

**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 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ

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	
6	11	5	180	51	34	17	0	129	0	0	129	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**

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ**

### **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-1/24.5 — способность моделировать физические процессы в элементах конструкции лазерных систем и оборудования аддитивного производства

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**ПСК-1/24.5**

*знания:*

наиболее употребительных математических методов и приемов применительно к лазерным системам и процессам;

основ вычислительного моделирования лазерных физических процессов;

математических моделей лазерных активных сред;

моделей лазерной генерации;

основ адаптивной оптики;

*умения:*

разрабатывать и использовать математические модели;

использовать основные математические методы для решения задач моделирования;

*навыки:*

математического моделирования применительно к лазерным системам и процессам.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ** 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, ПРАКТИКУМ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРАКТИКА, 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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 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		ПСК-1/24.5
6	11	<b>Раздел 1. Математические основы моделирования лазерных систем.</b> 1.1. Разложения в ряды Тейлора для функций одной и многих переменных 1.2. Обыкновенные дифференциальные уравнения: уравнения с разделяющимися переменными, описание линейных релаксационных процессов, описание колебательных процессов. 1.3. Задачи с начальными условиями и краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Задачи на собственные значения. 1.4. Комплексные функции как средство описания колебательных процессов 1.5. Интерполяция и аппроксимация функций. Полиномы Лагранжа, аппроксимация сплайнами, метод наименьших квадратов. 1.6. Специальные функции. Уравнение Бесселя, функции Бесселя 1.7. Линейные уравнения в частных производных: волновое уравнение, уравнение теплопроводности. Комплексные функции как аппарат для решения линейных уравнений. 1.8. Понятие о корректности задач для уравнений в частных производных. Понятие о решении некорректных задач. 1.9. Обращение матриц. Понятие о разреженных матрицах. Итерационные приближенные методы обращения матриц. Трехдиагональные матрицы и алгоритм Томаса (метод прогонки).	32	8	4	4	24	25
6	11	<b>Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.</b> 2.1. Понятие о дискретизации задач моделирования. Расчетные области и расчетные сетки. 2.2. Метод конечных разностей для обыкновенных дифференциальных уравнений. Понятие о разностных схемах. Порядок аппроксимации. Явные и неявные разностные схемы. 2.3. Метод конечных разностей для уравнений в частных производных. Явные и неявные схемы. Схема Кранка-Николсона для уравнения теплопроводности. 2.4. Метод конечных элементов для уравнения теплопроводности. 2.5. Понятие об аппроксимации, устойчивости и сходимости численных решений. 2.6. Основы численного решения нелинейных стационарных дифференциальных уравнений в частных производных. Метод установления. 2.7. Автомодельные решения уравнения теплопроводности для описания температурных полей в изделиях лазерных аддитивных технологий.	35	10	8	2	25	25
6	11	<b>Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.</b> 3.1. Модель среды кислородно-йодного лазера. Механизм химической накачки, вынужденного излучения и релаксации. 3.2. Модель среды газодинамического CO <sub>2</sub> -лазера. Колебательная неравновесность и формирование инверсии. Механизм накачки, вынужденного излучения и релаксации. 3.3. Модели активных сред твердотельных лазеров 3.4. Модели теплофизики и газодинамики активных сред проточных газовых лазеров 3.5. Модели теплофизики активных сред твердотельных лазеров.	43	13	8	5	30	15
6	11	<b>Раздел 4. Модели лазерной генерации.</b> 4.1. Модель стационарной лазерной генерации в простейшем плоскопараллельном резонаторе с пространственно однородной активной средой (модель Ригрода); 4.2. Формирование усиления в активной среде непрерывного химического кислород-йодного лазера. Коэффициент усиления слабого сигнала и интенсивность насыщения. 4.3. Модели оптических искажений в лазерных активных средах. Турбулентные неоднородности в газовых проточных лазерах. Тепловые линзы в активных элементах твердотельных лазеров. 4.4. Искажения лазерной моды неустойчивого резонатора отрицательной ветви при больших числах Френеля. Влияние разъюстировки на геометрические параметры выходного пучка. 4.5. Искажения лазерной моды неустойчивого резонатора положительной ветви при больших числах Френеля. Влияние разъюстировки на геометрические параметры выходного пучка.	35	10	8	2	25	15
6	11	<b>Раздел 5. Основы адаптивной оптики.</b> 5.1. Методы коррекции искажений лазерных пучков, вызванных прохождением через турбулентную атмосферу. 5.2. Понятие о лазерных опорных звездах, методах их создания и использования для коррекции изображений и турбулентных искажений лазерных пучков. 5.3. Деформируемые зеркала для коррекции искажений лазерных пучков, вызванных прохождением через турбулентную атмосферу: типы, принципы действия.	35	10	6	4	25	20
<b>Всего за 11 семестр</b>			180	51	34	17	129	100
<b>Всего по дисциплине</b>			180	51	34	17	129	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Математические основы моделирования лазерных систем.	Практика использования тейлоровских разложений в задачах математического моделирования. Решение релаксационных уравнений и уравнений для колебательных процессов. Решение задач интерполяции и аппроксимации функций одной переменной	2
2		Решение задач на обращение разреженных матриц. Использование свободно распространяемых программных кодов.	2

