

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОПТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

Направление: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Многоканальные телекоммуникационные системы

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Леонова Наталья Всеволодовна
Дата подписания: 27.05.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр Геннадьевич
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Оптические телекоммуникационные системы» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-5 Способность к разработке технической документации по эксплуатации оборудования связи (телекоммуникаций)	ПКР-5.7
ПКР-6 Готовность к предпроектной подготовке и разработке проекта объекта (системы) связи, телекоммуникационной системы	ПКР-6.10

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-5.7	Владеет методами разработки технического задания на проектирование объекта, системы связи (телекоммуникационной системы)	Знать конструкции и технологию изготовления оптических волокон и кабелей; методы измерения характеристик оптических волокон и кабелей; классификацию источников и приемников оптического излучения, основные характеристики, требования к ним; основы работы пассивных устройств оптических телекоммуникационных систем; основы работы и устройство ретрансляторов в оптических телекоммуникационных системах. Уметь применять методы разработки технического задания на проектирование объекта, системы связи (телекоммуникационной системы); измерять и рассчитывать параметры волоконно-оптической системы передачи. Владеть методами разработки технического задания на проектирование объекта, системы связи (телекоммуникационной системы).
ПКР-6.10	Умеет выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивать риски, связанные с реализацией проекта	Знать конструкции оптических волокон и кабелей; основные характеристики источников и приемников оптического излучения; основы работы и устройство пассивных устройств трактов ВОЛС; основы работы и устройство

		ретрансляторов ВОЛС. Уметь выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивать риски, связанные с реализацией проекта. Владеть навыками расчета и анализа волоконно-оптических систем передачи.
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Оптические телекоммуникационные системы» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы теории колебаний и волн», «Основы теории передачи информации», «Физические основы оптоэлектроники», «Электромагнитные поля и волны», «Общая теория связи», «Приборы СВЧ и оптического диапазона», «Многоканальные телекоммуникационные системы»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	66	66
лекции	22	22
лабораторные работы	22	22
практические/семинарские занятия	22	22
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	42	42
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Курсовая работа	Зачет, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 8

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Основы теории передачи по	1	4	2, 3, 8	6	1	4	1, 2, 3, 4	7	Тест

	оптическому волокну									
2	Измерение параметров и характеристик оптических волокон и кабелей. внешние факторы, влияющие на оптические волокна и кабели	2	4	4, 5, 6	6	2	4	2, 3, 4	5	Тест
3	Конструкции оптических волокон и кабелей и технология их изготовления	3	4	1	2	3	2	1, 2, 3, 4	7	Тест
4	Источники и приемники оптического излучения для ВОСП	4	4	7, 9	4	4	4	1, 2, 3, 4	9	Тест
5	Пассивные устройства трактов ВОСП. Монтаж оптических кабелей	5	3	11	2	5	4	1, 2, 3, 4	7	Тест
6	Ретрансляторы	6	3	10	2	6	4	1, 2, 3, 4	7	Тест
	Промежуточная аттестация									Зачет, Курсовая работа
	Всего		22		22		22		42	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы теории передачи по оптическому волокну	Оптическое волокно, его разновидности. Основы распространения светового сигнала по оптическому волокну. Полное внутреннее отражение. Критическая длина волны (частота). Одномодовый и многомодовый режим. Нормированная частота. Апертура оптического волокна. Затухание в оптическом волокне и оптическом кабеле, причины, составляющие. Дисперсия сигнала в оптическом волокне и оптическом кабеле, причины, составляющие. Полоса пропускания.
2	Измерение параметров и характеристик оптических волокон и кабелей. внешние факторы, влияющие на	Методы измерения затухания оптических волокон и кабелей. Методы измерения характеристик передачи. Методы измерения оптических параметров (числовой апертуры, профиля показателя преломления, длины волны отсечки,

	оптические волокна и кабели	диаметра поля основной моды одномодового оптического волокна). Влияние внешних воздействий на оптические волокна и кабели.
3	Конструкции оптических волокон и кабелей и технология их изготовления	Классификация оптических волокон. Конструкции оптических волокон, материалы для их изготовления. Конструкции защитных покрытий для волокна и материалы для их изготовления. Классификация оптических кабелей, их конструкции и материалы для изготовления. Технология изготовления оптических волокон и кабелей.
4	Источники и приемники оптического излучения для ВОСП	Принцип действия источников и приемников оптического излучения, их конструкции, характеристики, требования к ним. Методы модуляции и демодуляции оптического излучения. Передающие и приемные оптические модули для волоконно-оптических систем передачи.
5	Пассивные устройства трактов ВОСП. Монтаж оптических кабелей	Назначение, конструкции, принцип действия различных пассивных устройств трактов ВОСП: устройств ввода и вывода оптического излучения, соединителей, разветвителей, оптических вентилях, аттенюаторов. Требования к монтажу, различные способы монтажа оптических кабелей.
6	Ретрансляторы	Принципы построения, разновидности ретрансляторов и регенераторов в цифровых и аналоговых ВОСП. Линейные коды цифровых ВОСП. Расчет минимальной детектируемой мощности, порога чувствительности приемного оптического модуля, оптимальный и квазиоптимальный прием.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 8

