

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 24.09.2024 23:10:46

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e606aabb13a3d426d37e5f121caab173e743a144851fba59403

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреж-
дение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 18 » 09 2024 г.



ВЫБОР АППАРАТУРЫ ВОСП СЦИ И ТИПА ОПТИЧЕСКО-
ГО КАБЕЛЯ

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях»

УДК 004.716

Составители: А. А. Гуламов

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
Зав. кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

Выбор аппаратуры ВОСП СЦИ и типа оптического кабеля: методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов. - Курск, 2024. – 33 с.: ил. 1, табл. 15. – Библиогр.: с. 28.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат теоретические сведения и практические рекомендации, необходимые для освоения принципов выбора аппаратуры ВОСП СЦИ и типа оптического кабеля.

Методические указания соответствуют учебному плану обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано печать 17.09.24. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 1,92. Уч.-изд. л. 1,73. Тираж 100 экз. Заказ. 895 Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1 Выбор аппаратуры ВОСП СЦИ и типа оптического кабеля	- 9
2 Пример	- 24
3 Задание	- 27
Контрольные вопросы	- 27
Библиографический список	- 28
Заключение	- 29
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 33

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие положения

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводиться открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;

- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

Требования охраны труда перед началом работы

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евро-стандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

Требования охраны труда во время работы

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее 6 м^2 при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 м^2 . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место 5 м^2 ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинительных устройств, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

Действие при аварии, пожаре, травме

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

Ответственность за нарушение инструкции

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависи-

мости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

1 Выбор аппаратуры ВОСП СЦИ и типа оптического кабеля

Выбор аппаратуры ВОСП СЦИ первоначально сводится к определению оптических интерфейсов (стыков) на основе рекомендаций МСЭ-Т G.957 и G.691 (для систем с применением оптических усилителей). После этого выбирается аппаратура и её производитель, а затем – тип оптического кабеля и его производитель. Отметим, что рекомендациям МСЭ-Т G.957 и G.691 соответствуют применяемые на территории Российской Федерации отраслевые стандарты ОСТ 45.104 и ост 45.178.

Линейную структуру магистрали ВОСП СЦИ принято представлять в виде последовательного соединения ряда оптических секций, определенных в указанных рекомендациях. Оптические секции кодируются с использованием кода применения, который по рекомендации G.957 и G.691 имеет следующий вид.

Тип применения – Уровень STM. Цифровой символ, где Тип применения обозначается латинской буквой:

- I — для внутриобъектовой связи (Intra);
 - S — для короткой межстанционной связи (Short);
 - L, — для длинной межстанционной связи (Long);
 - V — для очень длинной межстанционной связи (Very long);
 - U — для сверхдлинной межстанционной связи (Ultra long);
- Уровень STM обозначается цифрой N ($N = 1, 4, 16, 64$);

Цифровой символ определяет номинальную длину волны источника излучения и тип применяемого волокна: ▬

1 — номинальная длина волны 1310 нм и волокно G.652; 2 — номинальная длина волны 1550 нм и волокно G.652 (6654); 3 — номинальная длина волны 1550 нм и волокно G.653; 5 — номинальная длина волны 1550 нм и волокно G.655.

В ходе применения рекомендации G.957 цифровой символ отсутствует, так как здесь всегда используется номинальная длина волны 1310 нм и волокно (3.652). Следует также отметить, что в России самым распространенным оптическим волокном является ОВ рекомендации G.652 (более 90 % из всего проложенного). Кроме того, в кодах применения перечисленных выше отраслевых

стандартов тип применения обозначается буквой КИРИЛЛИЦЫ, а именно:

В — для внутриобъектовой связи;

К — для короткой межстанционной связи;

Д — для длинной межстанционной связи; О — для очень длинной межстанционной связи;

С — для сверхдлинной межстанционной связи.

Коды оптических секций, а также соответствующие им длины волн, типы применяемого волокна и примерные значения протяженностей секций согласно рекомендациям G.957 и G.691 приведены в табл. 9.2—9.4 соответственно.

Волоконно-оптические системы на основе СЦИ обладают универсальными возможностями и обеспечивают так называемую поперечную совместимость, т.е. возможность использования оборудования различных производителей. Это привело к классификации оптических стыков — интерфейсов, как и оптических секций, по коду применения и нормированию их параметров в опорных точках, показанных на рис. 9.3 и 9.4.

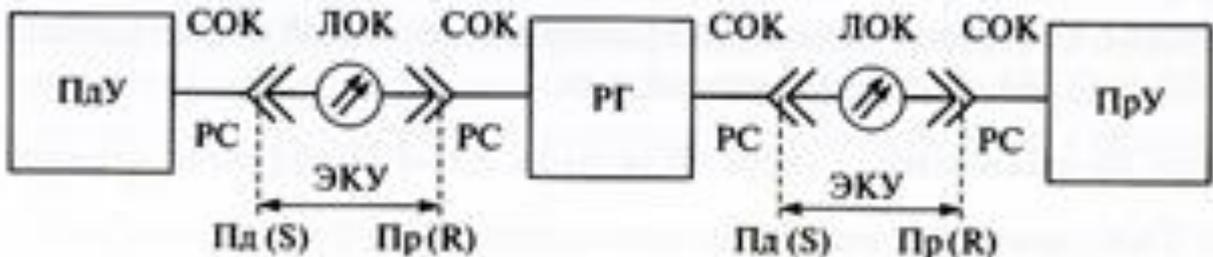


Рис. 3. Опорные точки нормирования стыков СЦИ без оптических усилителей: $P_d(S)$ и $P_r(R)$



