

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРАКТИКУМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Направление/специальность подготовки	12.03.03 Фотоника и оптоинформатика
Специализация/профиль/программа подготовки	Оптоинформационные системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	17	17	17	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА  
Ким Алексей Андреевич, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ПРАКТИКУМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-2.1 — способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики
ПСК-2.3 — способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях
ПСК-2.5 — способность определять требования к оптическим системам связи и оценивать характеристики приемопередающего оборудования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-2.1**

*знания:*

устройства, принципа работы и характеристик современных волоконно-оптических лазеров;;  
методик оценки основных параметров преобразования оптического сигнала по пути его прохождения в волоконно-оптическом тракте;

*умения:*

пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи, сопоставляя особенности характеристик таких компонентов и приборов;

*навыки:*

чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики.

## **ПСК-2.3**

*знания:*

устройства, принципа работы и характеристик современных волоконно-оптических лазеров;  
методики оценки основных параметров преобразования оптического сигнала по пути его прохождения в волоконно-оптическом тракте;

*умения:*

применять на практике известные методы исследования волоконно-оптических элементов, устройств и систем;  
выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик волоконнооптических компонентов, устройств и систем;  
проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов, устройств и систем, а также иметь представление о методах их компьютерной оптимизации;

*навыки:*

расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно- оптических элементов и устройств;  
чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики.

## **ПСК-2.5**

*знания:*

методик оценки основных параметров преобразования оптического сигнала по пути его прохождения в волоконно-оптическом тракте;

*умения:*

применять на практике известные методы исследования волоконно-оптических элементов, устройств и систем;  
выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик волоконнооптических компонентов, устройств и систем;  
проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов, устройств и систем, а также иметь представление о методах их компьютерной оптимизации;

пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи, сопоставляя особенности характеристик таких компонентов и приборов;

*навыки:*

расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно- оптических элементов и устройств;  
чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРАКТИКУМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.03 Фотоника и оптоинформатика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ ОПТИКИ, ОПТОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики
- ПСК-2.1 — Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики
- ПСК-2.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-2.1	ПСК-2.3	ПСК-2.5
4	7	<b>Раздел 1. Теоретический минимум.</b> 1.1. Понятие энергетического бюджета линии связи, условие работоспособности линии. 1.2. Мощность источника и чувствительность приемника, зависимость от типа модуляции 1.3. Потери энергии при передаче сигнала. Механизмы затухания света. Поглощение света в оптическом волокне и атмосфере. 1.4. Представление уровней мощности сигналов в dBm, dB 1.5. Дисперсия в оптических волокнах.	10	4	2	1	1	6	20	20	20
4	7	<b>Раздел 2. Практика: исследование оптоволоконных компонентов.</b> 2.1. Измерительная техника и методика измерений 2.2. Исследование оптического волокна: структура, затухание, критические радиусы изгиба 2.3. Элементная база волоконно-оптических линий связи 2.4. Исследования оптоволоконных разветвителей 2.5. Исследование оптоволоконных циркуляторов 2.6. Изучение спекловых структур в оптическом волокне.	15	7	2	3	2	8	10	10	10
4	7	<b>Раздел 3. Атмосферная линия связи.</b> 3.1. Угол расходимости и диаграмма направленности 3.2. Приемная апертура 3.3. Расчет геометрических потерь 3.4. Расчет потерь на поглощение атмосферы 3.5. Прочие виды потерь: нестабильность опоры, неточности наведения, атмосферные флуктуации и т.д.	12	4	2	0	2	8	10	10	10
4	7	<b>Раздел 4. Двухволоконная линия связи, двухволновое спектральное уплотнение.</b> 4.1 Расчет простейшей оптоволоконной линии связи 4.2 Способы увеличения канальной емкости на физическом уровне. 4.3 Спектральное уплотнение. 4.4 Расчет простейшей системы со спектральным уплотнением, на циркуляторах. Преимущества и недостатки.	10	4	1	1	2	6	10	10	10
4	7	<b>Раздел 5. CWDM.</b> 5.1. Системы с грубым спектральным уплотнением (CWDM): область применения, особенности 5.2. Частотный план CWDM 5.3. Устройство и расчет оптического мультиплексора, модуля ввода-вывода 5.4. Топологии и структуры CWDM-линий связи 5.5. Расчет CWDM линии связи 5.6. Гибридные системы со спектральным уплотнением + кабельное телевидение по оптоволокну 5.7. Схемы мультиплексоров, коммутации.	24	14	4	6	4	10	20	20	20
4	7	<b>Раздел 6. DWDM.</b> 6.1. Системы с плотным спектральным уплотнением (DWDM): область применения, особенности 6.2. Частотный план DWDM 6.3. Линии связи DWDM с усилением 6.4. Расчет оптоволоконного усилителя 6.5. Компьютерное моделирование оптоволоконного усилителя 6.6. Расчет дисперсионных характеристик оптоволоконного тракта 6.7. Расчет линии связи DWDM 6.8. Гибридные системы.	22	12	4	4	4	10	20	20	20
4	7	<b>Раздел 7. Passive optical network.</b> 7.1. Пассивные оптические сети (PON). Технология PON: область применения, особенности 7.2. Линейное и абонентское оборудование. Оптический бюджет в системах PON. 7.3. PON+кабельное телевидение: разнесение несущих длин волн. Передающее и приемное оборудование. 7.4. Расчет участка сети PON.	15	6	2	2	2	9	10	10	10
<b>Всего за 7 семестр</b>			108	51	17	17	17	57	100	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	17	17	17	57	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Теоретический минимум.	Решение задач	1
2	Раздел 2. Практика: исследование оптоволоконных компонентов.	Решение задач	2
3	Раздел 3. Атмосферная линия связи.	Решение задач	2
4	Раздел 4. Двухволоконная линия связи, двухволновое спектральное уплотнение.	Решение задач	2

