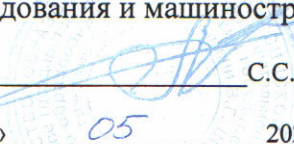


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

**СОГЛАСОВАНО**  
Директор института  
магистратуры  
И.В.Космачева  
« 22 » 05 2023 г.



**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор института технологического  
оборудования и машиностроения  
С.С.Латышев  
« 22 » 05 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Аддитивно-модульные технологии**

направление подготовки:

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

Направленность образовательной программы:

Производственный инжиниринг и цифровые технологии в машиностроении

Квалификация

магистр

Форма обучения

Очная

**Институт:** Технологического оборудования и машиностроения

**Выпускающая кафедра:** Технологии машиностроения

Белгород – 2023

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», утвержденное приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 17 августа 2020 г. № 1046

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2023 году.

Составитель: к.т.н., доцент  (Е.М.Жуков)

ассистент \_\_\_\_\_ (Д.С.Баранов)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«15» 05 2023 г. прот. № 11

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, доцент  (Т.А. Дююн)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«22» 05 2023 г. прот. № 6

Председатель  (Горшков П.С.)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции	ПК-1 Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	ПК-1.4. Разрабатывает технологические операции, назначает технологические режимы технологических операций, выбирает схемы контроля технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям, выполняет анализ достижения заданных технических требований на основе принятых технологических подходов	<p><b>Знать:</b> основные этапы создания трехмерных объектов методами аддитивного производства, способы предварительной оптимизации трехмерных объектов, основные ошибки, возникающие в ходе подготовки трехмерной модели, а также методы их устранения, существующие алгоритмы построения объектов, основные технологии трехмерной печати и физические принципы, лежащие в их основе.</p> <p><b>Уметь:</b> делать выбор наиболее подходящего метода трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода, пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок, располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати, подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа поставленной задачи изготовления заданного трехмерного объекта, выявления проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства, выбора наиболее подходящих методов трехмерной печати, выбора наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати, исправления ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати, печати на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc.</p>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

- 1. Компетенция ПК-1** Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Разработка технологических процессов
1	Инструментальное обеспечение автоматизированного производства
2	Аддитивно-модульные технологии
3	Организационно-экономическое обоснование инновационных проектов

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации

зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	71	
лекции	34	34
лабораторные		
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	73	73
Курсовой проект	-	
Курсовая работа	-	
Расчетно-графическое задание	-	
Индивидуальное домашнее задание	-	
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	73	73
Зачет	Зачет	Зачет

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
1	<b>Введение в аддитивные технологии</b>				
	1. История появления АМ-технологий. Основные определения. Область применения АМ-технологий в различных отраслях 2. Актуальные задачи и перспективы развития АМ-технологий. Алгоритм реализации АМ-технологий. Сравнительный анализ с традиционными технологиями.	4	4		8
2	<b>Классификация и сущность аддитивных технологий</b>				
	1. Категории АМ-технологий по ASTM классификации. Достоинства и недостатки различных видов АМ-технологий. 2. Сущность и схемы различных АМ-технологий. 3. Экструзионные методы 3D-печати 4. Порошковые методы 3D-печати 5. Струйные методы 3D-печати 6. Гибридные АМ-технологии.	12	12		28
3.	<b>Проектирование, производство и ремонт деталей по средством АМ-технологий</b>				
	1. Топологическая оптимизация и биопроектирование. 2. Основные ограничения при проектировании. 3. Быстрое прототипирование при проектировании. 4. Производство деталей из металлов и пластмасс. Производство сборок и подвижных соединений. 5. Производство оснастки и режущего инструмента. 6. Роль АМ-технологий в ремонте деталей машин.	12	12		24
4	<b>Средства оснащения, режимы работы и параметры получаемых деталей</b>				
	1. Параметры точности, качества и прочности деталей, изготовленных с помощью АМ-технологий. 2. Технологии и машины АМ-производства. 3. Материалы, режимы и время работы. Эффективность применения АМ-технологий.	6	6		13
	ВСЕГО	34	34		73
	ИТОГО	34	34		73

