

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Направление/специальность подготовки	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиолокационные системы и комплексы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

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	
5	9	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Трилис Андрей Васильевич, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Кочин Леонид Борисович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ**

## **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:

ОПК-4 — Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-4**

*знания:*

Знает современные средства и методы применения лазерных и оптоэлектронных систем;

*умения:*

Уметь организовать и провести исследование для решения научно-технических задач с применением лазерных и оптико-электронных систем и их функциональных узлов;

*навыки:*

Владеть современными методами применения лазерных и оптико-электронных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
- ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
- ОПК-3 — Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий

### 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		ОПК-4
5	9	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения дисциплины.</b> 1. Общие сведения о лазерных и оптико-электронных системах. 2. Структурная схема оптико-электронной системы для обработки и передачи информации. 3. Компоненты оптико-электронных систем, их параметры и характеристики.	4	2	2	0	2	10
5	9	<b>Раздел 2. Физические основы оптической обработки информации.</b> 1. Понятие изображения. Предварительная и вторичная обработка изображений. Системы обработки изображений: оптико-аналоговая, электронно-аналоговая, электронно-цифровая, оптико-цифровая. 2. Представление изображений в виде матриц. Виды предварительной обработки изображений - точечная, локальная и глобальная обработка. Двойное преобразование Фурье, свертка и корреляция. 3. Двумерное преобразование Фурье в прямоугольной и полярной системах координат. Пространственные частоты. Свойства ДПФ. Некоторые двумерные специальные функции и их фурье-образы. Двумерная корреляция. Двумерная свертка.	14	6	4	2	8	10
5	9	<b>Раздел 3. Физические принципы оптической когерентной обработки изображений.</b> 1. Двумерные линейные пространственно-инвариантные системы. 2. Импульсный отклик и оптическая передаточная функция оптической системы при когерентной и некогерентной освещенности. Функции передачи модуляции и фазы. 3. Когерентный оптический сигнал. Угловой спектр плоских волн. Импульсная и передаточная характеристики свободного пространства.	12	4	4	0	8	10
5	9	<b>Раздел 4. Оптическое преобразование Фурье и пространственная фильтрация.</b> 1. Тонкая линза как фазовый транспарант. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Влияние конечных размеров рабочей апертуры. 2. Формирование когерентного оптического сигнала с помощью амплитудных, фазовых и комплексных транспарантов. 3. Анализатор спектра пространственных частот изображений. 4. Оптическая система пространственной фильтрации изображений. Типы пространственных фильтров. 5. Согласованная пространственная фильтрация.	16	10	4	6	6	10
5	9	<b>Раздел 5. Голография и ее приложения.</b> 1. Физические принципы записи и восстановления голограмм. 2. Голографические фильтры и корреляторы: коррелятор Вандер Люгта: схема, принцип работы, достоинства и недостатки, коррелятор совместного преобразования: схема, принцип работы, достоинства и недостатки. 3. Голографическая интерферометрия. 4. Виды голограмм и области применения.	12	6	4	2	6	10
5	9	<b>Раздел 6. Способы модуляции лазерного излучения.</b> 1. Особенности модуляции в оптическом диапазоне. Прямая, внешняя и внутренняя модуляции. 2. Устройство, принцип работы и характеристики модуляторов на основе линейного электрооптического эффекта. 3. Устройство, принцип работы и основные характеристики акустооптических модуляторов. Работа АО модуляторов в режиме дифракции Рамана-Ната и Брэгга. 4. Пространственно-временные модуляторы света, классификация и применение.	14	8	4	4	6	10
5	9	<b>Раздел 7. Акустооптические системы обработки информации.</b> 1. Акустооптические спектроанализаторы радиосигналов. 2. Акустооптические корреляторы радиосигналов. 3. Перестраиваемые акустооптические фильтры и спектрометры на их основе.	8	4	2	2	4	10
5	9	<b>Раздел 8. Гибридные оптико-электронные системы обработки информации.</b> 1. Обобщенные структурные схемы гибридных оптико-электронных систем. 2. Примеры реализации оптико-электронных гибридных систем: системы распознавания; многоканальные корреляторы; системы спектрального анализа; геоинформационные системы. 3. Области применения гибридных оптико-электронных систем.	8	2	2	0	6	10
5	9	<b>Раздел 9. Открытые оптические системы передачи информации.</b> 1. Понятие открытой оптической системы, классификация и характеристики систем. 2. Структурная схема открытой оптической системы передачи информации, компоненты систем. 3. Влияние внешних условий на работу открытых оптических систем передачи информации.	8	4	4	0	4	10
5	9	<b>Раздел 10. Волоконно-оптические системы.</b> 1. Виды оптических волокон и их основные характеристики. 2. Распространение оптического излучения в оптоволокне. 3. Понятие и механизмы затухания и дисперсии в ВОЛС. 4. Технологии производства оптических волокон. 5. Примеры реализации волоконно-оптических систем.	12	5	4	1	7	10
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Физические основы оптической обработки информации.	Исследование фурье-преобразующих свойств линз.	2
2	Раздел 4. Оптическое преобразование Фурье и пространственная фильтрация.	Исследование системы оптической пространственной фильтрации.	2
3		Исследование линейного электрооптического эффекта.	2
4		Исследование дифракции света на	2

