


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

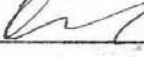
Кафедра «Радиоуправления и связи»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФРТ

  
Холопов И.С.  
«    »                      2020 г.

Руководитель ОПОП

  
Кириллов С.Н.  
«    »                      2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОП и МД  
Корячко А.  
2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.01.01 «Оптические системы передачи информации»**

Направление

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ОПОП академического бакалавриата

«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

Уровень подготовки

академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Оптические системы передачи» является изучение принципов передачи информации по оптическому волокну (ОВ), основных свойств ОВ как среды распространения, элементов оптического тракта передачи, принципов формирования и приема оптических сигналов, изложение основных направлений развития данной области.

Задачи:

- дать студенту глубокие и систематизированные знания об основных аспектах функционирования и расчета оптических систем передачи информации;
- ознакомить студента с особенностями, критериями и основными практическими приемами при проектировании оптических систем передачи информации;
- подготовить будущих инженеров для работы в области оптических систем передачи.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина **Б1.В.ДВ.01.01 «Оптические системы передачи»** относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (далее – образовательной программы) специалитета «Радиоэлектронные системы передачи информации» специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика»; «Электродинамика и распространение радиоволн»; «Сетевые информационные технологии»; «Электроника».

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- особенности распространения световых волн;
- методы обработки и анализа сигналов;

уметь:

- применять на практике апробированные методики расчетов современных радиоэлектронных систем;

владеть:

- навыками компьютерного моделирования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Цифровые многоканальные системы передачи информации»; «Системы передачи информационно-управляющих потоков» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций, сформированы на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников.

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ)
-----------	---------------------------	---	---	--------------------------

				опыта)
Тип задач профессиональной деятельности: проектный				
Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных поисков	Разработка и проектирование радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения	ПК-1 Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	ПК-1.1. Знать: 1) основные закономерности распространения света по оптическому волокну (ОВ), основные параметры ОВ, типы ОВ; 2) основные свойства параметры источников излучения и приемников (фотодетекторов) оптического сигнала, методы формирования оптических сигналов; 3) принципы построения цифровых, аналоговых, когерентных ВОСП и систем передачи с волновым уплотнением; 4) принципы измерения параметров и диагностики ВОСП. ПК-1.2. Уметь: 1) рассчитывать возможную скорость передачи для заданного типа ОВ; 2) оценивать основные параметры волоконно-оптических систем передачи. ПК-1.3. Владеть: 1) методами оценки основных показателей качества оптических радиоэлектронных систем передачи; 2) навыками изучения режимов работы и условий эксплуатации радиоэлектронного оборудования; 3) навыками построения радиоэлектронных оптических систем передачи информации и их подсистем (модемов и кодеков) с учетом современных тенденций.	ПС 06.005 Инженер - радиоэлектронщик

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины по семестрам (курсам) и видам занятий в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу

обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (ЗЕ), 108 часов.

Семестр	6		7		Итого	
Неделя	16		16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	8	8	8	8	16	16
Практические	8	8	8	8	16	16
Консультирование перед экзаменом						
Лабораторные работы	16	16	0	0	16	16
Иная контактная работа	0,55	0,55	0,35	0,35	0,9	0,9
Итого ауд.						
Контактная работа						
Сам. Работа	15	15	18	18	33	33
Часы на контроль	8,75	8,75	35,65	35,65	44,4	44,4
Итого						

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	
<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	
в том числе:			
Лекции	32	32	
Практические занятия	-	-	
Лабораторные работы	16	16	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	
<b>Контроль</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	
Вид итогового контроля	Зачет	Зачет	

#### 4.2. Содержание дисциплины

№	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы	
<b>Семестр 7</b>							

	<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>47</b>
1	Оптический диапазон ВОСП. Распространение света по ОВ. Параметры ОВ, классификация ОВ	10		4			6
2	Параметры ОВ и скорость передачи. Градиентное, одномодовое волокно, потери.	10		4			6
3	Источники излучений, фотодетекторы.	10		4			6
4	Классификация ВОСП	11		2		4	5
5	Шумы, кодирование, приемники цифровых сигналов	14		4		4	6
6	ВОСП с волновым уплотнением, когерентные	14		4		4	6
7	Усилители оптических сигналов. Пассивные элементы ВОСП	16		6		4	6
8	Принципы и методы диагностики характеристик и параметров ВОСП	10		4			6
	Контроль	13					