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	2	3	4	5
1	Введение в аддитивные технологии	Подготовка рефератов, докладов по темам: «История появления АМ-технологий», «Область применения АМ-технологий в различных отраслях», «Актуальные задачи и перспективы развития АМ-технологий», «Алгоритм реализации АМ-технологий», «Сравнительный анализ с традиционными технологиями».	4	8
2	Классификация и сущность аддитивных технологий	Технология 3D печати методом послойного наплавления. Проектирование 3D моделей и исправление ошибок. Экспорт модели в STL формат, деление STL на слои. Ориентирование подходящим образом модели для печати. Генерация поддерживающей структуры. Выбор материала для печати (ABS, PLA, поликарбонаты, полиамиды, полистирол, лигнин). Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов. Финишная обработка модели после печати.	8	20
3	Классификация и сущность аддитивных технологий	Подготовка рефератов, докладов по темам: «Категории АМ-технологий по ASTM классификации», «Достоинства и недостатки различных видов АМ-технологий», «Сущность и схемы различных АМ-технологий», «Экструзионные методы 3D-печати», «Порошковые методы 3D-печати», «Струйные методы 3D-печати», «Гибридные АМ-технологии».	4	8
4	Проектирование, производство и ремонт деталей посредством АМ-технологий	Топологическая оптимизация сборок методом конечных элементов в системе NX. Дискретизация исходной геометрии. Динамический расчет – модальный анализ. Доработка оптимизированной конструкции. Анализ сходимости численных расчетов. Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов. Финишная обработка модели после печати с помощью фрезерного станка с ЧПУ и ручного инструмента.	10	20
5	Проектирование, производство и ремонт деталей посредством АМ-технологий	Подготовка рефератов, докладов по темам: «Топологическая оптимизация и биопроектирование», «Основные ограничения при проектировании», «Быстрое прототипирование при проектировании», «Производство деталей из металлов и пластмасс», «Производство сборок и подвижных соединений», «Производство оснастки и режущего инструмента», «Роль АМ-технологий в ремонте деталей машин».	2	4
6	Средства оснащения, режимы работы и параметры получаемых деталей	Проверка соответствия готовых изделий техническому заданию. Измерение ручным инструментом. Система бесконтактной оцифровки.	4	9

7	Средства оснащения, режимы работы и параметры получаемых деталей	Подготовка рефератов, докладов по темам: «Параметры точности, качества и прочности деталей, изготовленных с помощью АМ-технологий», «Технологии и машины АМ-производства», «Материалы, режимы и время работы».	2	4
ВСЕГО			34	73
ИТОГО			34	73

#### **4.3. Содержание лабораторных занятий**

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

#### **4.4. Перечень тем курсовых работ, их краткое содержание и объем**

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено

#### **4.5. Содержание расчетно-графического задания.**

Выполнение расчетно-графического задания учебным планом не предусмотрено.



## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1** Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.4 Разрабатывает технологические операции, назначает технологические режимы технологических операций, выбирает схемы контроля технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям, выполняет анализ достижения заданных технических требований на основе принятых технологических подходов.	Зачет

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Не предусмотрены учебным планом

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в аддитивные технологии	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что представляют собой аддитивные технологии?</li><li>2. Назовите классификационные признаки аддитивных технологий.</li><li>3. Перечислите достоинства аддитивных технологий по сравнению с традиционными технологиями.</li><li>4. Перечислите недостатки аддитивных технологий по сравнению с традиционными технологиями.</li><li>5. Назовите секторы производственной и социальной сферы, где аддитивные технологии получили наибольшее применение.</li><li>6. Назовите основные направления применения аддитивных технологий в машиностроении.</li><li>7. Чем различаются термины «3D-печать» и «аддитивное производство»?</li><li>8. Укажите две технологии, которые явились предшественниками современных аддитивных технологий?</li><li>9. Назовите ключевые изобретения в области аддитивных технологий.</li><li>10. Какие виды аддитивных технологий занимают ведущие места на рынке аддитивных технологий?</li><li>11. В каких направлениях в основном используются аддитивные технологии?</li><li>12. Назовите основные факторы, сдерживающие применение аддитивных технологий.</li><li>13. Назовите основные тенденции мирового развития аддитивных технологий.</li></ol>