		Обращение трехдиагональных матриц. Программирование алгоритма Томаса	
3	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.	Построение трехдиагональной системы уравнений схемы Кранка-Николсона для одномерного нестационарного уравнения теплопроводности. Исследование устойчивости численного решения	2
4	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.	Решение задач кинетики активной среды кислородно-йодного лазера.	5
5	Раздел 4. Модели лазерной генерации.	Исследование модели Ригрода. Вычисление порога генерации	2
6	Раздел 5. Основы адаптивной оптики.	Расчеты прохождения мощных лазерных пучков в турбулентной атмосфере	2
7		Расчеты адаптивных оптических систем для коррекции турбулентных искажений мощных лазерных пучков	2
Всего за 11 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Математические основы моделирования лазерных систем.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	10
2		Выполнение лабораторной работы и подготовка к защите.	14
3	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	12
4		Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.	13
5	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	14
6		Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.	16
7	Раздел 4. Модели лазерной генерации.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	12
8		Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.	13
9	Раздел 5. Основы адаптивной оптики.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	12
10		Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.	13
Всего за 11 семестр			129

## 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>11</b>			Отч. по ЛР		Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР		Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР	Отч. по ЛР					ДР

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;

- Отч. по ЛР – отчет по ЛР.

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

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Численные методы. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
2. А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Формирование излучения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 62 экз.
3. 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.
4. А. А. Самарский, А. В. Гулин. . Численные методы. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989, 9 экз.
5. А. В. Алиев, О. В. Мищенко. . Математическое моделирование в технике. М.: Ин-т компьютер. исслед., 2012, 7 экз.
6. В. И. Рейзлин. . Математическое моделирование. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
7. В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010, эл. рес.
8. С. А. Лосев. . Газодинамические лазеры. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977, 10 экз.
9. Я. С. Бугров, С. М. Никольский. . Высшая математика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Химические лазеры. М.: Мир, 1980, 3 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> — 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:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

