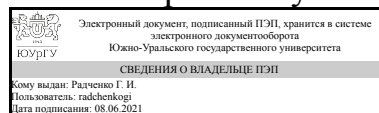


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Высшая школа электроники и  
компьютерных наук



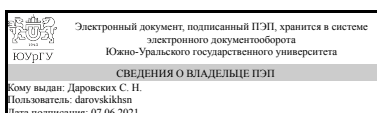
Г. И. Радченко

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.01 Основы радиофотоники  
для специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы  
уровень Специалитет  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Инфокоммуникационные технологии

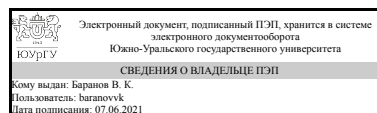
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.02.2018 № 94

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., доц.



С. Н. Даровских

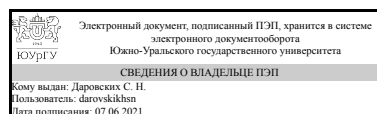
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



В. К. Баранов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель специальности  
д.техн.н., доц.



С. Н. Даровских

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью и задачами преподавания дисциплины "Основы радиофотоники" является изучение общих принципов построения и функционирования аппаратуры волоконно-оптических линий передачи (ВОЛС), принципов организации цифровых волоконно-оптических линейных трактов, методов расчета параметров каналов и трактов, организованных посредством ВОЛС, а также вопросов их проектирования и технической эксплуатации. Кроме того, целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с российскими и международными стандартами в области телекоммуникаций и перспективами развития оптических цифровых телекоммуникационных систем.

## Краткое содержание дисциплины

Взаимодействие ЭМВ со средой распространения. Поглощение - пропускание ЭМВ. Каналы передачи оптической информации. Физические основы распространения излучения по оптическому волокну; Основные характеристики компонентов волоконно-оптических систем передачи. Принципы построения волоконно-оптических систем передачи. Виды волоконно-оптических сетей передачи информации.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|---|--|
| УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия | Знает: основные нормы, правила и терминологию в области специализации (русский язык) и лексический минимум в объеме 4000 учебных лексических единиц общего и терминологического характера (иностраннй язык)<br>Умеет: осуществлять деловую коммуникацию (переписка, научные статьи) на русском и иностранном языках)<br>Имеет практический опыт: владеет навыками публичной речи и ведения диалога на русском и иностранном языках |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| Нет   | Не предусмотрены                            |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 6                                  |  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 72          | 72                                 |  |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 32          | 32                                 |  |
| Лекции (Л)   | 16          | 16                                 |  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                                 |  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0                                  |  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 35,75       | 35,75                              |  |
| с применением дистанционных образовательных технологий                     | 0           |                                    |  |
| Выполнение индивидуального расчётного задания.                             | 35,75       | 35.75                              |  |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 4,25        | 4,25                               |  |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет                              |  |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|---|---|---|----|----|
|           |   | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Введение в фотонику. История развития фотоники, оптоэлектроники и радиофотоники. Основы теории электромагнитного поля. Квантово-волновой дуализм оптического диапазона. Основные свойства фотонов. Взаимодействие электромагнитных волн со средой. Постулаты об элементарных процессах излучения и поглощения. Связь процесса распространения света с процессом взаимодействия луча с прозрачной средой. Особенности распространение излучения в газах, жидких и твердых диэлектриках. Непрозрачность металлов для света. | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 2         | Каналы передачи оптического излучения. Атмосферные оптические линии передачи. Направляющие системы (НС). Особенности НС. Теория передачи по оптоволокну. Свойства волоконных световодов, основанных на законах электродинамики и геометрической оптики.   | 8   | 4 | 4  | 0  |
| 3         | Характеристики искажений сигнала и оптоволокну. Потери в оптическом волокне. Дисперсия оптических волокон. Параметры передачи оптических волокон.   | 8   | 4 | 4  | 0  |
| 4         | Пассивные компоненты ВОЛС. Устройства ввода-вывода. Виды оптических разъемов. Оптические разветвители, аттенюаторы и вентили. Волоконно-оптические фильтры. Интегральная (волноводная) фотоника. Технологические основы фотоники. Совместимость технологий микроэлектроники и интегральной фотоники. Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем.  | 10  | 4 | 6  | 0  |

##### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия  | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1        | 1         | Введение. Ключевые достижения человечества в области науки и техники: • Изобретение радио, как средства передачи сообщений, развитие радиоэлектроники, транзистор. • История возникновения квантовой электроники. Квантовая природа света, индуцированное излучение, бозоны. Первый мазер, радио и оптика. Первые лазеры. Место квантовой электроники. Обоснование квантовой теории излучения и поглощения, статистические постулаты (законы) излучения Эйнштейна, связь между феноменологическими коэффициентами Эйнштейна и характеристиками излучающего атома, обоснование существования индуцированного излучения и его когерентности. Понятия оптоэлектроники, фотоники и радиофотоники. Особенности методов радиофотоники при обработке сигналов.  | 2            |
| 2        | 1         | <b>ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭМВ и ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭМВ СО СРЕДОЙ</b><br>Основы теории электромагнитных излучений. Основные свойства электромагнитных волн. Плоские монохроматические волны. Особенности распространения световых волн. Оптическое излучение. Квантово-волновой дуализм оптического излучения. Элементарная частица (квант) электромагнитного излучения -фотон. Приближенные представления оптических излучений в виде: • световых лучей (или пучков); • световых (электромагнитных) волн; • фотонных кол-лективов. <b>ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭМВ СО СРЕДОЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ. ПОГЛОЩЕНИЕ-ПРОПУСКАНИЕ ЭМВ.</b> Классическая теория воздействия электромагнитного поля на среду. Классификация сред по степени электропроводности и степени магнитной проницаемости. Основные идеи и принципы квантовой теории. Постулаты об элементарных процессах излучения и поглощения, исходя из корпускулярных свойствах излучения. Распространение излучения в средах. Связь процесса распространения света с процессом взаимодействия луча с прозрачной средой. Фазовая скорость волны. Абсолютный показатель преломления среды. Нормальная и аномальная дисперсии света Отражение света. Видимость несамосветящихся тел. Классификация оптических материалов. Пропускание света. Механизмы основных потерь, возникающих при распространении электромагнитной энергии. Классификация оптических материалов. | 2            |
| 3        | 2         | <b>КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ</b> Атмосферные оптические линии связи. Характеристика пропускания атмосферы для оптических волн. Поглощение светового потока видимого и инфракрасного диапазонов волн в атмосфере. Технологии и устройства, используемые при построении беспроводных сетей. Влияние атмосферы на качество беспроводной инфракрасной связи. Направляющие системы (НС) Граница раздела двухпроводных (двухсвязных) и волноводных (одно-связных) направляющих систем по соотношению между длиной волны $\lambda$ , и поперечными размерами направляющей системы $d$ . Особенности различных направляющих систем. Классификация современных направляющих систем передачи высокочастотной энергии. Радиолинии, частотные диапазоны, используемые для передачи данных. Проблема "последней мили" (подключение широкополосного канала связи к конечному пользователю).  | 2            |
| 4        | 2         | <b>ТЕОРИЯ ПЕРЕДАЧИ ПО ОПТОВОЛОКНУ</b> Свойства волоконных световодов, основанных на законах геометрической оптики. Устройство оптического волокна. Принцип действия волоконных световодов. Полное отражение. Геометрические параметры оптоволокна. Относительная разность показателей преломления. Числовая апертура (NA). Распространение сигналов по оптическому волокну. Индекс преломления и модовая структура. Одномодовое и многомодовое волокно. Номенклатура мод. Количество мод. Критическая длина волны (КР) (длина волны отсечки). Число  | 2            |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   |   | распространяющихся мод. Диаметр модового поля. Свойства волоконных световодов, основанных на законах электродинамики. Волновая трактовка световых процессов. Основные уравнения передачи электромагнитного поля по световоду. Типы (моды) волн в световодах. Структура поля в ОВ. Электродинамические параметры ОВ. Критические длины волн ОВ. и частоты.   |   |