5	Раздел 5. CWDM.	Решение задач, проектирование линейных участков ВОЛС со спектральным уплотнением.	4
6	Раздел 6. DWDM.	Решение задач, расчет линейных и разветвленных участков сети DWDM	4
7	Раздел 7. Passive optical network.	Решение задач, расчет разветвленных оптоволоконных участков	2
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Теоретический минимум.	Исследование оптических волокон разных типов	1
2	Раздел 2. Практика: исследование оптоволоконных компонентов.	Измерение затуханий в волокне	2
3		Исследование спекловых структур	1
4	Раздел 4. Двухволоконная линия связи, двухволновое спектральное уплотнение.	Изучение работы волоконно-оптических разветвителей и циркулятора	1
5	Раздел 5. CWDM.	Компьютерное моделирование усилителя с сонаправленным вводом накачки	2
6		Компьютерное моделирование усилителя с противонаправленным вводом накачки	2
7		Компьютерное моделирование усилителя с двусторонним вводом накачки	2
8	Раздел 6. DWDM.	Компьютерное моделирование усиления нескольких длин волн	2
9		Сравнение различных типов накачки и моделей активных волокон	2
10	Раздел 7. Passive optical network.	Компьютерное моделирование разветвленной оптоволоконной структуры	2
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Теоретический минимум.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе. Решение задач. Подготовка к защите лабораторной работы.	6
2	Раздел 2. Практика: исследование оптоволоконных компонентов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе; Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Изучение строения оптических волокон различных типов»; Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Изучение спекловых структур»	8
3	Раздел 3. Атмосферная линия связи.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе; Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	8
4	Раздел 4. Двухволоконная линия связи, двухволновое спектральное уплотнение.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе, решение задач. Подготовка отчета к лабораторной работе.	6
5	Раздел 5.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по	10

	CWDM.	материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы Подготовка к выполнению и защите практической работы «Компьютерное моделирование усилителя с сонаправленным вводом накачки» Подготовка к выполнению и защите практической работы «Компьютерное моделирование усилителя с двусторонним вводом накачки»	
6	Раздел 6. DWDM.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе	2
7		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
8		Подготовка к защите лабораторных работ	4
9	Раздел 7. Passive optical network.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе; Подготовка к защите лабораторной работы "Компьютерное моделирование разветвленной оптоволоконной структуры"	9
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>57</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	ЛР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ДР	диф. зач.	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Исследование пассивных волоконно-оптических элементов и устройств. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 49 экз.
2. А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Компьютерное моделирование волоконно-оптических устройств. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 62 экз.
3. Л. Б. Кочин. . Лазерные системы обработки и передачи информации. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
4. О. К. Скляр. . Волоконно-оптические сети и системы связи. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
5. Р. Л. Фриман. . Волоконно-оптические системы связи. М.: Техносфера, 2006, 5 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Компьютерный комплект.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Компьютерный комплект;
2. Измеритель мощности Ophir Vega с измерительными головками;
3. Инструментальные измерительные микроскопы.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **ПРАКТИКУМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.03 Фотоника и оптоинформатика*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2.1 способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;