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Классификация оптических волокон и кабелей	2
2	Зависимость числовой апертуры от радиуса изгиба волокна	2
3	Зависимость затухания оптического кабеля от радиуса изгиба	2
4	-	2
5	Устройство, принцип работы, основные характеристики универсального оптического рефлектометра	2
6	Определение дисперсии излучения в волокне	2
7	Исследование диаграммы направленности источников оптического излучения	2
8	Исследование ватт-амперной характеристики источников оптического излучения	2

9	Изучение приемников оптического излучения	2
10	Определение полосы пропускания волоконно-оптической линии связи	2
11	Исследование влияния на затухание сигнала смещения волокон при монтаже волоконно-оптической кабельной линии	2

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Физические процессы в волоконных световодах. Расчет параметров оптических волокон	4
2	Методы измерения параметров оптических волокон и кабелей	4
3	Технология изготовления оптических волокон и кабелей	2
4	Источники и приемники оптического излучения. ПОМ и ПрОМ. Модуляция и демодуляция оптического излучения	4
5	Пассивные устройства трактов ВОСП	4
6	Ретрансляторы ОЛТ. Линейные коды. Расчет МДМ и помехоустойчивости ПрОМ	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	20
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	6

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Методические указания к курсовому проектированию по курсу "Волоконно-оптические линии связи" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 34 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

1. Леонова Н. В. Волоконно-оптические системы передачи : курс лекций для студентов специальностей 140611, 654200 / Н. В. Леонова, 2008. - 172 с.
2. Леонова Н.В. Оптические телекоммуникационные системы: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» Профиль подготовки: «Многоканальные телекоммуникационные системы» - ИрННТУ, 2018. - 24 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

1. Волоконно-оптические кабели и системы : метод. указания к выполнению лаб. работ. Ч. 1 / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002- . - 38 с.
2. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Волоконно-оптические линии связи" [Электронный ресурс] : Часть 2 для студентов специальности 180300, 200700 / Иркутский гос. технический ун-т, 2004. - 25 с.
3. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Волоконно-оптические линии связи" [Электронный ресурс] : Часть 3 для студентов специальности 180300, 200700 / Иркутский гос. технический ун-т, 2004. - 22 с.
4. Леонова Н.В. Оптические телекоммуникационные системы: Методические указания к лабораторным работам для обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» Профиль подготовки: «Многоканальные телекоммуникационные системы». - Часть 4 - ИрННТУ, 2018. - 46 с.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Леонова Н.В. Оптические телекоммуникационные системы: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» Профиль подготовки: «Многоканальные телекоммуникационные системы» - ИрННТУ, 2018. - 24 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 8 | Тест

Описание процедуры.

Контрольные работы проводятся в виде тестов по разделам курса. После изучения каждого раздела студент отвечает на вопросы тестов.

Пример теста к теме 1.1

1. Какие факторы оказывали наиболее сильное влияние на открытые линии оптической связи
 1. Повышенная влажность, осадки, туман
 2. Перепады температуры
 3. Изменения атмосферного давления
 4. Магнитные бури
 5. Сильные магнитные поля
2. Каким затуханием обладали первые оптические волокна
 1. 10000 дБ/км
 2. 1000 дБ/км

3. 100 дБ/км
4. 10 дБ/км
3. В настоящее время в нашей стране оптические кабели мало используются
 1. Для организации магистральных линий связи
 2. Для организации зонových линий связи
 3. Для организации городских линий связи
 4. Для организации абонентских линий связи
4. Благодаря какому основному свойству оптические кабели используют в бортовой аппаратуре
 1. Малое затухание
 2. Низкая дисперсия
 3. Большие длины регенерационных участков
 4. Невосприимчивость к электромагнитным помехам
 5. Малые перекрестные помехи
5. На какие группы подразделяются многомодовые волокна
 1. Ступенчатые и градиентные
 2. Одноступенчатые и многоступенчатые
 3. Параболические и гиперболические
6. Каков диаметр сердцевины одномодового волокна
 1. 3...5 мкм
 2. 6...8 мкм
 3. 10...15 мкм
 4. 15...20 мкм
7. На каком физическом явлении основано распространение света по волокну
 1. Рассеяние света
 2. Поглощение света
 3. Полное внутреннее отражение
 4. Преломление
8. Как определяется числовая апертура
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.
9. Какие волны обеспечивают передачу информации в световоде
 1. Направляемые
 2. Излучаемые
 3. Вытекающие
10. Какая мода не имеет ограничений по частоте
 1. HE₁₁
 2. E₀₁
 3. H₀₁
 4. EH₁₁
11. Для одномодовой передачи должно выполняться условие (d_0 - критический диаметр сердцевины)
 1. $d < d_0$
 2. $d > d_0$
 3. $d = d_0$
12. Определить диаметр сердечника одномодового волокна с градиентным профилем показателя преломления с проницаемостью сердечника в центре $n_1=2,25$ и оболочки $n_2=2,1$ на $d_0=1,3$ мкм ($n_1^2 - n_2^2 = 1$).
 1. $d_0=2,05$ мкм

