

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6
апреля 2023 г. № 1

Рабочая программа дисциплины

«Волоконная оптика»

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.03 «Радиофизика»

Направленность образовательной программы

«Радиофизика и электроника»

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2023

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Волоконная оптика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы по направлению 03.03.03 «Радиофизика», преподается в 7 семестре.

Целями освоения дисциплины является: формирование у студента современного представления об основных физических принципах построения различных волоконно-оптических систем связи, о современной элементной базе, применяемой в волоконно-оптической связи, а также об особенностях модуляции излучения и распространения оптических электромагнитных волн в различных волоконно-оптических конфигурациях. Большое внимание в курсе уделено сопутствующему математическому описанию указанных явлений и систем на базе электродинамической модели распространения волн и их использованию для расчета основных характеристик устройств оптической связи.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	Знать базовые модели и физические принципы в области волоконной оптики Уметь овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики с применением информационно-коммуникационных технологий Владеть навыками использования базовых знаний	Задача, собеседование

		в области волоконной оптики при решении радиофизических задач	
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</p> <p>ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.</p>	<p>Знать методики радиофизических измерений и интерпретации данных в области волоконной оптики</p> <p>Уметь использовать методы сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем</p> <p>Владеть способностью сбора и интерпретации данных в области волоконной оптики, необходимых для проведения научных исследований</p>	Задача, собеседование

3. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Волоконная оптика». Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа - занятия в виде семинаров, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение. История волоконно-оптических систем	4		2		2	2
Физические основы распространения электромагнитных волн в волоконных световодах	14		6		6	8
Одномодовые и многомодовые световодные системы	12		6		6	6
Дисперсионные свойства волоконных световодов	8		4		4	4
Оптические потери в световодах	6		2		2	4
Структура и элементная база канала волоконно-оптической связи	15		6		6	9
Системы передачи информации на базе устройств волоконной оптики	12		6		6	6
Промежуточная аттестация (зачет)						

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используется основная образовательная технология: проблемный метод изложения материала с наглядной демонстрацией изучаемых систем с помощью мультимедийных средств обучения. Используется также обсуждение в рамках семинаров современных достижений в области волоконной оптики и сравнение разных методов измерения и анализа характеристик волоконных оптических элементов

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- проработка изложенного преподавателем материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- подготовка к аттестации

Текущий контроль усвоения моделей и понятий проводится путем проведения тестовых опросов непосредственно в ходе семинаров

Примеры тестовых контрольных вопросов:

1. Что такое нормированная частота, и какие свойства волоконных световодов она определяет?
2. В каком диапазоне – 0,6 мкм, 1,3 мкм или 10 мкм легче обеспечить прием сигнала в оптических каналах связи (чувствительность, шумы, эффективность)?
3. Какой элемент предпочтительней при согласовании многомодового световода и полупроводникового лазера: короткофокусная линза, длиннофокусная линза ?
4. Проанализируйте преимущества и недостатки возможных источников оптического излучения при использовании их в волоконно-оптических линиях связи.
5. Является ли одномодовым волокно, имеющее размеры 10/100 мкм, а ступенчатый профиль кварцевого волновода с перепадом показателя преломления 0,5 %?
6. Найти расстояние, на котором оптическая мощность светового пучка в ВОЛС уменьшится в 10 раз, если волокно характеризуется коэффициентом потерь $\alpha = 0,2$ дБ/км.
7. Проанализируйте причины избыточных оптических шумов в волоконно-оптических каналах связи.
8. Каким элементом (источником излучения или волоконным световодом) обусловлено дисперсионное размывание сигнала в протяженных линиях связи? Каковы возможные пути уменьшения этого эффекта ?
9. В чем преимущество волоконных световодов с градиентным профилем показателя преломления над ступенчатыми?
10. Преимущества и недостатки оптического гетеродинамирования по сравнению с гомодинным приемом сигналов.
11. Какая причина является основным препятствием при разработке ВОЛС с пропускной способностью ~ 500 Мбит /с?
12. Какова широкополосность волоконно-оптического канала связи с полупроводниковым лазером в качестве источника света, использующего фазовый метод передачи информации?

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

ПК-1

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
З 1 Знать базовые модели и физические принципы в области волоконной	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительно материала без ошибок и погрешностей

оптики							
У 1 Уметь овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики с применением информационно-коммуникационных технологий	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики	Умение овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики	Умение овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики и использовать их в профессиональной деятельности с рядом заметных погрешностей	Умение овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики и использовать их в профессиональной деятельности с незначительными погрешностями	Умение овладевать базовыми знаниями в области волоконной оптики и использовать их в профессиональной деятельности	Умение овладевать базовыми и дополнительными знаниями в области волоконной оптики и использовать их в профессиональной деятельности
В1 Владеть навыками использования базовых знаний в области волоконной оптики при решении радиофизических задач	Полное отсутствие навыков использования базовых знаний в области волоконной оптики	Фрагментарные навыки использования базовых знаний при решении задач в области волоконной оптики	Наличие минимальных навыков использования базовых знаний в области волоконной оптики в профессиональной деятельности	Недостаточно хорошее владение навыками использования базовых знаний в области волоконной оптики в профессиональной деятельности	Достаточное владение навыками использования базовых знаний в области волоконной оптики при решении профессиональных задач	Хорошее владение навыками использования базовых знаний в области волоконной оптики в профессиональной деятельности и при решении радиофизических задач	Всестороннее владение навыками использования базовых знаний при решении задач в области волоконной оптики и другой профессиональной деятельности
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	81 – 90%	91 – 99%	100%

