

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Страхов С. Ю.
ФИО
« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОПТИКА ЛАЗЕРОВ

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	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

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

Страхов Сергей Юрьевич, д.т.н., профессор, 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 ОПТИКА ЛАЗЕРОВ

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 схемотехническом и элементном уровнях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

Знает основные физические принципы работы оптических систем, приборов, узлов и деталей лазерных и оптико-электронных приборов и систем;

умения:

Умеет проводить моделирование и расчет оптических процессов и систем лазерной техники с применением современных компьютерных средств;

навыки:

Владеет навыками системного анализа сложных технических объектов и умеет применять их при проектировании типовых оптических систем, приборов, узлов и элементов лазерной техники.

ПСК-1.3

знания:

Знает основные методики расчета, подходы к проектированию, принципиальные конструктивные особенности и технический облик оптических приборов, узлов и элементов лазерных и оптико-электронных приборов и систем;

умения:

Умеет анализировать техническое задание, определяя ключевые требования к проектируемому объекту, учитывать целевое назначение, условия эксплуатации и конструктивные особенности лазерной системы в целом при проектировании конкретных элементов и узлов оптики лазеров;

навыки:

Имеет навыки расчета, проектирования и разработки конструкторской документации для оптических приборов, узлов и элементов лазерных и оптико-электронных приборов и систем с использованием современных пакетов САПР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОПТИКА ЛАЗЕРОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ, ОСНОВЫ ОПТИКИ, ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, БИО-МЕДИЦИНСКИЕ И ЛАЗЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, МОЩНЫЕ ЛАЗЕРЫ, ЛАЗЕРНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, 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 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	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.3
4	7	Раздел 1. Основные элементы оптического тракта лазерной системы. Классификация и основные сведения из теории оптических резонаторов. Структурно-параметрический синтез оптических резонаторов. 1.1. Основные сведения о дисциплине "Оптика лазеров". 1.1.1 Предмет и объект изучения дисциплины. 1.1.2 Структура дисциплины и перечень контрольных мероприятий. 1.1.3 Знания, умения, навыки и компетенции, которые дает дисциплина. 1.1.4 Место и роль дисциплины в процессе формирования специалиста по лазерной технике. 1.1.5 Оптический тракт лазерной системы и его основные элементы. 1.2 Оптический резонатор - основной элемент лазера. 1.2.1 Оптический резонатор как объект изучения в физическом и инженерно-техническом плане. 1.2.2 Основные характеристики резонатора и их связь с параметрами активной среды. 1.2.3 Классификация оптических резонаторов. 1.2.4 Условие стационарной генерации и формула Ритрода для оптических резонаторов. 1.3 Структурно-параметрический синтез резонаторов. 1.3.1 Устойчивый и неустойчивый резонаторы - определение, основные свойства и особенности. 1.3.2 Связь параметров резонатора с характеристиками излучения. 1.3.3 Целевая функция при оптимизации устойчивых и неустойчивых резонаторов. Дальняя зона и расходимость излучения. Яркость излучения и интенсивность излучения в дальней зоне. 1.3.4 Алгоритм структурно-параметрического синтеза резонаторов. 1.3.5 Расчет основных параметров резонатора при проектировании.	20	11	6	5	9	15	30
4	7	Раздел 2. Оптический резонатор в приближении геометрической и дифракционной оптики. Модовая структура оптического резонатора и ее влияние на характеристики лазерного излучения. 2.1 Описание оптических явлений в приближении геометрической оптики. Основы матричной оптики. 2.1.1 Геометрическое и дифракционное описание оптических процессов. Параксиальное приближение. Особенности, преимущества и недостатки представления оптических элементов лазеров в геометрическом приближении. 2.1.2 Основы матричной оптики. Лучевые матрицы основных оптических элементов. Математическое описание и расчет сложных оптических систем с помощью матричной оптики. 2.1.3 Рассмотрение конкретных примеров представления оптических элементов и систем с помощью матричной оптики. 2.2 Интегральное уравнение резонатора. Описание резонатора с позиции скалярной теории дифракции. 2.2.1 Элементы скалярной теории дифракции в применении к оптическим резонаторам и другим оптическим элементам лазеров. 2.2.2 Основные положения скалярной теории дифракции. Комплексная амплитуда поля. Принцип Гюйгенса-Френеля. Приближения Френеля и Фраунгофера. 2.2.3 Оптический резонатор в геометрическом и дифракционном приближении. Комплексирование матричной оптики и скалярной теории дифракции в описании резонатора. Интегральное уравнение резонатора. 2.3 Формирование модовой структуры электромагнитного поля в резонаторах различного типа. 2.3.1 Понятие модовой структуры резонатора. Продольные и поперечные (ТЕМ) моды и их влияние на параметры излучения лазера. Физический смысл индекса и порядка моды. 2.3.2 Частные случаи решения интегрального уравнения резонатора. Понятие гаусова пучка, каустики, перетяжки. 2.3.3 Особенности формирования модовой структуры в устойчивых, неустойчивых и плоскопараллельных резонаторах. 2.4 Дополнительные внутрирезонаторные оптические элементы для управления параметрами лазерного излучения.	20	10	8	2	10	25	15