Содержание дисциплины, структурированное по разделам

1. Оптический диапазон ВОСП. Распространение света по ОВ. Параметры ОВ, классификация ОВ
  - 1.1. Историческая справка. Характеристика оптического диапазона ВОСП. Лучевая трактовка распространения света по волокну. Параметры волокна – профиль показателя преломления, числовая апертура, моды, дисперсия. Классификация ОВ – по числу мод, по материалу изготовления, виду профиля.
2. Параметры ОВ и скорость передачи. Градиентное, одномодовое волокно, потери.
  - 2.1. Градиентное волокно – профиль показателя преломления, дисперсия, числовая апертура, скорость передачи. Одномодовое волокно - хроматическая дисперсия, коэффициенты материальной и волновой дисперсий, точка нулевой хроматической дисперсии. Поляризационная дисперсия – механизм возникновения, величина, размерность. Потери в волокне Потери в оптическом кабеле линии передачи. Современные ОВ, их параметры.
3. Источники излучений, фотодетекторы.
  - 3.1. Требования к источникам излучения. Светоизлучающий диод – ватт-амперная, спектральная, пространственная характеристики. Полупроводниковый лазер – ваттамперная характеристика, пороговый ток, спектральные, пространственные характеристики. Согласование источника с волокном. Способы модуляции источников. Передающий оптический модуль. Требования к детекторам оптического сигнала. Pin диод, вольтамперная характеристика, фототок, чувствительность, быстродействие. Лавинный фотодиод (ЛФД). Стабильность работы ЛФД. Основные принципы построения фотоприемников цифрового сигнала прямого детектирования.
4. Классификация ВОСП
  - 4.1. Цифровые системы передачи прямого детектирования, достоинства, недостатки, внутренняя и внешняя модуляция. Аналоговые системы передачи, область применения, виды модуляции, нелинейные искажения. Когерентные системы передачи – принцип построения, поляризационная устойчивость, недостатки. Системы с волновым уплотнением (WDM) – принцип построения.

5. Шумы, кодирование, приемники цифровых сигналов
  - 5.1. Источники шума в ВОСП, квантовый шум, статистика квантов, напряжения. Вероятность ошибки при приеме цифрового сигнала. Квантовый предел детектирования, отношение сигнал/шум на выходе аналоговой части цифрового приемника. Минимально необходимая мощность оптического сигнала при заданном отношении сигнал/шум. Цифровой приемник. Приемный оптический модуль.
6. ВОСП с волновым уплотнением, когерентные ВОСП
  - 6.1. Функциональная схема WDM системы, план частот, классификация по числу каналов, скорость передачи. Требования к дисперсии, затуханию оптического волокна, к частотным характеристикам излучателей. Энергетические характеристики, необходимость мониторинга. Функциональная схема когерентной системы, поляризационная устойчивость, требование к стабильности источников.
7. Усилители оптических сигналов. Пассивные элементы ВОСП
  - 7.1. Принцип работы ОУ, типы ОУ; функциональная схема, частотные и амплитудные характеристики эрбиевого усилителя. Разветвители, фильтры, изоляторы, разъемы.
8. Принципы измерения
  - 8.1. Особенности измерения в оптическом диапазоне. Измерение затухания, дисперсии, числовой апертуры волокна. Рефлектометр – средство дистанционного зондирования линейного тракта.

#### 4.3 Лабораторный практикум

№№ п/п	Наименование лабораторных работ
№	Наименование лабораторных работ
1	Исследование характеристик ПОМ и ПРОМ цифровой ВОСП
2	Изучение характеристик аналоговой ВОЛС
3	Измерение характеристик оптического разветвителя
4	Измерение режима модуляции лазера

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

Перечисленные ниже темы студент изучает самостоятельно по рекомендуемой литературе.

1. Пассивные оптические элементы (разъемы, розетки, аттенюаторы, циркуляторы и др.).
2. Основные характеристики и маркировка современных оптических кабелей.
3. Проектирование атмосферных оптических линий связи.
4. Технологии прокладки ВОЛС с учетом характеристик грунта.
5. Технология эксплуатации ВОЛС.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Только слушать лекцию и записывать за лектором все, что он говорит, недостаточно. В процессе лекционного занятия студент должен выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Прослушанный материал лекции студент должен проработать. От того, насколько эффективно он это делает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

При написании конспекта лекций следует придерживаться следующих правил и рекомендаций.

1. Конспект нужно записывать «своими словами» лишь после того, как излагаемый лектором тезис будет вами дослушан до конца и понят.

2. При конспектировании следует отмечать непонятные, на данном этапе, места; записывать те пояснения лектора, которые показались особенно важными.

3. При ведении конспекта рекомендуется вести нумерацию разделов, глав, формул (в случае, если лектор не заостряет на этом внимание); это позволит при подготовке к сдаче экзамена не запутаться в структуре лекционного материала.

4. Рекомендуется в каждом более или менее законченном пункте выразить свое мнение, комментарий, вывод.

При изучении лекционного материала у студента могут возникнуть вопросы. С ними следует обратиться к преподавателю после лекции.

