

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 УСТРОЙСТВА В РАДИОТЕХНИКЕ»

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Леонова Наталья
Всеволодовна
Дата подписания: 28.05.2025

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 устройства в радиотехнике» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-5 Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	ПКР-5.5
ПКР-6 Способность формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПКР-6.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-5.5	Использует программные средства для моделирования оптических устройств. Владеет графическими средствами и компьютерными программами по составлению схем оптических систем	Знать современные языки и среды программирования, графический язык программирования labview; теоретические основы оптической обработки информации; принципы построения и работы основных функциональных узлов. Уметь использовать программные средства для моделирования оптических устройств Владеть графическими средствами и компьютерными программами по составлению схем оптических систем.
ПКР-6.2	Способен применять основные методы формирования, разработки элементов и систем при решении практических задач проектирования оптических систем передачи информации	Знать основные методы формирования, разработки элементов и систем при решении практических задач проектирования оптических систем передачи информации; теоретические основы оптической обработки информации; принципы построения и работы, а также характеристики основных функциональных узлов оптических систем; схемы интегрально-оптических устройств для систем передачи и обработки информации; основы работы волоконно-оптических систем передачи информации. Уметь применять основные методы формирования, разработки элементов и систем при решении

		практических задач проектирования оптических систем передачи информации измерять и рассчитывать параметры оптических кабелей; рассчитывать параметры линейного тракта волоконно-оптической системы передачи. Владеть основными методами формирования, разработки элементов и систем при решении практических задач проектирования оптических систем передачи информации.
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Оптические устройства в радиотехнике» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы проектной деятельности», «Физические основы оптоэлектроники», «Оптические методы и устройства обработки информации»

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	33	33
практические/семинарские занятия	11	11
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	42	42
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 8

№ п/п	Наименование раздела и темы	Виды контактной работы			СРС	Форма текущего
		Лекции	ЛР	ПЗ(СЕМ)		

	дисциплины	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	контроля
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Акустооптическая обработка информации	1	4			1	2	1, 4	3	Тест
2	Интегрально-оптические устройства для систем передачи и обработки информации	2	2			2	2	1, 4	3	Тест
3	Голографические методы записи, передачи и обработки информации	3	3					1	1	Тест
4	Волоконно-оптические системы передачи	4	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	30	3, 4	4	1, 2, 4, 5	22	Тест
5	Волоконно-оптические датчики и гироскопы	5	5	16	3	5, 6	3	1, 2, 3, 4, 5	13	Тест
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		22		33		11		42	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Акустооптическая обработка информации	Освоение базовых знаний в области основ теории и принципов работы оптических устройств обработки информации. Акустооптическое взаимодействие. Акустооптические дифракционные дефлекторы. Акустооптические модуляторы света. Акустооптические преобразователи свет – сигнал. Акустооптические фильтры. Оптические методы обработки радиосигнала.
2	Интегрально-оптические устройства для систем передачи и обработки информации	Принципы построения интегрально-оптических устройств. Интегрально-оптические спектроанализаторы, корреляторы сигнала, АЦП и ЦАП. Оптические интегральные схемы для распознавания набора данных, пороговые и мультистабильные, вычислительные, коммутирующие ОИС
3	Голографические	Физические основы голографии. Голографические

	методы записи, передачи и обработки информации	пространственные фильтры. Голографические процессоры. Голографические системы памяти.
4	Волоконно-оптические системы передачи	Основы проектирования, монтажа, эксплуатации волоконно-оптических линий связи. Волоконные световоды и оптические кабели их характеристики и методы измерения. Источники и приемники оптического излучения, передающие и принимающие оптические модули. Модуляция и демодуляция оптической несущей в волоконно-оптических системах передачи. Пассивные устройства трактов ВОЛС. Ретрансляторы и регенераторы. Шумы оптических линейных трактов, расчет минимальной детектируемой мощности.
5	Волоконно-оптические датчики и гироскопы	Волоконно-оптические датчики с волокном в качестве линии передачи. Волоконно-оптические датчики с волокном в качестве чувствительного элемента. Волоконно-оптические гироскопы.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 8