2. $d_0=2,57$ мкм
 3. $d_0=5,89$ мкм
 4. $d_0=7,35$ мкм
 5. $d_0=9,91$ мкм
13. Определить работает ли в одномодовом режиме W–световод с радиусом сердцевинны $a=8$ мкм, $n_1=1,450$, $n_2=1,447$, $\Delta=1,3$ мкм. Нормированная критическая частота первого высшего типа волны равна 3,832.
1. режим одномодовый
 2. режим многомодовый
14. Определить количество мод, направляемых световодом со ступенчатым профилем показателя преломления с параметрами $n_1=1,4665$, $n_2=1,4520$, $a=25$ мкм, $\Delta=1,06\dots\dots$
1. $N=143$
 2. $N=254$
 3. $N=312$
 4. $N=464$
 5. $N=598$
15. Определить частоту и длину волны отсечки одномодового волокна с градиентным профилем показателя преломления с показателями преломления в центре $n_1=1,51$, в оболочке $n_2=1,48$, с диаметром сердцевинны 8 мкм.
1. $\lambda_0=9,23$ мкм, $f_0=0,678*10^{14}$ Гц
 2. $\lambda_0=7,89$ мкм, $f_0=0,734*10^{14}$ Гц
 3. $\lambda_0=5,89$ мкм, $f_0=0,855*10^{14}$ Гц
 4. $\lambda_0=3,13$ мкм, $f_0=0,959*10^{14}$ Гц
 5. $\lambda_0=2,83$ мкм, $f_0=1,359*10^{14}$ Гц
16. Определить нормированную частоту и границы изменения фазовой скорости в волокне с $\Delta=1,55$ мкм при коэффициентах преломления сердцевинны и оболочки $n_1=1,48$, $n_2=1,45$, при радиусе сердечника кварцевого волокна $a=10$ мкм.
1. $V=5,23$, $v_f=(2,05\dots2,37)*10^8$
 2. $V=7,56$, $v_f=(2,12\dots2,45)*10^8$
 3. $V=9,45$, $v_f=(2,45\dots2,87)*10^8$
 4. $V=10,72$, $v_f=(2,01\dots2,71)*10^8$
 5. $V=12,02$, $v_f=(2,03\dots2,07)*10^8$
17. Определить числовую апертуру волокна с $n_1=1,4665$, $n_2=1,4520$.
1. $NA=0,201$
 2. $NA=0,206$
 3. $NA=0,223$
 4. $NA=0,243$
 5. $NA=0,275$
18. Рассчитать число мод в ступенчатом волокне при нормированной частоте $V=5,52$.
1. $N=11$
 2. $N=15$
 3. $N=45$
 4. $N=56$
 5. $N=35$

Вопросы для контроля:

1. История развития оптической связи. Достоинства оптических кабелей и их применение.
2. Перспективы развития оптической связи. Спектральное уплотнение.
3. Структура волоконного световода. Одномодовые и многомодовые световоды, их конструктивное отличие.

4. Профиль показателя преломления. Явление полного внутреннего преломления в световодах.
5. Апертурный угол, числовая апертура, ее связь с показателями преломления сердцевин и оболочки.
6. Направляемые, вытекающие и излучаемые волны в световоде. Классы и моды электромагнитных волн, распространяющиеся в волоконных световодах.
7. Критическая частота и длина волны. Основная мода, одномодовый режим передачи. Максимальный диаметр сердцевин для одномодовой передачи.
8. Число волн, распространяющихся в световоде. Нормированная частота.
9. Собственные и кабельные потери.
10. Что такое дисперсия, чем она обусловлена?
11. Дисперсия в одномодовом волокне. Эффект взаимной компенсации материальной и волноводной дисперсии.
12. Дисперсия в многомодовом волокне. Межмодовая дисперсия, причины ее возникновения.
13. Сравнительная характеристика дисперсионных свойств градиентных и ступенчатых волокон.
14. Межмодовая дисперсия на коротких и длинных линиях. В чем причина отличия? Длина связи мод.
15. Пропускная способность и дальность передачи по ОК.

Критерии оценивания.

Студент набрал менее 70 баллов – неудовлетворительно.

Студент набрал 70 – 79 баллов – удовлетворительно.

Студент набрал 80 – 89 баллов – хорошо.

Студент набрал свыше 90 баллов – отлично.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКР-5.7	Свободно справляется с задачами, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, демонстрирует разносторонние навыки и приемы выполнения практических задач	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий.
ПКР-6.10	Свободно справляется с изучением материала самостоятельно, демонстрирует способность самостоятельно изучать материалы по телевидению, уверенно отвечает на	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение

	вопросы по самостоятельно	практических заданий.
--	---------------------------	-----------------------

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 8, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Контрольные вопросы и задачи к зачету