Рис. 4. Опорные точки нормирования стыков СЦИ с оптическими усилителями: $ГП_d(MPI-S)$, $ГП_r(MPI-R)$, $P_d'(S')$, $P_r'(R')$

На этих рисунках использованы следующие обозначения элементов и сокращения:

- ПДУ — передающее устройство (передатчик);
 ПрУ — приемное устройство (приемник);
 СОК — стационарный оптический кабель;
 ЛОК — линейный оптический кабель;
 РГ — регенератор;
 ЭКУ — элементарный кабельный участок;
 ОУ_{пд} — оптический усилитель мощности на передаче;

Таблица 2

Коды и параметры оптических секций по рекомендации G.957

Параметр	Код применения					
	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Номинальная длина волны, нм	1310	1310	1550	1310	1550	
Тип волокна ¹	G.652			G.652	G.653	G.654
Протяженность ² , км	2	15		40	80	

Примечания. ¹ Не исключается применение волокна G.655.
² Ориентировочное значение; как проектную величину использовать нельзя.

Таблица 3

Коды и параметры оптических секций по рекомендациям G.691

Параметр	Код применения						
	S-64.1	S-64.2	S-64.3	S-64.5	L-64.1	L-64.2	L-64.3
Номинальная длина волны, нм	1310	1550			1310	1550	
Тип волокна	G.652		G.653	G.655	G.652		G.653
Протяженность ¹ , км	20	40			80		

¹ Ориентировочное значение; как проектную величину использовать нельзя.

Таблица 4

Коды и параметры оптических секций по рекомендациям G.691

Параметр	Код применения				
	V-4.1	V-4.2	V-4.3	U-4.2	U-4.3
	–	V-16.2	V-16.3	U-16.2	U-16.3
		V-64.2	V-64.3	–	–
Номинальная длина волны, нм	1310	1550			
Тип волокна	G.652	G.653	G.652	G.653	
Протяженность ¹ , км	60	120	160		
¹ Ориентировочное значение; как проектную величину использовать нельзя.					

ОУпр — оптический усилитель на приеме;

ОУпм — оптический усилитель промежуточный (линейный);

РС — разъемный соединитель;

ПдОУ — передатчик с оптическим усилителем;

ПрОУ — приемник с оптическим усилителем.

Термин «главный оптический тракт» означает, что вспомогательные оптические тракты, соединяющие ПдУ с ОУ_{пд} и ОУ_{пр} с ПрУ с помощью стационарных оптических кабелей, а также все другие стационарные оптические кабели и разъемные соединители выносятся за границы опорных точек нормирования. Обозначения в скобках соответствуют принятым в рекомендациях G.957 и G.691 сокращениям: S (Source), R (Receiver), MPI-S (Main Path Interface-S) и MPI-R (Main Path Interface-R).

К основным параметрам *оптических стыков* согласно рекомендации G.957 относятся:

- рабочий диапазон длин волн источника, который определяет максимально допустимый диапазон длин волн источника излучения, в пределах которого может быть выбрана длина волны источника; приемник должен иметь минимальный диапазон рабочих длин волн, который соответствует максимальному допустимому диапазону длин волн источника; для каждого кода применения он выбирается исходя из типа оптического кабеля, характеристик источника излучения, суммарного затухания и суммарной дисперсии (материальной и волноводной) оптического тракта между опорными точками передатчика Пд (S) и приемника Пр (R); для передатчика (точка Пд или S):

- тип источника излучения, который выбирается в зависимости от кода применения и параметров оптического волокна;
- максимальная ширина спектра излучения, которая определяется на уровне -20 дБ относительно амплитуды на центральной длине волны источника излучения;
- максимальная среднеквадратическая ширина спектра излучения; среднеквадратическая ширина спектра излучения – стандартное отклонение спектрального распределения при нормальных условиях эксплуатации;
- уровень излучаемой мощности – уровень средней мощности псевдослучайного цифрового оптического сигнала в точке Пд (S) передатчика; значения этого параметра ограничиваются снизу и сверху соответственно минимальным уровнем и максимальным уровнем;
- для оптического тракта (между точками Пд и Пр или S и R): максимальное значение перекрываемого затухания, которое определяется как разность между минимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и чувствительностью приемника с учетом наихудшего значения суммарных потерь между точками Пд (S) и Пр (R);
- минимальное значение перекрываемого затухания, которое определяется как разность между максимальным уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем перегрузки приемника (минимальная перегрузка) с учетом наименьшего значения суммарных потерь между точками Пд (S) и Пр (R) при заданном коэффициенте ошибки;
- диапазон перекрываемого затухания, который определяется как диапазон от минимального до максимального значений затуханий оптического тракта между точками Пд (S) и Пр (R);
- максимальная дисперсия, которая определяется как суммарная допустимая величина хроматической (волноводной и материальной) дисперсии волокна оптического кабеля, для которой выполняется требование к протяженности оптического тракта;
- максимальные дополнительные потери оптического тракта, величина которых определяется как максимальное значение снижения перекрываемого затухания из-за влияния ухудшающих факторов (межсимвольная интерференция, отражения, из-

менение длины волны передатчика и др.); для приемника (точка Пр или R):

- максимальная чувствительность, которая определяется как минимальный уровень средней мощности псевдослучайного цифрового оптического сигнала в точке Пр (R) приемника, при котором обеспечивается коэффициент ошибки не больше заданной величины; минимальная перегрузка, которая определяется как максимально допустимый уровень средней мощности принимаемого сигнала в точке Пр (R) приемника, при котором обеспечивается коэффициент ошибки не больше заданной величины.

