

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВОЛОКОННЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ

Направление/специальность подготовки	12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Специализация/профиль/программа подготовки	Лазерная техника и лазерные технологии
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)

**12.03.05 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 ВОЛОКОННЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ**

## **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-1.1 — способность к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем
ПСК-1.3 — способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-1.1**

*знания:*

на уровне представлений:

- об основных элементах твердотельных и волоконных лазеров и их роли в генерации излучения
- об основных характеристиках лазерного излучения, получаемого различными типами лазеров
- о наиболее распространенных типах твердотельных и волоконных лазеров;

на уровне воспроизведения:

- методики расчета основных характеристик лазерного излучения
- расчет параметров лазерного излучения в различных системах единиц
- оценка основных параметров твердотельных и волоконных лазеров;

на уровне понимания:

- принципов генерации излучения в лазерах различных конструкций
- принципов выбора лазеров для решения конкретных задач
- вопросы лазерной безопасности;

*умения:*

выполнять расчеты распространения излучения в оптоволокне;

выполнять расчеты параметров лазерного излучения;

выполнять расчет лазерной безопасности;

*навыки:*

расчетов параметров лазерного импульса;

использования типового оборудования и программных продуктов для измерения параметров

лазерного излучения;;

настройки резонаторов твердотельных лазеров.

## **ПСК-1.3**

*знания:*

об основных элементах твердотельных и волоконных лазеров и их роли в генерации излучения;

основных параметров твердотельных и волоконных лазеров;

принципов генерации излучения в лазерах различных конструкций;

принципов выбора лазеров для решения конкретных задач;

*умения:*

выполнять расчеты параметров лазерного излучения;

выполнять расчеты распространения излучения в оптоволокне;

выполнять расчет лазерной безопасности;

*навыки:*

расчетов параметров лазерного импульса;

использования типового оборудования и программных продуктов для измерения параметров

лазерного излучения;

настройки резонаторов твердотельных лазеров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ВОЛОКОННЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ОСНОВЫ ОПТИКИ, ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОЩНЫЕ ЛАЗЕРЫ, ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**.

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 проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений
- ПСК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем
- ПСК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схематехническом и элементном уровнях
- ПСК-1.5 — Способен проводить численные оценки параметров лазерного излучения и процессов взаимодействия лазерного излучения со средами

### 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-1.1	ПСК-1.3
4	7	<b>Раздел 1. Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения.</b> 1.1. Стимулированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. 1.2. Основные принципы генерации. Трехуровневая и четырехуровневая схемы. 1.3. История создания лазеров. Первые твердотельные и волоконные лазеры. 1.4. Основные характеристики лазерного излучения. Пространственная и временная когерентность.	20	9	2	3	4	11	15	10
4	7	<b>Раздел 2. Основные элементы конструкции ТТ и волоконных лазеров.</b> 2.1. Основные элементы твердотельных и волоконных лазеров. 2.2. Активные среды ТТ и волоконных лазеров. 2.3. Осуществление накачки активной среды. 2.4. Резонаторы ТТ и волоконных лазеров.	6	2	2	0	0	4	15	20
4	7	<b>Раздел 3. Активные среды ТТ и волоконных лазеров. Накачка лазеров.</b> 3.1. Классификация активных сред. 3.2. Длина волны накачки, длина волны генерации и КПД лазера. 3.3. Тепловые эффекты в активных средах. 3.4. Кристаллические, стеклянные и керамические активные среды.	18	8	4	0	4	10	20	25
4	7	<b>Раздел 4. Резонаторы лазеров. Лазерные усилители.</b> 4.1. Классификация резонаторов лазеров. 4.2. Расчет лазерных резонаторов. 4.3. Оптические элементы и оптические покрытия лазерных резонаторов.	31	15	4	7	4	16	25	25
4	7	<b>Раздел 5. Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного излучения.</b> 5.1. Непрерывный, квазинепрерывный и импульсный режимы работы лазеров. 5.2. Лазеры ультракоротких импульсов. 5.3. Принципы измерений пространственно-временных характеристик лазерного излучения. 5.4. Использование импульсных лазеров.	33	17	5	7	5	16	25	20
Всего за 7 семестр			108	51	17	17	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	17	17	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения.	Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения	4
2	Раздел 3. Активные среды ТТ и волоконных лазеров. Накачка лазеров.	Активные среды ТТ и волоконных лазеров. Накачка лазеров	4
3	Раздел 4. Резонаторы лазеров. Лазерные усилители.	Резонаторы лазеров. Лазерные усилители	4
4	Раздел 5. Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного излучения.	Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного излучения	5
<b>Всего за 7 семестр</b>			17

#### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения.	Измерение длины когерентности лазерного излучения	3
2	Раздел 4. Резонаторы лазеров. Лазерные усилители.	Настройка резонатора лазера на кристалле иттрий алюминиевого граната с неодимом	7
3	Раздел 5. Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного	Измерения пространственно-временных характеристик лазерного излучения	7

излучения.	
<b>Всего за 7 семестр</b>	
	17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
2		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
3		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение длины когерентности лазерного излучения»	4
4	Раздел 2. Основные элементы конструкции ТТ и волоконных лазеров.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	4
5	Раздел 3. Активные среды ТТ и волоконных лазеров. Накачка лазеров.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
6		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
7	Раздел 4. Резонаторы лазеров. Лазерные усилители.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
8		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Настройка резонатора лазера на кристалле иттрий алюминиевого граната с неодимом»	6
9		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
10	Раздел 5. Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	4
11		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерения параметров лазерного излучения»	6
12		Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	4
13		Подготовка к выполнению контрольной работы	2
Всего за 7 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
7	КПос	ДЗ	ЛР, Отч. по ЛР		ДР	ДЗ	ДР	ДЗ	ЛР, Отч. по ЛР	Контр.Р.	ДЗ	ЛР, Отч. по ЛР	ДР	диф. зач.			

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КПос – контроль посещаемости;
- ДЗ – домашнее задание;
- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости;
- домашнее задание;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, эл. рес.
2. А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 62 экз.
3. А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие. СПб.: Лань, 2016, 50 экз.
4. В. Е. Привалов. Оптические квантовые генераторы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997, 99 экз.
5. О. Звелто. . Принципы лазеров. СПб.: Лань, 2008, 29 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/> — Главная – 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. Проектор;
2. Компьютерный комплект.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Комплект оптики;
2. Лазер твердотельный, Nd:YAG.

### **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 **ВОЛОКОННЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 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-1.1 способность к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПСК-1.3 способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами лазерной техники и параметрами лазерного излучения на примере твердотельных и волоконных лазеров.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости;
- домашнее задание;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- контрольная работа.

**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. Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2016 (1,3)	3
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	В. Е. Привалов. Оптические квантовые генераторы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (1,3) О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (1)	4
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение длины когерентности лазерного излучения»	А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (1,5)	4
Итого по разделу 1		11
<b>Раздел 2. Основные элементы конструкции ТТ и волоконных лазеров.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (9) В. Е. Привалов. Оптические квантовые генераторы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (2) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (2)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. Активные среды ТТ и волоконных лазеров. Накачка лазеров.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. Е. Привалов. Оптические квантовые генераторы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (1,3,9) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1	6
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (4,6)	4
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Резонаторы лазеров. Лазерные усилители.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (5) А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2016 (3-6)	6
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Настройка	В. Е. Привалов. Оптические квантовые	6

резонатора лазера на кристалле иттрий алюминиевого граната с неодимом»	генераторы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (4-6)	
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (7-11, 14)	4
Итого по разделу 4		16
<b>Раздел 5. Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного излучения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (7,8)	4
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерения параметров лазерного излучения»	А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2016 (4)	6
Выполнение индивидуального домашнего задания и подготовка к защите работы	А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (11)	4
Подготовка к выполнению контрольной работы		2
Итого по разделу 5		16

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- контроль посещаемости;
- контрольная работа;
- 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.

