

Основы проектирования волоконно-оптических линий передачи

1.1. Организация проектирования

Развитие современных инфокоммуникационных технологий реализуется на базе Единой сети электросвязи Российской Федерации (ЕСЭ РФ), которая предполагает реконструкцию существующих и строительство новых высокоскоростных волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) на основе технологий SDN и WDM, чему, естественно, предшествует процесс их проектирования.

Процесс проектирования ВОЛП включает в себя:

- определение положения проектируемой ВОЛП в иерархии первичных сетей: магистральная, зонавая (региональная), местная
- определение количества каналов и трактов для передачи различных видов сообщений между пунктами линии передачи (определение объема *мультисервисного трафика*);
- разработку вариантов схем организации связи и выбор базового варианта; выбор базовой топологии сети и способов резервирования;
- выбор цифровых телекоммуникационных систем передачи: каналообразующей аппаратуры на основе гибких мультиплексоров потоков E1...E4, оконечных (терминальных) мультиплексоров обеспечивающих мультиплексирование потоков E1...E4 в цифровые потоки STM-N и т.п.;
- расчет длин ретрансляционных участков, оптических секций и размещение ретрансляционных пунктов (регенераторов, оптических усилителей);
- решение (при необходимости) вопросов организации дистанционного питания необслуживаемых ретрансляционных пунктов;
- выбор схемы резервирования;
- разработку схемы присоединения к базовой сети тактовой сетевой синхронизации;
- разработку схемы управления сетью на основе технологий TMN
- расчет основных показателей каналов и трактов проектируемой ВОЛП (показателей ошибок, надежности и т.п.) и др. Решение о проектировании, строительстве или реконструкции линии передачи ЕСЭ РФ принимается на основе Генеральной схемы развития межрегиональных компаний и сетей связи различных операторов с учетом экономической целесообразности, хозяйственной, социальной и оборонной необходимости.

Для технологичности процесса проектирования установлены некоторые общие положения.

Последовательность проектирования, реализующая принцип «от общего к частному». Первоначально решаются вопросы обоснования экономической целесообразности, социально-хозяйственной и оборонной необходимости, научно-технической возможности строительства или реконструкции ВОЛП. Затем принимаются основные объемно-планировочные, технологические, конструктивные и другие решения с их дальнейшей детализацией в конкретных разделах проектно-сметной документации, доведением проектных решений до возможности реализации строительных и монтажных работ.

Вариантность (оптимизация) проектирования — сравнение и оптимизация технико-экономических показателей нескольких вариантов с целью нахождения оптимальных или квазиоптимальных проектных решений, обеспечивающих максимальный эффект при минимуме затрат. Использование компьютерных технологий проектирования и моделирования позволяет находить решения, близкие к оптимальным.

Использование типовых проектов. Максимально возможное использование типовых решений с должной привязкой к конкретному проекту с целью снижения затрат и трудоемкости проектирования, повышения качества проектных работ, т.е. улучшения технико-экономических показателей по сравнению с индивидуальными проектами.

Комплексность проектирования. Качество проектирования, его экономические показатели будут более высокими при применении комплексности проектирования, т.е. учета самых различных факторов и одновременное взаимоувязанное принятие проектных решений по всем объектам будущего строительства или реконструкции. Комплексность достигается системным подходом к проектированию.

Основные этапы проектирования и содержание различной проектной документации подробно рассмотрены в [22]. Поэтому здесь обратим внимание только на некоторые положения и приведем частные примеры, касающиеся в основном ВОСП СЦИ и ВОСП-СР.

1.2. Составление схемы организации связи

Для составления схемы организации связи сначала необходимо определить требуемую пропускную способность ВОЛП. Определение пропускной способности ВОЛП заключается в расчете числа каналов различного назначения между пунктами магистрали и эквивалентного им числа первичных потоков E1.

Число каналов между пунктами проектируемой магистрали определяется многими факторами, одним из которых является коэффициент *тяготения* K_z , определяемый на основе статистических данных по всем показателям взаимосвязи между пунктами. Как показывают исследования, значения K_z лежат в пределах от

0,001 до 0,12. С учетом относительно высоких темпов развития услуг электросвязи и внедрения новейших телекоммуникационных технологий величину K_m принимают равной 0,08.. 0,1, а для населенных пунктов с населением более 500 тыс. чел. величина K_m может быть взята равной 0,12.

Первоначально при определении пропускной способности ВОЛП определяют количество основных цифровых каналов (ОЦК), предназначенных для передачи телефонной нагрузки. Оно находится по формуле

$$n_{\text{тфл}} = \text{ent} \left[\alpha K_T y \frac{m_i m_j}{m_i + m_j} + \beta \right], \quad (1)$$

где ent — округление до ближайшего целого числа в сторону увеличения; α и β — постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; y — удельная нагрузка, создаваемая одним абонентом и равная 0,05 Эрл; m_i и m_j — количество абонентов, обслуживаемых оконечными автоматическими междугородными телефонными станциями (АМТС) в пунктах i и j

Обычно потери принимаются равными 5 % (0,05), для которых $\alpha = 1,3$ и $\beta = 5,6$.
Количество абонентов в зоне обслуживания АМТС рассчитывается по формуле

$$m_i = \gamma H_i \quad (2)$$

где γ — коэффициент, учитывающий телефонную плотность т.е. число телефонных аппаратов, приходящихся на 100 жителей: H_i — численность населения на *перспективный* (5... 10 лет) период проектирования.

С учетом мобильных телефонных сетей, системы роуминга и других систем коэффициент γ может быть в пределах 0,3... 0,55. пунктов с $H < 100000$ коэффициент $\gamma = 0,3$; для пунктов с $H = 100000... 300000$ коэффициент $\gamma = 0,35$; для пунктов с $H = 300000... 500000$ коэффициент $\gamma = 0,45$ и для пунктов с $H > 500000$ коэффициент $\gamma = 0,55$.