		14. Что понимается под адаптацией аддитивных технологий?
2	Классификация и сущность аддитивных технологий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте краткую характеристику аддитивным технологиям, относящимся к разным категориям по ASTM-классификации.</li> <li>2. Чем обусловлена высокая гибкость производства при использовании аддитивных технологий?</li> <li>3. Чем обусловлена большая свобода проектирования изделий при использовании аддитивных технологий?</li> <li>4. Чем обусловлена низкая себестоимость производства единичных изделий при использовании аддитивных технологий?</li> <li>5. Назовите достоинства и недостатки FDM-технологии.</li> <li>6. Назовите достоинства и недостатки MJM-технологии.</li> <li>7. Назовите достоинства и недостатки 3DP-технологии.</li> <li>8. Назовите достоинства и недостатки LOM-технологии.</li> <li>9. Назовите достоинства и недостатки SLA-технологии.</li> <li>10. Назовите достоинства и недостатки SLS-технологии.</li> <li>11. Назовите достоинства и недостатки SLM-технологии.</li> <li>12. Что представляют собой гибридные аддитивные технологии?</li> <li>13. Назовите виды гибридных аддитивных технологий.</li> </ol>
3	Проектирование, производство и ремонт деталей по средством АМ-технологий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Укажите общие и отличительные признаки генеративного проектирования и топологической оптимизации.</li> <li>2. В чем состоит сущность биопроектирования?</li> <li>3. Охарактеризуйте два подхода к биопроектированию.</li> <li>4. Какие новые возможности проектирования открываются благодаря применению аддитивных технологий?</li> <li>5. Приведите примеры биопроектирование деталей, связанные с модифицированием геометрии.</li> <li>6. Какие ограничения проектирования деталей обусловлены применением аддитивных технологий?</li> <li>7. Что такое «быстрое прототипирование»?</li> <li>8. Как соотносятся между собой термины «быстрое прототипирование» и «аддитивное производство»?</li> <li>9. Что обычно понимают под прототипами при проектировании деталей машин?</li> <li>10. Для чего предназначается быстрое прототипирование при проектировании деталей машин?</li> <li>11. Для чего используют концепт-модели?</li> <li>12. Какие виды аддитивных технологий, позволяющих печатать металлами, применяются при производстве деталей машин?</li> <li>13. Приведите примеры пластиковых деталей машин, изготавливаемых с помощью аддитивных технологий.</li> <li>14. В чем состоит сущность аддитивного производства сборок?</li> <li>15. Поясните, каким образом можно изготавливать сборочные единицы с подвижными соединениями благодаря использованию аддитивных технологий.</li> <li>16. Приведите примеры сочетания аддитивных и традиционных технологий изготовления деталей машин.</li> <li>17. Приведите примеры сочетания разных аддитивных технологий изготовления деталей машин.</li> </ol>

		<ol style="list-style-type: none"> <li>18. В чем состоят преимущества применения аддитивных технологий для изготовления оснастки и инструмента?</li> <li>19. Почему наиболее эффективно применять аддитивные технологии для изготовления формообразующей оснастки?</li> <li>20. Приведите примеры применения сочетаний аддитивных и традиционных технологий для изготовления оснастки и инструмента.</li> <li>21. Какие виды аддитивных технологий можно применять для изготовления режущих инструментов?</li> <li>22. Какую роль играют аддитивные технологии в ремонте машин?</li> <li>23. Какие виды аддитивных технологий применяют при восстановлении изношенных металлических деталей путем наплавки?</li> <li>24. Какие виды аддитивных технологий применяют для устранения литейных дефектов металлических деталей в виде локальных повреждений, пор и т.п.?</li> <li>25. Какой вид аддитивных технологий перспективно применять для восстановления тонкостенных элементов изделий?</li> <li>26. Почему эффективно ремонтировать детали из пластмасс с использованием аддитивных технологий?</li> <li>27. Приведите примеры применения аддитивных технологий при ремонте пластмассовых деталей.</li> <li>28. Чем обусловлена целесообразность проведения ремонтных работ на основе применения аддитивных технологий?</li> <li>29. Какие основные изменения происходят в организации ремонтных работ в случае использования запчастей, изготавливаемых путем 3Dпечати?</li> <li>30. Назовите барьеры, сдерживающие производство запчастей с помощью 3D-печати.</li> </ol>
4	<p>Средства оснащения, режимы работы и параметры получаемых деталей</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем определяется точность изготовления деталей с помощью аддитивных технологий (точность 3D-печати)?</li> <li>2. Назовите факторы, характеризующие точность 3D-печати.</li> <li>3. Что такое точность позиционирования 3D-принтера?</li> <li>4. От каких факторов зависит точность позиционирования 3Dпринтера?</li> <li>5. Что такое разрешающая способность 3D-принтера?</li> <li>6. От каких факторов зависит разрешающая способность 3Dпринтера?</li> <li>7. Объясните причины волнистого и ступенчатого рельефа поверхности изделий, получаемых с помощью аддитивных технологий.</li> <li>8. Назовите возможные пути снижения ступенчатого рельефа поверхности изделий, получаемых с помощью аддитивных технологий.</li> <li>9. Назовите основные виды постобработки, выполняемой при осуществлении аддитивных технологий.</li> <li>10. Поясните, как прочность изделия может зависеть от условий изготовления на примере реализации FDM-технологии.</li> </ol>

