

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Направление/специальность подготовки	12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Специализация/профиль/программа подготовки	Лазерные системы и технологии
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА  
Джгмадзе Гванца Тенгизовна, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

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**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**ПСК-1/24.5**

*знания:*

технологических операций подготовки процесса печати;

*умения:*

подготовки проекта изготовления изделий (задание режимов обработки, разбиение на слои и так далее);

калибровки системы (оценка геометрической точности изготовления);

*навыки:*

использования типовых программных продуктов для решения проектных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОД АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-1/24.5 — Способен моделировать физические процессы в элементах конструкции лазерных систем и оборудования аддитивного производства
- ПСК-1.3 — Способен к проектированию и конструированию систем, приборов и узлов, а также к разработке технических заданий и документации на их проектирование и изготовление, предназначенных для лазерной техники и технологий, лазерных оптико-электронных приборов и систем

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1/24.5
5	10	Раздел 1. Техника безопасности при подготовке процесса печати. 1.1 Основные требования к безопасности 1.2 Требования, касающиеся помещения, окружающей среды и тому подобное.	4	4	4	0	0	20
5	10	Раздел 2. Аппаратная подготовка. 2.1 Подготовка проекта изготовления изделия 2.2 Проведение проверок и подготовительных операций для вывода установки на рабочий режим.	76	18	8	10	58	20
5	10	Раздел 3. Рабочий режим. 3.1 Калибровка системы 3.2 Контроль процесса выращивания 3.3 Действия оператора в процессе работы установки.	50	15	8	7	35	20
5	10	Раздел 4. Постобработка. 4.1 Способы отделения детали от подложки 4.2 Способы удаления поддержек 4.3 Способы постобработки.	8	8	8	0	0	20
5	10	Раздел 5. Методы контроля качества изготовленных изделий. 5.1 Геометрические параметры 5.2 Механические свойства.	6	6	6	0	0	20
Всего за 10 семестр			144	51	34	17	93	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Аппаратная подготовка.	Знакомство с ПО для задания технологических параметров аддитивного процесса на примере технологии SLM	5
2		Знакомство с ПО для вывода установки на режим на примере технологии SLM	5
3	Раздел 3. Рабочий режим.	Калибровка системы на примере технологии SLM	7
Всего за 10 семестр			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Аппаратная подготовка.	Знакомство с ПО для задания технологических параметров аддитивного процесса на примере технологии SLM	29
2		Знакомство с ПО для вывода установки на режим на примере технологии SLM	29
3	Раздел 3. Рабочий режим.	Калибровка системы на примере технологии SLM	35
Всего за 10 семестр			93

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10		Тест		Тест	ИПЗ	ДР		Тест	ИПЗ	ДР		ИПЗ	Тест			ДР	

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. Попов. Производственная безопасность. СПб.: Лань, 2013, эл. рес.
2. А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. . Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
3. А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. . Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, 10 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://www.prestigeequipment.com/pix/29314.pdf>.

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **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 **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-1/24.5 способность моделировать физические процессы в элементах конструкции лазерных систем и оборудования аддитивного производства.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с технологическими операциями подготовки процесса печати: техника безопасности, аппаратная подготовка, рабочий режим, постобработка, методы контроля качества.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 2. Аппаратная подготовка.		
Знакомство с ПО для задания технологических параметров аддитивного процесса на примере технологии SLM	А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. . Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (3)	29
Знакомство с ПО для вывода установки на режим на примере технологии SLM		29
Итого по разделу 2		58
Раздел 3. Рабочий режим.		
Калибровка системы на примере технологии SLM	А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. . Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (4)	35
Итого по разделу 3		35

## 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 студентов производится в рамках промежуточных аттестаций в ЭИОС Moodle

#### Индивидуальное практическое задание

Решения практических заданий представляются в электронной, печатной или рукописной форме. Каждое задание содержит набор исходных данных в соответствии с темой индивидуального задания. 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

#### Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена. Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить ответы на два вопроса, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса. Оценка «отлично» выставляется при развернутых и точных ответах на 2 теоретических вопроса. Оценка «хорошо» выставляется при точном и полном ответе на 1-ый теоретический вопрос, и неточном ответе на 2-ой теоретический вопрос. Оценка «удовлетворительно» выставляется либо при правильном ответе на один теоретический вопрос. Оценка «неудовлетворительно» выставляется при неправильных ответах на теоретические вопросы

