

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЛИДАРНЫЕ СИСТЕМЫ

Направление/специальность подготовки	12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Специализация/профиль/программа подготовки	Лазерные системы и технологии
Уровень высшего образования	Магистратура
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	
5	10	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА  
Савин Андрей Валерьевич, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

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 ЛИДАРНЫЕ 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:

ПСК-1.3 — способность к проектированию и конструированию систем, приборов и узлов, а также к разработке технических заданий и документации на их проектирование и изготовление, предназначенных для лазерной техники и технологий, лазерных оптико-электронных приборов и систем

ПСК-1/24.4 — способность определять требования к лазерным системам и системам технического зрения, а также к их элементам, обосновывать выбор элементной базы и разрабатывать элементы конструкций

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1.3**

*знания:*

основных типов лидаров и их применение;

методик оценки результатов лидарного зондирования;

*умения:*

владение методами математического анализа основных уравнений энергии в приемниках лидарных систем;

*навыки:*

решения лидарного уравнения.

### **ПСК-1/24.4**

*знания:*

основных типов лидаров и их применение;

основ получения, обработки и интерпретации данных лидарного зондирования;

*умения:*

моделировать распределения характеристик стандартной атмосферы;

*навыки:*

решения лидарного уравнения;

владение методами математического анализа основных уравнений энергии в приемниках лидарных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЛИДАРНЫЕ СИСТЕМЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий
- ПСК-1/24.5 — Способен моделировать физические процессы в элементах конструкции лазерных систем и оборудования аддитивного производства
- ПСК-1.3 — Способен к проектированию и конструированию систем, приборов и узлов, а также к разработке технических заданий и документации на их проектирование и изготовление, предназначенных для лазерной техники и технологий, лазерных оптико-электронных приборов и систем

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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	Практические занятия		ПСК-1.3	ПСК-1/24.4
5	10	Раздел 1. Физические основы лидарного зондирования газовых сред. 1.1. Механизмы рассеяния и затухания лазерного зондирующего излучения в атмосфере. 1.2. Атмосфера и ее характеристики. 1.3. Основное уравнение оптической локации. 1.4. Оптические свойства атмосферы. 1.5. Рассеяние излучения на аэрозольных частицах.	29	13	8	5	16	0	25
5	10	Раздел 2. Регистрация электромагнитного излучения. 2.1 Приёмники оптического излучения и их характеристики. 2.2 Шумы фотоприемных устройств. 2.3 Методы приема слабых оптических сигналов.	17	8	6	2	9	30	25
5	10	Раздел 3. Простейшие лидарные системы. 3.1 Одноволновый аэрозольный лидар. 3.2 Лидар дифференциального поглощения. 3.3 Импульсный гетеродинный лидар. 3.4 Методы оценки проектные параметров лидаров.	34	14	6	8	20	40	25
5	10	Раздел 4. Современные применения дистанционного лазерного зондирования. 4.1 Лазерный мониторинг ветрового поля. 4.2 Лидарные измерения турбулентности атмосферы. 4.3 Лазерная дальнометрия. 4.4 Лазерная доплеровская анемометрия. 4.5 Лазерная диодная спектроскопия.	64	16	14	2	48	30	25
Всего за 10 семестр			144	51	34	17	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Физические основы лидарного зондирования газовых сред.	Моделирование вертикального распределения параметров стандартной атмосферы	1
2		Моделирования поглощающей и рассеивающей атмосферной трассы	2
3		Практическая работа №1. Моделирование лидарного сигнала для различных атмосферных условий	2
4	Раздел 2. Регистрация электромагнитного излучения.	Практическая работа №2. Расчет геометрического фактора различных типов лидарного тракта	2
5	Раздел 3. Простейшие лидарные системы.	Практическая работа №3. Расчет соотношения сигнал/шум для лидарных сигналов	2
6		Практическая работа №4. Обработка данных лидарного зондирования	2
7		Восстановление оптических характеристик атмосферы по данным лидарного зондирования	2
8		Восстановление концентрации газовых примесей по данным лидарного зондирования	2
9	Раздел 4. Современные применения дистанционного лазерного зондирования.	Практическая работа №5. Расчет параметров лазерного дальномера	2
Всего за 10 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Физические основы лидарного зондирования	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических	11