4	7	Раздел 3. Оптические искажения и их влияние на характеристики лазерного излучения. 3.1. Классификация искажений оптического сигнала. 3.2 Влияние неоднородности среды распространения лазерного излучения на его параметры. 3.3. Метод абберационных коэффициентов для расчета влияния внутрирезонаторных неоднородностей в неустойчивом резонаторе на параметры излучения.	16	6	4	2	10	10	0
4	7	Раздел 4. Оптические системы, используемые в лазерной технологической обработке материалов. 7.1 Системы для лазерной технологической обработки материалов. 7.1.1 Основные элементы и компоновка систем для лазерной технологической обработки материалов. 7.1.2 Оптические системы доставки лазерного излучения в зону обработки. 7.1.3 Примеры практической реализации оптических систем лазерной технологической обработки. 7.2 Оптические системы фокусировки лазерного излучения на основе элементов проходной оптики. 7.2.1 Материалы проходной оптики. 7.2.2 Конструкции оптических систем на основе проходной оптики. Линзы. 7.3 Оптические системы фокусировки лазерного излучения на основе элементов отражающей оптики 7.3.1 Материалы и конструкции отражающих оптических элементов. Зеркала. 7.3.2 Конструкции оптических систем на основе отражающей оптики.	14	6	4	2	8	15	40
4	7	Раздел 5. Оптика атмосферного канала передачи лазерного излучения. 5.1. Анализ физических процессов в атмосферном канале и их влияния на параметры лазерного излучения. 5.1.1 Общие сведения о структуре и составе атмосферы. 5.1.2 Физические процессы, оказывающие влияние на прохождение лазерного излучения. 5.1.3 Анализ влияния свойств атмосферы на параметры лазерного излучения. 5.2 Энергетическое ослабление лазерного излучения при прохождении атмосферы. 5.2.1 Молекулярное поглощение и рассеяние. Рассеяние Рэлея. Окна прозрачности атмосферы в зависимости от спектрального состава излучения. 5.2.2 Аэрозольное поглощение и рассеяние. Теория Ми. Метеорологическая дальность видимости и ее связь с параметрами атмосферы и проходящего лазерного излучения. 5.2.3 Обобщенное представление об энергетическом ослаблении лазерного излучения в атмосфере при различных климатических и сезонных условиях (обобщенная таблица данных А.С.Башкина). 5.3. Оптические неоднородности в атмосфере и их влияние на фазу (волновой фронт) проходящего лазерного излучения. 5.3.1 Атмосферная турбулентность: физические процессы, обуславливающие турбулентность (теория Колмогорова); структурная функция показателя преломления; оценка влияния турбулентности на параметры излучения. 5.3.2 Тепловое самовоздействие излучения: физические процессы, обуславливающие тепловое самовоздействие; оценка влияния теплового самовоздействия на параметры излучения. 5.3.3 Влияние погрешностей системы наведения и "джиттера" на параметры излучения в дальней зоне. 5.4 Расчет атмосферного канала передачи энергии и параметров лазерного излучения в дальней зоне. 5.4.1 Обобщенная методика расчета Дж. Даути. 5.4.2 Результаты численного моделирования атмосферного канала методом "фазовых экранов" с учетом дифракции.	14	6	4	2	8	15	0
4	7	Раздел 6. Системы формирования, наведения и передачи лазерного излучения в дальнюю зону. 6.1 Основные сведения из теории и методов практической реализации систем формирования, наведения и передачи лазерного излучения в дальнюю зону. 6.1.1 Назначение и состав системы формирования излучения. 6.1.2 Основные типы систем формирования и наведения излучения (целостат, целостат, гелиостат, телескоп в независимом подвесе). 6.2 Системы формирования для лазерных комплексов дистанционной передачи энергии. 6.2.1 Структура комплекса и состав системы формирования. 6.2.2 Расчет основных параметров системы формирования излучения. 6.2.2. Примеры практической реализации. 6.3 Системы формирования для лазерных комплексов дистанционного мониторинга атмосферы (лидаров). 6.3.1 Структура комплекса и состав системы формирования. 6.3.2 Выбор оптических элементов и компоновки системы формирования в зависимости от спектрального диапазона и назначения комплекса лидарной диагностики. Анализ различных типов телескопов. 6.3.3 Расчет основных параметров системы формирования излучения. 6.3.4 Примеры практической реализации.	12	6	4	2	6	15	10

