

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Оптические устройства в радиотехнике»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация выпускника Инженер

Нормативный период обучения 5,5 лет

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы  /Федоров С.М./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем  /Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП  /Журавлёв Д.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: освоение квантовой и оптической электроники и формирование навыков использования аппарата квантовой и оптической электроники в профессиональной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование знаний, которые обеспечили бы возможность понимать физические процессы в устройствах квантовой и оптической электроники, принципы работы этих устройств и применять эти устройства в практической деятельности; заложение навыков наблюдения, выполнения и обработки результатов эксперимента в области квантовой и оптической электроники; обучение основам теории электромагнитных волн в неоднородных средах; обучение основам теории лазеров и квантовых усилителей, детектирования световых сигналов, устройств и систем оптической связи и обработки информации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Оптические устройства в радиотехнике» относится к дисциплинам вариативной части блока Б.1 учебного плана.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Оптические устройства в радиотехнике» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - способен к проведению диагностики, оценки качества и надежности в процессе эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать особенности эксплуатации оптических устройств.
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) оптических устройств.
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания оптических устройств.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы лазерных систем передачи информации» составляет 4 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		А			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	54	54			
Курсовой проект					
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	+	+			
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Оптические передатчики ВОЛС	Источники оптического излучения для ВОЛС. Зонная структура полупроводниковых лазерных материалов. Светоизлучающие диоды и их параметры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры с двойным гетеропереходом. Многомодовые и одномодовые гетеролазеры. Лазеры с распределенной обратной связью. Лазер с вертикальным оптическим резонатором. Параметры лазерных излучателей. Модуляция полупроводниковых источников оптического излучения. Модулированные импульсные последовательности.	6	4	8	10	28
2	Оптические световоды и кабели	Принцип действия оптического диэлектрического волновода. Числовая апертура. Профиль показателя преломления. Ширина полосы пропускания и скорость передачи информации. Ослабление оптического излучения. Оптимальная длина волны для ВОЛС. Виды дисперсии. Межмодовая, материальная, волноводная и поляризационная дисперсии. Электродинамическая постановка задачи. Волновое уравнение и его решение. Типы направляемых волн. Вытекающие волны.	14	8	16	24	62
3	Оптические приемники ВОЛС	Принцип детектирования оптических сигналов. <i>p-i-n</i> фотодиод. Лавинный фотодиод. Характеристики фотодетекторов. Фоновая засветка. Дробовой шум. Тепловой шум. Шум лавинного размножения. Оптические усилители. Регенерация цифровых оптических сигналов. Ошибки регенерации. Квантовый предел фотодетектирования. Балансные соотношения для ВОЛС.	10	6	8	10	34
4	Волоконно-оптические линии связи	Топология ВОЛС. Аналоговые и цифровые ВОЛС. Пути совершенствования ВОЛС.	6		4	10	20
Итого			36	18	36	54	144

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1	Лабораторная работа №1. Исследование оптической аналоговой линии связи «ЛУЧ»	9	отчет
2	Лабораторная работа №2. Исследование цифровой оптической системы связи «ЛУЧ-2»	9	отчет
3	Лабораторная работа № 3. Исследование параметров открытых оптических резонаторов	9	отчет
4	Лабораторная работа № 4. Расчет параметров ВОЛС	9	отчет
Итого		36	

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Не предусмотрено учебным планом.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован»; «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения,, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	знать особенности эксплуатации оптических устройств.	Активная работа на при выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) оптических устройств.	Защиты выполненных лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания оптических устройств.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в семестре

А для очной формы обучения:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-4	знать особенности эксплуатации оптических устройств.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) оптических устройств.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания оптических устройств.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Что такое лазерная локация?
2. Что такое лазерный гироскоп?
3. Что такое лазер с гомоструктурой?
4. Что такое лидар?
5. Что такое химические лазеры?
6. Как реализуется модуляция лазера?
7. Как определяется поглощение среды?
8. Что такое преломление?
9. Что такое пространственная когерентность?
10. Как распространяются поляризованные электромагнитные волны?
11. Чем определяется пороговый ток полупроводникового лазера ?
12. Что такое спонтанное излучение?
13. Как условия для осуществления самопроизвольного (спонтанного) квантового перехода?
14. Что такое спектральная чувствительность?
15. Как определяется ширина спектральной линии

