

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Страхов С.Ю.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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 Информационные и управляющие системы
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	
3	6	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

год набора группы: 2026

Программу составили:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Евдокимов Иван Михайлович, к.т.н., доцент

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Попов Евгений Эдуардович, к.т.н., доцент

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 ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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:

ПК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

ПК-1.3 — Способен 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:

ПК-1.1

знания:

на уровне воспроизведения:

- основные физические процессы лазерной технологии;

на уровне понимания:

- пониманию принципов взаимодействия лазерного излучения с веществом

- требования к характеристикам промышленных лазерных комплексов, предназначенных для резки и сварки

- основы проектирования промышленных лазерных комплексов на базе различных типов лазеров

- принципов назначения технологических режимов лазерной обработки;

на уровне представлений:

- физические свойства лазерного излучения и поглощение излучения разными материалами;

- основные методы лазерной технологии

- энергетические особенности процессов лазерной технологии

- особенности лазерных субтрактивных технологий

- особенности лазерной сварки и закалки

- особенности лазерного легирования и наплавки

- особенности лазерных аддитивных технологий

- особенности лазерной фотолитографии;

умения:

оценивать необходимость и целесообразность применения методов лазерной технологии для обработки конкретных деталей;

выбирать лазер и необходимое оборудование для решения конкретной технологической задачи;

определять требуемый технологический режим;

навыки:

выбирать лазерное технологическое оборудование для обработки материалов методами лазерной технологии;

назначать режимы лазерной обработки конструкционных материалов;

пользования типовыми программными продуктами для решения проектных и научных задач;

назначения технологических режимов.

ПК-1.3

знания:

на уровне представлений:

- энергетические особенности процессов лазерной технологии

на уровне воспроизведения:

- основные физические процессы лазерной технологии;

на уровне понимания:

- пониманию принципов взаимодействия лазерного излучения с веществом

- требования к характеристикам промышленных лазерных комплексов, предназначенных для резки и сварки

- основы проектирования промышленных лазерных комплексов на базе различных типов лазеров;

умения:

оценивать необходимость и целесообразность применения методов лазерной технологии для обработки конкретных деталей;

оценивать параметры оптических, гидродинамических, теплофизических и механических явлений в лазерных технологических процессах;

навыки:

владения методиками расчета нагрева тела при воздействии лазерного излучения;

пользования типовыми программными продуктами для решения проектных и научных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** 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: **ОСНОВЫ ОПТИКИ, ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **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
- ПК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем
- ПК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