ПСК-2.3 способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях;

ПСК-2.5 способность определять требования к оптическим системам связи и оценивать характеристики приемопередающего оборудования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с расчетом и проектированием атмосферных и оптоволоконных линий связи. Дисциплина носит прикладной характер и направлена на практическое применение полученных знаний и навыков.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Теоретический минимум.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе. Решение задач. Подготовка к защите лабораторной работы.	А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Исследование пассивных волоконно-оптических элементов и устройств: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (все) О. К. Скляров. . Волоконно-оптические сети и системы связи: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (6, 7)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Практика: исследование оптоволоконных компонентов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе; Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Изучение строения оптических волокон различных типов»; Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Изучение спекловых структур»	А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Исследование пассивных волоконно-оптических элементов и устройств: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (все) О. К. Скляров. . Волоконно-оптические сети и системы связи: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (7, 8)	8
Итого по разделу 2		8
<b>Раздел 3. Атмосферная линия связи.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе; Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	Л. Б. Кочин. . Лазерные системы обработки и передачи информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.	8

	Ф. Устинова, 2012 (Часть 1)	
Итого по разделу 3		8
<b>Раздел 4. Двухволоконная линия связи, двухволновое спектральное уплотнение.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе, решение задач. Подготовка отчета к лабораторной работе.	Р. Л. Фриман. . Волоконно-оптические системы связи: М.: Техносфера, 2006 (п. 3.3., Глава 8) А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Исследование пассивных волоконно-оптических элементов и устройств: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (все) О. К. Скляров. . Волоконно-оптические сети и системы связи: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (3, 8)	6
Итого по разделу 4		6
<b>Раздел 5. CWDM.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе. Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы. Подготовка к выполнению и защите практической работы «Компьютерное моделирование усилителя с сонаправленным вводом накачки». Подготовка к выполнению и защите практической работы «Компьютерное моделирование усилителя с двусторонним вводом накачки»	О. К. Скляров. . Волоконно-оптические сети и системы связи: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (п. 4.3.) Р. Л. Фриман. . Волоконно-оптические системы связи: М.: Техносфера, 2006 (8) А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Компьютерное моделирование волоконно-оптических устройств: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все)	10
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. DWDM.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе	Р. Л. Фриман. . Волоконно-оптические системы связи: М.: Техносфера, 2006 (8)	2
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	А. А. Ким, Л. Б. Кочин. . Компьютерное моделирование волоконно-оптических устройств: СПб.БГТУ	4
Подготовка к защите лабораторных работ		4

	"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все) О. К. Складов. . Волоконно- оптические сети и системы связи: Санкт- Петербург: Лань, 2022 (п. 4.3)	
Итого по разделу 6		10
<b>Раздел 7. Passive optical network.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе; Подготовка к защите лабораторной работы "Компьютерное моделирование разветвленной оптоволоконной структуры"	О. К. Складов. . Волоконно- оптические сети и системы связи: Санкт- Петербург: Лань, 2022 (3.1, 3.6.) Р. Л. Фриман. . Волоконно- оптические системы связи: М.: Техносфера, 2006 (11, 13, 14, 15)	9
Итого по разделу 7		9

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Лабораторная работа

Лабораторная работа считается выполненной успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов (задач), предусмотренных заданием;
- правильное построение и оформление в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД графиков для всех получаемых в ходе выполнения задания характеристик.

Защита ЛР:

Защита ЛР предусматривает обсуждение результатов выполнения задания, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

#### Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатной или рукописной форме.

Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание на лабораторную работу содержит набор параметров в соответствии с индивидуальным вариантом.

