

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.09.2023 15:35:18

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Аддитивные технологии

Закреплена за подразделением

Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Направление подготовки

15.03.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 11

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Шинкарев Александр Сергеевич*

Рабочая программа

**Аддитивные технологии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 15.03.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

15.03.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, 15.03.02-БТМО-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

15.03.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра инжиниринга технологического оборудования**

Протокол от 13.04.2023 г., №3

Руководитель подразделения Карфидов Алексей Олегович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Сформировать знания, умения и навыки в области аддитивных технологий.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.23
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Производственная практика	
2.1.2	Производственная практика	
2.1.3	Инжиниринг коллаборативных робототехнических комплексов	
2.1.4	Инжиниринг робототехнических приборов	
2.1.5	Автоматизация процессов, машин и агрегатов	
2.1.6	Надежность технологических машин	
2.1.7	Оборудование для производства деталей и оснастки	
2.1.8	Производственный менеджмент	
2.1.9	Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения	
2.1.10	Гидравлика	
2.1.11	Материаловедение и технологии конструкционных материалов	
2.1.12	Теплофизика	
2.1.13	Информатика	
2.1.14	Экономика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Научно-исследовательская работа	
2.2.2	Научно-исследовательская работа	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-8-31	Знать оборудование и технологии аддитивного производства.
ОПК-8-32	Знать возможные методы оценки результатов научно-технических разработок и научных исследований в области аддитивных технологий.
<b>ОПК-14: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-14-31	Знать программное обеспечение, используемое в аддитивном производстве.
<b>ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-7-31	Знает современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении
<b>ОПК-14: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-14-33	Знать методы подготовки 3D моделей для использования в аддитивном производстве.
ОПК-14-32	Знать методы проведения анализа и обобщения научных данных.
<b>ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</b>	
<b>Уметь:</b>	

ОПК-7-У1 Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении
<b>ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-8-У1 Уметь самостоятельно проводить подготовку цифровых моделей для использования в аддитивном производстве.
<b>ОПК-14: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-14-В1 Владеть навыками систематизации и обобщения информации о достижениях в области аддитивного производства и смежных областях.
<b>ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-8-В1 Владеть навыками анализа существующих технологий аддитивного производства.
<b>ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-7-В1 Владеет современными экологичными и безопасными методами рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Раздел 1. Введение. Классификация процессов аддитивного производства.</b>							
1.1	Введение и базовые принципы аддитивного производства. Классификация процессов аддитивного производства, различные подходы к классификации современных аддитивных технологий. /Лек/	11	4	ОПК-8-31 ОПК-14-31 ОПК-14-32 ОПК-14-33	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства, М.: Техносфера, 2016. – 646 с.		
1.2	Основные процессы, применяемые в технологиях быстрого прототипирования. Области применения прототипов и конечных изделий, полученных аддитивными методами. Физические процессы, лежащие в основе технологий быстрого прототипирования. Особенности технологий, преимущества и недостатки технологий. Материалы и их характеристики. Основные принципы 3D печати. Применение поддерживающих структур. Области применения 3D печати. /Лек/	11	8	ОПК-8-31	Л1.7 Л1.1 Л2.2 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.3 Э3 Э4	А. Г. Григорьянц и др. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / А. Г. Григорьянц и др. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 278 с.		

1.3	Проведение лабораторного занятия по подготовке 3D моделей к изготовлению методами аддитивных технологий (3D печати) /Пр/	11	12	ОПК-8-У1	Л1.3 Л1.5 Л1.6Л2.3 Э5	Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / А. Г. Григорьянц и др. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 278 с.		
1.4	Подготовка и написание реферата /Ср/	11	36	ОПК-8-В1 ОПК-14-В1	Л1.3 Л1.4Л2.3 Э2	Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с		P1
	<b>Раздел 2. Раздел 2. Этапы аддитивного производства.</b>							
2.1	Изучение основных технологических этапов аддитивного производства. /Лек/	11	4	ОПК-8-31	Л1.1 Л2.2Л2.3 Э1	Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства , М.: Техносфера, 2016. – 646 с.		
2.2	Преимущества аддитивного производства. Информация о подготовке моделей для использования в аддитивном производстве. /Лек/	11	2	ОПК-14-33	Л1.1 Л1.3Л1.7 Э2			
2.3	Проведение лабораторного занятия по изготовлению подготовленных моделей методом Селективного лазерного плавления из нержавеющей марок сталей (3D печати) /Пр/	11	12	ОПК-8-У1 ОПК-7-В1 ОПК-7-У1	Л1.7Л2.4 Э3 Э4			
2.4	Подготовка к контрольной работе. /Ср/	11	40	ОПК-8-31 ОПК-14-В1 ОПК-8-32 ОПК-8-У1 ОПК-8-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1	Л1.7Л2.4 Э5			