Параметры оптических стыков для всех кодов применения определяются для линейного кода оптического сигнала NRZ со скремблированием.

Значения основных параметров оптических интерфейсов (стыков) рекомендации G.957 (ОСТ 45.104) соответственно для STM-1, STM-4 и STM-16 приведены в табл. 5-Э.7.

Значения основных параметров оптических интерфейсов (стыков) ОСТ 45.178 с оптическими усилителями соответственно для STM-4, STM-16 и STM-64 приведены в табл. 8-10.

По сравнению с интерфейсами G.957 интерфейсы G.691 (см. табл. 8 - 10) имеют дополнительные параметры:

- отношение оптических сигнал/шум, который определяется как отношение средней мощности оптического сигнала к средней мощности оптического шума усиленной спонтанной эмиссии (ASE) в точках ГПд и Пд' в полосе частот 1 нм рабочего диапазона длин волн;
- поляризационная модовая дисперсия, которая определяется как допустимое значение разности времен распространения двух взаимоперпендикулярных поляризационных составляющих моды оптического сигнала в оптическом тракте (между точками ГПд и ГПр, ГПд и Пр', Пд' и Пр', Пд' и ГПр).

Основные параметры одномодовых оптических кабелей, соответствующих рекомендациям МСЭ-Т, приведены в табл. 11. Самым распространенным в мире одномодовым волокном является волокно G.652, часто называемое стандартным (standard fibre – SF).

Таблица 5.

Параметры оптических интерфейсов STM-1

Параметр	Код применения										
	I-1		S-1.1	S-1.2		L-1.1		L-1.2	L-1.3		
Рабочий диапазон длин волн, нм	1260...1360		1261...1360	1430...1576	1430...1580	1280...1335		1480...1580	1534...1566 1523...1577	1480...1580	
<i>Параметры передатчика в эталонной точке S</i>											
Тип источника	MLM ¹	LED ²	MLM	SLM ³	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM	
Максимальная среднекватрическая ширина спектра излучения, нм	14	80	7,7	2,5	-	4	-	-	3/2,5	-	
Максимальная ширина спектра на уровне -20 дБ, нм	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	
Уровень излучаемой мощности, дБм:											
максимальный				-8				0			
минимальный				-15				-5			
<i>Параметры оптического тракта между точками S и R</i>											
Диапазон допустимых затуханий, дБ	0...7		0...12				10...28				
Максимальная дисперсия, пс/нм	18	25	96	296	н/п ⁴	246	н/п	н/п	246/296	н/п	
Максимальные дополнительные потери оптического тракта, дБ	1										
<i>Параметры приемника в эталонной точке R</i>											
Максимальная чувствительность ⁶ , дБм	-23		-28						-34		
Минимальная перегрузка, дБм				-8				-10			

Таблица 6.

Параметры оптических интерфейсов STM-4

Параметр	Код применения						
	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3
Рабочий диапазон длин волн, нм	1261...1360	1293...1334 1274...1356	1430...1580	1280...1335 1296...1330	1280...1335	1480...1580	1480...1580
<i>Параметры передатчика в эталонной точке S</i>							
Тип источника	MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM
Максимальная среднеквадратическая ширина спектра излучения, нм	14,5	35	4/2,5	–	2,0/1,7	–	–
Максимальная ширина спектра на уровне –20 дБ, нм	–	–	–	1	–	1	<1
Уровень излучаемой мощности, дБм							
максимальный	–8	–8	–8	–8	+2	+2	+2
минимальный	–15	–15	–15	–15	–3	–3	–3
<i>Параметры оптического тракта между точками S и R</i>							
Диапазон допустимых затуханий, дБ	0-7	0-12	0-12	10-24	10-24		10-24
Максимальная дисперсия, пс/нм	13 14	46/74	н/п	92/109	н/п	1600	н/п
Максимальные дополнительные потери оптического тракта, дБ	1	1	1	1	1	1	1
<i>Параметры приемника в эталонной точке R</i>							
Максимальная чувствительность ⁶ , дБм	–23	–28	–28	–28	–28		–28
Минимальная перегрузка, дБм	–8	–8	–8	–8	–8		–8

Таблица 7.

Параметры оптических интерфейсов STM-16

Параметр	Код применения					
	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Рабочий диапазон длин волн, нм	1266...1360	1250...1360	1430...1580	1280...1335	1500...1580	1500...1580
<i>Параметры передатчика в эталонной точке S</i>						
Тип источника	MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Максимальная среднеквадратическая ширина спектра излучения, нм	4	—	—	—	—	—
Максимальная ширина спектра на уровне -20 дБ, нм	—	1	<1	1	<1	<1
Уровень излучаемой мощности, дБм:						
максимальный	-3	0	0	+3	+3	+3
минимальный	-10	-5	-5	-2	-2	-2
<i>Параметры оптического тракта между точками S и R</i>						
Диапазон допустимых затуханий, дБ	0...7	0...12	0...12	10...24	10...24	10...24
Максимальная дисперсия, пс/нм	12	н/п	420...800 ⁵	н/п	1200...1600 ⁵	450
Максимальные дополнительные потери оптического тракта, дБ	1	1			2	1
<i>Параметры приемника в эталонной точке R</i>						
Максимальная чувствительность ⁶ , дБм	-18	-18	-18	-27	-28	-27
Минимальная перегрузка, дБм	-3	0	0	-9	-9	-9
Примечания к табл. 9.5–9.7: ¹ MLM — лазерный диод с многими продольными модами; ² LED — светодиод, ³ SLM — лазерный диод с одной продольной модой; ⁴ н/п — не применяется; ⁵ меньшее значение относится к нижней границе, а большее — к верхней границе диапазона длин волн; ⁶ коэффициент ошибок не больше 10^{-10} ; при коэффициенте ошибок 10^{-12} максимальную чувствительность следует повысить на 1 дБ.						