| 5 | 3 | <b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН</b> Потери в оптических волокнах. Классификация потерь. Собственные внутренние потери в волокне. Потери поглощения на примесях. Рэлеевское рассеяние. Потери, вызванные несовершенством оптического волокна. Потери, связанные с деградацией оптических волокон в процессе эксплуатации. Кабельные потери в оптоволокне, обусловленные деформацией оптических волокон в процессе изготовления и прокладки кабеля. Коэффициент затухания. Спектральная зависимость суммарных собственных потерь. Волновые диапазоны (полосы пропускания оптических волокон). спектральная   | 2 |
| 6 | 3 | <b>ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН</b> Дисперсия оптического сигнала в ОВ. Воздействие дисперсии на сигнал. Виды дисперсии. Межмодовая дисперсия оптических волокон. Хроматическая дисперсия. Поляризационная межмодовая дисперсия. Методы компенсации дисперсии оптических волокон. Поляризационная модовая дисперсия. Полная дисперсия. Компенсация дисперсии. Потери в волокне, обусловленные поляризацией. Поляризационный провал усиления. Другие источники ухудшения параметров системы передачи. Накопленный шум, связанный с оптическим усилением. Полоса пропускания оптического волокна. Понятие широкополосности волокна или удельной полосы пропускания.  | 2 |
| 7 | 4 | <b>ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВОЛС</b> Классификация оптических кабелей. Типы и конструкции оптических кабелей. Определение функциональных параметров оптических кабелей. Устройства ввода. Оптические соединения оптоэлектронных модулей (приёмников и передатчиков) с волоконно-оптическим кабелем; Оптические разветвители. Назначение и типы оптических разветвителей. Оптические аттенюаторы, изоляторы и вентили. Переменные аттенюаторы. Оптические соединители. Разъемные оптические соединители. Типы конструкций разъемных соединителей. Вносимые потери для разъемных соединителей. Сварное соединение волокон. Сравнение характеристик разъемного соединения и сварного соединения. . Волоконно-оптические фильтры. | 2 |
| 8 | 4 | Интегральная (волноводная) фотоника. Технологические основы фотоники. Совместимость технологий микроэлектроники и интегральной фотоники. Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем. Фундаментальное понятие интегральной фотоники – волноводный канал. Методы ввода и вывода излучения. Основные компоненты интегральной фотоники. Пассивные устройства интегральной оптики. Фотонные компоненты, управляемые с помощью внешних полей: модуляторы, дефлекторы, коммутаторы. Активные элементы микрофотоники. Оптоволоконные и интегральные полупроводниковые усилители и генераторы.   | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 1         | Введение. История развития квантовой электроники, оптоэлектроники и радиофотоники. Основы теории ЭМВ. Взаимодействие ЭМВ с квантовыми | 2            |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   |   | системами. Поглощение и усиление в квантовых системах   |   |
| 2 | 2 | Оптические каналы передачи информации   | 2 |
| 3 | 2 | Теория передачи сигнала по оптоволокну  | 2 |
| 4 | 3 | Характеристики оптических волокон. Потери в оптическом волокне. Дисперсия оптического сигнала в волокне. Характеристики искажений сигнала и оптоволокну Параметры передачи оптических волокон. Пассивные компоненты волоконных линий. | 4 |
| 5 | 4 | Пассивные компоненты ВОЛС.  | 2 |
| 6 | 4 | Расчёт параметров ВОЛС. Пропускная способность и дальность передачи. Расчёт предельных длин участков регенерации.   | 4 |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                                 |   |         |              |
|--|---|---------|--------------|
| Подвид СРС                                     | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс                                    | Семестр | Кол-во часов |
| Выполнение индивидуального расчётного задания. | Скляров, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учеб. пособие - СПб. и др. : Лань , 2010. - 260 с. | 6       | 35,75        |