#### Домашнее задание

Решения домашних заданий представляются в печатной или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание содержит набор исходных данных в соответствии с темой индивидуального задания.

Критерии оценивания:

Домашнее задание считается выполненным успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов (задач), предусмотренных заданием;
- правильное оформление всех результатов в соответствии с требованиями государственных стандартов.

#### Лабораторная работа

Допуск к ЛР

- допуск к выполнению первой ЛР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению последующих ЛР необходима защита первой ЛР.

Лабораторные работы:

Лабораторная работа № 1. Измерение длины когерентности лазерного излучения;

Лабораторная работа № 2. Настройка резонатора лазера на кристалле иттрий-алюминиевого граната с неодимом;

Лабораторная работа № 3. Измерение параметров лазерного излучения.

#### Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе, или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям (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 отчета по лабораторной работе считается успешной.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

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

#### Контроль посещаемости

Определяется процент посещения занятий для каждого студента путем деления количества посещенных занятий на количество аудиторных занятий по дисциплине.

Полученный процент посещения занятий умножается на 10 баллов – это результат студента за посещаемость

Если студент пропустил занятие(ия) по уважительной причине, то это количество пропущенных занятий вычитается из числителя и знаменателя для определения процента посещения занятий. Перечень уважительных причин приведен в положении о промежуточной аттестации и текущем контроле успеваемости

### **Контрольная работа**

Контрольная работа выполняется в виде письменного решения задачи определения требуемых параметров твердотельных и волоконных лазеров и лазерного излучения. Успешным считается выполнение работы, если студент в основном правильно определил ход решения задачи, выбрал нужные соотношения и получил ответ.

### **Дифференцированный зачет**

Структура дифференцированного зачета: 20 тестовых вопросов. Порядок проведения дифференцированного зачета: в автоматическом режиме за счет применения ПО «Ментор», 15 минут. К зачету допускаются студенты, успешно выполнившие все контрольные мероприятия, предусмотренные рабочей программой:

- выполнение и защита всех лабораторных работ;
- выполнение и защита всех домашних работ;
- набор минимального количества баллов при использовании технологии «Ментор»;
- написание контрольной работы на оценку не ниже «удовлетворительно»

Правила формирования оценки: не менее 19 правильных ответов – «отлично»; 16-18 правильных ответов – «хорошо», 14-16 правильных ответов – «удовлетворительно»; менее 14 правильных ответов – «неудовлетворительно».

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-1.1	ПСК-1.3	
4	7	Раздел 1. Принципы генерации и основные характеристики лазерного излучения.	20	9	2	3	4	11	15	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Домашнее задание
4	7	Раздел 2. Основные элементы конструкции ТТ и волоконных лазеров.	6	2	2	0	0	4	15	20	Контроль посещаемости
4	7	Раздел 3. Активные среды ТТ и волоконных лазеров. Накачка лазеров.	18	8	4	0	4	10	20	25	Домашнее задание
4	7	Раздел 4. Резонаторы лазеров. Лазерные усилители.	31	15	4	7	4	16	25	25	Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Домашнее задание
4	7	Раздел 5. Импульсные лазеры. Измерение параметров импульсного лазерного излучения.	33	17	5	7	5	16	25	20	Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Контрольная работа, Домашнее задание
Всего за 7 семестр			108	51	17	17	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	17	17	57	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1.1

#### *Вопросы открытого типа:*

- № 1 В чем заключаются главные причины снижения оптического качества излучения непрерывных и импульсно-периодических твердотельных лазеров с активными элементами в форме цилиндрических стержней?
- № 2 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют снижение оптического качества и почему?
- № 3 Какой из материалов активного элемента неодимового лазера: Nd:YAG, Nd:glass предпочтительнее с точки зрения повышения оптического качества излучения и почему?
- № 4 Какая твердотельная лазерная среда позволяет получить самые короткие лазерные импульсы?
- № 5 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют поле механических напряжений?
- № 6 Что такое активная среда лазера?
- № 7 Почему пиковая мощность излучения твердотельных лазеров выше, чем у волоконных?
- № 8 Почему дисковые лазеры часто используются для обработки материалов?
- № 9 В медицине для удаления татуировок часто используются александритовые лазеры. Почему?
- № 10 Почему в волоконно-оптических гироскопах используется излучение 1.5 мкм?