	газовых сред.	занятий и рекомендуемой литературе	
2		Подготовка к выполнению и защите практической работы «Моделирование лидарного сигнала для различных атмосферных условий»	5
3	Раздел 2. Регистрация электромагнитного излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	4
4		Подготовка к выполнению и защите практической работы «Расчет геометрического фактора различных типов лидарного тракта»	5
5	Раздел 3. Простейшие лидарные системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	10
6		Подготовка к выполнению и защите практической работы «Расчет соотношения сигнал/шум для лидарных сигналов»	5
7		Подготовка к выполнению и защите практической работы «Обработка данных лидарного зондирования»	5
8	Раздел 4. Современные применения дистанционного лазерного зондирования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	7
9		Подготовка к выполнению и защите практической работы «Расчет параметров лазерного дальномера»	5
10		Подготовка к экзамену	36
Всего за 10 семестр			93

#### 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>10</b>			ИПЗ			ДР	ИПЗ			ДР			ИПЗ			ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание.

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 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, 16 экз.
2. М. А. Коняев. . Лазерное зондирование атмосферы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 43 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Лазерный контроль атмосферы. М.: Мир, 1979, 1 экз.
2. В. В. Лебедева. . Техника оптической спектроскопии. М.: Изд-во МГУ, 1986, 1 экз.

### 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://spectra.iao.ru/1280x625/ru/mixt/> — Spectroscopy of Atmospheric Gases;
4. <https://www.cfa.harvard.edu/hitran/> — HITRAN;
5. <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:

1. Mathcad Education - University Edition Term;
2. MATLAB R 2015a.

### 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. Mathcad Education - University Edition Term;
2. MATLAB R 2015a.

### **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 **ЛИДАРНЫЕ СИСТЕМЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. 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-1.3 способность к проектированию и конструированию систем, приборов и узлов, а также к разработке технических заданий и документации на их проектирование и изготовление, предназначенных для лазерной техники и технологий, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПСК-1/24.4 способность определять требования к лазерным системам и системам технического зрения, а также к их элементам, обосновывать выбор элементной базы и разрабатывать элементы конструкций.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретической базой дистанционного лидарного зондирования атмосферы. Рассматриваются проблемы интерпретации результатов лидарного зондирования различных типов лидаров. Приводятся схемы и принципы работы аэрозольных лидаров, лидаров для исследования химического состава, доплеровских лидаров и других. Излагаются основные методики проектных оценок, необходимые на начальных этапах проектирования лазерных систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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. Физические основы лидарного зондирования газовых сред.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: СПб.: Лань, 2016 (10, 13) . Лазерный контроль атмосферы: М.: Мир, 1979 (2-4)	11
Подготовка к выполнению и защите практической работы «Моделирование лидарного сигнала для различных атмосферных условий»	М. А. Коняев. . Лазерное зондирование атмосферы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-3)	5
Итого по разделу 1		16
<b>Раздел 2. Регистрация электромагнитного излучения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	М. А. Коняев. . Лазерное зондирование атмосферы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2, 3)	4
Подготовка к выполнению и защите практической работы «Расчет геометрического фактора различных типов лидарного тракта»	А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: СПб.: Лань, 2016 (10, 13)	5
Итого по разделу 2		9
<b>Раздел 3. Простейшие лидарные системы.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	. Лазерный контроль атмосферы: М.: Мир, 1979 (4) М. А. Коняев. . Лазерное зондирование атмосферы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2-4)	10
Подготовка к выполнению и защите практической работы «Расчет соотношения сигнал/шум для лидарных сигналов»	А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: СПб.: Лань, 2016 (10-13, 21)	5
Подготовка к выполнению и защите практической работы «Обработка данных лидарного зондирования»		5
Итого по разделу 3		20
<b>Раздел 4. Современные применения дистанционного лазерного зондирования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных, практических занятий и рекомендуемой литературе	В. В. Лебедева. . Техника оптической спектроскопии: М.: Изд-во МГУ, 1986 (все)	7
Подготовка к выполнению и защите практической работы «Расчет параметров лазерного дальномера»	М. А. Коняев. . Лазерное зондирование атмосферы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1-3, 5-7)	5
Подготовка к экзамену	А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и	36

	приложения: СПб.: Лань, 2016 (1, 3,10-13, 21) . Лазерный контроль атмосферы: М.: Мир, 1979 (4)	
Итого по разделу 4		48

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- экзамен.