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия     | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов   | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|---------------------------------------|-----|------------|---|------------------|
| 1    | 6        | Текущий контроль | Физические основы волоконной фотоники | 1   | 10         | При начислении баллов учитывается качество выполнения задания. 10 баллов - задание выполнено правильно в соответствии с вариантом, имеются ответы на вопросы задания в представленном отчете, правильно оформлен отчет по работе, студент может пояснить выполнение любого пункта задания и продемонстрировать на компьютере. 8 баллов - при проверке в программной оболочке обнаруживаются принципиальные ошибки проекта. 5 баллов - есть отчет по работе, отсутствуют ответы на вопросы, затруднения в пояснении хода | зачет            |

|   |   |                  |  |   |    |   |       |
|---|---|------------------|--|---|----|---|-------|
|   |   |                  |  |   |    | выполнения работы, 0 баллов - отсутствует отчет по работе, автор не может правильно объяснить ход выполнения работы.  |       |
| 2 | 6 | Текущий контроль | Оптические каналы передачи информации                  | 1 | 10 | При начислении баллов учитывается качество выполнения задания. 10 баллов - задание выполнено правильно в соответствии с вариантом, имеются ответы на вопросы задания в представленном отчете, правильно оформлен отчет по работе, студент может пояснить выполнение любого пункта задания и продемонстрировать на компьютере. 8 баллов - при проверке в программной оболочке обнаруживаются не принципиальные ошибки проекта. 5 баллов - есть отчет по работе, отсутствуют ответы на вопросы, затруднения в пояснении хода выполнения работы, 0 баллов - отсутствует отчет по работе, автор не может правильно объяснить ход выполнения работы. | зачет |
| 3 | 6 | Текущий контроль | Характеристики и параметры передачи оптических волокон | 1 | 30 | При начислении баллов учитывается качество выполнения задания. 10 баллов - задание выполнено правильно в соответствии с вариантом, имеются ответы на вопросы задания в представленном отчете, правильно оформлен отчет по работе, студент может пояснить выполнение любого пункта задания и продемонстрировать на компьютере. 8 баллов - при проверке в программной оболочке обнаруживаются не принципиальные ошибки проекта. 5 баллов - есть отчет по работе, отсутствуют ответы на вопросы, затруднения в пояснении хода выполнения работы, 0 баллов - отсутствует отчет по работе, автор не может правильно объяснить ход выполнения работы. | зачет |
| 4 | 6 | Текущий контроль | Пассивные компоненты ВОЛС                              | 1 | 10 | При начислении баллов учитывается качество выполнения задания. 10 баллов - задание выполнено правильно в соответствии с вариантом, имеются ответы на вопросы задания в представленном отчете, правильно оформлен отчет по работе, студент может пояснить выполнение любого пункта задания и продемонстрировать на компьютере. 8 баллов - при проверке в программной оболочке обнаруживаются не принципиальные ошибки проекта. 5 баллов - есть отчет по работе, отсутствуют ответы на вопросы,   | зачет |

|   |   |                          |  |   |    |   |       |
|---|---|--------------------------|--|---|----|---|-------|
|   |   |                          |  |   |    | затруднения в пояснении хода выполнения работы, 0 баллов - отсутствует отчет по работе, автор не может правильно объяснить ход выполнения работы.   |       |
| 5 | 6 | Промежуточная аттестация | Оптоволоконные каналы передачи и их характеристики | 1 | 40 | На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Студент получает зачет, если его рейтинг по итогам изучения дисциплины с учетом мероприятий текущего контроля (с учетом бонуса) и мероприятия промежуточной аттестации равен или превышает 60% | зачет |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения  | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|---|---|
| зачет                        | На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Студент получает зачет, если его рейтинг по итогам изучения дисциплины с учетом мероприятий текущего контроля (с учетом бонуса) и мероприятия промежуточной аттестации равен или превышает 60% | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Оценочные материалы

| Компетенции | Результаты обучения   | № КМ |   |   |   |   |
|-------------|---|------|---|---|---|---|
|             |   | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 |
| УК-4        | Знает: основные нормы, правила и терминологию в области специализации (русский язык) и лексический минимум в объеме 4000 учебных лексических единиц общего и терминологического характера (иностраннй язык) | +    | + | + | + | + |
| УК-4        | Умеет: осуществлять деловую коммуникацию (переписка, научные статьи) на русском и иностранном языках)   | +    | + | + | + | + |
| УК-4        | Имеет практический опыт: владеет навыками публичной речи и ведения диалога на русском и иностранном языках  | +    | + | + | + | + |

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Мартынов, В. Н. Полупроводниковая оптоэлектроника Учеб. пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника"и



специальности "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" Моск. гос. ин-т стали и сплавов (технол. ун-т). - М.: МИСИС, 1999. - 399 с. ил.

2. Базовые лекции по электронике [Текст] Т. 2 Твердотельная электроника сборник : в 2 т. Ж. И. Алферов и др. ; под общ. ред. В. М. Пролейко. - М.: Техносфера, 2009. - 607 с. ил. 25 см

3. Базовые лекции по электронике [Текст] сборник : в 2 т. Т. 1 Электровакуумная, плазменная и квантовая электроника Ж. И. Алферов и др. ; под общ. ред. В. М. Пролейко. - М.: Техносфера, 2009. - 479 с.

*б) дополнительная литература:*

1. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи [Текст] монография Р. Фриман ; пер. с англ. Н. Н. Слепова. - 4-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 511 с.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

2.

### **Электронная учебно-методическая документация**

| № | Вид литературы   | Наименование разработки      | Наименование ресурса в электронной форме | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---|--|------------------------------|--|---|
| 1 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Оптическое волокно Часть 1.2 | Электронный каталог ЮУрГУ                | ЛокальнаяСеть / Свободный   |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|-------------|--------|--|
| Лекции      | 406    | Мультимедийный класс   |

|                                 |              |                      |
|---------------------------------|--------------|----------------------|
|                                 | (ПЛК)        |                      |
| Практические занятия и семинары | 406<br>(ПЛК) | Мультимедийный класс |