4	7	Раздел 7. Адаптивные оптические системы. 5.1 Основные сведения из теории адаптивных оптических систем. 5.1.1 Принцип действия и назначение адаптивных оптических систем. 5.1.2 Основные характеристики адаптивных зеркал. 5.1.3 Структура адаптивной оптической системы. 5.1.4 Примеры реализации адаптивных систем для внутризональной коррекции фазовых искажений и для компенсации атмосферной турбулентности. 5.2 Принципы управления адаптивной оптикой. 5.2.1 Метод апертурного зондирования. 5.2.2 Метод фазового сопряжения. 5.2.3 Сравнение и особенности различных методов управления адаптивной оптикой. 5.3 Конструкции адаптивных оптических систем. 5.3.1 Конструкции адаптивных зеркал. Сплошные и секционированные зеркала. 5.3.2 Исполнительные устройства адаптивной оптики. Различные типы приводов (гидравлический, электропривод, магнитный привод, пьезоэлектрический привод, биморфные зеркала и т.д.). 5.3.3. Конструкции датчиков волнового фронта. Датчик Шака-Гартмана, интерферометрические датчики. Сдвиговый интерферометр и интерферометр с референтным пучком.	12	6	4	2	6	5	5
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные элементы оптического тракта лазерной системы. Классификация и основные сведения из теории оптических резонаторов. Структурно-параметрический синтез оптических резонаторов.	Расчет основных параметров резонатора и характеристик лазерного излучения.	3
2		Разбор типового варианта индивидуального практического задания № 1 "Структурно-параметрический синтез многопроходного резонатора". Получение студентами исходных данных, их анализ, работа по индивидуальному варианту практического задания №1.	2
3	Раздел 2. Оптический резонатор в приближении геометрической и дифракционной оптики. Модовая структура оптического резонатора и ее влияние на характеристики лазерного излучения.	Решение задач по расчету оптических элементов и систем методами матричной оптики.	1
4		Разбор типового варианта индивидуального практического задания № 2 "Расчет оптической системы методами матричной оптики". Получение студентами исходных данных, их анализ, работа по индивидуальному варианту практического задания №2.	1
5		Расчет влияния неоднородностей среды распространения излучения на его параметры.	1
6	Раздел 3. Оптические искажения и их влияние на характеристики лазерного излучения.	Разбор типового варианта индивидуального практического задания № 3 "Метод абберрационных коэффициентов для расчета параметров излучения лазера с неустойчивым резонатором". Получение студентами исходных данных, их анализ, работа по индивидуальному варианту практического задания №3.	1
7	Раздел 4. Оптические системы, используемые в лазерной технологической обработке материалов.	Расчет оптической системы фокусировки лазерного излучения	1
8		Выбор материалов и конструкции элементов оптической системы для фокусировки лазерного излучения в зоне обработки	1
9		Расчет параметров лазерного излучения при прохождении его через атмосферу.	1
10	Раздел 5. Оптика атмосферного канала передачи лазерного излучения.	Разбор типового варианта индивидуального практического задания № 4 "Расчет атмосферного канала распространения лазерного излучения". Получение студентами исходных данных, их анализ, работа по индивидуальному варианту практического задания №4.	1
11	Раздел 6. Системы формирования, наведения и передачи лазерного излучения в дальнюю зону.	Расчет параметров и компоновка системы формирования, наведения и передачи излучения в дальнюю зону	2
12	Раздел 7. Адаптивные оптические системы.	Обработка интерферограммы для восстановления волнового фронта излучения в датчике волного фронта адаптивной оптической системы	2
Всего за 7 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные элементы оптического тракта лазерной системы. Классификация и основные сведения из теории оптических резонаторов. Структурно-параметрический синтез оптических резонаторов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	3
2		Выполнение индивидуального практического задания №1 (Структурно-параметрический синтез многопроходного резонатора), подготовка отчета.	6

3	Раздел 2. Оптический резонатор в приближении геометрической и дифракционной оптики. Модовая структура оптического резонатора и ее влияние на характеристики лазерного излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	4
4		Выполнение индивидуального домашнего задания №2 (Расчеты оптических систем с применением матричной оптики), подготовка отчета.	6
5		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
6	Раздел 3. Оптические искажения и их влияние на характеристики лазерного излучения.	Выполнение индивидуального домашнего задания №3 (Метод абберационных коэффициентов для расчета параметров излучения лазера с неустойчивым резонатором), подготовка отчета.	6
7	Раздел 4. Оптические системы, используемые в лазерной технологической обработке материалов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	8
8		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	4
9	Раздел 5. Оптика атмосферного канала передачи лазерного излучения.	Выполнение индивидуального домашнего задания №4 (Расчет атмосферного канала распространения лазерного излучения), подготовка отчета.	4
10	Раздел 6. Системы формирования, наведения и передачи лазерного излучения в дальнюю зону.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	6
11	Раздел 7. Адаптивные оптические системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	6
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	Тест	Тест	Тест	Тест, ИПЗ	Тест	ДР	Тест, ИПЗ	Тест	Тест, ИПЗ	ДР	Тест		Тест		Тест, ИПЗ	ДР	Тест

Условные обозначения:

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

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

- диагностическая работа;
- тест;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Беляев, А. П. Жевлаков, В. В. Лобачёв. Оптика мощных лазеров. Ч. 3 Система вывода излучения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, 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, эл. рес.
3. А. Г. Григорьянц. . Основы лазерной обработки материалов. М.: Машиностроение, 1989, 17 экз.
4. А. С. Бореjšо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие. СПб.: Лань, 2016, 50 экз.
5. В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптическое качество активных сред. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 61 экз.
6. В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптика мощных лазеров. Ч. 2 Оптическое качество активных сред. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, эл. рес.
7. О. Звелто. . Принципы лазеров. СПб.: Лань, 2008, 29 экз.
8. С. Ю. Страхов. . Системный анализ при проектировании мощных лазеров. СПб. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 21 экз.
9. ред. В. В. Лобачёв ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Оптика мощных лазеров. Ч. 4 Зеркала. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, 70 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 2 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

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

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - 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. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Компьютерный комплект;
3. 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 **ОПТИКА ЛАЗЕРОВ** является дисциплиной **обязательной части 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 физическими принципами функционирования, конструкцией и особенностями применения в лазерной технике основных оптических систем и их отдельных элементов, а также - вопросы, связанные с формированием и транспортировкой излучения в оптическом тракте лазерной системы.