#### Дифференцированный зачет

К зачету допускаются студенты, которые успешно сдали все домашние задания, предусмотренные рабочей программой, выполнили лабораторные работы и сдали отчеты, сдали все тесты. Зачет проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответить на два вопроса. Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основных понятий и формул. Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и формул. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов. Контроль усвоения лекционного материала студентов производится в автоматическом режиме за счет применения ПО «Ментор», представляющего собой веб-приложение, в котором клиентом выступает браузер, а сервером – веб-сервер. Доступ студентов к ПО «Ментор» осуществляется через любой интернет браузер, установленный на любом устройстве, имеющем доступ в сеть Интернет с помощью индивидуального логина и пароля. В конце каждой лекции присутствующим студентам предлагается ответить на один из вопросов по теме изложенной лекции. Результаты тестирования обобщаются с помощью балльно-рейтинговой системы (БАРС). Основным критерием назначения баллов служит способность студента отвечать на тест за минимальное число попыток. Необходимым условием получения зачета является успешное прохождение всех тестов.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-2.1	ПСК-2.3	ПСК-2.5	
4	7	Раздел 1. Теоретический минимум.	10	4	2	1	1	6	20	20	20	Отчет по ЛР, Лабораторная работа
4	7	Раздел 2. Практика: исследование оптоволоконных компонентов.	15	7	2	3	2	8	10	10	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
4	7	Раздел 3. Атмосферная линия связи.	12	4	2	0	2	8	10	10	10	Отчет по ЛР, Лабораторная работа
4	7	Раздел 4. Двухволоконная линия связи, двухволновое спектральное уплотнение.	10	4	1	1	2	6	10	10	10	Отчет по ЛР, Лабораторная работа
4	7	Раздел 5. CWDM.	24	14	4	6	4	10	20	20	20	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
4	7	Раздел 6. DWDM.	22	12	4	4	4	10	20	20	20	Отчет по ЛР, Лабораторная работа
4	7	Раздел 7. Passive optical network.	15	6	2	2	2	9	10	10	10	Отчет по ЛР, Лабораторная работа
Всего за 7 семестр			108	51	17	17	17	57	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	17	17	57	100	100	100	



## Критерии оценивания

### ПСК-2.1

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Вычислите мощность в dBm:  $0\text{dBm} + 0\text{dBm} = ?$
- № 2 Сигнал в оптоволоконной трассе затухает в 4 раза. Каково ее затухание в dB?
- № 3 От чего зависит хроматическая дисперсия?
- № 4 Какой тип сплиттеров может иметь любую конфигурацию количества входных и выходных портов?
- № 5 Какой элемент позволяет разделять и объединять в одном волокне сигналы, распространяющиеся в разных направлениях, но на одной длине волны?
- № 6 Вычислите мощность в мВт (округлите до целых):  $10\text{dBm} - 7\text{dB} = ?$
- № 7 На как длине волны может накачиваться эрбий? (укажите в нм)
- № 8 Чем обусловлены 3 исторически сложившихся "окна прозрачности" в кварцевых волокнах?
- № 9 В чем заключается суть спектрального уплотнения?
- № 10 Какие частотные планы DWDM считаются наиболее распространенными? (ответ укажите в ГГц)

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 При каких условиях будут отчетливо проявляться нелинейные эффекты?

#### Варианты ответов

- А). Большая разность показателей преломления
- Б). Малая оптическая мощность, но большая дистанция
- В). Высокая мощность излучения и большие дистанции
- Г). При четырехволновом смешении
- № 2 К чему может приводить дисперсионное уширение импульсов сигнала?

#### Варианты ответов

- А). ISI
- Б). OSI
- В). ASE
- Г). PMD
- № 3 Как можно регулировать хроматическую дисперсию в кварцевых волокнах?

#### Варианты ответов

- А). Изменять поляризацию света
- Б). Изменять форму показателя преломления, диаметр волокна и числовую апертуру
- В). Изменять частоту модуляции сигнала
- Г). Применять различные типы волокон со смещенной или ненулевой смещенной дисперсией
- № 4 Как можно полностью избавиться от модовой дисперсии?