### 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. Лабораторные занятия:**

1. Mathcad Education - University Edition Term.

### **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 **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ** 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-1/24.5 способность моделировать физические процессы в элементах конструкции лазерных систем и оборудования аддитивного производства.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим моделированием различных процессов, протекающих в лазерных системах.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**129 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 129 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. Математические основы моделирования лазерных систем.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Я. С. Бугров, С. М. Никольский. . Высшая математика: Москва: Юрайт, 2020 (Все) А. В. Алиев, О. В. Мищенко. . Математическое моделирование в технике: М.: Ин-т компьютер. исслед., 2012 (Все) В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (Все)	10
Выполнение лабораторной работы и подготовка к защите.	В. И. Рейзлин. . Математическое моделирование: Москва: Юрайт, 2020 (Все)	14
Итого по разделу 1		24
<b>Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	. Численные методы: Москва: Юрайт, 2019 (Все) А. А. Самарский, А. В. Гулин. . Численные методы: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989 (Все)	12
Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.		13
Итого по разделу 2		25
<b>Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	. Химические лазеры: М.: Мир, 1980 (Все) С. А. Лосев. . Газодинамические лазеры: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977 (Все)	14
Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.		16
Итого по разделу 3		30
<b>Раздел 4. Модели лазерной генерации.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	В. П. Быков, О. О. Силичев. . Лазерные резонаторы: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 (Все) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (Все)	12
Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.		13
Итого по разделу 4		25
<b>Раздел 5. Основы адаптивной оптики.</b>		

Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (Все)	12
Выполнение индивидуального практического задания и подготовка к защите работы.		13
Итого по разделу 5		25

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по ЛР;
- 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.

#### Отчет по ЛР

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

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

#### Экзамен

К экзамену допускаются студенты, которые успешно сдали все контрольные мероприятия предусмотренные рабочей программой.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответ на два вопроса.

Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основных понятий и законов.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и законов. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

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		ПСК-1/24.5	
6	11	Раздел 1. Математические основы моделирования лазерных систем.	32	8	4	4	24	25	Отчет по ЛР
6	11	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.	35	10	8	2	25	25	Отчет по ЛР
6	11	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.	43	13	8	5	30	15	Отчет по ЛР
6	11	Раздел 4. Модели лазерной генерации.	35	10	8	2	25	15	Отчет по ЛР
6	11	Раздел 5. Основы адаптивной оптики.	35	10	6	4	25	20	Отчет по ЛР
Всего за 11 семестр			180	51	34	17	129	100	
Всего по дисциплине			180	51	34	17	129	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1/24.5

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Вычислить шаг по времени, максимально возможный для обеспечения устойчивости численного решения одномерного (плоского) уравнения теплопроводности явной разностной схемой второго порядка по пространству и первого порядка по времени при следующих исходных данных:
- Коэффициент теплопроводности = 12.2 Вт/(м\*К);
  - Плотность = 2650 кг/(м<sup>3</sup>);
  - Теплоемкость = 1150 Дж/(кг\*К);
  - Шаг сетки по пространственной координате = 150 мкм;
- № 2 В чем заключаются главные причины снижения оптического качества излучения непрерывных и импульсно-периодических твердотельных лазеров с активными элементами в форме цилиндрических стержней?
- № 3 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют снижение оптического качества и почему?
- № 4 Какой из материалов активного элемента неодимового лазера: Nd:YAG, Nd:glass предпочтительнее с точки зрения повышения оптического качества излучения и почему?
- № 5 Скорость реакции – это:
- № 6 Константа скорости реакции – это:
- № 7 Разностная схема – это:
- № 8 Чем отличается неявная разностная схема от явной?
- № 9 Схема Кранка-Николсона – это:
- № 10 Метод переменных направлений – это:
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Определить скорость реакции пулинга в активной среде химического кислородно-йодного лазера при
- при следующих исходных данных:
- -уравнение реакции:  $O_2(1D) + O_2(1D) \rightarrow O_2(1S) + O_2(3S)$ ;
  - доля синглетного кислорода  $O_2(1D)$  60%;
  - доля кислорода (во всех состояниях) в активной среде 25%;
  - давление среды 30 Торр;
  - температура 300К;
  - константа скорости реакции  $2.5 \cdot 10^{-17}$  (см<sup>3</sup>)/с
- Варианты ответа:**
1.  $2.08 \cdot 10^{18}$  1/(см<sup>3</sup>\*с)
  2.  $1.04 \cdot 10^{18}$  (см<sup>3</sup>)/с
  3.  $0.52 \cdot 10^{18}$  (см<sup>3</sup>)/с
  4.  $1.04 \cdot 10^{18}$  1/(см<sup>3</sup>\*с)
  5.  $0.52 \cdot 10^{18}$  1/(см<sup>3</sup>\*с)
- № 2 Отличие схем неустойчивого конфокального резонатора положительной и отрицательной ветвей:
- Варианты ответа:**
1. В резонаторе положительной ветви общий фокус действительный;
  2. В резонаторе отрицательной ветви общий фокус действительный;
  3. В резонаторе положительной ветви общий фокус мнимый;
  4. В резонаторе отрицательной ветви общий фокус мнимый.
- № 3 Отличие схем неустойчивого конфокального резонатора положительной и