		акустических волнах.	
5	Раздел 5. Голография и ее приложения.	Исследование электрооптических эффектов в жидких кристаллах.	2
6	Раздел 6. Способы модуляции лазерного излучения.	Исследование свойств фурье-голограмм.	4
7	Раздел 7. Акустооптические системы обработки информации.	Исследование акустооптического спектроанализатора.	2
8	Раздел 10. Волоконно-оптические системы.	Итоговая сдача лабораторных работ	1
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия и определения дисциплины.	1. Общие сведения о лазерных и оптико-электронных системах. 2. Структурная схема оптико-электронной системы для обработки и передачи информации. 3. Компоненты оптико-электронных систем, их параметры и характеристики	2
2	Раздел 2. Физические основы оптической обработки информации.	1. Понятие изображения. Предварительная и вторичная обработка изображений. Системы обработки изображений: оптико-аналоговая, электронно-аналоговая, электронно-цифровая, оптико-цифровая. 2. Представление изображений в виде матриц. Виды предварительной обработки изображений – точечная, локальная и глобальная обработка. Двойное преобразование Фурье, свертка и корреляция. 3. Двумерное преобразование Фурье в прямоугольной и полярной системах координат. Пространственные частоты. Свойства ДПФ. Некоторые двумерные специальные функции и их фурье-образы. Двумерная корреляция. Двумерная свертка.	4
3		Подготовка к лабораторной работе 1	4
4	Раздел 3. Физические принципы оптической когерентной обработки изображений.	1. Двумерные линейные пространственно-инвариантные системы. 2. Импульсный отклик и оптическая передаточная функция оптической системы при когерентной и некогерентной освещенности. Функции передачи модуляции и фазы. 3. Когерентный оптический сигнал. Угловой спектр плоских волн. Импульсная и передаточная характеристики свободного пространства.	8
5	Раздел 4. Оптическое преобразование Фурье и пространственная фильтрация.	1. Тонкая линза как фазовый транспарант. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Влияние конечных размеров рабочей апертуры. 2. Формирование когерентного оптического сигнала с помощью амплитудных, фазовых и комплексных транспарантов. 3. Анализатор спектра пространственных частот изображений. 4. Оптическая система пространственной фильтрации изображений. Типы пространственных фильтров. 5. Согласованная пространственная фильтрация	4
6		Подготовка к лабораторной работе 2	2
7	Раздел 5. Голография и ее приложения.	1. Физические принципы записи и восстановления голограмм. 2. Голографические фильтры и корреляторы: коррелятор Вандер Люгта: схема, принцип работы, достоинства и недостатки, коррелятор совместного преобразования: схема, принцип работы, достоинства и недостатки. 3. Голографическая интерферометрия. 4. Виды голограмм и области применения	4
8		Подготовка к лабораторной работе	2
9	Раздел 6. Способы модуляции лазерного излучения.	1. Особенности модуляции в оптическом диапазоне. Прямая, внешняя и внутренняя модуляции. 2. Устройство, принцип работы и характеристики модуляторов на основе линейного электрооптического эффекта. 3. Устройство, принцип работы и основные характеристики акустооптических модуляторов. Работа	4