#### Варианты ответов

- А). Перейти на длину волны нулевой дисперсии
- Б). Использовать градиентные волокна
- В). Перейти в одномодовый режим работы

- № 5 Г). Использовать волокна с ненулевой смещенной дисперсией  
Чем обусловлено волноводное рассеяние?
- Варианты ответов**
- А). Фундаментальный тип рассеяния, обусловленный волновой природой света
- Б). Несовершенство геометрической формы, деформации, микроизгибы и т.п.
- В). Это результат волноводного распространения света
- № 6 Г). Рассеяние на локальных неоднородностях в волноводе  
Какой тип поглощения может быть практически полностью исключен при качественной очистке сырья и соблюдении технологии производства?
- Варианты ответов**
- А). Потери, вызванные нелинейными эффектами
- Б). Потери на рассеяние
- В). Волноводное рассеяние
- № 7 Г). Потери на посторонних включениях и локальных загрязнителях  
Каким образом можно привести результирующую хроматическую дисперсию в ноль или значительно уменьшить ее?
- Варианты ответов**
- А). Скомпенсировать положительную волноводную дисперсию отрицательной материальной
- Б). Скомпенсировать положительную материальную дисперсию отрицательной волноводной
- В). Изготовить волокно с идеальной геометрической формой, исключающей возникновение дисперсии
- № 8 Г). Применить источник излучения с бесконечно узким спектром  
Из каких элементов состоит пассивный мультиплексор?
- Варианты ответов**
- А). Циркуляторы
- Б). Разветвители (сплиттеры)
- В). Циркуляторы и изоляторы
- № 9 Г). Тонкопленочные фильтры  
Какая проблема характерна для одноволоконной линии связи, реализованной на циркуляторах?
- Варианты ответов**
- А). Шумы
- Б). Высоки затухания
- В). Низкая скорость передачи
- № 10 Г). Большая восприимчивость к отражениям сигнала  
Что является активной средой в EDFA?
- Варианты ответов**

- А). Волокно, легированное иттербием
- Б). Волокно, легированное эрбием
- В). Волокно, легированное тулнием
- Г). Волокно, легированное полонием

### ПСК-2.3

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Сколько дуплексных каналов связи в одном волокне может обеспечить технология CWDM?
- № 2 Укажите частотный шаг между соседними каналами в системе CWDM. (Укажите ответ в нм)
- № 3 Сколько километров обычно максимальная дальность для 10Гб/с каналов связи по технологии CWDM?
- № 4 Сколько волноводных мод может существовать в волноводе с геометрическим фактором  $g=4$ , если длина волны излучения 1500нм, диаметр волновода 20 мкм, а числовая апертура 0.18?
- № 5 Какое оптическое волокно при прочих равных условиях обеспечит большую скорость передачи?
- № 6 Сколько длин волн используется в дуплексной оптоволоконной линии связи WDM?
- № 7 Оптическое излучения мощностью 1мВт делится в сплиттере 1х10. Какую оптическую мощность можно ожидать на выходе каждого из портов? (Ответ дайте в дБм)
- № 8 Два сигнала с мощностью по 1мВт объединяются в сплиттере 2х1 с одинаковым коэффициентом деления/объединения. Какая оптическая мощность (в мВт) будет на выходе после объединения?
- № 9 Какой уровень сигнала будет на выходе разветвителя 1х4 с одинаковыми коэффициентами деления, если на его вход подается оптическая мощность 1мВт. (Представьте ответ значением округленным до сотых в дБм)
- № 10 Сколько волноводных мод может существовать в волноводе с геометрическим фактором  $g=4$ , если длина волны излучения 1500нм, диаметр волновода 25 мкм, а числовая апертура 0.18?

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 У какого типа волокна больше направляющие свойства?

#### Варианты ответов

- А). Маломодовое
- Б). Не зависит от типа волокна
- В). Многомодовое
- Г). Одномодовое
- № 2 Какой тип волокна обладает бОльшим критическим радиусом изгиба?