### 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.

#### Индивидуальное практическое задание

Допуск к ПР:

- допуск к выполнению первой ПР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению второй, третьей и четвертой ПР необходима защита ПР №1.

Требования к выполнению ЛП:

По всем ПР необходимо выполнить поставленную задачу согласно заданию к ПР, а также внимательно прочитать сопутствующую информацию о программном обеспечении, в котором осуществляется работа.

Защита ПР:

Защита ПР предусматривает обсуждение порядка решения, предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих теоретических знаний. Студенту необходимо ответить на 3-5 теоретических вопросов. При неуверенных или неточных ответах количество вопросов может быть увеличено.

Отчет по ПР:

К каждой практической работе необходимо подготовить отчет в электронном виде. После выполнения отчета его необходимо предоставить на проверку преподавателю (либо лично, либо посредством электронной почты). При выполнении отчета руководствоваться ГОСТ 7.32-2001. Состав отчета описывается в постановке задачи каждой ПР.

#### Экзамен

Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен включает в себя ответы на теоретические вопросы.

Оценка «отлично» выставляется при развернутых и точных ответах на 2 теоретических вопроса.

Оценка «хорошо» выставляется при точном и полном ответе на 1-ый теоретический вопрос, и неточном ответе на 2-ой теоретический вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется либо при правильном ответе на один теоретический вопрос.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при неправильных ответах на теоретические вопросы.

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	Практические занятия		ПСК-1.3	ПСК-1/24.4	
5	10	Раздел 1. Физические основы лидарного зондирования газовых сред.	29	13	8	5	16	0	25	Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 2. Регистрация электромагнитного излучения.	17	8	6	2	9	30	25	Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 3. Простейшие лидарные системы.	34	14	6	8	20	40	25	Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 4. Современные применения дистанционного лазерного зондирования.	64	16	14	2	48	30	25	Индивидуальное практическое задание
Всего за 10 семестр			144	51	34	17	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1.3

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Вычислить соотношение сигнал/шум, если  $\text{пер}=3 \cdot 10^{(-15)} \text{ Вт} \cdot \text{Гц}^{(-1/2)}$ , полоса пропускания 20 МГц, мощность принятого излучения 2 нВт
- № 2 Вычислить соотношение сигнал/шум, если  $\text{пер}=1.5 \cdot 10^{(-15)} \text{ Вт} \cdot \text{Гц}^{(-1/2)}$ , полоса пропускания 15 МГц, мощность принятого излучения 1 нВт
- № 3 Вычислить соотношение сигнал/шум лидарной системы прямого детектирования, если  $\text{пер приемника}=3 \cdot 10^{(-15)} \text{ Вт} \cdot \text{Гц}^{(-1/2)}$ , полоса пропускания 20 МГц, энергия импульса 10 мДж, дистанция зондирования 1 км, коэффициент обратного рассеяния  $10^{-7} \text{ 1/(м} \cdot \text{ср)}$ , коэффициент экстинкции 0.05 1/км, апертура приемного телескопа 100 мм.
- № 4 Вычислить соотношение сигнал/шум лидарной системы прямого детектирования, если  $\text{пер приемника}=1.5 \cdot 10^{(-15)} \text{ Вт} \cdot \text{Гц}^{(-1/2)}$ , полоса пропускания 20 МГц, энергия импульса 10 мДж, дистанция зондирования 1 км, коэффициент обратного рассеяния  $10^{-7} \text{ 1/(м} \cdot \text{ср)}$ , коэффициент экстинкции 0.05 1/км, апертура приемного телескопа 100 мм.
- № 5 Вычислить, какова должна быть минимальная частота дискретизации сигнала в приемной системе доплеровского лидара, если длина волны 1.5 мкм, скорость ветра 10 м/с, угол между направлением вектора скорости ветра и направлением зондирования  $35^\circ$ .
- № 6 Вычислить, какова должна быть минимальная частота дискретизации сигнала в приемной системе доплеровского лидара, если длина волны 1.5 мкм, скорость ветра 20 м/с, угол между направлением вектора скорости ветра и направлением зондирования  $0^\circ$ .
- № 7 Вычислить, какова должна быть минимальная частота дискретизации сигнала в приемной системе доплеровского лидара, если длина волны 532 нм, скорость ветра 20 м/с, угол между направлением вектора скорости ветра и направлением зондирования  $10^\circ$ .
- № 8 Вычислить, на сколько процентов ослабится зондирующий импульс, если дистанция зондирования 2000 м, а коэффициент ослабления  $0.1 \text{ км}^{(-1)}$
- № 9 Вычислить, на сколько процентов ослабится зондирующий импульс, если дистанция зондирования 5 км, а коэффициент ослабления  $0.05 \text{ км}^{(-1)}$
- № 10 Вычислить, на сколько процентов ослабится зондирующий импульс, если дистанция зондирования 15 км, а коэффициент ослабления  $0.065 \text{ км}^{(-1)}$