#### *Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Какое явление обеспечивает лазерную генерацию?

#### *Варианты ответа:*

1. Явление стимулированного излучения
2. Явление нелинейного поглощения света
3. Явление спонтанного излучения света
4. Явление поглощения света

- № 2 От чего зависит в первую очередь длина волны излучения лазера?

#### *Варианты ответа:*

1. От длины активной среды
2. От ширины энергетического перехода в лазерном кристалле
3. От толщины лазерного кристалла
4. От количества продольных мод резонатора

- № 3 Какой из перечисленных лазеров обладает наибольшей энергоэффективностью?

#### *Варианты ответа:*

1. Эрбиевый 1.5 микрон
2. Неодимовый 1.06 микрон
3. Титан-сапфировый 0.8 микрон
4. Иттербиевый 1.03 микрон

- № 4 На каких длинах волн возможна генерация лазерного излучения в твердотельном лазере?

#### *Варианты ответа:*

1. На тех, которые лежат внутри полосы усиления
2. На тех, которые лежат внутри полосы поглощения активной среды
3. На любых, которые соответствуют условию стоячей волны в резонаторе
4. На тех, которые лежат внутри полосы усиления и поддерживаются модами резонатора

№ 5 Зачем в оптоволокне всегда делают сердцевину?

**Варианты ответа:**

1. Сердцевина нужна для повышения прочности волокна. Она делается из особо прочного материала
2. Сердцевина оптоволокна прозрачна, а оболочка сделана из непрозрачного стекла. Свет идет по сердцевине
3. За счет разницы коэффициентов преломления свет удерживается в сердцевине волокна. А на поверхности много грязи, свет бы затух.
4. Сердцевина нужна, чтобы по ней шел свет. Оболочка делается из полимера, в нем большое затухание.

№ 6 В каком диапазоне поглощение кварцевого стекла минимально?

**Варианты ответа:**

1. 400 - 500 нм
2. 800-900 нм
3. 1250-1350 нм
4. 1400-1500 нм

№ 7 Почему в активных волокнах используются 2 оболочки?

**Варианты ответа:**

1. Для прочности
2. Для обеспечения гибкости, ведь волокно необходимо свернуть в катушку с малым радиусом
3. По внутренней оболочке идет свет накачки
4. По внешней оболочке идет свет накачки

№ 8 Что характеризует параметр M2?

**Варианты ответа:**

1. Расходимость лазерного пучка
2. Степень отклонения качества пучка от гауссового пучка
3. Площадь сечения лазерного пучка
4. Квадрат мощности лазерного пучка

№ 9 Излучение лазера с одной продольной модой

**Варианты ответа:**

1. Мало расходится
2. Имеет узкий спектр
3. Имеет параметр M2 равным единице
4. Имеет всегда гауссов профиль в поперечном сечении

№ 10 Какой индекс имеет поперечная мода лазера, которая обладает наименьшей расходимостью?

**Варианты ответа:**

1. TEM 00
2. TEM 01
3. TEM 10
4. TEM 11

**ПСК-1.3**

*Вопросы открытого типа:*

№ 1 Можно ли наблюдать эффект стимулированного излучения без лазерного резонатора?