		<p>11. Чем определяется производительность аддитивных технологических процессов?</p> <p>12. Какие факторы влияют на скорость 3D-печати?</p> <p>13. Как определяется скорость 3D-печати?</p> <p>14. Поясните, как скорость 3D-печати может зависеть от условий ее проведения на примере реализации FDM-технологии.</p> <p>15. Для чего необходимы поддерживающие элементы при изготовлении изделий с помощью аддитивных технологий, как их можно создавать и удалять?</p> <p>16. Охарактеризуйте основные и вспомогательные материалы, используемые в аддитивных технологиях.</p> <p>17. Укажите типовые условия применимости аддитивных технологий для изготовления изделия.</p> <p>18. Какие параметры следует использовать для оценки целесообразности применения аддитивных технологий для изготовления изделия?</p> <p>19. Назовите определяющие признаки целесообразности применения аддитивных технологий для изготовления изделия.</p> <p>20. Какие факторы следует учитывать при принятии решения о применении аддитивных технологий для изготовления изделия.</p> <p>21. Укажите основные элементы схемы принятия решения о применении аддитивных технологий для изготовления изделия.</p> <p>22. В каких случаях может быть эффективным изготовление запчастей с помощью аддитивных технологий?</p>
--	--	---

### 5.3. Перечень материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрены учебным планом

### 5.4. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Не предусмотрены учебным планом

### 5.5. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание основных этапов создания трехмерных объектов методами аддитивного производства, способов предварительной оптимизации трехмерных объектов, основных ошибок, возникающих в ходе подготовки трехмерной модели, а также методов их устранения, существующих алгоритмов построения объектов, основных технологий трехмерной печати и физических принципов, лежащих в их основе.

Умения	Умение выбирать наиболее подходящий метод трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода, пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок, располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати, подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.
Навыки	Владение навыками анализа поставленной задачи изготовления заданного трехмерного объекта, выявлением проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства, выбором наиболее подходящих методов трехмерной печати, выбором наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати, исправлением ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати, печатью на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей критериев оценивания.

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Знания»

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание основных этапов создания трехмерных объектов методами аддитивного производства	Не знает основных этапов создания трехмерных объектов методами аддитивного производства	Знает основных этапов создания трехмерных объектов методами аддитивного производства
Знание способов предварительной оптимизации трехмерных объектов	Не знает способы предварительной оптимизации трехмерных объектов	Знает способы предварительной оптимизации трехмерных объектов
Знание основных ошибок, возникающих в ходе подготовки трехмерной модели, а также методов их устранения	Знает основные ошибки, возникающие в ходе подготовки трехмерной модели, а также методы их устранения	Не знает основные ошибки, возникающие в ходе подготовки трехмерной модели, а также методы их устранения
Знание существующих алгоритмов построения объектов, основных технологий трехмерной печати и физических принципов, лежащих в их основе.	Знает существующие алгоритмы построения объектов, основные технологии трехмерной печати и физические принципы, лежащие в их основе	Не знает существующие алгоритмы построения объектов, основные технологии трехмерной печати и физические принципы, лежащие в их основе
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает материал дисциплины в достаточном объеме
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы

Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания неполно и без логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, и примерами Неверно излагает и интерпретирует знания	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно Грамотно и по существу излагает знания

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Умения»

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умение выбирать наиболее подходящий метод трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода	Не умеет выбирать наиболее подходящий метод трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода	Умеет выбирать наиболее подходящий метод трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода
Умение пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок	Не умеет пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок	Умеет пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок
Умение располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати	Не умеет располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати	Умеет располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати
Умение подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.	Умеет подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.	Не умеет подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.
Умение качественно оформлять выполнение заданий	Не способен качественно оформлять выполнение заданий	Понятно и корректно оформляет (презентует) выполнение заданий

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Навыки»

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Владение навыками анализа поставленной задачи	Владеет навыками анализа поставленной задачи изготовления заданного трехмерного объекта	Не владеет навыками анализа поставленной задачи изготовления заданного трехмерного объекта

изготовления заданного трехмерного объекта		
Владение навыками выявления проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства	Владеет навыками выявления проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства	Не владеет навыками выявления проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства
Владение навыками выбора наиболее подходящих методов трехмерной печати	Владеет навыками выбора наиболее подходящих методов трехмерной печати	Не владеет навыками выбора наиболее подходящих методов трехмерной печати
Владение навыками выбора наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати	Владеет навыками выбора наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати	Не владеет навыками выбора наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати
Владение навыками исправления ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати	Владеет навыками исправления ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати	Не владеет навыками исправления ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати
Владение навыками печати на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc	Владеет навыками печати на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc	Не владеет навыками печати на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория УК4, №305.	Специализированная мебель. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
2	Специализированная лаборатория САПР для проведения практических занятий	Специализированная мебель, персональные компьютеры, проектор.

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Windows 10 Pro	Подписка Microsoft Imagine Premiumid: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c. Срок действия до 01.05.2019.
2	Microsoft Office 2019	Соглашение №V6328633. Срок действия до 31.10.2020
3	Учебный комплект КОМПАС-3D V18	Лицензионное соглашение МЦ-19-00059 от 13.11. 2018

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

#### 6.3.1. Перечень основной литературы

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
2. Шкуро, А.Е., Технологии и материалы 3D-печати: учеб. пособие / А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногое. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – 101 с
3. Кулик В.И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники: учебное пособие / В.И. Кулик, А.С. Нилов. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т., 2018. - 160 с.
4. Шишковский, И. В., Основы аддитивных технологий высокого разрешения. — СПб.: Питер, 2016. — 400 с.

#### 6.3.2. Перечень дополнительной литературы.

1. Хейфец, М.Л., д.т.н., проф. Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь, Алгоритмы процессов послойного синтеза изделий сложной формы из композиционных материалов // Процессы механической обработки в машиностроении. — 2009. — №7. — С. 257-273
2. Валетов В. А., Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное



пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015, – 63с.

### **6.3.3. Перечень интернет-ресурсов**

1. <https://www.hubs.com/knowledge-base/>
2. <https://reprap.org/wiki/RepRap>
3. Панков, Д. Э. Лазерная стереолитография (SLA): технология 3D-печати / Д. Э. Панков, И. А. Соломонов, А. М. Терин, А. К. Тутушкин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 48 (338). — С. 48-49. — URL: <https://moluch.ru/archive/338/75621/>
4. Франке, Й. 3D-MID. Материалы, технологии, свойства. Пер. с англ. Под ред. И. Волкова. – СПб.: Профессия, 2014. – 336 с. Ссылка на текст: [https://studref.com/554661/tehnika/3d-mid\\_materialy\\_tehnologii\\_svoystva](https://studref.com/554661/tehnika/3d-mid_materialy_tehnologii_svoystva)

### **6.3.4. Перечень интернет-ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. <https://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система издательства «Лань».
2. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru) – Электронно-библиотечная система IPRbooks
3. <https://elib.bstu.ru/> – Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех»). БГТУ им. В.Г. Шухова
4. <http://techlibrary.ru> – Информационный ресурс со свободным доступом «Техническая библиотека»;