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		ПК-1.1	ПК-1.3
3	6	Раздел 1. Раздел 1. Общие сведения о лазерной технологии и лазерном оборудовании. 1.1 Основные методы лазерной технологии. Энергетические особенности процессов лазерной технологии. Место лазерных технологий среди прочих энергетических методов обработки материалов. 1.2 Лазерное технологическое оборудование. Технологические лазеры. Манипуляторы. Технологические установки. Технологические комплексы.	15	11	6	5	4	15	10
3	6	Раздел 2. Раздел 2. Оптические схемы лазерной обработки. 2.1 Резонаторы технологических лазеров. Зеркальные и линзовые фокусирующие системы и объективы. 2.2 Аберрации в лазерной технологии.	8	4	4	0	4	15	10
3	6	Раздел 3. Раздел 3. Основные физические процессы лазерной технологии. 3.1 Поглощение излучения конструкционными материалами. 3.2 Взаимодействие излучения с веществом. Нагрев полубесконечного тела неподвижным источником. Нагрев термически тонких пластин неподвижным источником. Нагрев полубесконечного тела движущимся источником. Нагрев термически тонких пластин движущимся источником. 3.3 Плавление под действием лазерного излучения. Лазерная эрозия. Лазерная плазма.	22	12	6	6	10	10	20
3	6	Раздел 4. Раздел 4. Лазерные субтрактивные технологии (лазерное разделение материалов). 4.1 Лазерная резка. 4.2 Лазерное сверление. 4.3 Лазерная гравировка и маркировка. Лазерная очистка поверхности. 4.4 Основные принципы и способы. Устройство станков, применяемые лазеры.	22	12	6	6	10	10	15
3	6	Раздел 5. Раздел 5. Лазерная сварка и закалка. 5.1 Классификация лазерной сварки. 5.2 Оборудование для лазерной сварки. 5.3 Физические процессы при лазерной сварке малых толщин. Физические процессы при лазерной сварке с глубоким проплавлением. Критерии эффективности лазерной сварки. Деформации и напряжения, возникающие при лазерной сварке. Горячее и холодное трещинообразование при сварке. Особенности сварки различных материалов. 5.4 Лазерная закалка. Структурные превращения в металлах под действием лазерного излучения. Лазерная закалка без фазовых превращений. Лазерная закалка с оплавлением поверхности.	10	4	4	0	6	10	20
3	6	Раздел 6. Раздел 6. Лазерное легирование и наплавка. 6.1 Теплофизические процессы при лазерном легировании и наплавке. 6.2 Гидродинамические процессы при лазерном легировании и наплавке. 6.3 Технологические параметры и показатели лазерного легирования. Устройства подачи присадок. Расчет эжекторного питателя.	8	2	2	0	6	10	10
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Лазерные аддитивные технологии. 7.1 Основные принципы и способы. 7.2 Устройство станков, применяемые лазеры. 7.3 Преимущества аддитивных технологий.	8	2	2	0	6	10	5
3	6	Раздел 8. Раздел 8. Лазерная фотолитография. 8.1 Основные принципы и способы. 8.2 Устройство станков, применяемые лазеры.	8	2	2	0	6	10	5
3	6	Раздел 9. Раздел 9. Лазерная микрообработка. 9.1 Операции, применяемые в лазерной микрообработке. 9.2 Методы лазерной микрообработки. 9.3 Устройство станков, применяемые лазеры.	7	2	2	0	5	10	5
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Общие сведения о лазерной технологии и лазерном оборудовании.	Основы взаимодействия лазерного излучения с веществом: показатель преломления, показатель ослабления	2
2		Основы взаимодействия лазерного излучения с веществом: влияние шероховатости поверхности	3
3	Раздел 3. Раздел 3. Основные физические процессы лазерной технологии.	Влияние режимов работы лазера на лазерное сверление отверстий	3
4		Влияние толщины образца на лазерное сверление отверстий	3
5	Раздел 4. Раздел 4. Лазерные субтрактивные технологии (лазерное разделение материалов).	Влияние режима работы лазера на скорость лазерной резки	3
6		Влияние толщины материала на скорость	3

	лазерной резки	
Всего за 6 семестр		17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Общие сведения о лазерной технологии и лазерном оборудовании.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
2		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение плотности мощности излучения технологического лазера»	2
3	Раздел 2. Раздел 2. Оптические схемы лазерной обработки.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
4		Выполнение индивидуального домашнего задания	2
5	Раздел 3. Раздел 3. Основные физические процессы лазерной технологии.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
6		Выполнение индивидуального домашнего задания	4
7		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние режимов работы лазера на лазерное сверление отверстий»	2
8		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние толщины образца на лазерное сверление отверстий»	2
9	Раздел 4. Раздел 4. Лазерные субтрактивные технологии (лазерное разделение материалов).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	4
10		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние режимов работы лазера на очищение поверхности»	2
11		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние загрязняющего материала лазера на очищение поверхности»	2
12		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние толщины материала на скорость лазерной резки»	2
13	Раздел 5. Раздел 5. Лазерная сварка и закалка.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
14		Выполнение индивидуального домашнего задания	4
15	Раздел 6. Раздел 6. Лазерное легирование и наплавка.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
16	Раздел 7. Раздел 7. Лазерные аддитивные технологии.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
17	Раздел 8. Раздел 8. Лазерная фотолитография.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
18	Раздел 9. Раздел 9. Лазерная микрообработка.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	5
Всего за 6 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
6	ЛР	ЛР	ДЗ, ЛР	ЛР, Отч. по ЛР	ЛР, Отч. по ЛР	ДР	ДЗ, Отч. по ЛР	Отч. по ЛР, ЛР	Отч. по ЛР	ДР	ДЗ, Отч. по ЛР	Тест	Тест	Тест	Тест	ДР	Тест, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Тест – тест;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- тест.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. . Волоконные технологические лазеры и их применение. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. Лазерная техника и технология. Кн. 7 Лазерная резка металлов. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988, 14 экз.
3. А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов. Лазерная техника и технология. Кн. 5 Лазерная сварка металлов. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988, 16 экз.
4. А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
5. В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Физико-технические основы лазерных технологий". Разд. [II] Технологические лазеры и лазерное излучение. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
6. В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Физико-технические основы лазерных технологий". Разд. [I] Лазерная микрообработка. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
7. В. П. Вейко, А. А. Петров ; ред. В. П. Вейко ; С.-Петерб. гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Лазерные технологии". Разд. [I] Введение в лазерные технологии. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
8. В. П. Вейко, Е. А. Шахно. . Сборник задач по лазерным технологиям. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, 20 экз.
9. И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 39 экз.
10. М. Н. Либенсон, Е. Б. Яковлев, Г. Д. Шандыбина ; ред. В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Ч. I Поглощение лазерного излучения в веществе. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.