		АО модуляторов в режиме дифракции Рамана-Ната и Брэгга. 4. Пространственно-временные модуляторы света, классификация и применение	
10		Подготовка к лабораторной работе	2
11	Раздел 7. Акустооптические системы обработки информации.	1. Акустооптические спектроанализаторы радиосигналов. 2. Акустооптические корреляторы радиосигналов. 3. Перестраиваемые акустооптические фильтры и спектрометры на их основе	2
12		Подготовка к лабораторной работе	2
13	Раздел 8. Гибридные оптико-электронные системы обработки информации.	1.Обобщенные структурные схемы гибридных оптико-электронных систем. 2.Примеры реализации оптико-электронных гибридных систем: системы распознавания; многоканальные корреляторы; системы спектрального анализа; геоинформационные системы. 3. Области применения гибридных оптико-электронных систем	6
14	Раздел 9. Открытые оптические системы передачи информации.	1. Понятие открытой оптической системы, классификация и характеристики систем. 2. Структурная схема открытой оптической системы передачи информации, компоненты систем. 3. Влияние внешних условий на работу открытых оптических систем передачи информации	4
15	Раздел 10. Волоконно-оптические системы.	1. Виды оптических волокон и их основные характеристики. 2. Распространение оптического излучения в оптоволокне. 3. Понятие и механизмы затухания и дисперсии в ВОЛС. 4. Технологии производства оптических волокон. 5. Примеры реализации волоконно-оптических систем	6
16		Самостоятельная подготовка и оформление и анализ отчетов по лабораторным работам	1
Всего за 9 семестр			57

#### 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
<b>9</b>	ТекК	ЛР	Отч. по ЛР	ЛР	ТекК	ДР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ЛР	Отч. по ЛР	ДР	Вопр.Диф.Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения. СПб.: Лань, 2016, эл. рес.
2. А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения. СПб.: Лань, 2016, 16 экз.
3. В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 28 экз.
4. В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
5. В. В. Клуздин. . Акустооптические устройства обработки сигналов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997, 61 экз.
6. В. Г. Нечаев. . Оптико-волоконные системы связи. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003, 5 экз.
7. Л. Б. Кочин. . Оптические системы обработки информации. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, эл. рес.
8. Л. Б. Кочин. . Лазерные системы обработки и передачи информации. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
9. Л. Б. Кочин, В. Ф. Лебедев, А. П. Погода. . Оптические измерения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 40 экз.
10. О. К. Сляров. . Волоконно-оптические сети и системы связи. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Применение методов фурье-оптики. М.: Радио и связь, 1988, 1 экз.
2. А. В. Белов, А. С. Борейшо, А. В. Морозов. . Проектирование и надёжность лазерных комплексов специального назначения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 3 экз.
3. Дж. Гауэр. . Оптические системы связи. М.: Радио и связь, 1989, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

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

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://moodle.voenmeh.ru/> — БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова // Moodle.

### 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:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Mathcad Prime 3.1.

### 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:**

1. Проектор.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Установка для изучения жидких кристаллов и акустооптического модулятора;
2. Установка для исследования полупроводниковых лазеров;
3. Установка для изучения атмосферной линии связи;
4. Установка для изучения поляризации света и электрооптического модулятора;
5. Установка для исследования интерференции, дифракции и оптической обработки сигнала (оптическое Фурье-преобразование);
6. Matlab 2015a SP1;
7. Mathcad Prime 3.1.

### **6.3. 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 **ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с обработкой, передачей и хранением информации с помощью лазерных и оптико-электронных систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 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. Основные понятия и определения дисциплины.</b>		
1. Общие сведения о лазерных и оптико-электронных системах. 2. Структурная схема оптико-электронной системы для обработки и передачи информации. 3. Компоненты оптико-электронных систем, их параметры и характеристики	А. В. Белов, А. С. Борейшо, А. В. Морозов. . Проектирование и надёжность лазерных комплексов специального назначения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1) В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1) Л. Б. Кочин. . Оптические системы обработки информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (1) А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: СПб.: Лань, 2016 (1)	2
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Физические основы оптической обработки информации.</b>		
1. Понятие изображения. Предварительная и вторичная обработка изображений. Системы обработки изображений: оптико-аналоговая, электронно-аналоговая, электронно-цифровая,	. Применение методов фурье-оптики: М.: Радио и	4