ПК-2

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
З 2 Знать методики радиофизических измерений и интерпретации данных в области волоконной оптики	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в знании методик	Знание методик измерений и интерпретации данных с рядом негрубых ошибок	Знание методик измерений и интерпретации данных исследований с рядом заметных погрешностей	Знание методик измерений и интерпретации данных исследований с незначительными погрешностями	Знание методик измерений и интерпретации данных исследований без ошибок и погрешностей	Всестороннее знание методик измерений и интерпретации данных исследований в области волоконной оптики без ошибок и погрешностей
У 2 Уметь использовать методы сбора,	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения использовать методы	Умение использовать методы сбора, обработки и	Умение использовать методы сбора, обработки и	Умение использовать методы сбора, обработки и	Умение использовать методы сбора и обладание	Умение и использовать методы сбора, обработки и

обработки и интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем		сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем	интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем с рядом негрубых ошибок	интерпретации и данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем с рядом заметных погрешностей	интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем с незначительными погрешностями	навыками обработки и интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем	интерпретации данных современных научных исследований в области волоконно-оптических систем и использования их для формирования научных выводов
B2 Владеть способностью сбора и интерпретации данных в области волоконной оптики, необходимых для проведения научных исследований	Полное отсутствие опыта сбора, обработки и интерпретации данных в области волоконно-оптических систем	Фрагментарные навыки владения способностью сбора, обработки и интерпретации данных в области волоконно-оптических систем	Наличие минимальных навыков владения способностью сбора, обработки и интерпретации данных в области волоконно-оптических систем	Посредственное владение навыками сбора, обработки и интерпретации и данных в области волоконно-оптических систем	Достаточное владение навыками сбора, обработки и интерпретации данных в области волоконно-оптических систем	Хорошее владение навыками сбора, обработки и интерпретации данных в области волоконно-оптических систем	Всестороннее владение навыками сбора, обработки и интерпретации данных в области волоконно-оптических систем и их использования в профессиональной деятельности
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	81 – 90%	91 – 99%	100%

6.1. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способность студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении задачи (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Результатом проверки усвоения студентом материала и правильности решения задачи является выставление студенту оценки «зачтено». При отсутствии соответствующего уровня знаний и навыков студент не аттестовывается с выставлением оценки «не зачтено»

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются: индивидуальное собеседование (ПК-1), тестовые контрольные вопросы и задания (ПК – 2).

Для оценивания результатов обучения в виде умений используется индивидуальное собеседование (ПК-1, ПК-2).

Для оценивания результатов обучения в виде владений используются: индивидуальное собеседование (ПК-1), тестовые контрольные задачи (ПК – 2).

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Контрольные вопросы и темы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Ввод оптического излучения в волокно.
2. Понятие числовой апертуры волоконного световода.
3. Распространение оптических волн в волоконном световоде в приближении геометрической оптики.
4. Фазовая лучевая модель формирования модовой структуры в ступенчатом ВС.
5. Нормированная частота ВС.
6. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности.
7. Волновая модель распространения электромагнитных волн в ВС.
8. Волновое уравнение для цилиндрического волновода.
9. Модовая структура полей в многомодовом ВС.
10. Градиентные световоды.
11. Дисперсионное уравнение и дисперсионные характеристики ВС.
12. Условие отсечки мод.
13. Одномодовый световод
14. Материальная дисперсия в волокне. Оценки величин.
15. Волноводная дисперсия в ВС.

16. Сравнение влияния разных дисперсионных механизмов на расплывание волнового пакета в ВС.
17. Физические причины затухания в волокнах.
18. Оптическое поглощение в регулярных и нерегулярных ВС.
19. Рэлеевское рассеяние в волокне.
20. Количественные оценки уровня оптических потерь в ВС.
21. Датчики распределения.
22. Особенности передачи информации по волоконному каналу.
23. Выбор оптимальной протяженности канала.
24. Нормализация распределения излучения по модам.
25. Понятие модуляционных характеристик световода.

Для оценки сформированности компетенции ПК-1 используются также контрольные задания, примеры которых приведены в пункте 5.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Волоконная оптика»

а) основная литература:

1. Гауер Дж. Оптические системы связи // М. 1989г., 504с.
2. Сорокин Ю.М., Ширяев В.С. Оптические потери в световодах. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2000 г.
3. Унгер Г.Г. Оптическая связь // М. «Связь», 1979г., 264с.

б) дополнительная литература:

1. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов // М. «Мир», 1984г.
2. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи // М. «Радио и связь», 1990г.
3. Специальный практикум по радиофизике и электронике часть 4 // Н.Новгород, ИПФ РАН, 2001г. , 180с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.03 «Радиофизика»

Автор _____доцент Маругин А.В.

Рецензент _____ профессор Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой _____ профессор Бельков С.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета
от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.