


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
« 31 » 05 2022 ФИО

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	ВУЦ Военный Учебный Центр
Выпускающая кафедра	ВУЦ Военный Учебный Центр
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)								ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
				АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ  
Падалка Максим Александрович, ассистент



Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**ВУЦ Военный Учебный Центр**

Заведующий кафедрой Лозинский А.Г.



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **АДДИТИВНЫЕ 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-94 — способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

ПСК-14 — способность разрабатывать технологические процессы изготовления и сборки отсеков конструкции корпуса ракет с применением новых материалов и средств автоматизации технологических процессов в соответствии с единой системой конструкторской документации на базе современных программных комплексов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-94**

*знания:*

тенденции развития средств автоматизированного проектирования;

особенности эксплуатации деталей выполненных с применением аддитивных технологий;

*умения:*

разрабатывать алгоритм изготовления детали с применением аддитивных технологий;

возможность определять необходимость применения аддитивных технологий;

*навыки:*

компьютерное моделирование технологических процессов аддитивных технологий.

### **ПСК-14**

*знания:*

классификация аддитивных технологий;

перспективы развития аддитивных технологий;

прочностные характеристики полимерных материалов аддитивных технологий;

*умения:*

адаптировать геометрию деталей под аддитивное производство;

*навыки:*

применение современных методов проектирования деталей ракетной и ракетно-космической техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.01 *Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, ХИМИЯ, ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их при решении задач профессиональной деятельности

### 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		ПК-94	ПСК-14
4	7	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления. Фотоскульптура и топография. Стереолитография. Лазерная стереолитография.	16	6	2	4	10	25	25
4	7	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования. Классификация аддитивных технологий. Преимущества и недостатки аддитивных технологий. Алгоритм работы аддитивных технологий.	36	18	6	12	18	25	25
4	7	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы. Характеристики полимерных материалов. Характеристики порошковых материалов.	32	15	5	10	17	25	25
4	7	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития. Перспективные направления развития в ракетной и ракетно-космической технике.	24	12	4	8	12	25	25
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	Практическая значимость фотоскульптуры и топографии	2
2		Практическая значимость стереолитографии и лазерной стереолитографии и прочие предшественники аддитивных технологий	2
3	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	Быстрое прототипирование с применением аддитивных технологий	2
4		Принцип работы машины аддитивного производства	4
5		Особенности работы 3D принтеров различных кинематических схем	2
6		Системы прототипирования	2
7		Анализ геометрии деталей для аддитивного производства. Анализ применяемости аддитивных технологий	2
8		Композитные материалы в аддитивном производстве	2
9	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	Ознакомление с материалами для аддитивного производства	2
10		Металлические материалы в аддитивном производстве	2
11		Полимерные материалы в аддитивном производстве	4
12	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	Перспективные аддитивные технологии	4
13		Перспективные направления в отрасли аддитивного производства деталей ракетной и ракетно- космической техники	4
Всего за 7 семестр			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	10

2	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	18
3	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	17
4	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	12
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>57</b>

#### 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			ТекК			ДР				ДР			ТекК			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Ляпков, Анна Алексеевна А. А.. . Полимерные аддитивные технологии. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
3. В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 46 экз.
4. М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. . Аддитивные технологии в машиностроении. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Проблемы машиностроения и автоматизации.

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

не требуется.

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

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



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

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **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 **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-94 способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач;

ПСК-14 способность разрабатывать технологические процессы изготовления и сборки отсеков конструкции корпуса ракет с применением новых материалов и средств автоматизации технологических процессов в соответствии с единой системой конструкторской документации на базе современных программных комплексов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления деталей ракетной и ракетно-космической техники с применением аддитивных технологий. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельную работу студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

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

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. . Аддитивные технологии в машиностроении: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013 (1,2)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2, 4)	18
Итого по разделу 2		18
<b>Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	А. А. Ляпков, Анна Алексеевна А. А.. . Полимерные аддитивные технологии: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1)	17
Итого по разделу 3		17
<b>Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Проработка учебной литературы и конспектирование основных понятий по теме	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4)	12
Итого по разделу 4		12

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.

#### Вопросы для текущего контроля

1. В чем суть фотоскульптуры?
2. Что такое стереолитография
3. В чем суть лазерной стереолитографии?
4. Какие бывают типы аддитивных технологий?
5. Что можно отнести к преимуществам аддитивных технологий?
6. Что можно отнести к недостаткам аддитивных технологий?
7. Какой алгоритм работы аддитивных технологий?
8. Какие металлические материалы применяются в аддитивном производстве?
9. Какие полимерные материалы применяются в аддитивном производстве?
10. Какие композитные материалы применяются в аддитивном производстве?
11. Какие перспективные направления в отрасли аддитивного производства деталей ракетной и ракетно-космической техники?
12. Какие перспективные области развития аддитивных технологий?

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Аддитивные технологии. История появления.
2. Классификация аддитивных технологий.
3. Преимущества и недостатки аддитивных технологий.
4. Методы создания и корректировки компьютерных трехмерных моделей.
5. Теоретические основы производства изделий методом послойного наплавления.
6. Эксплуатация аддитивных установок.
7. Принцип работы технологии послойного наплавления FDM.
8. Преимущества и недостатки технологии послойного наплавления.
9. Алгоритм производства изделия с применением аддитивного производства.
10. Принцип работы технологии селективного лазерного спекания.
11. Преимущества и недостатки технологии селективного лазерного спекания.
12. Принцип работы технологии лазерной стереолитографии.
13. Геометрические особенности деталей для аддитивного производства.
14. Преимущества и недостатки технологии лазерной стереолитографии.
15. Кинематические схемы машин аддитивного производства.
16. Виды и типы полимерных материалов, применяемые в аддитивном производстве.
17. Виды и типы порошковых материалов, применяемые в аддитивном производстве.
18. Перспективные направления развития аддитивных технологий.
19. Перспективные материалы для аддитивного производства.
20. Применение аддитивных технологий в ракетной и ракетно-космической технике.

#### Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Сдача дифференцированного зачета происходит путем ответа на билет, состоящий из трех вопросов:

при верном ответе на 1 из 3 вопросов - оценка "удовлетворительно"  
при верном ответе на 2 из 3 вопросов - оценка "хорошо"  
при верном ответе на 3 из 3 вопросов - оценка "отлично"

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		ПК-94	ПСК-14	
4	7	Раздел 1. Аддитивные технологии. История появления.	16	6	2	4	10	25	25	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Аддитивные технологии, как инструмент быстрого прототипирования.	36	18	6	12	18	25	25	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 3. Аддитивные технологии. Материалы.	32	15	5	10	17	25	25	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 4. Аддитивные технологии. Перспективы развития.	24	12	4	8	12	25	25	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100	