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Структура и принцип работы волоконно-оптических систем передачи	2
2	Изучение работы волоконно-оптического канала связи	2
3	Классификация оптических волокон и кабелей	2
4	Зависимость числовой апертуры от радиуса изгиба волокна	2
5	Зависимость затухания оптического кабеля от радиуса изгиба	2
6	Зависимость затухания оптического кабеля от апертурного согласования	2
7	Устройство, принцип работы, основные характеристики универсального оптического рефлектометра	2
8	Определение дисперсии излучения в волокне	2
9	Исследование диаграммы направленности источников оптического излучения	2
10	Исследование ватт-амперной характеристики источников оптического излучения	2
11	Изучение приемников оптического излучения	2
12	Передающие и приемные устройства для волоконно-оптических систем	2
13	Определение полосы пропускания волоконно-оптической линии связи	2
14	Исследование влияния на затухание сигнала	2

	осевого смещения волокон при монтаже волоконно-оптической кабельной линии	
15	Исследование влияния на затухание сигнала радиального смещения волокон при монтаже волоконно-оптической кабельной линии	2
16	Волоконно-оптические датчики	3

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Акустооптические методы в радиотехнике	2
2	Схемы интегрально-оптических устройств для систем передачи и обработки информации	2
3	Волоконно-оптические кабельные системы	2
4	Помехоустойчивость ретрансляторов и приемных модулей	2
5	Волоконно-оптические датчики	2
6	Волоконно-оптические гироскопы	1

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	5
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
3	Подготовка к зачёту	5
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	24
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4

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

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

1. Леонова Н. В. Оптические устройства в радиотехнике : учебное пособие для студентов Физико-технического института ИрГТУ специальности 654200 "Радиотехника" / Н. В. Леонова, 2010. - 224 с.
2. Леонова Н.В. Оптические устройства в радиотехнике: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и

обработки сигналов» - ИрННТУ, 2018. - 23 с.

5.1.2 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 устройства в радиотехнике: Методические указания к лабораторным работам для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» - ИрННТУ, 2018. - 46 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Леонова Н.В. Оптические устройства в радиотехнике: Методические указания к практическим занятиям и СРС для обучающихся по направлению 11.03.01 «Радиотехника» Профиль подготовки: «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» - ИрННТУ, 2018. - 23 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. Тесты приведены в . После изучения каждого раздела студент отвечает на вопросы тестов. На тесты можно ответить в электронном виде и результаты послать преподавателю.

Пример теста к теме 1.1

1. При каких значениях волнового параметра наблюдается дифракция Рамана-Ната?
 - 1.
 2. $\gg 1$
 3. ≈ 1
2. При каких значениях волнового параметра наблюдается промежуточный режим дифракции?
 - 1.
 2. $\gg 1$
 3. ≈ 1
3. При каких значениях волнового параметра наблюдается дифракция Брэгга?
 - 1.
 2. $\gg 1$
 3. ≈ 1
4. Что характеризует волновой параметр?