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 В чем заключается принцип работы лидара дифференциального поглощения?

#### Варианты ответа:

1. Правильном подборе лидарного отношения
2. Измерении поглощения в атмосфере на двух длинах волн, одна из которых поглощается сильнее определенным газом
3. Измерении величины рассеяния излучения в широком спектральном излучении для выбранного газа
4. Использовании локального гетеродина на смещенной частоте

- № 2 Телескоп в приемном канале лидарной системы предназначен для:

#### Варианты ответа:

1. Для сбора обратного рассеянного излучения
2. Для детектирования излучения
3. Для частотного преобразования излучения
4. Для сканирования

- № 3 Аэрозольный лидар предназначен для:

#### Варианты ответа:

1. Детектирования окислов азота

2. Детектирования паров воды
3. Измерения скорости ветра
4. Исследования аэрозольного состава атмосферы

№ 4 Допплеровский лидар предназначен для:

**Варианты ответа:**

1. Измерения температуры воздуха
2. Измерения скорости и направления ветра
3. Измерения концентрации монооксида углерода
4. Формирования лазерной звезды

№ 5 Какое распределение излучения по апертуре имеет лазер используемый в доплеровском лидаре?

**Варианты ответа:**

1. Равномерное
2. Кольцевое
3. Гауссово
4. Лоренцево

№ 6 Чем ограничивается ширина линии излучения одномодового одночастотного лазера в импульсном режиме?

**Варианты ответа:**

1. Длительностью импульса излучения
2. Габаритами выходной апертуры
3. Частотой следования импульсов
4. Типом активной среды лазера

№ 7 Размерность дифференциального коэффициента рассеяния:

**Варианты ответа:**

1. Вт/м<sup>2</sup>
2. 1/м
3. 1/(м\*ср)

№ 8 Размерность коэффициента экстинкции (ослабления):

**Варианты ответа:**

1. Вт/м<sup>2</sup>
2. 1/м
3. 1/(м\*ср)

№ 9 Вычислить, на сколько процентов ослабится зондирующий импульс, если дистанция зондирования 15 км, а коэффициент ослабления 0.065 км<sup>-1</sup>

**Варианты ответа:**

1. 22.1%
2. 18.1%
3. 62.3%
4. 11.7%

№ 10 Вычислить соотношение сигнал/шум, если  $p_{\text{пер}} = 2.5 \cdot 10^{-15}$  Вт\*Гц<sup>-1/2</sup>, полоса пропускания 100 МГц, мощность принятого излучения 2 нВт