- № 2 Вычислить, сколько процентов энергии излучения будет теряться в волокне, если затухание составляет 1 дБ/км, а длина волокна 500 м.
- № 3 Вычислить, сколько процентов энергии излучения будет теряться в волокне, если затухание составляет 0.2 дБ/км, а длина волокна 25 км.
- № 4 Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне (по уровню 50% энергии) лазерного технологического комплекса на базе непрерывного неодимового лазера при следующих исходных данных:
- мощность лазерного излучения составляет 250 Вт;
  - форма излучающей апертуры – кольцевая;
  - коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 2.5;
  - параметр оптического качества  $M2=3$ ;
  - диаметр апертуры луча на выходе из объектива 15 мм;
  - фокусное расстояние 0,5 м
- № 5 Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне (по уровню 50% энергии) лазерного технологического комплекса на базе непрерывного неодимового лазера при следующих исходных данных:
- мощность лазерного излучения составляет 150 Вт;
  - форма излучающей апертуры – кольцевая;
  - коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 2;
  - параметр оптического качества  $M2=2$ ;
  - диаметр апертуры луча на выходе из объектива 10 мм;
  - фокусное расстояние 0,5 м
- № 6 Почему качество пучка мощных волоконных лазеров хуже, чем у маломощных?
- № 7 Что необходимо для получения лазерного излучения с узкой спектральной шириной?
- № 8 Возможна ли генерация импульсов короче 1 фемтосекунды в ИК диапазоне?
- № 9 Почему для эффективной лазерной генерации используется 4-уровневая схема?
- № 10 Может ли пиковая оптическая мощность твердотельного лазера превышать мощность потребления энергии из электрической розетки?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 За счет чего обеспечивается малый квантовый дефект иттербиевых лазеров?

**Варианты ответа:**

1. За счет высокого качества изготовления стекла
2. За счет эффективного теплоотвода в иттербиевых стеклах
3. За счет квази-четырёхуровневой схемы генерации
4. За счет четырёхуровневой схемы генерации

- № 2 Что такое "числовая апертура оптоволокна"?

**Варианты ответа:**

1. Синус максимального входного угла
2. Диаметр сердцевины оптоволокна
3. Диаметр оболочки оптоволокна
4. Отношение диаметра сердцевины к диаметру оболочки оптоволокна

- № 3 В чем измеряется энергия импульсов лазера?

**Варианты ответа:**

1. В ваттах
2. В ваттах на единицу площади
3. В джоулях
4. В джоулях в секунду

№ 4 Чем задается поляризация лазерного излучения?

**Варианты ответа:**

1. Поляризацией накачки
2. Наличием в резонаторе элементов, задающих поляризацию
3. Направлением накачки относительно вертикали
4. Направлением магнитного поля Земли

№ 5 Как достигается импульсный режим работы наносекундных неодимовых лазеров?

**Варианты ответа:**

1. С помощью техники модуляции добротности (Q-switch)
2. С помощью техники синхронизации мод (mode-lock)
3. Импульсной накачкой
4. Механическим затвором

№ 6 Почему рекордно короткие импульсы получаются на титан-сапфировых лазерах?

**Варианты ответа:**

1. Они имеют самую малую длину резонатора
2. У них самая широкая полоса усиления
3. Они обеспечивают генерацию с наименьшей длиной волны
4. Титан-сапфировые кристаллы можно изготовить самых маленьких размеров

№ 7 Плотность энергии фемтосекундного лазерного импульса превышает порог разрушения активного элемента. Как же обычно удается получить такие импульсы?

**Варианты ответа:**

1. За счет сложения пучков нескольких фемтосекундных лазеров
2. За счет нелинейного преобразования энергии
3. За счет использования принципа усиления чирпированных импульсов
4. За счет криогенного охлаждения среды

№ 8 Какая спектральная область недостижима для кварцевого оптоволокна?

**Варианты ответа:**

1. 400-500 нм
2. 1000-1100 нм
3. 1900-2000 нм
4. 10 - 11 мкм

№ 9 Может ли яркость лазера мощностью 5 мВт превысить яркость Солнца?

**Варианты ответа:**

1. Может, но на очень большом расстоянии от Солнца
2. Может, особенно в ночное время
3. Может, если качество пучка лазера достаточно высокое
4. Не может, мощности лазера и Солнца очень отличаются

№ 10 В чем преимущество импульсных лазеров при резке материалов?

**Варианты ответа:**

1. У них выше мощность
2. Они более энергоэффективны
3. Они дешевле
4. Они дают лучшее качество разреза