Ключ

1. Обнаружение объекта (цели) при его облучении и приемом части отраженного от этого объекта энергии, несущей полезную информацию о местоположении его в пространстве.
2. Квантовый прибор, основанный на физическом явлении Саньяка и измеряющий угловую скорость объекта в инерционном пространстве.
3. Полупроводниковый лазер выполненный на основе единого монокристалла, оптические свойства которого изотропно зависят от направления.
4. Оптический локатор, основанный на принципе отражения от объектов излучения лазера.
5. Лазеры, в которых лазерное излучение возникает в результате неравновесного распределения химической энергии среди продуктов экзотермических быстротекающих реакций.
6. Изменение по заданному закону характеристик лазерного излучения для получения информационного сигнала с определенной временной зависимостью.
7. Взаимодействие элемента активной среды с фотоном, в результате которого энергия фотона переходит в другой вид энергии.
8. Изменение траектории направления распространения волны при переходе из одной среды в другую через границу раздела двух сред.

9. Корреляция фаз волн электромагнитного поля в различных точках пространства.

10. Электромагнитные волны, у которых направление векторов электрического и магнитного полей остаются неизменными в пространстве или изменяются по определенному закону.

11. Минимальный ток, при котором усиленное излучение за счет вынужденных переходов равно его потерям в кристалле полупроводника.

12. Самостоятельный вероятностный переход элемента активной среды с верхнего энергетического состояния в нижнее, при этом может наблюдаться как излучательная релаксация с излучением кванта света, так и без излучательная релаксация.

13. Излучение, вызванное спонтанным переходом атома (молекулы) в одно из состояний с меньшей энергией, сопровождающийся излучением кванта света. Фаза, поляризация, направление и длина волны (в определенных границах) – произвольные.

14. Отношение постоянных значений измеряемых на входе и выходе фотоприемника величин.

15. Частотный интервал, в пределах которого интенсивность излучения или поглощения убывает вдвое по сравнению с максимальным значением.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Физические процессы взаимодействия излучения с веществом.
2. Спонтанное и вынужденное излучение, вероятности переходов;
3. Усиление электромагнитных колебаний в среде с инверсной населенностью;
4. Оптические резонаторы;
5. Моды генерации лазеров;
6. Оптические квантовые усилители;
7. Шумы усилителей и лазеров;
8. Ширина спектральной линии;
9. Нелинейные оптические явления;
10. Детектирование световых сигналов;
11. Шумы приемников излучения;
12. Квантовый предел чувствительности;
13. Модуляция световых сигналов.
14. Оптоэлектронные процессоры
15. Структурное построение ВОЛС: назначение оптических передатчиков, приемников, ретрансляторов.
16. Источники оптического излучения для ВОЛС. Зонная структура полупроводниковых лазерных материалов. Полупроводниковые лазеры и полупроводниковые светодиоды.
17. Основные параметры и принцип действия светоизлучающих диодов и полупроводниковых лазеров.

18. Полупроводниковые лазеры: гомо-лазеры и лазеры с двойным гетеропереходом.
19. Многомодовые и одномодовые гетеролазеры. РБО и РСО- лазеры.
20. Принцип действия лазеров с распределенной обратной связью и с вертикальным оптическим резонатором.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 30 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Оптические передатчики ВОЛС	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
2	Оптические световоды и кабели	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
3	Оптические приемники ВОЛС	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
4	Волоконно-оптические линии связи	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Шандаров С.М. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шандаров С.М., Башкирова А.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 98 с.— URL: <http://www.iprbookshop.ru/13922.html>.

2. Останков А.В., Пастернак Ю.Г., Юдин В.И. Волоконно-оптические линии связи. Учебное пособие, под ред. В. И. Юдина. - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2005. - 112 с.

3. Енгибарян И.А. Волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Енгибарян И.А., Зуев В.В.— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, 2012.— 152 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/61294.html>

4. Фокин В.Г. Основы оптической связи [Электронный ресурс]: практикум/ Фокин В.Г.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013.— 35 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/35608.html>.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, OptiPerformer.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

Персональные компьютеры в ауд. 315/4.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Оптические устройства в радиотехнике» читаются лекции, проводятся лабораторные работы и практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета систем оптической связи, подбора основного и вспомогательного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы направлены на приобретение практических навыков расчета инженерных систем радионавигации, подбора основного и вспомогательного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач на лабораторном оборудовании.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой отчетов и защите лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторные работы	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение задач по алгоритму.
Подготовка к дифференцированному зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и выполненные лабораторные работы.