Таблица 8.

Параметры оптических интерфейсов STM-4 с ОУ

Параметр	Код применения					
	О-4.2 ¹ (V-4.2)	О-4.2 ² (V-4.2)	О-4.3 ¹ (V-4.3)	О-4.3 ² (V-4.3)	С-4.2 (U-4.2)	С-4.3 (U-4.3)
<i>Передатчик в точке ГПд</i>						
Рабочий диапазон длин волн, нм	1530...1565					
Уровень излучаемой мощности, дБм:						
максимальный	13	4	13	4	15	15
минимальный	10	0	10	0	12	12
Ширина спектра на уровне –20 дБ, не более, нм	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Отношение оптических сигнал/шум (ООСШ), не менее, дБ	3	3	3	3	20	20
<i>Оптический тракт между точками ГПд и ГПр, ГПд и Пр', Пд' и Пр', Пд' и ГПр'</i>						
Диапазон перекрываемого затухания, дБ	22...33	22...33	22...33	22...33	33...44	33...44
Отношение оптических сигнал/шум в точке Пд' k-го ОУпм, не менее, дБ	3	3	3	3	н/п	н/п
Хроматическая дисперсия, не более, пс/нм	260	2400	260	400	3200	530
Суммарная поляризационная модовая дисперсия, не более, пс	160	160	160	160	160	160
<i>Приемник в точке ГПр</i>						
Уровень чувствительности ⁴ , не более, дБм	–24	–34	–24	–34	–34	–33
Уровень перегрузки, не менее, дБм	–9	–18	–9	–18	–18	–18
Дополнительные потери оптического тракта, не более, дБ	1	1	1	1	2	1
Примечания: ¹ при применении только ОУпд; ² при применении только ОУпр; ³ определяется по формуле $ООСШ = 19 + x + 10 \lg x$ в точке ГПд и по формуле $ООСШ = 19 + x - k + 10 \lg[x/(k + 1)]$ в точке Пд' (k-го ОУпм), где x — число элементарных кабельных участков (при k промежуточных усилителях $x = k + 1$)						

Таблица 9.

Параметры оптических интерфейсов STM-16 с ОУ

Параметр	Код применения					
	О-16.2 ¹ (V-16.2)	О-16.2 ² (V-16.2)	О-16.3 ¹ (V-16.3)	О-6.3 ² (V-16.3)	С-16.2 (U-16.2)	С-16.3 (U-16.3)
<i>Передатчик в точке ГПД</i>						
Рабочий диапазон длин волн, нм;	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530-1565
Уровень излучаемой мощности, дБм:						
максимальный	13	4	13	4	15	15
минимальный, дБм	10	1	10	1	12	12
Ширина спектра на уровне –20 дБ, не более, нм	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отношение оптических сигнал/шум (ООСШ), не менее, дБ	₃	₃	₃	₃	20	20
<i>Оптический тракт между точками ГПД и ГПр, ГПД и Пр', ПД' и Пр', ПД' и ГПр'</i>						
Диапазон перекрываемого затухания, дБ	22...33	22...33	22...33	22...33	33...44	33...44
Хроматическая дисперсия, не более, пс/нм	260	2400	400	400	3200	530
Суммарная поляризационная модовая дисперсия, не более, пс	40	40	40	40	40	40
Отношение оптических сигнал/шум в точке ПД' k-го ОУпм, не менее, дБ	3	3	3	3	н/п	н/п
<i>Приемник в точке ГПр</i>						
Уровень чувствительности ⁴ , не более, дБм	–24	–34	–24	–33	–34	–33
Уровень перегрузки, не менее, дБм	–9	–18	–9	–18	–18	–18
Дополнительные потери оптического тракта, не более, дБ;	1	2	1	1	2	1
Примечания: ¹ при применении только ОУпд; ² при применении только ОУпр; ³ определяется по формуле $ООСШ = 19 + x + 10 \lg x$ в точке ГПД и по формуле $ООСШ = 19 + x - k + 10 \lg [x/(k + 1)]$ в точке ПД' (k-го ОУпм), где x — число элементарных кабельных участков (при k промежуточных усилителях $x = k + 1$); ⁴ коэффициент ошибок не больше 10^{-12}						

Таблица 10.