оптико-цифровая. 2. Представление изображений в виде матриц. Виды предварительной обработки изображений – точечная, локальная и глобальная обработка. Двойное преобразование Фурье, свертка и корреляция. 3. Двумерное преобразование Фурье в прямоугольной и полярной системах координат. Пространственные частоты. Свойства ДПФ. Некоторые двумерные специальные функции и их фурье-образы. Двумерная корреляция. Двумерная свертка.	связь, 1988 (1-2) А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: СПб.: Лань, 2016 (1-2) В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-2) Л. Б. Кочин, В. Ф. Лебедев, А. П. Погода. . Оптические измерения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-2)	
Подготовка к лабораторной работе 1		4
Итого по разделу 2		8
<b>Раздел 3. Физические принципы оптической когерентной обработки изображений.</b>		
1. Двумерные линейные пространственно-инвариантные системы. 2. Импульсный отклик и оптическая передаточная функция оптической системы при когерентной и некогерентной освещенности. Функции передачи модуляции и фазы. 3. Когерентный оптический сигнал. Угловой спектр плоских волн. Импульсная и передаточная характеристики свободного пространства.	А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: СПб.: Лань, 2016 (1-3) . Применение методов фурье-оптики: М.: Радио и связь, 1988 (1-2) В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-3)	8
Итого по разделу 3		8
<b>Раздел 4. Оптическое преобразование Фурье и пространственная фильтрация.</b>		
1. Тонкая линза как фазовый транспарант. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Влияние конечных размеров рабочей апертуры. 2. Формирование когерентного оптического сигнала с помощью амплитудных, фазовых и комплексных транспарантов. 3. Анализатор спектра пространственных частот изображений. 4. Оптическая система пространственной фильтрации изображений. Типы пространственных фильтров. 5. Согласованная пространственная фильтрация	Л. Б. Кочин. . Оптические системы обработки информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (1-2) . Применение методов фурье-оптики: М.: Радио и связь, 1988 (1-2) Л. Б. Кочин. . Лазерные системы	4
Подготовка к лабораторной работе 2		2

	обработки и передачи информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1-2)	
Итого по разделу 4		6
<b>Раздел 5. Голография и ее приложения.</b>		
1. Физические принципы записи и восстановления голограмм. 2. Голографические фильтры и корреляторы: коррелятор Вандер Люгта: схема, принцип работы, достоинства и недостатки, коррелятор совместного преобразования: схема, принцип работы, достоинства и недостатки. 3. Голографическая интерферометрия. 4. Виды голограмм и области применения	Л. Б. Кочин. . Оптические системы обработки информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (3-5) . Применение методов фурье-оптики: М.: Радио и связь, 1988 (2,3,11)	4
Подготовка к лабораторной работе		2
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Способы модуляции лазерного излучения.</b>		
1. Особенности модуляции в оптическом диапазоне. Прямая, внешняя и внутренняя модуляции. 2. Устройство, принцип работы и характеристики модуляторов на основе линейного электрооптического эффекта. 3. Устройство, принцип работы и основные характеристики акустооптических модуляторов. Работа АО модуляторов в режиме дифракции Рамана-Ната и Брэгга. 4. Пространственно-временные модуляторы света, классификация и применение	Л. Б. Кочин. . Оптические системы обработки информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (1-4) В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-3)	4
Подготовка к лабораторной работе		2
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Акустооптические системы обработки информации.</b>		
1. Акустооптические спектроанализаторы радиосигналов. 2. Акустооптические корреляторы радиосигналов. 3. Перестраиваемые акустооптические фильтры и спектрометры на их основе	В. В. Клуздин. . Акустооптические устройства обработки сигналов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (1-3) В. А. Борейшо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-3)	2
Подготовка к лабораторной работе		2
Итого по разделу 7		4
<b>Раздел 8. Гибридные оптико-электронные системы обработки информации.</b>		