Объект изучения дисциплины: оптические системы лазеров и лазерных комплексов, а также - процессы формирования лазерного излучения в оптических системах.

Предмет изучения дисциплины: оптические резонаторы и внутрирезонаторные элементы, оптические системы фокусировки лазерного излучения, оптические системы для формирования излучения и его передачи в дальнюю зону, оптика атмосферного канала передачи излучения, материалы оптических систем для лазерной техники, адаптивные оптические системы и др.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- тест;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**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.
Раздел 1. Основные элементы оптического тракта лазерной системы. Классификация и основные сведения из теории оптических резонаторов. Структурно-параметрический синтез оптических резонаторов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (4,5) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (2, 3)	3
Выполнение индивидуального практического задания №1 (Структурно-параметрический синтез многопроходного резонатора), подготовка отчета.	С. Ю. Страхов. . Системный анализ при проектировании мощных лазеров: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3)	6
Итого по разделу 1		9
Раздел 2. Оптический резонатор в приближении геометрической и дифракционной оптики. Модовая структура оптического резонатора и ее влияние на характеристики лазерного излучения.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (5) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (3)	4
Выполнение индивидуального домашнего задания №2 (Расчеты оптических систем с применением матричной оптики), подготовка отчета.		6
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Оптические искажения и их влияние на характеристики лазерного излучения.		
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 (2,3)	4
Выполнение индивидуального домашнего задания №3 (Метод абберационных коэффициентов для расчета параметров излучения лазера с неустойчивым резонатором), подготовка отчета.	В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптическое качество активных сред: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (2,3,4) С. Ю. Страхов. . Системный анализ при проектировании мощных лазеров: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4)	6
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Оптические системы, используемые в лазерной технологической обработке материалов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	А. Г. Григорьянц. . Основы лазерной обработки материалов: М.: Машиностроение, 1989 (2) А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2016 (1, 9) ред. В. В. Лобачёв ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Оптика мощных лазеров. Ч. 4 Зеркала: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-5)	8
Итого по разделу 4		8
Раздел 5. Оптика атмосферного канала передачи лазерного излучения.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	ред. В. В. Лобачёв ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Оптика мощных лазеров. Ч. 4 Зеркала: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1)	4

Выполнение индивидуального домашнего задания №4 (Расчет атмосферного канала распространения лазерного излучения), подготовка отчета.		4
Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Системы формирования, наведения и передачи лазерного излучения в дальнюю зону.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2016 (2, 4, 5) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Оптика мощных лазеров. Ч. 1 Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (3, 4)	6
Итого по разделу 6		6
Раздел 7. Адаптивные оптические системы.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе.	Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (все) В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптика мощных лазеров. Ч. 2 Оптическое качество активных сред: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (все) А. А. Беляев, А. П. Жевлаков, В. В. Лобачёв. Оптика мощных лазеров. Ч. 3 Система вывода излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (все)	6
Итого по разделу 7		6

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- тест;
- 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.

Тест

Контроль усвоения лекционного материала и текущий контроль знаний студентов в течении семестра производится в автоматическом режиме за счет применения ПО «Ментор» или ЭИОС "Moodle".

ПО «Ментор» представляет собой веб-приложение, в котором клиентом выступает браузер, а сервером – веб-сервер. Доступ студентов к ПО «Ментор» осуществляется через любой интернет браузер, установленный на любом устройстве, имеющем доступ в сеть Интернет с помощью индивидуального логина и пароля.

ЭИОС "Moodle" является единой образовательной средой ВУЗа, вход в которую осуществляется с ПК или смартфона через личный кабинет.

В конце каждой лекции присутствующим студентам предлагается ответить на три вопроса по теме изложенной лекции. В каждом вопросе студент осуществляет выбор одного правильного ответа из четырех предложенных вариантов. Тест считается пройденным, если студент за две минуты ответил правильно на все три вопроса. Студент имеет право на 5 попыток написания теста. На каждой следующей попытке число вопросов увеличивается на 1. При нерезультативном исчерпании попыток тест считается не пройденным.

Результаты тестирования обобщаются преподавателем и учитываются на этапе промежуточной аттестации на основании бально-рейтинговой системы в соответствии с технологической картой дисциплины.

Помимо тестирования в течении семестра предусмотрены три диагностические работы. В рамках их проведения студенту предлагается тест из 10 вопросов, продолжительностью 30 минут. В каждом вопросе студент осуществляет выбор одного правильного ответа из четырех предложенных вариантов. Диагностическая работа считается пройденной, если студент правильно ответил на 6 и более вопросов. Студент имеет 3 попытки написания диагностической работы. При нерезультативном исчерпании попыток диагностическая работа считается не пройденной.