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. А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. Технологические процессы лазерной обработки. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2008, эл. рес..

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. Matlab 2015a SP1.

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. Измеритель мощности Ophir Vega с измерительными головками;
2. Лазер твердотельный, Nd:YAG;
3. Лазер юстировочный ЛГН;
4. Проектор;
5. Комплект оптики;
6. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** 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 Информационные и управляющие системы* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.1 Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПК-1.3 Способен 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 взаимодействием лазерного излучения с веществом и применения лазеров в технологиях изготовления деталей.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- тест.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Раздел 1. Общие сведения о лазерной технологии и лазерном оборудовании.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1) В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Физико-технические основы лазерных технологий". Разд. [II] Технологические лазеры и лазерное излучение: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1) В. П. Вейко, А. А. Петров ; ред. В. П. Вейко ; С.-Петерб. гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Лазерные технологии". Разд. [I] Введение в лазерные технологии: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1)	2
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение плотности мощности излучения технологического лазера»	А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. Лазерная техника и технология. Кн. 7 Лазерная резка металлов: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (1) М. Н. Либенсон, Е. Б. Яковлев, Г. Д. Шандыбина ; ред. В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Ч. I Поглощение лазерного излучения в веществе: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1)	2
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Раздел 2. Оптические схемы лазерной обработки.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2) В. П. Быков, О. О. Силичев. . Лазерные резонаторы: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 (1-2) А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (2)	2
Выполнение индивидуального домашнего задания		2
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Раздел 3. Основные физические процессы лазерной технологии.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1,2) В. П. Вейко, Е. А. Шахно. . Сборник задач по лазерным технологиям: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (1,2) М. Н. Либенсон, Е. Б. Яковлев, Г. Д. Шандыбина ; ред. В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и	2
Выполнение		4

индивидуального домашнего задания	оптики. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Ч. I Поглощение лазерного излучения в веществе: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1,2)	
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние режимов работы лазера на лазерное сверление отверстий»	А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. . Волоконные технологические лазеры и их применение: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1)	2
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние толщины образца на лазерное сверление отверстий»		2
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Раздел 4. Лазерные субтрактивные технологии (лазерное разделение материалов).		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. П. Вейко, Е. А. Шахно. . Сборник задач по лазерным технологиям: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (2,3) И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2,3) В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Физико-технические основы лазерных технологий". Разд. [II] Технологические лазеры и лазерное излучение: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (2,3)	4
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние режимов работы лазера на очищение поверхности»	А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. Лазерная техника и технология. Кн. 7 Лазерная резка металлов: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (1,2,3)	2
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние загрязняющего материала лазера на очищение поверхности»	М. Н. Либенсон, Е. Б. Яковлев, Г. Д. Шандыбина ; ред. В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Ч. I Поглощение лазерного излучения в веществе: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2,3)	2
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Влияние толщины материала на скорость лазерной резки»	А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. . Волоконные технологические лазеры и их применение: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (7)	2
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Раздел 5. Лазерная сварка и закалка.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов. Лазерная техника и технология. Кн. 5 Лазерная сварка металлов: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (3,4) И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (3,4)	2
Выполнение индивидуального домашнего задания		4
Итого по разделу 5		6
Раздел 6. Раздел 6. Лазерное легирование и наплавка.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (3)	6
Итого по разделу 6		6
Раздел 7. Раздел 7. Лазерные аддитивные технологии.		
Изучение предусмотренных программой дидактических	И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4)	6

единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе		
Итого по разделу 7		6
Раздел 8. Раздел 8. Лазерная фотолитография.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов. . Лазеры: применения и приложения: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (4) И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4)	6
Итого по разделу 8		6
Раздел 9. Раздел 9. Лазерная микрообработка.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. П. Вейко ; СПб гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. Опорный конспект лекций по курсу "Физико-технические основы лазерных технологий". Разд. [I] Лазерная микрообработка: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (4) И. М. Евдокимов, А. В. Федин. . Лазерные технологии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4)	5
Итого по разделу 9		5

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- домашнее задание;
- тест;
- 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.

Лабораторная работа

Допуск к ЛР:

- допуск к выполнению первых двух ЛР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению третьей и последующих ЛР необходима защита одной из выполненных ранее работ.

Защита ЛР:

Защита ЛР предусматривает обсуждение результатов выполнения задания, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатной или рукописной форме.

Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание на лабораторную работу содержит набор параметров в соответствии с индивидуальным вариантом.

Критерии оценивания:

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.

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

Тест

Контроль усвоения лекционного материала студентов производится в автоматическом режиме за счет применения ПО «Ментор», или "Moodle", представляющего собой веб-приложение, в котором клиентом

выступает браузер, а сервером – веб-сервер. Доступ студентов к ПО «Ментор», или "Moodle" осуществляется через

любой интернет браузер, установленный на любом устройстве, имеющем доступ в сеть Интернет с помощью индивидуального логина и пароля. В конце каждой лекции присутствующим студентам предлагается ответить на один из вопросов по теме изложенной лекции. Результаты тестирования обобщаются с помощью балльно-рейтинговой системы (БАРС). Основным критерием назначения баллов служит способность студента отвечать на тест за минимальное число попыток.

Дифференцированный зачет

Зачет включает в себя ответ на теоретические вопросы.

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

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

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

Оценка «не зачтено» выставляется при неправильных ответах на теоретические вопросы

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		ПК-1.1	ПК-1.3	
3	6	Раздел 1. Раздел 1. Общие сведения о лазерной технологии и лазерном оборудовании.	15	11	6	5	4	15	10	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 2. Раздел 2. Оптические схемы лазерной обработки.	8	4	4	0	4	15	10	Домашнее задание
3	6	Раздел 3. Раздел 3. Основные физические процессы лазерной технологии.	22	12	6	6	10	10	20	Домашнее задание, Отчет по ЛР, Лабораторная работа
3	6	Раздел 4. Раздел 4. Лазерные субтрактивные технологии (лазерное разделение материалов).	22	12	6	6	10	10	15	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 5. Раздел 5. Лазерная сварка и закалка.	10	4	4	0	6	10	20	Домашнее задание, Тест
3	6	Раздел 6. Раздел 6. Лазерное легирование и наплавка.	8	2	2	0	6	10	10	Тест
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Лазерные аддитивные технологии.	8	2	2	0	6	10	5	Тест
3	6	Раздел 8. Раздел 8. Лазерная фотолитография.	8	2	2	0	6	10	5	Тест
3	6	Раздел 9. Раздел 9. Лазерная микрообработка.	7	2	2	0	5	10	5	Тест
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПК-1.1 - Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как характеризуется прочность сварного шва при лазерной сварке с глубоким проплавлением?
- В ОТВЕТЕ СРАВНИТЕ ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО ШВА И ПРОЧНОСТЬ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА
- № 2 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между длительностью импульса лазерного излучения и режимом сверления отверстия.
- 1) 1 мс
 - 2) 100 пс
 - 3) 100 фс
- а - горячая абляция
- б - холодная абляция
- в - выдавливание расплава
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между плотностью мощности импульса лазерного излучения и режимом сверления отверстия.
- 1) $10^{16} - 10^{22}$ Вт/см²
 - 2) $\sim 10^{15}$ Вт/см²
 - 3) $\sim 10^9$ Вт/см²
- а - выдавливание расплава
- б - горячая абляция
- в - холодная абляция
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в правильном порядке процессы, которые происходят при лазерном сверлении методом выдавливания расплава.
- 1) Кипение
 - 2) Нагрев
 - 3) Испарение
 - 4) Плавление
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите режимы лазерного сверления отверстий в порядке возрастания зоны термического влияния.
- 1) Выдавливание расплава
 - 2) Холодная абляция
 - 3) Горячая абляция
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие процессы используются для сварки в режиме глубокого проплавления?