1.Обобщенные структурные схемы гибридных оптико-электронных систем. 2.Примеры реализации оптико-электронных гибридных систем: системы распознавания; многоканальные корреляторы; системы спектрального анализа; геоинформационные системы. 3. Области применения гибридных оптико-электронных систем	. Применение методов фурье-оптики: М.: Радио и связь, 1988 (4-5)	6
Итого по разделу 8		6
<b>Раздел 9. Открытые оптические системы передачи информации.</b>		
1. Понятие открытой оптической системы, классификация и характеристики систем. 2. Структурная схема открытой оптической системы передачи информации, компоненты систем. 3. Влияние внешних условий на работу открытых оптических систем передачи информации	Дж. Гауэр. . Оптические системы связи: М.: Радио и связь, 1989 (1-3) Л. Б. Кочин. . Оптические системы обработки информации: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (1-4) В. А. Бореjšо, Л. Б. Кочин. . Электронные компоненты лазерной техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-3)	4
Итого по разделу 9		4
<b>Раздел 10. Волоконно-оптические системы.</b>		
1. Виды оптических волокон и их основные характеристики. 2. Распространение оптического излучения в оптоволокне. 3. Понятие и механизмы затухания и дисперсии в ВОЛС. 4. Технологии производства оптических волокон. 5. Примеры реализации волоконно-оптических систем	О. К. Складов. . Волоконно-оптические сети и системы связи: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1-3) В. Г. Нечаев. . Оптико-волоконные системы связи:	6
Самостоятельная подготовка и оформление и анализ отчетов по лабораторным работам	Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003 (1-3)	1
Итого по разделу 10		7



## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.

#### Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается 5 вопросов по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ.

#### Лабораторная работа

Допуск к лабораторной работе, каждая позиция оценивается максимально 3 балла:

- степень готовности протокола (не менее 2 баллов);
- понимание исследуемого явления (не менее 2 баллов);
- понимание цели работы (3 балла);
- ответы на контрольные вопросы (3 балла).

#### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от max до min являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений.

Защита ЛР предусматривает обсуждение порядка решения предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Оптический диапазон электромагнитного излучения. Источники света. Особенности цветовосприятия человеческого глаза.
2. Электроразрядные газовые лазеры
3. Твердотельные лазеры
4. Полупроводниковые лазеры
5. Понятие изображения. Представление изображений в виде матриц. Двойное преобразование Фурье, свертка и корреляция.
6. Двумерное преобразование Фурье в прямоугольной и полярной системах координат. Пространственные частоты. Некоторые двумерные специальные функции и их фурье-образы. Двумерная корреляция. Двумерная свертка
7. Двумерные линейные пространственно-инвариантные системы
8. Импульсный отклик и оптическая передаточная функция оптической системы при когерентной и

некогерентной освещенности.

9. Когерентный оптический сигнал. Угловой спектр плоских волн. Импульсная и передаточная характеристики свободного пространства

10. Тонкая линза как фазовый транспарант. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Влияние конечных размеров рабочей апертуры.

11. Формирование когерентного оптического сигнала с помощью амплитудных, фазовых и комплексных транспарантов.

12. Физические принципы записи и восстановления голограмм.

13. Голографические фильтры и корреляторы: коррелятор Вандер Люгта: схема, принцип работы, достоинства и недостатки, коррелятор совместного преобразования: схема, принцип работы, достоинства и недостатки.

14. Синтезированные голограммы. Применение

15. Особенности модуляции в оптическом диапазоне. Наиболее применяемые технические решения.

16. Устройство, принцип работы и характеристики модуляторов на основе линейного электрооптического эффекта.

17. Устройство, принцип работы и основные характеристики акустооптических модуляторов. Работа АО модуляторов в режиме дифракции Рамана-Ната и Брэгга.

18. Лазерная система передачи информации

19. Волоконно-оптическая лазерная система передачи информации.

### **Дифференцированный зачет**

Допуском к сдаче зачета является сдача всех лабораторных работ.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре и по результатам ответов на два вопроса случайным образом выбираемых из списка.