отрицательной ветвей:

**Варианты ответа:**

1. Резонатор положительной ветви имеет меньшую длину при одинаковом коэффициенте увеличения и диаметре апертуры;
2. Резонатор положительной ветви имеет большую длину при одинаковом коэффициенте увеличения и диаметре апертуры;
3. Резонатор положительной ветви имеет меньшую чувствительность к разъюстировкам при одинаковом коэффициенте увеличения

№ 4 Какова размерность константы скорости реакции второго порядка?

**Варианты ответа:**

1.  $(\text{см}^3)/\text{с}$
2.  $1/(\text{см}^3 \cdot \text{с})$
3.  $\text{см}^2$
4.  $(\text{см}^6)/\text{с}$
5.  $1/\text{с}$
6.  $1/(\text{см}^3)$

№ 5 Какова размерность константы скорости реакции третьего порядка?

**Варианты ответа:**

1.  $(\text{см}^3)/\text{с}$
2.  $1/(\text{см}^3 \cdot \text{с})$
3.  $\text{см}^2$
4.  $(\text{см}^6)/\text{с}$
5.  $1/\text{с}$
6.  $1/(\text{см}^3)$

№ 6 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют поле механических напряжений?

**Варианты ответа:**

1. Модуль упругости,
2. к-т Пуассона,
3. размеры активного элемента,
4. КПД накачки,
5. мощность генерации,
6. к-т теплопроводности,
7. плотность,
8. предел прочности,
9. ударная вязкость,
10. твердость,
11. к-т нерезонансного поглощения лазерного излучения,
12. к-т нерезонансного поглощения излучения накачки,
13. спектр пропускания,
14. к-т электропроводности,
15. диэлектрическая проницаемость,
16. постоянная решетки

№ 7 Стационарные решения уравнения теплопроводности в цилиндрически-симметричном случае при равномерном по объему подводе тепла имеют вид:

**Варианты ответа:**

1. Параболоида вращения с осью на оси симметрии цилиндрического активного элемента;
2. Равномерного распределения температуры;
3. Температура пропорциональна радиусу;

4. Температура пропорциональна квадрату радиуса;
5. Температура пропорциональна логарифму радиуса

№ 8            Максимум температуры в стационарном решении уравнения теплопроводности в цилиндрически-симметричном случае при равномерном по объему подводе тепла находится:

**Варианты ответа:**

1. На внешней поверхности активного элемента;
2. На оси симметрии;
3. На половине радиуса активного элемента;
4. На  $1/3$  радиуса активного элемента

№ 9            Выберите данные, которые включаются в постановку задачи для любого дифференциального уравнения:

1. Коэффициент теплопроводности;
2. Шаг сетки;
3. Геометрия расчетной области;
4. Плотность и теплоемкость среды;
5. Граничные условия;
6. Начальные условия;
7. Решаемое уравнение;
8. Критерий устойчивости;
9. Интервал времени, в котором необходимо получить решение

№ 10           Выберите данные, которые включаются в постановку задачи для уравнения теплопроводности:

1. Коэффициент теплопроводности;
2. Шаг сетки;
3. Геометрия расчетной области;
4. Плотность и теплоемкость среды;
5. Граничные условия;
6. Начальные условия;
7. Решаемое уравнение;
8. Критерий устойчивости;
9. Интервал времени, в котором необходимо получить решение