1. Режим акустооптического взаимодействия
2. Спектр оптического излучения
3. Эффективность работы пьезопреобразователя
5. Основные свойства раман-натовского взаимодействия
 1. Наличие большого числа дифракционных максимумов, дифракционная решетка – плоская
 2. Угловая селективность, наличие одного дифракционного максимума, дифракционная решетка – трехмерная
6. Основные свойства брэгговского взаимодействия
 1. Наличие большого числа дифракционных максимумов, дифракционная решетка – плоская
 2. Угловая селективность, наличие одного дифракционного максимума, дифракционная решетка – трехмерная
7. Какое выражение соответствует условию Вульфа-Брэгга?
 - 1.
 - 2.
 - 3.
8. Какое выражение описывает раман-натовскую дифракцию?
 - 1.
 - 2.
 - 3.
9. Определить количество дифракционных максимумов при перпендикулярном падении света на акустооптическую ячейку при дифракции Рамана-Ната (длина волны света 0,63 мкм, частота звуковой волны 350 МГц, скорость звука 2100 м/с, показатель преломления материала ячейки 1,450)
 1. 13
 2. 10
 3. 25
10. При каком угле падения света с длиной волны 1,06 мкм на ультразвуковой столб будет наблюдаться дифракция Брэгга (частота ультразвука 100 МГц, скорость звука 3050 м/с)?
 1. 15°
 2. 10°
 3. 1°
11. Каков режим дифракции при показателе преломления 2,260, длине области взаимодействия 1 см, длине волны света 0,63 мкм и частоте ультразвука 145 МГц, скорости звука 2080 м/с
 1. раман-натовский
 2. брэгговский
 3. промежуточный

Вопросы для контроля:

1. Физические основы дифракции света на звуковой волне.
2. Отличия дифракции Рамана–Ната и Брэгга. Их аналогия с дифракцией на плоской и объемной решетке.
3. Промежуточный режим дифракции. Переход от одного режима к другому.

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-5.5	Знает теоретический материал по принципам работы оптических устройств обработки и передачи информации: акустооптических, интегрально-оптических устройств, волоконно-оптических систем передачи. Умеет измерять и рассчитывать параметры оптических кабельных линий	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий
ПКР-6.2	Знает теоретический материал по принципам работы оптических устройств обработки и передачи информации: акустооптических, интегрально-оптических устройств, волоконно-оптических систем передачи. Умеет измерять и рассчитывать параметры оптических кабельных линий	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение 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. Акустооптические дифракционные дефлекторы
2. Дефлекторы с изотропной и анизотропной дифракцией света.
3. Сканирование изображений.
4. Акустооптические модуляторы света с бегущей волной, их характеристики
5. Модуляторы со стоячей акустической волной.
6. Корреляторы и конвольверы.
7. Процессоры с пространственным и временным интегрированием.
8. Акустооптическое развертывающее устройство, его характеристики.
9. Регистрация фазовой структуры световых полей.
10. Перестраиваемые акустооптические фильтры.

11. Неколлинеарные фильтры с широкой угловой апертурой.
12. Анализаторы спектра с пространственным и временным интегрированием.
13. Одноканальные анализаторы. Многоканальные анализаторы.
14. Электрооптические модуляторы, их основные характеристики.
15. Электрооптические модуляторы типа Маха – Цандера.
16. Электрооптические модуляторы, основанные на использовании явлений отражения или дифракции.
17. Интегрально-оптические спектроанализаторы.
18. Интегрально-оптические корреляторы сигналов.
19. Интегрально-оптические АЦП и ЦАП.
20. Интегрально-оптические процессоры.
21. ИОС для кодирования и декодирования цифровой информации.
22. Пороговые и мультитабильные ИОС.
23. Оптические мультивибраторы, вентили, транзисторы.
24. Интегрально-оптические коммутаторы.
25. Голографические пространственные фильтры
26. Согласованная пространственная фильтрация.
27. Голографические системы памяти
28. Информационно-поисковые системы для хранения и отображения информации. Голографические системы памяти с произвольной выборкой информации.
29. Физические процессы в волоконных световодах. Классы и типы волн в волоконных световодах. Моды. Критическая частота и критическая длина волны. Одномодовая передача по световодам.
30. Затухание в оптических волокнах и кабелях.
31. Дисперсия сигнала в волоконных световодах.
32. Методы измерения затухания.
33. Измерение характеристик передачи.
34. Измерение дисперсии.
35. Измерение апертуры.
36. Измерение профиля показателя преломления.
37. Измерение длины волны отсечки и диаметра поля моды одномодового волокна.
38. Классификация источников оптического излучения, требования к ним.
39. Принцип действия когерентных и некогерентных источников оптического излучения.
40. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды.
41. Характеристики источников излучения.
42. Классификация приемников оптического излучения, требования к ним.
43. Фотодетекторы ВОСП.
44. Характеристики приемников оптического излучения.
45. Передающие оптические модули.
46. Приемные оптические модули.
47. Модуляция и демодуляция оптической несущей.
48. Прямая модуляция и демодуляция.
49. Модуляция и демодуляция с использованием поднесущей частоты.
50. Когерентный прием оптических сигналов.
51. Классификация пассивных устройств, требования к ним. Параметры и характеристики пассивных устройств.
52. Устройства ввода и вывода оптического излучения.
53. Разъемные и неразъемные соединители.
54. Разветвители. Мультиплексоры и демультиплексоры.
55. Оптические изоляторы. Атенюаторы.

