

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Квантовая и оптическая электроника

Код модуля
1145117(1)

Модуль
Квантовая и оптическая электроника

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Семенов Борис Владимирович	к.т.н., доцент	доцент	департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Семенов Борис Владимирович, доцент, департамент радиоэлектроники и связи

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Квантовая и оптическая электроника

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Расчетно-графическая работа	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Квантовая и оптическая электроника

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования (Радиоэлектронные системы и комплексы)	З-1 - Определять стадии проектирования П-1 - Иметь практический опыт определения стадий проектирования П-2 - Иметь практический опыт разработки технического задания на проектирование У-1 - Разрабатывать техническое задание на проектирование	Лабораторные занятия Лекции Расчетно-графическая работа Экзамен
ПК-2 -Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также	З-1 - Сформулировать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов П-1 - Иметь практический опыт разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	Лабораторные занятия Лекции Расчетно-графическая работа Экзамен

<p>принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ (Радиоэлектронные системы и комплексы)</p>	<p>У-1 - Проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов</p>	
<p>ОПК-3 -Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно- коммуникационных технологий</p>	<p>З-1 - Сформулировать методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования П-1 - Иметь практический опыт использования методов решения задач анализа и расчета характеристик радио- электронных систем и устройств У-1 - Подготавливать научные публикации на основе результатов исследований</p>	<p>Лабораторные занятия Лекции Расчетно-графическая работа Экзамен</p>
<p>ОПК-4 -Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных</p>	<p>З-1 - Определять основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации П-1 - Иметь практический опыт обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений У-1 - Выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</p>	<p>Лабораторные занятия Расчетно-графическая работа Экзамен</p>
<p>ОПК-6 -Способен учитывать существующие и</p>	<p>З-1 - Характеризовать современные тенденции развития электроники,</p>	<p>Лекции Расчетно-графическая работа Экзамен</p>

перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ	измерительной и вычислительной техники, информационных технологий П-1 - Иметь практический опыт решения теоретических и экспериментальных задач У-1 - Использовать комплексный подход в своей деятельности, в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий	
--	--	--

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>расчетно-графическая работа</i>	8,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.4		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>выполнение лабораторных работ и защита отчетов</i>	8,16	100

Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.

Другие результаты	<p>Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов.</p> <p>Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения.</p> <p>Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.</p>
-------------------	---

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Измерения затухания 8 оптическом кабеле методом вносимых потерь
2. Исследование рефлектограмм ВОЛС
3. Передача данных по волоконно-оптическому кабелю между оптическими модулями LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Расчетно-графическая работа

Примерный перечень тем

1. Расчет АОЛС 100 Мбит/с
2. Расчет АОЛС 1000 Мбит/с
3. Расчет магистральной ВОЛС 100 Мбит/с
4. Расчет магистральной ВОЛС 622 Мбит/с
5. Расчет магистральной ВОЛС 1000 Мбит/с
6. Расчет магистральной ВОЛС с волновым мультиплексированием

Примерные задания

Проектируется линия атмосферной оптической связи для передачи сигналов системы Ethernet IEEE 802.3u между станциями А, Б и В. Станции А и Б, Б и В находятся в пределах прямой видимости. Расстояние между станциями задано вариантом. Оборудование на линии должно обеспечивать доступность канала связи не менее 99% в год. В распоряжении разработчиков имеются комплекты оптического оборудования моделей БОКС-100М-ТСх.

Задание:

1. Выбрать оборудование для установки на линии связи.
2. Нарисовать схему линии связи с указанием типа и положения оборудования на линии.

Проектируется линия оптической связи на длине волны 850 нм для передачи сигналов системы Ethernet IEEE 802.3, соединяющая устройства А и В и содержащая кабели двух типов.

- Кабель ОК1 производства НП Электропровод длиной 1600 м с диаметром световедущей сердцевины 50 мкм и числовой апертурой 0,2;
- Кабель ОК2 производства Севкабель-оптик длиной 600 м с диаметром световедущей сердцевины 62,5 мкм и числовой апертурой 0,275.

Подключение кабеля ОК1 к устройству А производится коннектором типа ST, подключение кабеля ОК2 к устройству В производится коннектором типа SC. Технические характеристики устройств А и В заданы вариантом. Кабели соединяются шнуром с волокном 50/125 и разъемами ST на промежуточном оптическом кроссе. Кроме того, кабель производства Севкабель-оптик имеет один сплавной сросток, изготовленный

с помощью полуавтоматического сварочного аппарата, а кабель производства НП Электропровод один раз сращен с помощью механического сплайса.

Задание:

1. Определить потери в оптическом тракте.
2. Построить график изменения мощности вдоль тракта (от А → В и от В → А).
3. Рассчитать полосу пропускания оптического тракта.
4. Сделать вывод - удовлетворяют ли предложенное оборудование и конфигурация ВОЛС требованиям стандарта Ethernet. Если нет, то предложить возможное решение.
5. Если удовлетворяет, то определить максимально возможную длину оптического сегмента на ОК2.