#### Варианты ответов

- А). Многомодовое
- Б). Маломодовое
- В). Одномодовое
- № 3 Укажите стандарт UTI для одномодовых волокон

#### Варианты ответов

- А). G.654
- Б). G.652

- В). G.651
- Г). G.653
- № 4 Какой тип оптического коннектора обеспечивает минимальные отражения оптического сигнала?
- Варианты ответов**
- А). SC/UPC
- Б). FC/APC
- В). LC/UPC
- Г). ST, SMA
- № 5 Что надежнее использовать для организации одного дуплексного канала связи в одном волокне?
- Варианты ответов**
- А). Разветвители 70%/30%
- Б). Разветвители 50%/50%
- В). Тонкопленочные фильтры и две длины волны
- Г). Циркулятор
- № 6 С помощью какого элемента волоконной оптики объединяют излучения накачки и излучение несущее сигнал?
- Варианты ответов**
- А). Изолятор
- Б). WDM компонент
- В). Циркулятор
- Г). Сплиттер
- № 7 Чем CWDM принципиально отличается от DWDM?
- Варианты ответов**
- А). Канальной скоростью передачи
- Б). Количеством каналов и частотной сеткой
- В). Дальностью передачи
- Г). Использованием мультиплексирования по длине волны
- № 8 При каких условиях будут отчетливо проявляться нелинейные эффекты?
- Варианты ответов**
- А). Большая разность показателей преломления
- Б). Малая оптическая мощность, но большая дистанция
- В). Высокая мощность излучения и большие дистанции
- Г). При четырехволновом смешении
- № 9 Какие процессы ограничивают повышение оптической мощности для увеличения дальности магистральных линий связи?
- Варианты ответов**

- А). Большие затухания в оптическом волокне
- Б). Разрушение оптического волокна при большой оптической мощности
- В). Невозможность получения большого усиления в EDFA
- Г). Нелинейные процессы: ВКР, ВРМБ, четырехволновое смешение и т.д.
- № 10 Какое устройство служит для объединения нескольких длин волн в системах спектрального уплотнения?

#### Варианты ответов

- А). Мультиплексор/демультиплексор
- Б). Многопортовый сплиттер/разветвитель
- В). Планарный сумматор/разветвитель
- Г). Циркулято

#### ПСК-2.5

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Какой тип сплиттеров может иметь любую конфигурацию количества выходных и входных портов?
- № 2 Из перечисленных компонентов ВОЛС укажите в ответе пассивные компоненты.

- № 3 Изолятор, циркулятор, трансивер, переключатель, аттенюатор, мультиплексор  
Из перечисленных компонентов ВОЛС укажите в ответе активные компоненты.

- № 4 Изолятор, циркулятор, трансивер, переключатель, аттенюатор, мультиплексор  
Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 1 (P<sub>4</sub>).

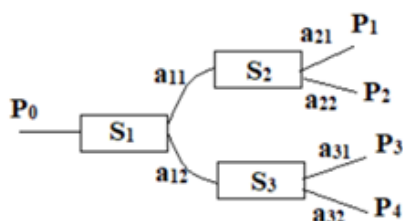
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=70$ ,  $a_{32}=30$ .

Входная мощность 20 мВт.



- № 5 Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 4 (P<sub>4</sub>) в мВт.

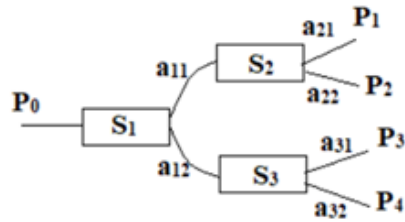
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=70$ ,  $a_{32}=30$ .

Входная мощность 16 мВт.



№ 6

Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 1 (P1) в мВт.

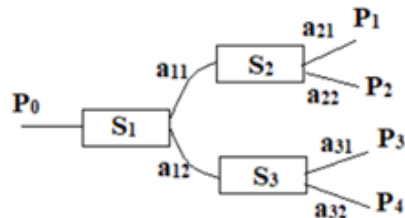
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=80$ ,  $a_{32}=20$ .

Входная мощность 12 мВт.



№ 7

Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 1 (P1) в мВт.

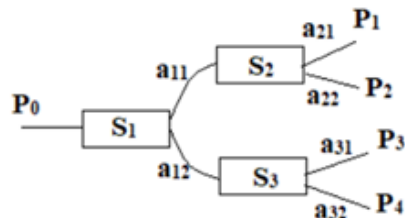
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=80$ ,  $a_{32}=20$ .

Входная мощность 19 мВт.



№ 8

Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 1 (P1) в мВт.

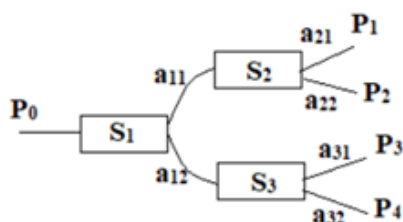
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=80$ ,  $a_{32}=20$ .