Параметры оптических интерфейсов STM-64 с ОУ

Параметр	Код применения				
	К-64.1 (S-64.1)	К-64.2 (S-64.2)	К-64.3 (S-64.3)	Д-64.2a ^{1,2} (L-64.2a,c)	Д-64.2б ^{1,3} (L-64.2b)
<i>Передатчик в точке ГПд</i>					
Рабочий диапазон длин волн, нм;	1290...1330	1530...1565	1530...1565	1530...1565	1530...1565
Уровень излучаемой мощности, дБми:					
максимальный	2	2	2	1	13
минимальный	-1	-1	-1	-2	10
Ширина спектра на уровне -20 дБ, не более, нм	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Отношение оптических сигнал/шум (ООСШ), не менее, дБ	н/п	н/п	н/п	5	5
<i>Оптический тракт между точками ГПд и ГПр, ГПд и Пр', Пд' и Пр', Пд' и ГПр'</i>					
Диапазон перекрываемого затухания, дБ	5...11	5...11	5...11	10...22	16...22
Хроматическая дисперсия, не более, пс/нм;	70	800	130	1600	1600
Суммарная поляризационная модовая дисперсия, не более, пс	10	10	10	10	10
Отношение оптических сигнал/шум в точке Пд' k-го ОУпм, не менее, дБ	н/п	н/п	н/п	5	5
<i>Приемник в точке ГПр</i>					
Уровень чувствительности ⁴ , не более, дБм	-13	-14	13	-26	-14
Уровень перегрузки, не менее, дБм	-3	-3	-3	-9	-3
Дополнительные потери оптического тракта, не более, дБ;	1	2	1	2	2
Примечания: ¹ для уменьшения дисперсии в оптическом тракте для кода применения Д-64.2а используют пассивный компенсатор дисперсии или принудительное импульсное смещение центральной частоты, а для кода применения Д-64.2б — самомодуляцию фазы; ² при применении только ОУпр; ³ при применении только ОУпд; ⁴ коэффициент ошибок не больше 10^{-12} ; ⁵ определяется по формулам примечания ³ к табл. 9.8 и 9.9					

Таблица 11.

Параметры одномодовых оптических кабелей

Параметр ОК	Длина волны излучения, нм	Рекомендация МСЭ-Т			
		G.652	G.653	G.654	G.655
Километрическое затухание, не более, дБ/км	1310	0,5	Не используется		
	1550	0,4	0,35	0,22	0,35
Удельная хроматическая дисперсия, не более, пс/нм·км	1310	3,5	Не используется		
	1550	17	3,5	20	10

Это волокно имеет четыре категории А, В, С и D с немного отличающимися параметрами. Поэтому оптические кабели с волокном SF различных производителей также могут отличаться по своим характеристикам причем, как правило, указываются значения параметров, улучшенных по сравнению с табл. 11. Аналогичное замечание можно сделать и в отношении волокна G.655.

Технические характеристики цифровых систем передачи СЦИ ряда зарубежных производителей для STM-1, STM-4 и STM-16 приведены в табл. 12 - 14 соответственно. Отечественными производителями оборудования СЦИ, параметры которого соответствуют стандартным интерфейсам, являются компании «Морион», ЭЗАН, «Комтел» и др.

На всех участках проектируемой ВОЛП следует применять оборудование одного и того же производителя во избежание проблем при разработке системы управления сетью. Синхронные мультиплексоры, устанавливаемые на разных концах ретрансляционного участка ВОЛП, должны комплектоваться платами оптического стыка с одним и тем же кодом применения.

Оптические кабели предлагаются различными отечественными и зарубежными производителями и их выбор огромен. Основными отечественными производителями ОК являются ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания», ЗАО «Севкабель-Оптика», ЗАО «Сарансккабель», АО НФ «Электропривод» и др.

В табл. 15 в качестве примера приведены некоторые типы и параметры кабелей рекомендации G.652 производства ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания».

Таблица 12

Технические характеристики цифровых систем передачи СЦИ для STM-1

Параметр	SMS-150 NEC	SMA-1 Siemens	1641 SM Alcatel	AXD155-2 Ericsson	TN-1X/S Nortel	FLX-150 Fujitsu
Уровень передачи, дБм	-5...0	-4...0	-15...0	-15...0	-15...0	-15...0
Длина волны, нм	1310/1550					
Чувствительность приемника при $K_{\text{ош}} = 10^{-10}$, дБм	-34	-34...-28	-38...-28	-34	-34	-34...-28
Затухание регенерационного участка: $A_{\text{мин}}, A_{\text{макс}}$, дБ	0...28	0...28	0...33	0...28	0...28	0...30
Уровень перегрузки приемника, дБм	0...-10	0...-8	-8...-10	-8...-10	0...-8	0...-8
Дисперсия $\sigma_{\text{п}}$, пс/нм	350...2500	350...2500	90...2500	100...5000	250...350	250...2500

Таблица 13

Технические характеристики цифровых систем передачи СЦИ для STM-4

Параметр	SMS-600 NEC	SMA-4 Siemens	1651 SM Alcatel	AXD620-2 Ericsson	TN-4X Nortel	FLX-150/600 Fujitsu
Уровень передачи, дБм	-3...5	-15...2	-15...2	-15...2	-3...2	0...2
Длина волны, нм	1310/1550					
Чувствительность приемника при $K_{\text{ош}} = 10^{-10}$, дБм	-32,5	-35	-28	-30	-34...-32	-28
Затухание регенерационного участка: $A_{\text{мин}}, A_{\text{макс}}$, дБ	10...28	0...32	10...30	0...30	8...30	10...24
Уровень перегрузки приемника, дБм	-8	-8...-3	-8	-8...0	-6	-5
Дисперсия $\sigma_{\text{п}}$, пс/нм	1570	130...4000	300...3000	100...5000	250...3500	350

Таблица 14

Технические характеристики цифровых систем передачи СЦИ для STM-16

Параметр	SMA-16 (Siemens)	1664 SM (Alcatel)	TN-16X (Nortel)
Уровень передачи, дБм	-3...2	-3...2	0...2
Длина волны, нм	1310/1550		
Чувствительность приемника при $K_{\text{ош}} = 10^{-10}$, дБм	-29...-36	-29,5...-27	-28...-26,5
Затухание регенерационного участка: $A_{\text{мин}}, A_{\text{макс}}$, дБ	0...27,5	0...27	20,5...41,7
Уровень перегрузки приемника, дБм	-6	-4	-10
Дисперсия $\sigma_{\text{п}}$, пс/нм	130...4000	300...3000	250...3500

Таблица 15.