Проектируется дуплексная линия оптической связи для передачи сигналов со скоростью 622 Мбит/с (STM-4) от станции А до станции Б, протяженностью 288 км. Интерфейс оптического оборудования использует кодировку, соответствующую частоте модуляции = 778 МГц. Рабочая длина волны $\lambda = 1550$ нм. Чувствительность приемного оборудования на станциях А и Б минус 28 дБм. Активное оборудование можно разместить на промежуточных станциях В, Г и Д, расположение которых задано вариантом. В распоряжении разработчиков имеются магистральные ОУ1, ОУ2 и ОУ3 с параметрами, заданными вариантом; бустеры с выходной мощностью ($P_{\text{вых}}$) 0,1 Вт; 0,5 Вт; 1 Вт; 2 Вт; разные типы оптических кабелей MMF, SF, DSF, NZDSF+, NZDSF со строительной длиной 10 км по вариантам; сварочный аппарат, обеспечивающий потери при сварке ОК; промежуточные станции по вариантам.

Задание - выполнить эскизный проект ВОЛС при условии использования только одного типа оптических кабелей из набора предложенных, в т.ч.:

1. Определить полные потери в оптическом тракте (потери на один коннектор принять 0,25 дБ);
2. Определить требования к ширине спектра излучателя ПрОМ, исходя из требуемой широкополосности при условии использования на ВОЛС только оптических усилителей;
3. Выбрать тип, количество и размещение на линии оптических усилителей;
4. Нарисовать схему линии связи с указанием типа и положения усилителей на линии;
5. Построить график изменения мощности вдоль тракта (от А → В и от В → А).

Проектируется дуплексная линия связи на основе ВОЛС между городами ст. Пермь - ст. Кизел общей протяженностью 163 км. Линия должна обеспечивать передачу потока уровня STM-16 (2488 Мбит/с, частота модуляции 3110 МГц).

Для реализации линии связи может быть выделено только одно волокно в проложенном ранее компанией ТТК-Урал одномодовом кабеле SF 8,3/125. Поэтому используются пассивные устройства спектрального уплотнения — WDM мультиплексоры, которые вносят дополнительное затухание по 2 дБ на каждый канал. Рабочие длины волн 1310/1550 нм (на станции Кизел 1550 нм, на ст. Пермь 1310 нм), чувствительность приемного оборудования на ст. Кизел и Пермь минус 26 дБм. Удельные потери в ОВ 0,4/0,2 дБ/км. Строительная длина оптического кабеля $L = 10$ км. Потери на сварном соединении 0,1 дБ.

В распоряжении разработчиков имеются бустеры с выходной мощностью ($P_{\text{вых}}$) 0,1 Вт; 0,5 Вт; 1 Вт; 2 Вт; магистральные ОУ1, ОУ2 и ОУ3 с параметрами по вариантам.

Наиболее подходящим местом расположения магистрального усилителя является ст. Боковая, расположенная на расстоянии 78 км от ст. Кизел и 85 км от Перми.

Задание - выполнить эскизный проект ВОЛС:

1. определить полные потери в оптическом тракте;
2. определить требования к ширине спектра излучателя ПОМ, исходя из требуемой широкополосности при условии использования на ВОЛС только оптических усилителей;
3. выбрать тип, количество и размещение на линии оптических усилителей;
4. построить график изменения мощности вдоль тракта (от А → В и от В → А) с указанием типа и положения усилителей на линии и WDM мультиплексоров.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Оборудование атмосферных оптических линий передачи. Критерии выбора оптического оборудования. Достоинства и недостатки атмосферных оптических линий связи.
2. Преимущества волоконно-оптических линии связи, их недостатки. Типовая схема построения волоконно-оптической линии связи (ВОЛС). Основные компоненты ВОЛС.
3. Типы оптических волокон. Одномодовые волокна. Многомодовые волокна со ступенчатым и профилированным изменением показателя преломления сердцевин. Специальные одномодовые волокна DSR N2DSR Области применения волокон SMF, MMF, DSF, NZDSF.
4. Свойства волокон, основанные на законах геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Понятие относительной разности показателей преломления. Числовая апертура.
5. Свойства волокна, основанные на законах электромагнитного поля. Моды колебаний. Частота отсечки и нормированная частота. Длина волны отсечки. Волоконная и кабельная длина отсечки кабеля. Диаметр поля моды. Число мод многомодового волокна.
6. Основные характеристики потерь волокна. Потери на поглощении, на рассеянии, кабельные потери на изгибах и микро- и макро неоднородностях. Температурные и радиационные потери.
7. Основные характеристики искажений оптического сигнала. Дисперсия и полоса пропускания. Модовая дисперсия. Хроматическая (материальная и волноводная) дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия.
8. Классификация типов оптических кабелей (ОК). Кабели внутренней прокладки. Кабели наружной прокладки. Кабели воздушной подвески (самонесущие, прикрепляемые, навиваемые, встраиваемые в грозотрос). Кабели подземной прокладки. Типовые конструкции оптических кабелей.
9. Разъемные соединители оптических волокон. Типы конструкций. Стандарты соединителей (SC, ST, FC). Вносимые потери. Коэффициент передачи оптической мощности. Внутренние потери (вариации диаметров сердцевин, показателей преломления, числовых апертур, эксцентриситетов сердцевина/оболочка, концентричность сердцевин у разных волокон). Соединение волокон 62,5/125 и 50/125. Внешние потери (угловое смещение, радиальное смещение, осевое смещение. Френелевское отражение).