В заключение следует отметить, что конспект каждый студент записывает лично для себя. Поэтому конспект надо писать так, чтобы им было удобно пользоваться.

#### ***Подготовка к лабораторным работам***

Прежде чем приступить к выполнению эксперимента, студенту необходимо внимательно ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы.

Основная часть времени, выделенная на выполнение лабораторной работы, затрачивается на самостоятельную подготовку. Студент должен понимать, что методическое описание – это только основа для выполнения работы, что навыки экспериментирования зависят не от качества описания, а от отношения студента к работе и что формально, бездумно проделанные измерения – это потраченное впустую время. Если студент приступает к работе без четкого представления о теории изучаемого вопроса, он не может понять физическое явление, не сумеет отделить изучаемый эффект от случайных ошибок, а также окажется не в состоянии судить об исправности и неисправности установки. Поэтом этапу выполнения работы предшествует «допуск к работе». Этот этап необходим и по той причине, что в лабораторном практикуме часто изучаются темы, еще не прочитанные на лекциях и даже не включенные в лекционный курс. Прежде чем выполнять лабораторную работу студенту необходимо разобраться в устройстве установки или макета, порядке проведения измерений, а также иметь представление о том, какие расчеты необходимо будет провести.

Выполнение каждой из запланированных работ заканчивается предоставлением отчета. После выполнения лабораторной работы необходимо согласовать полученные результаты с преподавателем. После чего нужно провести расчеты и оценку погрешности измерений согласно методическим указаниям.

Важным этапом также является защита лабораторной работы. В процессе защиты студент отвечает на вопросы преподавателя, касающиеся теории изучаемого явления, комментирует полученные в ходе работы результаты. При подготовке к защите лабораторной работы рекомендуется пользоваться дополнительной литературой, список которой приведен в методическом описании, а также конспектом лекций. От того, насколько тщательно студент готовился к защите лабораторной работы во многом зависит и конечный результат его обучения.

#### ***Подготовка к сдаче зачета***

Зачет – форма промежуточной проверки знаний, умений, навыков, степени освоения дисциплины.

Главная задача зачета состоит в том, чтобы у студента из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, в лабораториях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может

быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Оптические системы передачи»).

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 Основная литература**

1. Дэвид Бейли, Эдвин Райт Волоконная оптика. Теория и практика М.: "Кудиц-Образ", 2006г. 320с
2. НКП "Эллипс" Кабели, провода, материалы для кабельной индустрии. Технический справочник. 3-е изд. 2006 360с.
3. Волоконно-оптические системы передачи. Учебник для вузов / Под ред. Гомзина А.В. М.: Радио и связь, 1992.
4. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. М.: Радио и связь, 2000.

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Гауэр Д. Оптические системы связи. М.: Мир, 1988.
2. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи. Справочное пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
3. Гроднев И.И. и др. Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник. М.: Радио и связь, 1993.
5. Скляров О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи. М.: Солон-Р, 2001.
6. Иванов А.Б. Волоконная оптика. М.: Сайрус система, 1999.
7. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М.: ЭКО-трендз, 1998.

## **7. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам.

– Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

– Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://www.e.lanbook.com>

– Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. – URL: <http://elib.rsreu.ru/>



## **8. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно);
2. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки ID 700565239, бессрочно);
3. Kaspersky Endpoint Security (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2304-180222-115814-600-1595, срок действия с 25.02.2018 по 05.03.2019);
4. LibreOffice
5. Adobe Acrobat Reader
6. Справочная правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для освоения дисциплины необходимы следующие материально-технические ресурсы:

- 1) аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, оборудованная маркерной (меловой) доской и проектором;
- 2) аудитория для проведения лабораторных работ, оснащенная специальным оборудованием;
- 3) аудитория для самостоятельной работы, оснащенная индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет.

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень специализированного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, №516 лабораторный корпус	56 мест, 1 мультимедиа проектора, 1 экран, 1 интерактивная доска, компьютер, специализированная мебель, доска
2	Учебная аудитория, оснащенная лабораторным оборудованием, для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, №515 лабораторный корпус	18 мест, 1 мультимедиа проектора, 1 экран, 8 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, доска, лабораторные столы, АТС НИКОМ-150, АТС «Протон-ССС», АТС П437, стойка приемопередатчиков для сотовой связи, макет «Исследование помех в линиях с ВРК», макет «Исследование цифрового телефона», осциллографы, анализаторы спектра, вольтметры, источники питания, генераторы, частотомеры, комплект цифровых телефонов Siemens
3	Аудитория для	Компьютерная техника с возможностью

	самостоятельной работы, № 502 лабораторный корпус	подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
--	---	--

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (квалификация выпускника – бакалавр, форма обучения – очная).

Программу составил  
к.т.н., доцент кафедры РУС

\_\_\_\_\_ Дмитриев В.Т.