Типы и параметры кабелей производства
 ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания» (СОКК)

Параметр	ОКЛ-01(02), ОКЛК-01(02)	ОКЛСт-01(02), ОКГТ-МТ
Длина волны, нм	1310	1550
Коэффициент затухания, дБ/км	0,36	0,22
Удельная дисперсия, пс/нм·км	3,5	18

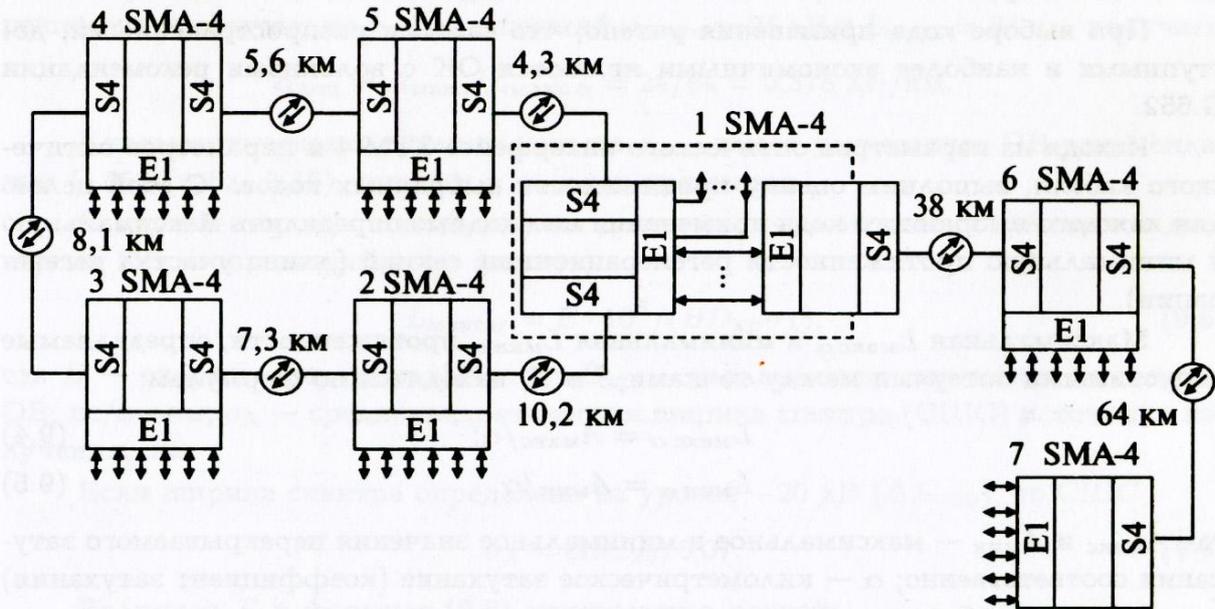


Рис. 5. Схема организации связи с использованием сетевых структур «кольцо» и «линейная последовательная цепь»

ОКЛ-01(02) — оптический кабель линейный магистральный и внутризоновый с центральным силовым элементом из стеклопластикового стержня (стального троса), вокруг которого скручены оптические модули (ОМ) с гидрофобным заполнением и защитной оболочкой из полиэтилена (ПЭ). Для прокладки в канализации, в трубах, блоках, коллекторах, на мостах, в шахтах, а также внутри зданий.

ОКЛК-01(02) — оптический кабель линейный магистральный и внутризоновый с центральным профилированным элементом, армированным стеклопластиковым стержнем, в пазы которого уложены оптические волокна с гидрофобным заполнением в защитной оболочке ПЭ. Для прокладки в канализации, трубах, блоках, коллекторах, на мостах, в грунтах всех категорий, через болота и водные переходы.

ОКЛСТ-01(02) – оптический кабель линейный магистральный и внутризоновый с центральным стеклопластиковым стержнем или стальным тросом в полиэтиленовой оболочке. Силовые элементы: повив синтетических нитей либо две стальные проволоки, или два стеклопластиковых стержня. Броня: гофрированная стальная лента. Наружная оболочка: светостабилизированный полиэтилен или полихлорвинил (ПВХ). Для прокладки в канализации, трубах, блоках, коллекторах, на мостах, в гравийно-песчаном грунте, наносных песках, тяжелых глинистых грунтах при опасности повреждения грызунами.

ОКГТ-МТ – оптический кабель линейный магистральный и внутризоновый, встроенный в защитный трос. ОМ представляют центральную пластмассовую трубку с ОВ, заполненную гидрофобным компаундом по всей длине. На ОМ накладывается внутренний повив из круглых стальных оцинкованных проволок, затем алюминиевая оболочка и наружный повив чередующихся круглых стальных проволок с алюминиевым покрытием и проволок из алюминиевого сплава. Для подвески на ЛЭП путем встраивания в грозозащитный трос.