10. Оптические коннекторы. Обратное отражение и контакты типа PC. Super PC, Ultra PC, APC.
11. Оптические шнуры, адаптеры быстрого оконцевания, механические сплайсы.
12. Типы оптических разветвителей. Параметры, характеризующие разветвитель (вносимые потери, коэффициент направленности, потери на обратном рассеянии, полные избыточные потери, рабочий диапазон длин волн, потери на разветвлении, соотношение разветвления).
13. Устройства волнового уплотнения WDM. Передача мультиплексного сигнала по волокну.
14. Оптические изоляторы. Принцип действия оптического изолятора. Эффект Фарадея. Вращательная дисперсия. Основные технические параметры оптических изоляторов.
15. Оптические аттенюаторы. Виды аттенюаторов {переменные, фиксированные, аттенюаторы-шнуры, аттенюаторы-розетки}. Основные технические параметры оптических аттенюаторов.
16. Оптические переключатели. Типы оптических переключателей. Оптический обходной переключатель OBS (optical bypass switch) FDDI сетей. Основные технические параметры оптических переключателей.
17. Варианты технической реализации оптических переключателей и коммутаторов (механические, электрооптические коммутаторы).
18. Оптические распределительные устройства. Оптические кроссовые устройства (ОКУ). Интерконнектное и кросс-коннектное подключение в ОКУ.
19. Светоизлучающие диоды, их характеристики. Лазерные диоды (ЛД). Типы лазерных диодов {ЛД с резонатором Фабри-Перо. ЛД с распределенной обратной связью - DFB-лазер, ЛД с распределенным брэгговским отражением - DBR-лазер. ЛД с внешним перестраиваемым резонатором - ЕС лазер}.
20. Приемные оптоэлектронные модули (ПРОМ). Функциональные элементы аналогового и цифрового ПРОМ. Виды фото приемников, применяемых в ВОЛС. Принцип работы p-i-n фотодиода и лавинного фотодиода. Коэффициент умножения лавинного фотодиода.
21. Технические характеристики фотоприемников (токовая монохроматическая чувствительность, квантовая эффективность, шумовые характеристики, время нарастания и спада, эквивалентная мощность шума, частота появления ошибок BER - Bit-Error Rate, чувствительность цифрового ПРОМ. насыщение ПРОМ. динамический диапазон ПРОМ, температурные зависимости квантовой эффективности и темнового тока).
22. Оптический усилитель. Сравнительная характеристика повторителя и оптического усилителя
23. Типы оптических усилителей (усилитель Фабри-Перо. усилитель на волокне, использующем бриллюэновское рассеяние, усилитель на волокне, использующем рамановское рассеяние, полупроводниковые лазерные усилители - ППЛУ, усилители на примесном волокне). Технические характеристики усилителей, на кремниевом волокне, легированном эрбием (EDFA усилители).
24. Виды измерений на ВОЛС. Документирование результатов измерений параметров ВОЛС. Состав документации при сдаче ВОЛС в эксплуатацию.
25. Оптические тестеры. Методы измерения затухания (метод вносимого затухания, метод обрыва). Стресс-контроль ВОЛС.

26. Оптические рефлектометры. Принцип действия рефлектометра. Основные технические характеристики рефлектометров.

27. Рефлектометрический анализ ВОЛС. Типы диагностируемых неоднородностей. Метод диагностики перегиба кабеля.

28. Исследование оптических линий с «мнимым» усилением. Оценка потерь на неоднородностях методом двух маркеров. Оценка потерь на неоднородностях методом пяти маркеров.

29. Волоконно-оптическое оборудование для сетей Ethernet. Основные типы устройств Ethernet. Оптические конвертеры. Повторители. Коммутаторы.

30. Основные правила техники безопасности при работе с волоконно-оптическими устройствами.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	проектная деятельность учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология проектного образования Технология самостоятельной работы	ПК-2	У-1	Расчетно-графическая работа Экзамен