**Варианты ответа:**

1. 80



2. 90
3. 100
4. 110

#### **ПСК-1/24.4**

##### **Вопросы открытого типа:**

- № 1 Коэффициент экстинкции – это:
- № 2 Чем определяется погрешность однократного измерения дистанции импульсным дальномером?
- № 3 Дифференциальный коэффициент обратного рассеяния – это
- № 4 Что можно определить с помощью лидарного уравнения?
- № 5 В чём заключается отличие моностатической и бистатической лидарных систем
- № 6 Какое влияние оказывает фоновое излучение на сигнал, попадающий на приёмник?
- № 7 Чему будет равна мощность сигнала, принимаемого лидаром, если коэффициент рассеяния равен нулю?
- № 8 Чем определяется минимальная регистрируемая энергия принимаемого излучения при использовании метода счета фотонов?
- № 9 Какой метод зондирования необходимо использовать для регистрации наименьшей энергии излучения (при прочих равных условиях)?
- № 10 Эффект Доплера – это

##### **Вопросы закрытого типа:**

- № 1 в чем состоит отличие функциональности гетеродинного метода приема от гомодинного.

##### **Варианты ответа:**

1. В наличии второго локального осциллятора
  2. В возможности измерения знака разностной частоты
  3. В возможности не использовать излучение локального осциллятора
  4. В отсутствии дробовых шумов
- № 2 Какие параметры атмосферы измеряет лидар дифференциального поглощения, использующий непрерывное зондирующее излучение?

##### **Варианты ответа:**

1. Среднюю концентрацию вещества по трассе зондирования
  2. Скорость ветра в тропосфере
  3. Плотность аэрозольных частиц
  4. Температуру исследуемого газа
- № 3 Что измеряет поляризационный лидар?

##### **Варианты ответа:**

1. Степень когерентности обратно рассеянного излучения
  2. Лидарное соотношение
  3. Степень деполяризации излучения, рассеянного атмосферной средой
  4. Величину фонового излучения
- № 4 Величина доплеровского сдвига частоты рассеянного атмосферной средой излучения определяется:

##### **Варианты ответа:**

1. Диаметр выходного пучка лазера
  2. Проекцией скорости рассеивающей среды на направление зондирования и длиной волны зондирующего излучения
  3. Степенью когерентности излучения
  4. Величиной молекулярного рассеяния
- № 5 Лазерный облакомер предназначен для:

**Варианты ответа:**

1. Определения скорости образования облаков
2. Определения высоты нижней границы облачности
3. Измерения скорости выпадения осадков из облака
4. Исследования химического состава облака

№ 6 Чем отличается рамановское (неупругое) рассеяние от упругого рассеяния?

**Варианты ответа:**

1. Изменением поляризации при рассеянии
2. Более сильным поглощением зондирующего излучения
3. Независимостью коэффициента рассеяния от длины волны
4. Изменением длины волны при рассеянии

№ 7 Геометрический фактор в лидарном уравнении определяется

**Варианты ответа:**

1. Эффективностью рассеяния
2. Перекрытием полей зрения приемного и передающего каналов лидара
3. Поглощением на оптических элементах системы
4. Мощностью фонового излучения

№ 8 Сформулируйте определение понятия «лидарное отношение»

**Варианты ответа:**

1. Отношение длин волн зондирующего и рассеянного излучения
2. Отношение диаметров приемного и передающего телескопа
3. Отношение энергий зондирующего излучения и рассеянного излучения
4. Отношение коэффициентов ослабления и рассеяния

№ 9 Рамановский метод лидарного зондирования использует физический эффект:

**Варианты ответа:**

1. Молекулярного рассеяния
2. Аэрозольного рассеяния
3. Доплеровского сдвига частоты при рассеянии зондирующего излучения на движущейся атмосферной среде
4. Рассеяния зондирующего излучения на турбулентностях неоднородностях атмосферы

№ 10 NEP это величина описывающая:

**Варианты ответа:**

1. Спектральную чувствительность приемника
2. Шумовые характеристики приемника
3. Быстродействие приемника
4. Размеры приемной площадки