Результаты выполнения диагностических работ обобщаются преподавателем и учитываются на этапе промежуточной аттестации на основании бально-рейтинговой системы в соответствии с технологической картой дисциплины.

Индивидуальное практическое задание

В рамках курса предусмотрено 4 индивидуальных практических задания.

Сами задания и индивидуальные варианты (исходные данные) выкладываются в ЭИОС "Moodle". Студент выполняет работу, оформляет отчет по ней и высылает через личный кабинет в ЭИОС "Moodle". Отчет о работе рассматривается преподавателем, при необходимости студенту задаются дополнительные вопросы. Каждая индивидуальная практическая работа оценивается и учитывается преподавателем на этапе промежуточной аттестации на основании бально-рейтинговой системы в соответствии с технологической картой дисциплины.

Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена. Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен включает в себя ответы на теоретические вопросы и решение задачи.

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

Оценка «хорошо» выставляется при точном и полном ответе на один теоретический вопрос и при правильном решении задачи.

Оценка «удовлетворительно» выставляется либо при неправильных ответах на теоретические вопросы и решении задачи, либо при правильном ответе на один теоретический вопрос и неправильном решении задачи.

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

В рамках действующей бально-рейтинговой системы студент имеет право получить оценку по результатам работы в семестре, не сдавая экзамен. В этом случае оценка соответствует набранному числу баллов и критерию оценивания, указанному в технологической карте дисциплины. Оценка по результатам работы в семестре выставляется студенту по его устному заявлению (согласию с оценкой). Если оценка, определяемая по бально-рейтинговой системе, студента не устраивает, он в праве не давать свое согласие на нее и проходить промежуточную аттестацию по дисциплине в форме экзамена.

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-1.1	ПСК-1.3	
4	7	Раздел 1. Основные элементы оптического тракта лазерной системы. Классификация и основные сведения из теории оптических резонаторов. Структурно-параметрический синтез оптических резонаторов.	20	11	6	5	9	15	30	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 2. Оптический резонатор в приближении геометрической и дифракционной оптики. Модовая структура оптического резонатора и ее влияние на характеристики лазерного излучения.	20	10	8	2	10	25	15	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 3. Оптические искажения и их влияние на характеристики лазерного излучения.	16	6	4	2	10	10	0	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 4. Оптические системы, используемые в лазерной технологической обработке материалов.	14	6	4	2	8	15	40	Тест
4	7	Раздел 5. Оптика атмосферного канала передачи лазерного излучения.	14	6	4	2	8	15	0	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 6. Системы формирования, наведения и передачи лазерного излучения в дальнюю зону.	12	6	4	2	6	15	10	Тест
4	7	Раздел 7. Адаптивные оптические системы.	12	6	4	2	6	5	5	Тест
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

№ 1

Какие из перечисленных оптических материалов – селенид цинка, стекло КУ-1, стекло КВ, стекло К8, германий, сапфир, кремний, и почему можно использовать для изготовления линз фокусирующего объектива в лазерном технологическом комплексе на основе CO_2 электроразрядного лазера?

№ 2

Какие из перечисленных оптических материалов – селенид цинка, стекло КУ-1, стекло КВ, стекло К8, германий, сапфир, кремний, и почему можно использовать для изготовления выходного зеркала устойчивого резонатора в CO_2 газодинамическом лазере?

№ 3

Какие из перечисленных оптических материалов – селенид цинка, стекло КУ-1, стекло КВ, стекло К8, германий, кремний, и почему можно использовать для изготовления выходного зеркала устойчивого резонатора в неодимовом лазере?

№ 4

Какие из перечисленных оптических материалов – селенид цинка, стекло КУ-1, стекло КВ, стекло К8, германий, кремний, и почему можно использовать для изготовления выходного зеркала устойчивого резонатора в химическом кислородно-йодном лазере?

№ 5

Излучение мощного газоразрядного CO_2 лазера формируется двухзеркальным устойчивым резонатором с полупрозрачным выходным зеркалом. Какой объектив и почему следует использовать для фокусировки такого излучения в лазерном технологическом комплексе – классический зеркальный объектив Кассегрена, обращенный зеркальный объектив Кассегрена, обращенный внеосевой зеркальный объектив Кассегрена, линзовый объектив на основе оптических элементов из кварцевого стекла?

№ 6

Какой тип фокусирующих систем и почему следует использовать в лазерном технологическом комплексе на основе непрерывного CO_2 лазера мощностью 25 кВт – однолинзовые объективы на основе германия, однолинзовые объективы на основе селенида цинка, многолинзовые объективы на основе селенида цинка, многолинзовые объективы на основе кварцевого стекла, зеркальные объективы?

№ 7

Чем отличаются адаптивные оптические системы, работающие на принципе «апертурного зондирования» от систем, работающих на принципе «фазового сопряжения»?