Вопросы

1. Применение оптических систем передачи.
2. Сравнительная характеристика электрических и оптических кабельных систем.
3. Перспективы развития оптической связи. Оптическое уплотнение.
4. Физические процессы в волоконных световодах
5. Классы и типы волн в волоконных световодах. Моды
6. Коэффициент распространения по волоконному световоду
7. Критическая частота и критическая длина волны
8. Одномодовая передача по световодам
9. Затухание в оптических волокнах и кабелях
10. Причины возникновения затухания в оптических волокнах. Составляющие потерь
11. Зависимость затухания в волокнах от длины волны. «Окна прозрачности»
12. Дисперсия сигнала в волоконных световодах. Причины возникновения и составляющие дисперсии
13. Дисперсия в одномодовых и многомодовых волокнах
14. Параметры и характеристики оптических волокон и кабелей, подлежащие измерению. Этапы измерений
15. Методы измерения затухания. Проблемы, возникающие при измерении затухания
16. Назначение, устройство и принцип действия скремблера и фильтра оболочечных мод
17. Измерение затухания методами двух точек и двух длин
18. Измерение затухания методами замещения, сравнения с отраженным импульсом, обратного рассеяния
19. Определение места повреждения оптического кабеля
20. Измерение затухания соединений оптических волокон
21. Измерение характеристик передачи. Частотные характеристики. Временные характеристики
22. Методы измерения дисперсии
23. Измерение апертуры
24. Измерение профиля показателя преломления
25. Измерение длины волны отсечки и диаметра поля моды одномодового волокна
26. Влияние внешних воздействий на свойства оптических кабелей
27. Материалы для изготовления оптических волокон, работающих на длине волны 0,63-1,55 мкм
28. Стекла для оптических волокон, работающих в средней и дальней инфракрасной области
29. Классификация оптических волокон
30. Конструкции одномодовых волокон без сохранения поляризации
31. Конструкции одномодовых волокон с сохранением поляризации
32. Конструкции защитных полимерных покрытий волокон и материалы для их

- изготовления. Материалы для силовых элементов и оболочек кабеля и их конструкции
33. Классификация источников оптического излучения для ВОЛС, требования к ним
 34. Принцип действия когерентных и некогерентных источников оптического излучения. Характеристики источников излучения
 35. Классификация приемников оптического излучения, требования к ним
 36. Фотодетекторы ВОСП. Характеристики приемников оптического излучения
 37. Передающие оптические модули ВОСП
 38. Приемные оптические модули ВОСП
 39. Модуляция и демодуляция оптической несущей
 40. Прямая модуляция и демодуляция
 41. Модуляция и демодуляция с использованием поднесущей частоты
 42. Когерентный прием оптических сигналов
 43. Классификация пассивных устройств, требования к ним. Параметры и характеристики пассивных устройств
 44. Устройства ввода и вывода оптического излучения
 45. Разъемные и неразъемные соединители
 46. Разветвители. Мультиплексоры и демультиплексоры
 47. Оптические изоляторы. Атенюаторы
 48. Монтаж ВОЛС. Требования к монтажу. Эффект смещения сопрягаемых волокон
 49. Неразъемные соединения. Разъемные соединения
 50. Методы монтажа оптических кабелей
 51. Электродуговая сварка оптических волокон. Особенности сращивания одномодовых волокон
 52. Технология монтажа оптических кабелей
 53. Обобщенная структурная схема оптического линейного тракта
 54. Цифровые оптические линейные тракты
 55. Аналоговые оптические линейные тракты
 56. Классификация ретрансляторов
 57. Обобщенная структурная схема цифрового ретранслятора
 58. Обобщенная структурная схема цифрового регенератора
 59. Структурная схема аналогового ретранслятора
 60. Линейные коды цифровых ВОСП. Требования к линейным кодам
 61. Типы линейных кодов и их формирование
 62. Бинарные коды цифровых ВОСП
 63. Основные источники шумов ПОМ и методы их уменьшения
 64. Источники шумов ОЛТ.
 65. Расчет вероятности ошибки регенератора, защищенность.
 66. Минимальная детектируемая мощность, квантовый предел детектирования фотоприемного устройства
 67. Эквивалентная схема замещения ПрОМ для расчета С/Ш
 68. Порог чувствительности и эквивалентная мощность шума ПрОМ с модуляцией интенсивности оптического излучения и прямым детектированием аналогового сигнала (р-і-п-ФД)
 69. Порог чувствительности ПрОМ с модуляцией интенсивности оптического излучения и прямым детектированием аналогового сигнала (ЛФД)
 70. Оптимальный (квазиоптимальный) прием оптического излучения ЦВОСП
 71. Оптимальный приемник на основе р-і-п-ФД
 72. Оптимальный приемник на основе ЛФД

Задачи:

1. Определить критический диаметр сердечника двухслойного одномодового

- оптического волокна с проницаемостью сердечника $n_1=2,2$ и оболочки $n_2=2,15$ на $a=1,55$ мкм ($n_1=n_2=1$).
2. Определить диаметр сердечника одномодового волокна с градиентным профилем показателя преломления с проницаемостью сердечника в центре $n_1=2,25$ и оболочки $n_2=2,1$ на $a=1,3$ мкм ($n_1=n_2=1$).
 3. Определить диаметр сердечника одномодового волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с проницаемостью сердечника $n_1=2,28$ и оболочки $n_2=2,265$ на $a=1,55$ мкм ($n_1=n_2=1$).
 4. Определить диаметр сердечника одномодового волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с проницаемостью сердечника $n_1=2,28$ и оболочки $n_2=2,265$ на $a=1,3$ мкм ($n_1=n_2=1$).
 5. Определить диаметр сердечника двухслойного одномодового оптического волокна с проницаемостью сердечника $n_1=2,25$ и оболочки $n_2=2,1$ на $a=0,84$ мкм ($n_1=n_2=1$).
 6. Определить работает ли в одномодовом режиме W-световод с радиусом сердцевин $a=8$ мкм, $n_1=1,450$, $n_2=1,447$, $a=1,3$ мкм. Нормированная критическая частота первого высшего типа волны равна 3,832.
 7. Определить работает ли в одномодовом режиме волокно с радиусом сердцевин $a=8$ мкм, $n_1=1,450$, $n_2=1,447$, $a=1,3$ мкм.
 8. Определить режим работы волокна на $a=1,06$ мкм при радиусе сердечника $a=2,5$ мкм, коэффициентах преломления сердечника $n_1=1,48$ и оболочки $n_2=1,45$. Определить границы изменения фазовой скорости.
 9. В каком режиме будет работать волокно со ступенчатым профилем показателя преломления с диаметром сердцевин $2a=10$ мкм, показателем преломления $n_1=1,46$, $\Delta n=0,01$ на длине волны $\lambda=0,85$ мкм.
 10. В каком режиме будет работать волокно со ступенчатым профилем показателя преломления с диаметром сердцевин $2a=10$ мкм, показателями преломления $n_1=1,51$, $n_2=1,50$ на длине волны $\lambda=1,55$ мкм.
 11. Определить работает ли в одномодовом режиме W-световод с параметрами $a=15$ мкм, $n_1-n_2=0,004$, $n_1=1,450$, $a=0,87$ мкм. Нормированная критическая частота первого высшего типа волны равна 3,832.
 12. Определить количество мод, направляемых световодом со ступенчатым профилем показателя преломления с параметрами $n_1=1,4665$, $n_2=1,4520$, $a=25$ мкм, $a=1,06$ мкм
 13. Определить количество мод, направляемых однородным двухслойным световодом с параметрами $n_1=1,468$, $n_2=1,452$, $a=25$ мкм, $a=0,85$ мкм
 14. Определить количество мод в градиентном световоде с параболическим профилем показателя преломления, если показатель преломления в центре сердцевин $n_1=1,4665$, $n_2=1,452$, радиус сердцевин $a=25$ мкм, длина волны $\lambda=0,85$ мкм.
 15. Определить критическую частоту и критическую длину волны для моды E02 при $n_1=1,45$, $n_2=1,44$, $a=25$ мкм.
 16. Определить критическую частоту и критическую длину волны для моды EH23 при $n_1=1,47$, $n_2=1,46$, $a=25$ мкм.
 17. Рассчитать число мод в ступенчатом и градиентном волокне при нормированных частотах $V=5,52$; $7,016$; $8,417$
 18. Определить нормированную частоту, режим распространения излучения и границу изменения фазовой скорости для волокна с $\lambda=0,85$ мкм при радиусе сердечника кварцевого волокна $a=25$ мкм, $n_1=1,48$, $n_2=1,46$.
 19. Определить частоту и длину волны отсечки одномодового волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с $n_1=1,51$, $n_2=1,50$, диаметром сердцевин 10 мкм.
 20. Определить частоту и длину волны отсечки одномодового волокна с градиентным профилем показателя преломления с показателями преломления в центре $n_1=1,51$, в оболочке $n_2=1,48$, с диаметром сердцевин 8 мкм.