Входная мощность 15 мВт.



- № 9 Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 4 (P4) в мВт.

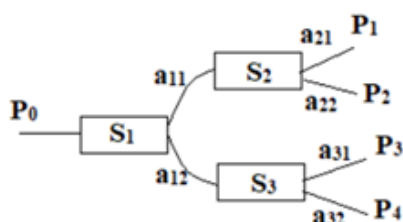
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=70$ ,  $a_{32}=30$ .

Входная мощность 12 мВт.



- № 10 Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для выхода 4 (P4).

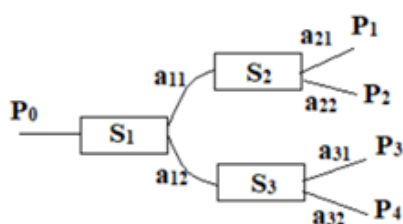
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}= 50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=70$ ,  $a_{32}=30$ .

Входная мощность 11 мВт.



Вопросы закрытого типа:

- № 1 Излучение мощностью 30мВт прошло по линии с затуханием 9дБ, а после в разветвителе 1х2 разделилось в соотношении 10/90%. Какая оптическая мощность будет на каждом выходе разветвителя?

**Варианты ответа**

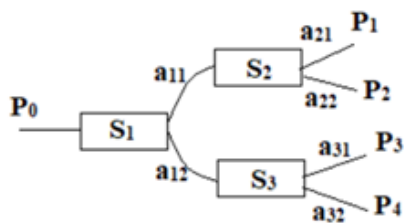
А). 0.2дБм / 1.8дБм

Б). 0.3дБм / 2.7дБм

В). 0,4дБм / 3.6дБм

- Г). 0,5 дБм / 4,5 дБм
- № 2 Какой тип разветвителей может разделять сигналы в заданной пропорции?
- Варианты ответов**
- А). Планарный
- Б). Сварной
- В). Тонкопленочный
- Г). Толстопленочный
- № 3 В каком спектральном диапазоне работают эрбиевые усилители для DWDM систем?
- Варианты ответов**
- А). 1300-1450 нм
- Б). 1595-1610 нм
- В). 1390-1490 нм
- Г). 1525-1565 нм
- № 4 Какой частотный план DWDM системы наиболее распространенный?
- Варианты ответов**
- А). 25 ГГц
- Б). 50 ГГц
- В). 100 ГГц
- Г). 200 ГГц
- № 5 Что позволяет сделать оптический тонкопленочный фильтр? (выберете несколько вариантов ответа, если это необходимо)
- Варианты ответов**
- А). Уплотнять и разделять различные длины волн
- Б). Фильтровать различные длины волн
- В). Фильтровать шумы
- Г). Все перечисленное
- № 6 Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для каждого выхода в мВт.
- Коэффициенты деления сплиттеров:
- S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}=50$ ;
- S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;
- S3:  $a_{31}=70$ ,  $a_{32}=30$ .
- Входная мощность 16 мВт.





### Варианты ответов

А).  $P_1=4.8\text{мВт}$ ,  $P_2=3.2\text{мВт}$ ,  $P_3=5.6\text{мВт}$ ,  $P_4=2.4\text{мВт}$

Б).  $P_1=2.8\text{мВт}$ ,  $P_2=4.2\text{мВт}$ ,  $P_3=3.6\text{мВт}$ ,  $P_4=1.4\text{мВт}$

В).  $P_1=3.8\text{мВт}$ ,  $P_2=2.2\text{мВт}$ ,  $P_3=6.6\text{мВт}$ ,  $P_4=4.4\text{мВт}$

Г).  $P_1=4.8\text{мВт}$ ,  $P_2=3.2\text{мВт}$ ,  $P_3=5.6\text{мВт}$ ,  $P_4=2.4\text{мВт}$

№ 7

Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для каждого выхода в мВт.

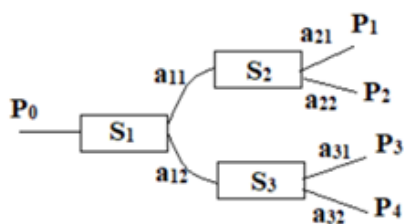
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}=50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=80$ ,  $a_{32}=20$ .