- № 8 Что такое метод абберационных коэффициентов, и для чего он применяется в задачах проектирования оптических резонаторов?
- № 9 Какие преимущества имеет устойчивый резонатор по сравнению с неустойчивым?
- № 10 В чем состоят основные преимущества неустойчивого резонатора (по сравнению с устойчивым резонатором), благодаря которым его часто применяют в мощных непрерывных лазерах?
- Вопросы закрытого типа:*

№ 1

Излучение мощного газоразрядного CO₂ лазера формируется двухзеркальным устойчивым резонатором с полупрозрачным выходным зеркалом. Какой объектив следует использовать для фокусировки такого излучения в лазерном технологическом комплексе?

Варианты ответа:

- 1) Зеркальный обращенный внеосевой объектив Кассегрена,
- 2) Классический зеркальный объектив Кассегрена,
- 3) Двухлинзовый объектив на основе оптических элементов из кварцевого стекла?
- 4) Одиночная линза из стекла КУ-1

№ 2

Излучение твердотельного лазера на неодимовом стекле формируется двухзеркальным неустойчивым резонатором с кольцевой формой пучка. Какой объектив можно использовать для фокусировки такого излучения в лазерном технологическом комплексе?

Варианты ответа:

- 1) Зеркальный обращенный внеосевой объектив Кассегрена,
- 2) Классический зеркальный объектив Кассегрена,
- 3) Двухлинзовый объектив на основе оптических элементов из кремния?
- 4) Одиночная линза из германия.

№ 3

В чем преимущество обращенного внеосевого объектива Кассегрена перед классическим объективом Кассегрена?

Варианты ответа:

- 1) Возможность фокусировки луча с произвольно апертурой (формой поперечного сечения)
- 2) Отсутствие аббераций
- 3) Дифракционное качество пучка
- 4) Меньшее количество зеркал

№ 4

Что такое коэффициент пропускания выходного зеркала оптического резонатора?

Варианты ответа:

- 1) Отношение мощности излучения, прошедшего через выходное зеркало резонатора, к мощности излучения, падающей на него.
- 2) Отношение мощности излучения, падающего на выходное зеркало резонатора, к мощности излучения, прошедшего через него.
- 3) Отношение радиусов кривизны зеркал резонатора.
- 4) Величина, показывающая во сколько раз увеличивается расходимость излучения после резонатора, по сравнению с аналогичной величиной после однопроходного усилителя при наличии неоднородностей активной среды.

№ 5

Чем определяется угловая расходимость лазерного излучения?

Варианты ответа:

- 1) Формой излучающей апертуры.
- 2) Размером излучающей апертуры.
- 3) Длиной волны излучения.
- 4) Оптическим качеством излучения.
- 5) Мощностью излучения.
- 6) Фокусным расстоянием объектива для фокусировки излучения лазера в зону обработки.
- 7) Расстоянием между излучающей апертурой лазера и фокусирующим объективом.

№ 6

Какая характерная особенность конфокального неустойчивого резонатора?

Варианты ответа:

- 1) Фокусы концевых сферических зеркал находятся в одной точке.
 - 2) Фокусы обоих концевых сферических зеркал находятся на поверхности противоположного зеркала.
 - 3) Радиусы кривизны концевых сферических зеркал находятся в одной точке.
 - 4) Радиусы кривизны обоих концевых сферических зеркал находятся на поверхности противоположного зеркала.
- однопроходного усилителя при наличии неоднородностей активной среды.

№ 7

К какому типу оптического резонатора относится двухзеркальный резонатор со сферическими зеркалами с радиусами кривизны зеркал $R_1=20$ м и $R_2=-4$ м и расстоянием между ними $L=2$ м?

Варианты ответа:

- 1) Неустойчивый резонатор.
- 2) Устойчивый резонатор.
- 3) Плоскопараллельный резонатор.
- 4) Конфокальный резонатор.

№ 8

К какому типу оптического резонатора относится двухзеркальный резонатор со сферическими зеркалами с радиусами кривизны зеркал $R_1=20$ м и $R_2=10$ м и расстоянием между ними $L=5$ м?

Варианты ответа:

- 1) Неустойчивый резонатор.
- 2) Устойчивый резонатор.
- 3) Плоскопараллельный резонатор.
- 4) Конфокальный резонатор.

№ 9

Какое количество максимумов интенсивности излучения в поперечном сечении моды TEM_{59} оптического резонатора с прямоугольными зеркалами по оси x и y , соответственно?

Варианты ответа:

- 1) 6 и 10
- 2) 5 и 9
- 3) 4 и 8
- 4) 10 и 18

№ 10

Какое количество максимумов интенсивности излучения в поперечном сечении моды TEM_{02} оптического резонатора с прямоугольными зеркалами по оси x и y , соответственно?

- 1) 1 и 3
- 2) 0 и 2
- 3) 1 и 2
- 4) 3 и 5

№ 11

Какой параметр измеряется при использовании датчика Гартмана в составе адаптивных оптических систем?

Варианты ответы:

1. Смещение центров фокальных пятен, сформированных системой микролинз.
 2. Изменение мощности излучения лазера.
 3. Разность фаз между излучением, прошедшим активную среду, реперным лучом.
 4. Разность фаз между волновыми фронтами излучения, смещенными друг относительно друга.
- № 12 Какой параметр измеряется при использовании сдвигового интерферометра для анализа волнового фронта излучения?