21. Определить нормированную частоту и границы изменения фазовой скорости в волокне с $a=1,55$ мкм при коэффициентах преломления сердцевинки и оболочки $n_1=1,48$, $n_2=1,45$, при радиусе сердечника кварцевого волокна $a=10$ мкм.
22. Определить нормированную частоту и границу изменения фазовой скорости для волокна с $a=0,85$ мкм при радиусе сердечника кварцевого волокна $a=25$ мкм, $n_1=1,48$, $n_2=1,46$.
23. Определить числовую апертуру волокна с проницаемостью сердечника $n_1=2,2$ и оболочки $n_2=2,15$.
24. Определить нормированную частоту и границы изменения фазовой скорости в волокне с $a=1,3$ мкм, с проницаемостью сердечника $n_1=2,25$ и оболочки $n_2=2,1$, при радиусе сердечника $a=25$ мкм
25. Определить числовую апертуру волокна с $n_1=1,4665$, $n_2=1,4520$.
26. Определить потери на поглощение, рассеяние и общие потери в волокне с $n_1=1,53$, $\text{tg } \delta=0,5 \cdot 10^{-10}$, $K_p=1,5$ мкм⁴*дБ/км на длине волны 1,55 мкм.
27. Определить потери на поглощение, рассеяние и общие потери в волокне с $n_1=1,45$, $\text{tg } \delta=2 \cdot 10^{-10}$, $K_p=1,2$ мкм⁴*дБ/км на длине волны 1,3 мкм.
28. Для световода с градиентным и ступенчатым профилем показателем преломления определить модовую дисперсию и полосу пропускания с учетом связи мод при $n_1=1,495$, $n_2=1,445$, $l=12,5$ км, $l_c=1,2$ км.
29. Для световода с параболическим профилем показателем преломления определить величину межмодовой дисперсии с учетом связи мод при показателе преломления в центре сердцевинки $n_1=1,4665$, показателе преломления оболочки $n_2=1,452$, радиусе сердцевинки $a=25$ мкм, длине световода $l=7,5$ км, $l_c=1,15$ км.
30. Определить величину межмодовой дисперсии в параболическом световоде без учета связи мод, если показатель преломления в центре сердцевинки $n_1=1,4665$, показатель преломления оболочки $n_2=1,4520$, длина световода $l=1$ км.
31. Определить величину межмодовой дисперсии и полосу пропускания в градиентном и ступенчатом световоде без учета связи мод при $n_1=1,48$, $n_2=1,45$, $l=1$ км (l – длина линии).
32. Определить величину межмодовой дисперсии и полосу пропускания в световоде со ступенчатым профилем показателя преломления без учета связи мод при $n_1=1,4665$, $n_2=1,452$, длине линии $l=1,6$ км.
33. Определить величину межмодовой дисперсии в однородном двухслойном световоде без учета связи мод при $n_1=1,485$, $n_2=1,448$, длине линии $l=0,65$ км.
34. Для световода с градиентным и ступенчатым профилем показателя преломления определить межмодовую дисперсию и полосу пропускания с учетом связи мод при $n_1=1,48$, $n_2=1,45$, $l=6$ км, $l_c=1$ км.
35. Определить величину хроматической дисперсии для одномодового световода на длине волны $\lambda=1,55$ мкм при длине линии $l=100$ км ($\Delta n=1$ нм, $M=-40$ пс/(км*нм), $B=20$ пс/(км*нм)).
36. Определить затухание волоконно-оптической линии, если мощность входного сигнала $P_{вх}=0,1$ мВт, а мощность выходного сигнала $P_{вых}=0,01$ мВт
37. При измерении дисперсии волоконного световода были получены следующие результаты: длительность импульса на входе $t_{вх}=4$ пс, на выходе $t_{вых}=5$ пс. Определить значение дисперсии измеряемого волокна.
38. При измерении затухания оптического волокна с помощью измерителя оптической мощности, были получены следующие результаты: мощность на входе – 1 мВт, на выходе – 0,001 мВт. Рассчитать потери волокна.
39. При измерении затухания оптического волокна с помощью измерителя оптической мощности, были получены следующие результаты: мощность на входе – 0 дБм, мощность на выходе – 30 дБм. Рассчитать потери волокна.

40. Определить затухание оптического волокна длиной 10 км, если мощность на входе $P_{вх}=1$ мВт, а мощность на выходе 0,5 мВт.
41. Определить уровень оптической мощности на выходе оптического волокна длиной 50 км, если его потери составляют 0,22 дБ/км, а уровень мощности на входе 0 дБм.
42. Оценить значение потерь волоконного световода между координатами L_1 и L_2 , если уровни мощности обратно рассеянных сигналов соответственно равны $P(L_1) = -20$ дБм и $P(L_2) = -30$ дБм.
43. Определить значение потерь оптического волокна по методу обратного рассеяния, если в координате $L_1=20$ км уровень мощности рассеянного сигнала $P(L_1) = -20$ дБм, а в координате $L_2=60$ км – $P(L_2) = -30$ дБм.
44. Оценить коэффициент отражения по методу обратного рассеяния, если уровень падающей мощности равен 1 мВт, а уровень отраженной мощности равен 0,001 мВт.
45. При сращивании строительных длин одномодового оптического кабеля ОКК-10-01, $d=8$ мкм в одном из волокон произошло радиальное смещение торцов на 1 мкм. Определить возникшие при этом дополнительные потери.
46. При соединении световодного шнура в кроссовом оптическом шкафу к могомодовому линейному оптическому кабелю ОКК-50-01, произошло угловое смещение торцов волокна на 30. Определить возникшие при этом дополнительные потери. Параметры оптического волокна: $n_2=1,505$; $\Delta=0,01$.
47. С течением времени в разъемном соединителе стационарного оптического кабеля ОКС-50-01 произошло осевое смещение торцов одного оптического волокна на 25 мкм. Определить возникшие при этом дополнительные потери. Параметры оптического волокна: $n_2=1,49$; $\Delta=0,01$
48. Рассчитать потери при угловых смещениях $\Theta=1^\circ, 2^\circ$; $NA=0,3015$.
49. Рассчитать потери при радиальном смещении $d=5$ мкм, $s=0,5$ мкм.
50. Рассчитать потери при осевом смещении в воздушном пространстве при $s=0,1$ мкм, $d=5$ мкм, $NA=0,3015$.
51. При присоединении волоконного соединительного шнура в кроссовом оптическом шкафу к линейному оптическому кабелю ОК-50-2-3-8, произошло угловое смещение торцов волокна на 8° . Определить возникшее при этом дополнительные потери. Параметры оптического волокна: $n_1=1,5$; $\Delta=0,009$.
52. При сращивании строительных длин оптического кабеля ОК-50-2-3-8 в одном из волокон произошло радиальное смещение торцов на 5 мкм. Определить возникшие при этом дополнительные потери.
53. Определить защищенность на входе УР цифрового ретранслятора при длине регенерационного участка 100 км с учетом того, что для магистрали протяженностью 2500 км допускается не более двух ошибок при передаче 107 бит информации.
54. Определить МДМ на входе приемника при длине волны излучения $\lambda=1,55$ мкм, скорости передачи цифровой информации $V=10$ Мбит/с, вероятности ошибки рош $=10^{-9}$, квантовой эффективности фотодетектора $\eta=1$ ($h=6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)
55. Определить МДМ на входе приемника при длине волны излучения $\lambda=0,85$ мкм, скорости передачи цифровой информации $V=100$ Мбит/с, вероятности ошибки рош $=10^{-9}$, квантовой эффективности фотодетектора $\eta=0,5$ ($h=6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)
56. Определить МДМ на входе приемника при длине волны излучения $\lambda=1,3$ мкм, скорости передачи цифровой информации $V=500$ Мбит/с, вероятности ошибки рош $=10^{-9}$, квантовой эффективности фотодетектора $\eta=0,8$ ($h=6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)
57. Определить порог чувствительности ПРОМ на основе германиевого диода с параметрами $C=1$ пФ; $\eta=0,5$; $\lambda=1,3$ мкм для приема оптического сигнала при скорости передачи $V=150$ Мбит/с, с коэффициентом шума предусилителя $FШ=4$ при температуре $T=300$ К, $\tau=1$ ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