56. Обобщенная структурная схема оптического линейного тракта. Цифровые оптические линейные тракты. Аналоговые оптические линейные тракты.
57. Классификация ретрансляторов. Помехоустойчивость регенераторов.
58. Порог чувствительности приемного оптоэлектронного модуля.
59. Оптимальный и квазиоптимальный приемы оптических сигналов с прямым фотодетектированием.
60. Волоконно-оптические датчики с волокном в качестве линии передачи
61. Датчики на основе измерения интенсивности света.
62. Датчики на основе поляризации света. Датчики на основе сдвига частоты света
63. Волоконно-оптические датчики с волокном в качестве чувствительного элемента
64. Функции и структуры волоконно-оптических чувствительных элементов.
65. Датчики на основе интерференции.
66. Датчики на основе измерения потерь.
67. Датчики распределения.
68. Принцип действия оптического гироскопа.
69. Системы оптических гироскопов.
70. Методы повышения чувствительности.
71. Шумы и методы их устранения.
72. Характеристики оптических гироскопов.
73. Гироскопы пассивного типа с кольцевым резонатором.

Задачи:

1. Определить критический диаметр сердечника двухслойного одномодового оптического волокна с проницаемостью сердечника $n_1=2,2$ и оболочки $n_2=2,15$ на $\lambda=1,55$ 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 $\lambda=1,3$ 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 $\lambda=1,55$ 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 $\lambda=1,3$ 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 $\lambda=0,84$ мкм ($n_1=n_2=1$).
6. Определить работает ли в одномодовом режиме W-световод с радиусом сердцевин $a=8$ мкм, $n_1=1,450$, $n_2=1,447$, $\lambda=1,3$ 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, $n_1=1,450$, $n_2=1,447$, $\lambda=1,3$ мкм.
8. Определить режим работы волокна на $\lambda=1,06$ 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, $\lambda = 1,06$ мкм
 13. Определить количество мод, направляемых однородным двухслойным световодом с параметрами $n_1 = 1,468$, $n_2 = 1,452$, $a = 25$ мкм, $\lambda = 0,85$ 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 $\lambda = 1,55$ мкм при коэффициентах преломления сердцевин 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 $\lambda = 0,85$ мкм при радиусе сердечника кварцевого волокна $a = 25$ мкм, $n_1 = 1,48$, $n_2 = 1,46$.
 23. Определить числовую апертуру волокна с проникаемостью сердечника $n_1 = 2,2$ и оболочки $n_2 = 2,15$.
 24. Определить нормированную частоту и границы изменения фазовой скорости в волокне с $\lambda = 1,3$ мкм, с проникаемостью 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, $l_s = 1,2$ км.
 29. Для световода с параболическим профилем показателем преломления определить величину межмодовой дисперсии с учетом связи мод при показателе преломления в центре сердцевин $n_1 = 1,4665$, показателе преломления оболочки $n_2 = 1,452$, радиусе сердцевин $a = 25$ мкм, длине световода $l = 7,5$ км, $l_s = 1,15$ км.
 30. Определить величину межмодовой дисперсии в параболическом световоде без учета связи мод, если показатель преломления в центре сердцевин $n_1 = 1,4665$, 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 обратных 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 многомодовому линейному оптическому кабелю ОКК-50-01, произошло угловое смещение торцов волокна на 30. Определить возникшие при этом дополнительные потери. Параметры оптического волокна: $n_2=1,505$; $\Delta n=0,01$.
47. С течением времени в разъемном соединителе стационарного оптического кабеля ОКК-50-01 произошло осевое смещение торцов одного оптического волокна на 25 мкм. Определить возникшие при этом дополнительные потери. Параметры оптического волокна: $n_2=1,49$; $\Delta n=0,01$.
48. Рассчитать потери при угловых смещениях $\Theta=1^\circ, 2^\circ$; $NA=0,3015$.
49. Рассчитать потери при радиальном смещении $d=5$ мкм, $\Delta d=0,5$ 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, $\tau=1$ ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ 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 рош $=10^{-9}$, 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 рош $=10^{-9}$, 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