Варианты ответы:

1. Разность фаз между волновыми фронтами излучения, смещенными друг относительно друга.
2. Изменение мощности излучения лазера.
3. Разность фаз между излучением, прошедшим активную среду, реперным лучом.
4. Смещение центров фокальных пятен, сформированных системой микролинз.

ПСК-1.3

Вопросы открытого типа:

№ 1

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного неодимового лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 100 Вт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 2;
- параметр оптического качества $M^2=2$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,01 м;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 0,5 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая.

№ 2

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного CO_2 электроразрывного лазера (длина волны 10,6 мкм) при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 10 кВт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,5;
- параметр оптического качества $M^2=2,5$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,15 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 2 м.

№ 3

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного химического кислородно-йодного лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 50 кВт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,8;
- параметр оптического качества $M^2=1,5$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 25 см;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 0,75 м.

№ 4

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного Nd:YAG лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 150 Вт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,8;
- параметр оптического качества $M^2=3$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,01 м;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 0,4 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая.

№ 5

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерной стендовой установки на базе непрерывного CO_2 газодинамического лазера (длина волны 10,6 мкм) при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 100 кВт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,8;
- параметр оптического качества $M^2=2,8$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,18 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 3 м.

№ 6

Определить мощность химического кислородно-йодного лазера в составе лазерного комплекса для дистанционной передачи излучения в атмосфере при следующих условиях:

- протяженность оптической трассы 10 км;
 - диаметр главного зеркала системы формирования излучения 2 м;
 - коэффициент увеличения неустойчивого лазерного резонатора с кольцевой апертурой 2;
 - показатель оптического качества излучения $M^2=1,5$;
 - интегральный коэффициент ослабления излучения в атмосфере (коэффициент атмосферной экстинкции) $0,12 \text{ км}^{-1}$;
 - турбулентность атмосферы определяется структурной функцией показателя преломления, равной 10^{-16} ;
 - требуемая интенсивность излучения в зоне использования 1 кВт/см^2 ;
- Влиянием теплового самовоздействия излучения можно пренебречь.

№ 7

Определить мощность CO_2 газодинамического лазера в составе лазерного комплекса для дистанционной передачи излучения в атмосфере при следующих условиях:

- протяженность оптической трассы 5 км;
 - диаметр главного зеркала системы формирования излучения 1 м;
 - коэффициент увеличения неустойчивого лазерного резонатора с кольцевой апертурой 1,8;
 - показатель оптического качества излучения $M^2=2,5$;
 - интегральный коэффициент ослабления излучения в атмосфере (коэффициент атмосферной экстинкции) $0,2 \text{ км}^{-1}$;
 - турбулентность атмосферы определяется структурной функцией показателя преломления, равной 10^{-15} ;
 - требуемая интенсивность излучения в зоне использования $0,2 \text{ кВт/см}^2$;
- Влиянием теплового самовоздействия излучения можно пренебречь.

№ 8

Определить основные параметры неустойчивого конфокального резонатора, - радиусы кривизны концевых зеркал, длину резонатора, мощность и угол расходимости излучения, при следующих условиях:
 Тип лазера: сверхзвуковой непрерывный химический кислородно-йодный лазер;
 Габариты активной среды: 1000 мм (вдоль оси резонатора) x 120 мм (по высоте соплового блока) x 60 мм вдоль потока активной среды;
 Коэффициент усиления слабого сигнала: $0,5 \text{ м}^{-1}$;
 Интенсивность насыщения: 1 кВт/см^2 ;
 Коэффициент увеличения резонатора 2;
 Параметр оптического качества излучения $M^2=3$;
 Внутррезонаторные потери: определяются потерями на зеркалах - 0,1 % при каждом отражении;
 Требования к типу и конфигурации резонатора: неустойчивый конфокальный резонатор «положительной ветви» (выходное концевое зеркало выпуклое, второе концевое зеркало вогнутое), двух-проходный П-образный с квадратной апертурой; длина резонатора из конструктивных соображений на 20% больше длины активной среды.
 Произвести необходимые расчеты и изобразить схематично конфигурацию резонатора и форму излучающей апертуры.

№ 9

Определить основные параметры неустойчивого конфокального резонатора, - радиусы кривизны концевых зеркал, длину резонатора, мощность и угол расходимости излучения, при следующих условиях:
 Тип лазера: сверхзвуковой непрерывный CO_2 газодинамический лазер;
 Габариты активной среды: 1500 мм (вдоль оси резонатора) x 160 мм (по высоте соплового блока) x 80 мм вдоль потока активной среды;
 Коэффициент усиления слабого сигнала: $0,5 \text{ м}^{-1}$;
 Интенсивность насыщения: $0,8 \text{ кВт/см}^2$;
 Коэффициент увеличения резонатора 1,8;
 Параметр оптического качества излучения $M^2=4$;
 Внутррезонаторные потери: определяются потерями на зеркалах – 1,5 % при каждом отражении;
 Требования к типу и конфигурации резонатора: неустойчивый конфокальный резонатор «положительной ветви» (выходное концевое зеркало выпуклое, второе концевое зеркало вогнутое), двух-проходный П-образный с квадратной апертурой; длина резонатора из конструктивных соображений на 20% больше длины активной среды.
 Произвести необходимые расчеты и изобразить схематично конфигурацию резонатора и форму излучающей апертуры.