58. Определить порог чувствительности ПРОМ на основе германиевого диода с параметрами $C=1$ пФ; $\eta=0,5$; $\lambda=1,3$ мкм для приема аналогового оптического сигнала при скорости передачи $V=150$ Мбит/с, с коэффициентом шума предусилителя $FШ=4$ при температуре $T=300$ К, $\tau=1$ ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).
59. Определить порог чувствительности ПРОМ на основе германиевого диода с параметрами $C=0,8$ пФ; $\eta=0,8$; $\lambda=1,55$ мкм для приема аналогового оптического сигнала при скорости передачи $V=500$ Мбит/с, с коэффициентом шума предусилителя $FШ=4$ при температуре $T=350$ К, $\tau=0,8$ ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).
60. Определить порог чувствительности ПРОМ ЦВОСП на волне оптического излучения $\lambda=0,85$ мкм при скорости передачи $V=5 \cdot 10^8$ бит/с, вероятности ошибки не хуже $\rho_{ш} = 10^{-9}$, фотодетектор ПРОМ выполнен на основе р-і-п ФД, квантовая эффективность которого не хуже $\eta=0,8$, а полная емкость $C=2 \cdot 10^{-12}$ Ф. Коэффициент шума усиления ПРОМ $FШ=5$, расчетная температура $T=300$ К ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).
61. Определить порог чувствительности ПРОМ ЦВОСП на волне оптического излучения $\lambda=1,55$ мкм при скорости передачи $V=2 \cdot 10^8$ бит/с, вероятности ошибки не хуже $\rho_{ш} = 10^{-9}$, фотодетектор ПРОМ выполнен на основе ЛФД с коэффициентом лавинного умножения $M=80$, квантовая эффективность которого не хуже $\eta=0,8$, а полная емкость $C=20$ пф. Коэффициент шума усиления ПРОМ $FШ=6$, расчетная температура $T=300$ К ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

Успешному проведению зачета способствует систематическое посещение лекционных, практических и семинарских занятий, тщательная проработка вопросов, выносимых на обсуждения на групповых занятиях и самостоятельная подготовка обучающихся. При подготовке к зачету необходимо ознакомиться с вопросами, составить структурно-логическую схему ответа на каждый вопрос, используя при этом материалы лекционных практических и семинарских занятий, рекомендуемую преподавателем литературу. При возникновении сложностей в процессе подготовки к зачету необходимо обратиться за консультацией к преподавателю.

Зачет является заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеет целью проверить теоретические знания обучающихся, их навыки и умение применять полученные знания при решении практических задач. Зачет проводится в объеме рабочей программы учебной дисциплины. В билет включены два теоретических вопроса из разных разделов программы.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Имеет знания основного материала, допускаются некоторые неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, возможны некоторые затруднения при выполнении практических работ	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы

6.2.2.2 Семестр 8, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Контрольные вопросы к защите курсового проекта

1. Одномодовая передача по световодам
2. Затухание в оптических волокнах и кабелях
3. Причины возникновения затухания в оптических волокнах. Составляющие потерь
4. Зависимость затухания в волокнах от длины волны. «Окна прозрачности»
5. Дисперсия сигнала в волоконных световодах. Причины возникновения и составляющие дисперсии
6. Дисперсия в одномодовых и многомодовых волокнах
7. Конструкции одномодовых волокон без сохранения поляризации
8. Конструкции одномодовых волокон с сохранением поляризации
9. Классификация источников оптического излучения для ВОЛС, требования к ним
10. Классификация приемников оптического излучения, требования к ним
11. Фотодетекторы ВОСП. Характеристики приемников оптического излучения
12. Передающие оптические модули ВОСП
13. Приемные оптические модули ВОСП
14. Обобщенная структурная схема цифрового ретранслятора
15. Обобщенная структурная схема цифрового регенератора
16. Линейные коды цифровых ВОСП. Требования к линейным кодам
17. Типы линейных кодов и их формирование
18. Бинарные коды цифровых ВОСП
19. Основные источники шумов ПОМ и методы их уменьшения
20. Источники шумов ОЛТ.
21. Расчет вероятности ошибки регенератора, защищенность.
22. Минимальная детектируемая мощность, квантовый предел детектирования фотоприемного устройства
23. Эквивалентная схема замещения ПрОМ для расчета С/Ш
24. Порог чувствительности и эквивалентная мощность шума ПрОМ с модуляцией интенсивности оптического излучения и прямым детектированием аналогового сигнала (р-і-п-ФД)
25. Порог чувствительности ПрОМ с модуляцией интенсивности оптического излучения и прямым детектированием аналогового сигнала (ЛФД)
26. Оптимальный (квазиоптимальный) прием оптического излучения ЦВОСП
27. Оптимальный приемник на основе р-і-п-ФД
28. Оптимальный приемник на основе ЛФД