7 Основная учебная литература

1. 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.
2. Скляров О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие / О. К. Скляров, 2018. - 268.
3. Леонова Н. В. Оптические устройства в радиотехнике : учебное пособие для студентов Физико-технического института ИрГТУ специальности 654200 "Радиотехника" / Н. В. Леонова, 2010. - 224.
4. Леонова Н. В. Оптические устройства в радиотехнике : электронный курс / Н. В. Леонова, 2019
5. Леонова Н. В. Оптические устройства в радиотехнике : методические указания к лабораторным работам: по направлению 11.03.01 "Радиотехника": профиль подготовки: "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов" / Н. В. Леонова, 2018. - 47.
6. Леонова Н. В. Оптические устройства в радиотехнике : методические указания к практическим занятиям и СРС: по направлению 11.03.01 "Радиотехника": профиль подготовки: "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов" / Н. В. Леонова, 2018. - 24.
7. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие по направлениям подготовки "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов, 2017. - 538.
8. Волоконно-оптические кабели и системы : методические указания к выполнению лабораторных работ. Ч. 1 / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002- . - 38.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Розеншер Э. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер, 2004. - 588, [1].

2. Ермаков О. Н. Прикладная оптоэлектроника / О. Ермаков, 2004. - 414.
3. Карих Е. Д. Оптоэлектроника : учеб. пособие для специальностей "Радиофизика", "Физ. электроника" вузов / Е. Д. Карих, 2000. - 262.
4. Оокоси Таканори. Оптоэлектроника и оптическая связь / Таканори Оокоси; Пер. с яп. А. А. Генина, 1988. - 95.
5. Волноводная оптоэлектроника / Под. ред. Т. Тамира; Пер. с англ. А. П. Горобца и др., 1991. - 574.
6. Розеншер Э. Оптоэлектроника : монография / Э. Розеншер, Б. Винтер; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова, 2006. - 588.
7. Ермаков. Оптоэлектроника Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника, 2010. - 695.
8. Оптоэлектроника Оптроника, 2011. - 611.
9. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие по направлениям подготовки "Электроника и микроэлектроника" и "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов, 2016. - 538.
10. Волоконно-оптические системы передачи : учебник для вузов связи спец. 23.06 "Многоканальная электросвязь" / Под ред. В. М. Гомзина, 1992. - 416.
11. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под ред. Эрика Удда; пер. с англ. И. Ю. Шкадиной, 2008. - 518.

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 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)
3. MATLAB_поставка 2015
4. PTC Mathcad University Edition_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. генератор сигналов универсальный RIGOL DG1022
6. Цифровой запоминающий осциллограф Tektronix TDS2024B
7. 312575 Генератор Г4-151
8. Цифровой запоминающий осциллограф Sefram 5164DC
9. 310830 Лабораторный стенд БИС
10. Стенд для исследования ТЛС-1
11. лабораторный стенд для изучения оптоволоконных систем передачи данных KL-900D
12. лабораторный стенд для изучения оптоволоконных систем передачи данных KL-900D