№ 10

Рассчитать угол расходимости излучения неодимового лазера по уровню 81% общей мощности, если форма апертуры кольцевая с внешним диаметров 20 мм, внутренним 10 мм; дисперсия фазы волнового фронта излучения $0,2 \text{ рад}^2$.

№ 11 Сравните между собой СО₂ и кислородно-йодный лазер с точки зрения прохождения лазерного излучения через атмосферу. Мощность, форму и размер апертуры, протяженность атмосферного канала считать одинаковыми.
Вопросы закрытого типа:

№ 1

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного неодимового лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 100 Вт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 2;
- параметр оптического качества $M^2=2$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,01 м;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 0,5 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая.

Варианты ответа:

- 154 кВт/см²
- 2290 кВт/см²
- 0,23 Вт/м²
- 570 Вт/м²

№ 2

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного СО₂ электроразрывного лазера (длина волны 10,6 мкм) при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 10 кВт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,5;
- параметр оптического качества $M^2=2,5$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,15 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 2 м.

Варианты ответа:

- $10,9 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$
- 1320 кВт/см²
- 0,34 Вт/м²
- $55 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$

№ 3

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного химического кислородно-йодного лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 50 кВт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,8;
- параметр оптического качества $M^2=1,5$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 25 см;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 0,75 м.

Варианты ответа:

- 1,95·10¹⁴ Вт/м²
- 2290 кВт/см²
- 0,23 Вт/м²
- 570 Вт/м²

№ 4

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерного технологического комплекса на базе непрерывного Nd:YAG лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 150 Вт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,8;
- параметр оптического качества $M^2=3$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,01 м;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 0,4 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая.

Варианты ответа:

- 127 кВт/см²
- 3220 кВт/см²
- 0,067 Вт/м²
- 5 кВт/см²

№ 5

Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне однозеркального объектива лазерной стендовой установки на базе непрерывного CO_2 газодинамического лазера (длина волны 10,6 мкм) при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 100 кВт;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 1,8;
- параметр оптического качества $M^2=2,8$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 0,18 м;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- радиус кривизны отражающей поверхности фокусирующей линзы 3 м.

Варианты ответа:

559 кВт/см²

1320 кВт/см²

0,34 Вт/м²

$55 \cdot 10^8$ Вт/м²

№ 6

Определить мощность химического кислородно-йодного лазера в составе лазерного комплекса для дистанционной передачи излучения в атмосфере при следующих условиях:

- протяженность оптической трассы 40 км;
- диаметр главного зеркала системы формирования излучения 3 м;
- коэффициент увеличения неустойчивого лазерного резонатора с кольцевой апертурой 2,5;
- показатель оптического качества излучения $M^2=1,5$;
- интегральный коэффициент ослабления излучения в атмосфере (коэффициент атмосферной экстинкции) 0,14 км⁻¹;
- турбулентность атмосферы определяется структурной функцией показателя преломления, равной 10^{-16} ;
- требуемая интенсивность излучения в зоне использования 500 Вт/см²;

Влиянием теплового самовоздействия излучения можно пренебречь.

Варианты ответа:

1) 5 140 Вт

2) 34 770 Вт

3) 56,3 кВт

4) 2,3 МВт

№ 7

Определить мощность CO_2 газодинамического лазера в составе лазерного комплекса для дистанционной передачи излучения в атмосфере при следующих условиях:

- протяженность оптической трассы 2 км;
- диаметр главного зеркала системы формирования излучения 1,5 м;
- коэффициент увеличения неустойчивого лазерного резонатора с кольцевой апертурой 1,5;
- показатель оптического качества излучения $M^2=2,8$;
- интегральный коэффициент ослабления излучения в атмосфере (коэффициент атмосферной экстинкции) $0,4 \text{ км}^{-1}$;
- турбулентность атмосферы определяется структурной функцией показателя преломления, равной 10^{-15} ;
- требуемая интенсивность излучения в зоне использования 2000 Вт/м^2 ;

Влиянием теплового самовоздействия излучения можно пренебречь.

№ 8

Что происходит с коэффициентом ослабления излучения при распространении лазерного излучения в атмосферном канале с ростом метеорологической дальности видимости (МДВ)?

1. Уменьшается.
2. Увеличивается.
3. Не меняется.
4. Он всегда равен нулю.
5. Изменяется по гармоническому закону с расстоянием.

№ 9

Чему равен угол расходимости излучения кислородно-йодного лазера по уровню 81% общей мощности, если форма апертуры кольцевая с внешним диаметром 40 мм, внутренним 20 мм; дисперсия фазы волнового фронта излучения $0,4 \text{ рад}^2$?

Варианты ответов:

- 0,000195 рад;
- 1,04 рад;
- 1 мкрад;
- 23 рад;
- 0,2 рад;
- 3 рад.

№ 10 Каким типом аберраций можно пренебречь при проектировании зеркального объектива для технологического

лазера?

Варианты ответа:

1. Сферическими.
2. Комой.
3. Астигматизмом.
4. Хроматическими aberrациями.