Во всех кабелях СОКК используется ОВ G.652 фирмы «Корнинг». Количество ОВ от 4 до 32. Строительная длина ОК не менее 2 км.

2 Пример Рассмотрим методику выбора оптических интерфейсов уровня STM-4 на примере условной схемы организации связи (рис. 5). На этой схеме пункты 1, 6 и 7 соединяются последовательной линейной цепью, а пункты 1, 2, 3, 4 и 5 соединяются кольцом.

Расстояния между пунктами сводим в табл. 16, в которой указаны соответствующие этим расстояниям и предварительно выбранные коды применения (см. табл. 2).

При выборе кода применения учтено, что самыми распространенными, доступными и наиболее экономичными являются ОК с волокнами рекомендации G.652.

Исходя из параметров оптического интерфейса STM-4 и параметров оптического кабеля, выполним оценку применимости выбранных кодов. С этой целью для каждого выбранного кода применения необходимо определить максимальную и минималь-

ную протяженности регенерационных секций (длина участка регенерации).

Максимальная $L_{\text{макс } \alpha}$ и минимальная $L_{\text{мин } \alpha}$ протяженности, определяемые допустимыми потерями между точками S и R , находятся по формулам:

$$L_{\text{макс } \alpha} = A_{\text{макс}} / \alpha, \quad (4)$$

$$L_{\text{мин } \alpha} = A_{\text{мин}} / \alpha, \quad (5)$$

где $A_{\text{макс}}$ и $A_{\text{мин}}$ – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания соответственно; α – километрическое затухание (коэффициент затухания) в оптическом кабеле.

Значения $A_{\text{макс}}$ и $A_{\text{мин}}$ для данного примера берутся из табл. 6, а величина α – из табл. 11. На основании этих таблиц имеем:

$A_{\text{макс}} = 12$ дБ, $A_{\text{мин}} = 0$ дБ и $\alpha = 0,5$ дБ/км для ОК рекомендации G.652 на длине волны 1310 нм (код применения S-4.1);

$A_{\text{макс}} = 24$ дБ, $A_{\text{мин}} = 12$ дБ и $\alpha = 0,5$ дБ/км для ОК рекомендации G.652 на длине волны 1310 нм (код применения L-4.1);

$A_{\text{макс}} = 24$ дБ, $A_{\text{мин}} = 12$ дБ и $\alpha = 0,4$ дБ/км для ОК рекомендации G.652 на длине волны 1550 нм (код применения L-4.2).

Далее по формуле (4) находим максимальную протяженность регенерационной секции выбранных интерфейсов: для кода применения S-4.1

$$L_{\text{макс } \alpha} = A_{\text{макс}} / \alpha = 12 / 0,5 = 24 \text{ км};$$

для кода применения L-4.1

$$L_{\text{макс } \alpha} = A_{\text{макс}} / \alpha = 24 / 0,5 = 48 \text{ км};$$

для кода применения L-4.2

$$L_{\text{макс } \alpha} = A_{\text{макс}} / \alpha = 24 / 0,4 = 60 \text{ км}.$$

Минимальная протяженность регенерационной секции выбранных интерфейсов определяется по формуле (5): для кода применения S-4.1

$$L_{\text{мин } \alpha} = A_{\text{мин}} / \alpha = 0 / 0,5 = 0 \text{ км};$$

для кода применения L-4.1

$$L_{\text{мин } \alpha} = A_{\text{мин}} / \alpha = 12 / 0,5 = 24 \text{ км};$$

для кода применения L-4.2

$$L_{\text{мин } \alpha} = A_{\text{мин}} / \alpha = 12 / 0,4 = 30 \text{ км}.$$

Выбранный интерфейс L-4.2, как следует из табл. 6, на участ-

ке 6-7 не удовлетворяет требованию по максимальной протяженности. Допустимую величину километрического затухания $\alpha_{\text{доп}}$ для такой секции определим из уравнения (4), решив его относительно α . Для значений $A_{\text{макс}} = 24$ дБ и

$L_{\text{макс}} = 64$ км, получаем

$$\alpha_{\text{доп}} = A_{\text{макс}} / L_{\text{макс}} \alpha = 24/64 = 0,375 \text{ дБ/км.}$$

Километрическое затухания меньше $\alpha_{\text{доп}}$ имеет улучшенное ОВ рекомендации G.652 (табл. 15), которое и следует применить.

С другой стороны, максимальная длина оптической секции зависит от дисперсии ОВ и определяется по формуле

$$L_{\text{макс}} \alpha = E \times 10^6 / (BD_{\text{хр}} \sigma_{\lambda}), \quad (6)$$

где B – скорость передачи, Мбит/с; $D_{\text{хр}}$ – удельная хроматическая дисперсия ОВ, пс/нм·км; σ_{λ} – среднеквадратическая ширина спектра (СШС) источника излучения, нм.

Если ширина спектра определена на уровне -20 дБ ($\Delta\lambda_{-20}$), то СШС

$$\sigma_{\lambda} = \Delta\lambda_{-20} / 6,07. \quad (7)$$

Величина E в формуле (6) принимается равной:

- 0,306 для СД и одномодовых лазеров (дополнительные потери в тракте 1 дБ);

- 0,491 для тракта STM-16 (дополнительные потери в тракте 2 дБ);

- 0,115 для многомодовых лазеров (учет шума разделения мод);

Для кода применения S-4.1 (источник излучения MLM: $E = 0,115$,

$\sigma_{\lambda} = 4$ нм; $B = 622,08$ Мбит/с, $D_{\text{хр}} = 3,5$ пс/нм·км) имеем

$L_{\text{макс}} \sigma = E \times 10^6 / (BD_{\text{хр}} \sigma_{\lambda}) = 0,115 \cdot 10^6 / (622,08 \cdot 3,5 \cdot 4) \approx 13,2$ км.