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1/24.5	
5	10	Раздел 1. Техника безопасности при подготовке процесса печати.	4	4	4	0	0	20	Тест
5	10	Раздел 2. Аппаратная подготовка.	76	18	8	10	58	20	Тест, Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 3. Рабочий режим.	50	15	8	7	35	20	Тест, Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 4. Постобработка.	8	8	8	0	0	20	Тест
5	10	Раздел 5. Методы контроля качества изготовленных изделий.	6	6	6	0	0	20	Тест
Всего за 10 семестр			144	51	34	17	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1/24.5

#### *Вопросы открытого типа:*

- № 1 Какие параметры задаются в программе слайсинга для установки SLM?
- № 2 Какие программно-аппаратные комплексы входят в установку SLM?
- № 3 Какой алгоритм калибровки камеры построения установки SLM?
- № 4 Какой алгоритм калибровки лазерных каналов установки SLM?
- № 5 Что относится к нештатным ситуациям при работе установки?
- № 6 Этапы постобработки
- № 7 Какие меры предосторожности при сбоях в электрической сети?
- № 8 Какая процедура проверки металлического порошка?
- № 9 Какая последовательность установки ростовой подложки и нулевого положения для установок SLM?
- № 10 Какие задержки задаются в программе слайсинга для установки SLM?

#### *Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Какие способы обработки позволяют уменьшить шероховатость поверхности?

#### **Варианты ответа:**

Пескоструйная обработка

Горячее изостатическое прессование

Электрохимическая полировка

Термообработка

- № 2 Какие способы обработки позволяют уменьшить внутренние напряжения?

#### **Варианты ответа:**

Пескоструйная обработка

Электроэрозионная обработка

Электрохимическая полировка

Термообработка

- № 3 Какими способами контролируется качество геометрических параметров?

#### **Варианты ответа:**

Координатно-измерительной машиной

Профилометром

Профилографом

Штангенциркулем

- № 4 Какие методы контроля относятся неразрушающим?

#### **Варианты ответа:**

Металлографический анализ

Рентгеновская томография

Проверка прочностных характеристик

Радиографический метод

- № 5 Установите соответствие между нештатной ситуацией и мерами устранения

1. Вылет программы
  2. Отключение энергопитания
  3. Чрезвычайные ситуации
  4. Вылет ПАК
- А) Экстренно выключается установка и обесточивается  
 Б) Перезагрузка ПО, внесение данных в журнал прожига, продолжение процесса выращивания  
 В) Зафиксировать данные в журнал прожига. Выключить программу. Вручную перезапустить ПАК  
 Г) Поставить проект на паузу. Внести данные в журнал прожига.
- № 6 Для чего предназначена калибровка системы?
- Варианты ответа:**
- Для формирования слоя строительного материала
- Для создания рабочей атмосферы
- Для обеспечения движения источника воздействия вдоль заданной траектории
- Для предварительного нагрева
- № 7 Какие операции проводятся в сервисном режиме при работе с установкой SLM?
- Варианты ответа:**
- подача команды на полную выгрузку порошка
- настройка параметров перемещения ракеля
- настройка параметров формирования слоя материала
- ручное управление электромеханическими преобразователями
- № 8 Выберите правильную последовательность действий при замене силиконового ножа, разравнивающего слой порошка
- 1) провести замену ножа
  - 2) внести данные в журнал прожига
  - 3) поставить проект на паузу
  - 4) создать рабочую атмосферу
  - 5) возобновить проект
- Варианты ответа:**
- А) 4-3-2-1-5  
 Б) 3-4-1-2-5  
 В) 4-3-1-2-5  
 Г) 3-2-1-4-5
- № 9 Выберите действие, которое не выполняется при очистке установки, работающей со взрывоопасными порошками?
- Варианты ответа:**
- снимаются все элементы внутри камеры
- протираются спиртом/ацетом рабочая камера и снятые элементы
- продувается рабочая камера
- после очистки подключается электроника
- № 10 Какие требования к продувке в установка SLM?
- Варианты ответа:**
- обеспечение удаления вылетевших частиц из зоны плавления

обеспечение ламинарного потока равномерно распределённого над ростовым столом

обеспечение слаботурбулентного потока равномерно распределённого над ростовым столом

обеспечение сноса плазменного факела, образуемого мощным лазерным излучением