параметры надёжности оптической линии передачи, а также параметры экономической эффективности. Выполнена организация рабочего места оператора ПЭВМ с необходимыми требованиями по технике безопасности.

Проектируемая ВОЛП является целесообразной и отвечает современным условиям.

# Список использованных источников

### **Книги**

1. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – Москва, 1997. – 149 с.

1. Мокрый В.С. и др. Самарскаяо бласть. Официальный справочник. – Самара, 1998. – 215 с.
2. Атлас автомобильных дорог стран СНГ и ближнего Зарубежья. – Минск; Издательство Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1996. – 200 с.
3. Оптические системы передачи / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалёв; Под ред. В.И. Иванова. – М.: Радио и Связь, 1994. – 224 с.
4. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи / В.А. Андреев, В.А. Бурдин, Б.В. Попов, А.И. Польников; Под ред. Б.В. Попова. – М.: Радио и Связь, 1995. – 198 с.
5. Демина Е.В. и др. Организация, планирование и управление предприятием связи. – М.: Радио и Связь, 1990. – 352 с.

### **Статьи**

1. Савченкова Т.В. Концепция внедрения СЦИ / Вестник связи. – 1994. - № 5. – с.11.
2. Ким Л.Т. Синхронная цифровая иерархия / Электросвязь. – 1991. – № 3. – с. 2-6.
3. Ким Л.Т. Линейные тракты СЦИ / Электросвязь. – 1991. – № 11. – с. 20-23.
4. Слепов Н.Н. Архитектура и функциональные модули сетей SDH / Сети и системы связи. – 1996. – № 1 – с. 88-95.

### **Патентная документация**

1. S42022-D3502-H4-1-5618. Техническое описание SMA 1R2 фирмы "SIEMENS" / Public Communication Networks Group Hofmannstrasse 51, D-81359 Munchen.

### **Методические разработки**

1. Дипломное проектирование. Составление и оформление пояснительной записки: руководящий документ / В.Е. Сапаров, И.Е. Кордонская, Л.А. Лаптева. – Самара: ПГАТИ, 1998. – 224 с.
2. Проектирование ВОЛС: Учебное пособие по дипломному и курсовому проектированию для специальностей 2305 и 2306 / В.А. Бурдин, Н.С. Лиманский, Б.В. Попов и др.; Под ред. В.А. Бурдина. – Самара: ПИИРС, 1992. – 148 с.
3. Цифровая линия передачи: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / И.И. Корнилов. – Самара: ПИИРС, 1997. – 60 с.
4. Основы проектирования цифровых систем передачи: Учебное пособие к выполнению курсовых и дипломных работ / В.В. Крухмалёв, Л.В. Адамович, Е.Н. Лепнина. – Самара: ПГАТИ, 1999. – 110 с.
5. Методика оценки эффективности технических решений в дипломных проектах для студентов всех специальностей: Учебное пособие / А.В. Добрянин, Б.С. Иванова, Т.А. Канторович. – Самара: ПГАТИ, 1999. – 32 с.
6. Оформление графических документов. Общие требования: Руководящий документ / В.Е. Сапаров, Л.А. Лаптева. – Самара: ПГАТИ, 1998. – 8 с.