Для кода применения L-4.1 (источник излучения SLM: $E = 0,306$,

$\Delta\lambda_{-20} = 1$ нм; $B = 622,08$ Мбит/с, $D_{\text{хр}} = 3,5$ пс/нм·км) имеем

$L_{\text{макс}} \sigma = E \times 10^6 / (BD_{\text{хр}} \sigma_{\lambda}) = 0,306 \cdot 10^6 \cdot 6,07 / (622,08 \cdot 3,5 \cdot 1) \approx 853$ км.

Для кода применения L-4.2 (источник излучения SLM: $E = 0,306$,

$\Delta\lambda_{-20} = 1$ нм; $B = 622,08$ Мбит/с, $D_{\text{хр}} = 18$ пс/нм·км) имеем

$L_{\text{макс}} \sigma = E \times 10^6 / (BD_{\text{хр}} \sigma_{\lambda}) = 0,306 \cdot 10^6 \cdot 6,07 / (622,08 \cdot 18 \cdot 1) \approx$

165,9 км.

Следовательно, для всех участков проектируемой сетевой структуры можно применить оптический кабель с ОВ рекомендации G.652. Выбор системы передачи можно выполнить, руководствуясь основными техническими данными оборудования СЦИ, представленными в табл. 13. Основные критерии в выборе оборудования: скорость передачи линейных интерфейсов, дальность передачи, разнообразие пользовательских интерфейсов, способов резервирования, интерфейсы к системам и сети управления TMN, наличие дополнительных интерфейсов для стационарной сигнализации и пр. Окончательно решение о выборе типа аппаратуры и ОК выносится после проведения экономических расчетов.

3 Задание

Подготовить материалы и провести расчёт рассмотренных параметров оптической сети доступа по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

1. К чему первоначально сводится выбор аппаратуры ВОСП СЦИ?
2. Для чего используется тип обозначается латинской буквой?
3. Для чего используется тип обозначается цифровым символом?
4. Поясните рис.3.
5. Поясните рис. 5.
6. Поясните обозначения в таблицах 2-4.
7. Поясните обозначения в таблицах 5-10.
8. Поясните обозначения в таблицах 11-15.
9. Расскажите методику расчётов параметров ТК сетей.

Библиографический список

1. Гордиенко, В.Н. Многоканальные телекоммуникационные системы [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2015. - 396 с.
2. Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи [Текст] : учебное пособие / Э. Л. Портнов. - М. : Горячая линия-Телеком, 2009. - 544 с.
3. 6. Родина, О.В. Волоконно-оптические линии связи [Текст] : практическое руководство / О.В. Родина. – М.: Горячая линия– Телеком, 2009. – 400 с.
4. Убайдуллаев Р.Р. Протяжённые ВОЛС на основе EDFA.– Lightwave Russian edition.– №1–2013.–С. 22-28.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ПК-2/ начальный, основной, завершающий.	ПК-2.1. Осуществляет сбор и анализ статистической информации по инфокоммуникационным системам ПС. ПК-2.2. Проводит исследования характеристик телекоммуникационного оборудования с оценкой качества предоставляемых услуг.	Знать: Основные методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Уметь: Применять основные методы выполнения экспериментальных исследований	Знать: Применяемые методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Уметь: Применять методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-	Знать: Современные эффективные методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Уметь: Применять современные эффективные методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-

	<p>ПК-2.3. Проводит экспериментальные исследования, используя для решения научно-исследовательских и производственных задач, с применением современной аппаратуры и методов исследования.</p>	<p>для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Владеть: Навыками применения основных методов выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования.</p>	<p>исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Владеть: Навыками применения методов выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования.</p>	<p>исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Владеть Навыками применения современных эффективных методов выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования.</p>
<p>ПК-9/ основной, завершающий.</p>	<p>ПК-9.1. Применяет методы измерения показателей качества работы закрепленного оборудо-</p>	<p>Знать: Основные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокомму-</p>	<p>Знать: Применяемые методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуника-</p>	<p>Знать: Современные эффективные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств</p>

	<p>вания, с учетом конструктивных особенностей, принципиальных и функциональных схем.</p> <p>ПК-9.2. Решает задачи по организации и контролю проведения измерений и проверке качества работы оборудования, планово-профилактических и ремонтно-восстановительных работ.</p> <p>ПК-9.3. Контролирует выполняемые работы по синтезу радиоэлектронного средства, опираясь на научную методологию разра-</p>	<p>никаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Уметь: Применять основные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Владеть: Навыками применения основных методов проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p>	<p>ций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Уметь: Применять методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Владеть: Навыками применения методов проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p>	<p>инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Уметь: Применять современные эффективные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Владеть Навыками применения современных эффективных методов проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p>
--	--	---	---	---

	ботки приемопе- редающих инфоком- муникаци- онных уст- ройств и каналов связи (на- правляю- щих средств пе- редачи).			
--	--	--	--	--

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи

ОТЧЕТо выполненной лабораторной работе
по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях»
на тему «_____»

Выполнил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20__