Оценка формируется исходя из следующих критериев:

- Выполнение и защита всех лабораторных работ без дополнительного опроса или с неправильными ответами - "удовлетворительно"
- Один правильный ответ - "хорошо"
- Два правильных ответа - "отлично"

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		ОПК-4	
5	9	Раздел 1. Основные понятия и определения дисциплины.	4	2	2	0	2	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Физические основы оптической обработки информации.	14	6	4	2	8	10	Лабораторная работа
5	9	Раздел 3. Физические принципы оптической когерентной обработки изображений.	12	4	4	0	8	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 4. Оптическое преобразование Фурье и пространственная фильтрация.	16	10	4	6	6	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
5	9	Раздел 5. Голография и ее приложения.	12	6	4	2	6	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
5	9	Раздел 6. Способы модуляции лазерного излучения.	14	8	4	4	6	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
5	9	Раздел 7. Акустооптические системы обработки информации.	8	4	2	2	4	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
5	9	Раздел 8. Гибридные оптико-электронные системы обработки информации.	8	2	2	0	6	10	Отчет по ЛР, Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 9. Открытые оптические системы передачи информации.	8	4	4	0	4	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 10. Волоконно-оптические системы.	12	5	4	1	7	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

**ОПК-4 - Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между параметрами фотоприемника и размерностью.

1. Чувствительность
2. Эквивалентная мощность шума
3. Темновой ток

А - Вт/А

Б - Вт/Гц<sup>1/2</sup>

В - В

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между оптическими элементами и выполняемыми функциями.

1. Призма Фуко
2. Фазовая пластинка
3. Линза

А - Разложение света по поляризации

Б - Введение фазового сдвига между ортогональными поляризациями

В - Построение изображения

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Задайте правильную последовательность волоконно-оптической линии связи

- 1) лазерный диод
- 2) оптический изолятор
- 3) модулятор
- 4) волоконный усилитель
- 5) волоконная линия
- 6) ресивер

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Видимое излучение имеет спектральный диапазон:

- А) 380 - 780 нм
- В) 520 - 910 нм
- С) 79 - 38 ТГц
- Д) 200нм - 2 мм

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

С какими утверждениями вы согласны?

- A) Испускания кванта света и поглощения кванта являются взаимно обратимыми процессами.
- B) При поглощении кванта света возбуждаемый электрон получает энергию и импульс кванта света.
- C) Излучение проникает из одной стадии в другую.
- D) При распространении квантов света в свободном пространстве более энергичные распространяются быстрее.

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите верные утверждения.

- A) Работа фотоэлектрических приемников основана на внутреннем или внешнем фотоэлектрическом эффекте.
- B) Тепловые фотоприемники не обладают спектральной чувствительностью
- C) Внутренний фотоэффект определяется количеством электронов на орбиталях.
- D) Для внешнего фотоэффекта характерна экспоненциальная зависимость числа фотоэлектронов от числа поглощенных фотонов.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите верные утверждения.

- A) Распределение амплитуд в фокальной плоскости линзы является Фурье-образом распределения амплитуд на входе в линзу.
- B) В результате сложения некогерентных пучков результирующая волна имеет амплитуду, равную сумме амплитуд исходных волн.
- C) Интерференция некогерентных волн определяется перекрестными связями.
- D) Когерентные волны складываются, а некогерентные не складываются.

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как связаны оптическая передаточная функция и функция рассеяния точки?

- A) оптическая передаточная функция получается в результате Фурье преобразования функции рассеяния точки
- B) оптическая передаточная функция получается в результате преобразования Лоренца функции рассеяния точки
- C) оптическая передаточная функция получается в результате преобразования Лапласа функции рассеяния точки
- D) функции рассеяния точки получается в результате преобразования Лапласа оптической передаточной функции

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность разработки лазера.

- 1) выбор лазерного перехода
- 2) разработка схемы накачки
- 3) расчет кинетических параметров создания инверсной населенности
- 4) расчет параметров усиления
- 5) выбор и расчет резонатора
- 6) экспериментальное моделирование

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Отличительной чертой электромагнитных колебаний оптического диапазона от других электромагнитных колебаний является то, что:

- А) источниками излучения являются квантовые частицы - атомы и молекулы
- В) только для оптического диапазона справедливы законы преломления
- С) человеческий глаз чувствителен к излучению оптического диапазона
- Д) оптическое излучение распространяется в виде лучей

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Для оптических систем справедливо утверждение:

- А) изображение суммы объектов равно сумме изображений от каждого объекта
- В) изображение суммы объектов формируется в соответствии с фокусом оптической системы
- С) изображение суммы объектов складывается как сложная функция рассеяния точки
- Д) изображение суммы объектов формируется в фокальной плоскости

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как увеличить разрешающую способность идеальной оптической системы?

№ 13 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Во сколько раз отличается оптическая длина пути в вакууме и стекле?