1. плавление и испарение
2. абляция
3. нагрев без оплавления поверхности

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

В каком режиме осуществляется лазерная гравировка?

1. плавление
2. испарение
3. абляция

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

Какими из перечисленных методов осуществляется лазерная микрообработка?

1. метод непосредственного экспонирования
2. метод проекции шаблона
3. всеми перечисленными
4. ни одним из перечисленных

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

Какие режимы работы лазеров применяются в лазерной технологии?

1. непрерывный
2. импульсный
3. импульсно-периодический
4. ни один из перечисленных

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

С какой целью подается технологический газ при газолазерной резке?

1. для удаления расплава из зоны резки
2. для охлаждения обрабатываемого материала
3. для удаления вредных примесей
4. для визуального наблюдения места реза по факелу

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

Какие бывают способы лазерного сверления?

1. прямой
2. обратный
3. реверсивный
4. циклический
5. возвратно-поступательный
6. ударный

7. кольцевой,
8. моноимпульсный
9. шаблонный
10. криогенный

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое лазерное скрайбирование?

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

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как образуются горячие трещины?

ОТВЕТ СФОРМУЛИРУЙТЕ СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОМ: «ГОРЯЧИЕ ТРЕЩИНЫ ОБРАЗУЮТСЯ <УСЛОВИЕ>»

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как образуются холодные трещины?

ОТВЕТ СФОРМУЛИРУЙТЕ СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОМ: «ХОЛОДНЫЕ ТРЕЩИНЫ ОБРАЗУЮТСЯ <УСЛОВИЕ>»

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между мощностью излучения и диаметром пятна лазерного излучения, если на поверхности детали плотность мощности составляет 10МВт/см²

1 - 197 Вт

2 - 786 Вт

3 - 1767 Вт

а - 150 мкм

б - 50 мкм

в - 100 мкм

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

сопоставьте термины и их определения

1) Время релаксации электронного теплового потока

2) Длина теплопроводности

3) Скин слой

а) это глубина на которой распространяется переменный ток при его протекании через проводник.

б) это время, необходимое электронному тепловому потоку для возвращения в состояние равновесия после возмущения.

в) это расстояние на котором тепловой поток уменьшится в e (2.718) раз, вычисляется как квадратный корень из произведения температуропроводности и длительности воздействия теплового источника.

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите в порядке возрастания плотности мощности режимы работы лазера (площадь пятна на образце одинаковая).

1) энергия в импульсе 1Дж, длительность импульса 1 мкс

- 2) энергия в импульсе 100 мДж, длительность импульса 10 нс
- 3) энергия в импульсе 10 мкДж, длительность импульса 100 фс
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите процессы в порядке возрастания плотности мощности, необходимой для их запуска.
- 1) ускорение частиц
 - 2) многофотонная ионизация
 - 3) плавление
 - 4) ионизация поля
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Как изменяется размер зоны термического влияния при увеличении скорости движения пятна лазерного излучения по поверхности тела?
1. увеличивается
 2. уменьшается
 3. не изменяется
 4. зона термического влияния отсутствует
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Каким способом подается присадочный материал на упрочняемую поверхность при лазерной наплавке?
1. с помощью шликерных обмазок
 2. с помощью порошковых питателей
 3. любым из перечисленных способов
 4. ни одним из перечисленных способов
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какие типы фокусирующих оптических систем применяют в лазерной технологии?
1. линзовые
 2. зеркальные
 3. все перечисленные
 4. ни один из перечисленных
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие процессы используются для сварки в режиме теплопроводности?
1. плавление и испарение
 2. абляция
 3. нагрев без оплавления поверхности
 4. плавление без интенсивного испарения
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
В каких режимах работы может осуществляться лазерная резка?

1) Плавление

2) Абляция

3) нагрев без оплавления поверхности

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

Для каких видов лазерной обработки применяется лазерная эрозия?

1. сварка

2. термообработка

3. наплавка

4. прошивка (сверление) отверстий