По линиям передачи должны быть организованы и каналы передачи нетелефонных сообщений: телеграфных, передачи данных, электронной почты, Интернет, факсимильных (различных скоростей), телевизионных. По линиям передачи должны быть организованы и каналы нетелефонных сообщений: телеграфных, передачи данных, электронной почты, Интернет, факсимильных (различных скоростей), звукового вещания и др. Число каналов, необходимых для передачи нетелефонных сообщений, может быть выражено через число телефонных каналов. Учитывая общую тенденцию изменения графика в пользу нетелефонных сообщений и, прежде всего, передаче данных и Интернет, можно считать, что на данном этапе число каналов для передачи нетелефонных сообщений $n_{\text{нтфл}}$ (кроме телевизионного) в 2... 2,5 раза превышает число каналов, необходимых для передачи телефонного трафика, т.е. $n_{\text{нтфл}} = (2 \dots 2,5)n_{\text{тфл}}$.

Отметим, что для организации одного телевизионного канала требуется тракт, эквивалентный 64 потокам Е1, что соответствует потоку Е4 (1920 ОЦК).

Необходимое число потоков Е1 определяется по формуле

$$M_{i-j} = \text{ent} \left[\frac{N_{i-j}}{30} \right] \quad (3)$$

где N_{i-j} — суммарное количество ОЦК, которое необходимо организовать между пунктами i и j ВОЛП.

Очевидно, что число потоков Е1 между пунктами ВОЛП является *основой* для выбора топологии сети в зоне линии передачи, которая определяется взаимным расположением населенных пунктов или АТС (в случае городской телефонной сети); разработки вариантов схем организации связи с использованием различных цифровых телекоммуникационных систем и выбора базового варианта; выбора системы передачи и типа оптического кабеля.

Задача 1.

Между пунктами А, Б, В и Г с населением N_A , N_B , N_V и N_Γ человек соответственно, телефонной плотностью γ_A , γ_B , γ_V и γ_Γ необходимо построить ВОЛП с применением ВОСП СЦИ. Рассчитать необходимое количество ОЦК для передачи различного трафика сообщений, в том числе одного телевизионного сигнала.

Вариант задания выбирается по последней цифре учебного шифра студента из таблицы 1.

Таблица 1 – Выбор варианта

№ варианта	Численность населения, тыс. чел.			
	Н _А	Н _Б	Н _В	Н _Г
0	123	58	254	629
1	255	366	96	543
2	48	211	182	732
3	564	18	249	124
4	341	149	521	288
5	155	401	63	502
6	221	101	99	391
7	87	382	101	479
8	499	143	524	313
9	24	546	342	118

По формуле (2) определим количество абонентов, обслуживаемых оконечными АМТС соответственно пунктов А, Б, В и Г.

По формуле (1), полагая в ней $\alpha=1,3$, $\beta=5,6$, $K_t=0,1$ и $y=0,05$ Эрл, находим необходимое количество телефонных каналов.

Примем, что для организации каналов передачи нетелефонных сообщений $n_{нтлф}=2n_{тлф}$. Для организации между пунктами А и Б двухстороннего канала передачи телевизионного сигнала потребуется поток Е4, эквивалентный 1920 ОЦК, т.е. $n_{тв}=1920$. Таким образом, для передачи различного вида сообщений между пунктами А и Б требуется количество ОЦК, равное

$$N_{i-j}=n_{тлф}+n_{нтлф}+n_{тв}$$

Необходимое число потоков Е1 между соседними пунктами находим по формуле (3).

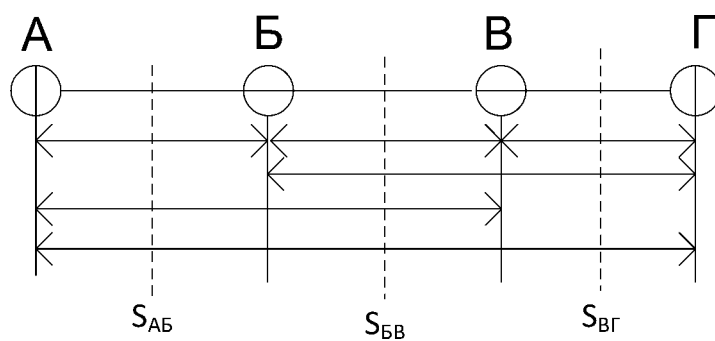
Результаты расчетов числа потоков Е1 (для передачи различных видов сообщений) между пунктами магистрали сводятся в таблицу связности. Пример таблицы для четырех пунктов дан ниже.

Таблица связности для пунктов А, Б, В и Г

Пункт	Количество потоков Е1 между пунктами ВОЛП				Число потоков Е1 в сечении S
	А	Б	В	Г	
А	-				
Б		-			
В			-		
Г				-	
Всего					

В столбце «Число потоков Е1 в сечении S» указывается суммарное количество потоков Е1, проходящих на участках проектируемой (реконструируемой) ВОЛП: А-Б, Б-В и В-Г.

Распределение потоков Е1 между пунктами ВОЛП следует представить в виде рисунка.



Распределение потоков Е1 между пунктами ВОЛП

Задание к задаче 1:

1. Сделать краткий конспект теоретического материала
2. Выполнить расчеты для определения количества потоков $E1$, передающихся между пунктами А, Б, В и Г.
3. Заполнить таблицу связности
4. Отобразить результаты расчетов на рисунке, представленном выше.
5. Определить сечения между пунктами АБ, БВ и ВГ, определить в каком сечении имеет место максимальное число потоков $E1$.
6. Сделать вывод