Входная мощность 12 мВт.



### Варианты ответов

А).  $P_1=4.8\text{мВт}$ ,  $P_2=3.2\text{мВт}$ ,  $P_3=5.6\text{мВт}$ ,  $P_4=2.4\text{мВт}$

Б).  $P_1=2.8\text{мВт}$ ,  $P_2=4.2\text{мВт}$ ,  $P_3=3.6\text{мВт}$ ,  $P_4=1.4\text{мВт}$

В).  $P_1=3.6\text{мВт}$ ,  $P_2=2.4\text{мВт}$ ,  $P_3=4.8\text{мВт}$ ,  $P_4=1.2\text{мВт}$

Г).  $P_1=4.8\text{мВт}$ ,  $P_2=3.2\text{мВт}$ ,  $P_3=5.6\text{мВт}$ ,  $P_4=2.4\text{мВт}$

№ 8

Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплиттеров, показанную на рисунке, для каждого выхода в мВт.

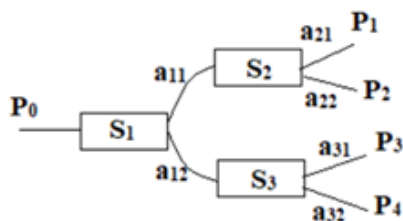
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}=50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=80$ ,  $a_{32}=20$ .

Входная мощность 19 мВт.



#### Варианты ответов

- А).  $P_1=4,8\text{мВт}$ ,  $P_2=3,2\text{мВт}$ ,  $P_3=5,6\text{мВт}$ ,  $P_4=2,4\text{мВт}$
- Б).  $P_1=2,8\text{мВт}$ ,  $P_2=4,2\text{мВт}$ ,  $P_3=3,6\text{мВт}$ ,  $P_4=1,4\text{мВт}$
- В).  $P_1=3,6\text{мВт}$ ,  $P_2=2,4\text{мВт}$ ,  $P_3=4,8\text{мВт}$ ,  $P_4=1,2\text{мВт}$
- Г).  $P_1=5,7\text{мВт}$ ,  $P_2=3,8\text{мВт}$ ,  $P_3=7,6\text{мВт}$ ,  $P_4=1,9\text{мВт}$

№ 9 Что обеспечивает соединение тонкопленочных фильтров по схеме reflect-reflect?  
(При необходимости выберите несколько вариантов ответа)

#### Варианты ответов

- А). Отведение длин волн
- Б). Раздельное направление одноименных волн
- В). Глушение длин волн
- Г). Сквозное прохождение посторонних длин волн

№ 10 Вычислить выходную мощность излучения прошедшего через систему сплитеров, показанную на рисунке, для каждого выхода в мВт.

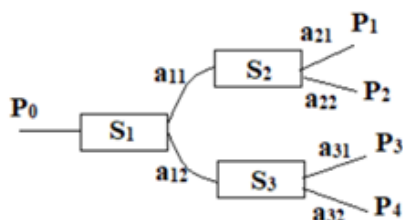
Коэффициенты деления сплиттеров:

S1:  $a_{11}=50$ ,  $a_{12}=50$ ;

S2:  $a_{21}=60$ ,  $a_{22}=40$ ;

S3:  $a_{31}=80$ ,  $a_{32}=20$ .

Входная мощность 15 мВт.



#### Варианты ответов

- А).  $P_1=4,5\text{мВт}$ ,  $P_2=3\text{мВт}$ ,  $P_3=6\text{мВт}$ ,  $P_4=1,5\text{мВт}$
- Б).  $P_1=2,8\text{мВт}$ ,  $P_2=4,2\text{мВт}$ ,  $P_3=3,6\text{мВт}$ ,  $P_4=1,4\text{мВт}$
- В).  $P_1=3,6\text{мВт}$ ,  $P_2=2,4\text{мВт}$ ,  $P_3=4,8\text{мВт}$ ,  $P_4=1,2\text{мВт}$
- Г).  $P_1=5,7\text{мВт}$ ,  $P_2=3,8\text{мВт}$ ,  $P_3=7,6\text{мВт}$ ,  $P_4=1,9\text{мВт}$