К защите студент должен подготовить доклад, содержащий постановку задачи проектирования, краткое изложение проделанной работы и выводы. Автор докладывает результаты своей работы в течение 3-5 минут и отвечает на вопросы членов комиссии. При оценке работы учитываются правильность расчетов, обоснованность выводов, грамотность и качество оформления расчетно-пояснительной записки, содержание доклада и оценка ответов на поставленные вопросы.

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Расчеты выполнены верно, пояснительная	Расчеты выполнены верно, пояснительная	В расчетах есть незначительные ошибки,	В расчетах есть значительные ошибки, пояснительная записка

<p>записка оформлена грамотно, доклад четкий, содержательный, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно отвечает на вопросы, правильно обосновывает принятое решение при выборе оборудования, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p>	<p>записка оформлена грамотно, доклад четкий, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но допускает небольшие неточности в ответах на вопросы, обосновывает принятое решение при выборе оборудования.</p>	<p>пояснительная записка оформлена грамотно, доклад не достаточно четкий, имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки в ответах на вопросы, нарушения логической последовательности в изложении материала.</p>	<p>оформлена грамотно, доклад не достаточно четкий, не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями обосновывает выбор оборудования.</p>
---	--	--	---

7 Основная учебная литература

1. Методические указания к курсовому проектированию по курсу "Волоконно-оптические линии связи" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 34.
2. Методические указания к курсовому проектированию по курсу "Волоконно-оптические линии связи" [Электронный ресурс] : для студентов специальности 180300 / Иркутский гос. технический ун-т, 2004. - 33.
3. Скляров О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие / О. К. Скляров, 2018. - 268.
4. Волоконно-оптические кабели и системы : методические указания к выполнению лабораторных работ. Ч. 1 / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002- . - 38.
5. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Волоконно-оптические линии связи" [Электронный ресурс] : Часть 3 для студентов специальности 180300, 200700 / Иркутский гос. технический ун-т, 2004. - 22.
6. Леонова Н. В. Волоконно-оптические системы передачи : курс лекций для студентов специальностей 140611, 654200 / Н. В. Леонова, 2008. - 172.
7. Леонова Н. В. Волоконно-оптические линии связи : методические указания к лабораторным работам: по направлению 11.04.01 "Радиотехника": программа "Радиотехнические телекоммуникационные устройства и системы" / Н. В. Леонова, 2018. - 72.
8. Леонова Н. В. Волоконно-оптические линии связи : методические указания к практическим занятиям и СРС: по направлению 11.04.01 "Радиотехника": программа "Радиотехнические телекоммуникационные устройства и системы" / Н. В. Леонова, 2018. - 24.

9. Леонова Н. В. Оптические телекоммуникационные системы : методические указания к практическим занятиям и СРС: по направлению 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи": профиль подготовки: "Многоканальные телекоммуникационные системы" / Н. В. Леонова, 2018. - 25.

10. Леонова Н. В. Оптические телекоммуникационные системы : электронный курс / Н. В. Леонова, 2020

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Скляров О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" квалификации "бакалавр" и "магистр" / О. К. Скляров, 2016. - 265.

2. Скляров О. К. Современные волоконно-оптические системы передачи, аппаратура и элементы / О. К. Скляров, 2001. - 237.

3. Оптические системы передачи : учеб. для вузов по спец. "Телекоммуникация" / Б. В. Скворцов, В. И. Иванов, В. В. Крухмалев и др., 1994. - 224.

4. Фриман Роджер Л. Волоконно-оптические системы связи : монография / Р. Фриман, 2007. - 511.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007
2. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
3. MATLAB_поставка 2015
4. PTC Mathcad Professional _поставка 2014

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Генератор Rigol DG2041A
2. Моноблок Mitac /USB 2.0 480Gb/s
3. Интерактивная система /ActivBoard

4. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
5. Цифровой запоминающий осциллограф Tektronix TDS2024B
6. 312575 Генератор Г4-151
7. Цифровой запоминающий осциллограф Sefram 5164DC
8. 310830 Лабораторный стенд БИС
9. Стенд для исследования ТЛС-1
10. лабораторный стенд для изучения оптоволоконных систем передачи данных KL-900D
11. лабораторный стенд для изучения оптоволоконных систем передачи данных KL-900D