	<b>Раздел 3. Раздел 3. Технологические особенности отдельных процессов аддитивного производства.</b>							
3.1	Процесс селективного лазерного плавления (SLM). Технологические процессы с использованием лазерной наплавки, прямое осаждение порошкового материала с использованием лазерной энергии DMD/DED. Процессы EBM. /Лек/	11	4	ОПК-14-B1 ОПК-8-B1 ОПК-14-31 ОПК-14-32 ОПК-14-33 ОПК-8-31 ОПК-8-32	Л1.7Л2.3 Э4 Э5	Лазерные аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / А. Г. Григорьянц и др. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 278 с.		
3.2	Процесс фотополимеризации. История. Обзор химического состава фотополимеров. Основные способы фотополимеризации. Масочное излучение. DLP технологии. LED излучение. Технологии прототипирования основанные на процессе фотополимеризации. Технология SLA. Технологии SGC, FTI, DLP. Технология MJM. Особенности технологии PolyJet. /Лек/	11	4	ОПК-14-B1 ОПК-8-B1	Л1.7Л2.4 Э4			
3.3	Технологии прототипирования, основанные на процессе экструзии (FDM и FFF). Процесс Экструзии. Материалы. /Лек/	11	4	ОПК-8-31	Л1.4 Л1.5Л2.4 Э4			
3.4	Технологии прототипирования, основанные на спекании порошкообразных материалов. Технология SLS. Механизмы спекания порошков. Переработка порошков Подходы к изготовлению изделий и прототипов из металлических и керамических материалов. Варианты селективного спекания порошков. Формирование структуры и свойств материалов в процессе выращивания деталей при селективном лазерном плавлении. /Лек/	11	4	ОПК-8-31 ОПК-7-31 ОПК-8-32	Л1.1Л2.3 Э4			

3.5	Анализ конструкций FDM 3D принтеров, анализ существующих кинематик 3d принтеров в лаборатории кафедры. /Пр/	11	10	ОПК-8-В1	Л1.Л2.4 Э4		КМ1	
-----	---	----	----	----------	---------------	--	-----	--

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1 "Основы аддитивных технологий".	ОПК-14-31;ОПК-14-32;ОПК-14-33	<p>Контрольную работу проводят в часы аудиторных занятий в виде ответов на предложенные вопросы.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация основных систем аддитивного производства.</li> <li>2. Системы с использованием порошковых типов расходных материалов.</li> <li>3. Системы с использованием жидких типов расходных материалов.</li> <li>4. Системы с использованием филамента и расходных материалов твердого типа.</li> <li>5. Оборудование для экструзионных систем.</li> <li>6. Персональные 3Д принтеры. Материалы.</li> <li>7. Системы плавления порошков.</li> <li>8. Системы спекания порошков.</li> <li>9. Системы наплавки.</li> <li>10. Постобработка, оборудование для постобработки. Удаление поддерживающего материала.</li> <li>11. Выбор типа оборудования для аддитивного производства.</li> <li>12. Отличия и схожесть систем наплавки и экструзионных систем.</li> <li>13. Использование систем наплавки (в частности лазерной наплавки) для ремонта изделий в машиностроении.</li> <li>14. Используя параметры установки SLM (селективного лазерного плавления или СЛП) на основе формулы определения энергии сделать вывод о том, как можно изменить параметры, чтобы увеличить скорость построения объекта.</li> <li>15. Склеивание листовых материалов: описание процесса, особенности, материалы.</li> <li>16. Различия технологий аддитивного производства с использованием лазерного излучения.</li> <li>17. Материалы, оборудование. Параметры технологического процесса и моделирование селективного лазерного плавления порошков (СЛП или SLM).</li> <li>18. Материалы, используемые в процессе SLM, работа с порошками.</li> <li>19. Струйная 3D печать. Материалы, используемые для струйной 3D печати.</li> <li>20. Материалы, применяемые в технологиях быстрого прототипирования.</li> <li>21. Экструзионные системы.</li> <li>22. Ограничения процесса FDM. Материалы, оборудование</li> <li>23. Преимущества бюджетных систем AP.</li> <li>24. Программное обеспечение в аддитивном производстве.</li> </ol>

#### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Реферат по теме	ОПК-14-32;ОПК-14-33;ОПК-7-31	Аддитивные технологии

#### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен не предусмотрен.

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Критерии оценки обучающегося при сдаче зачета с оценкой.

Отлично: обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок.

Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер.

Хорошо: Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера

Удовлетворительно: Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы и допускает ряд неточностей.

Неудовлетворительно: Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов, допускает значительные неточности.

Результаты обучения при проведении зачета

5 -«Отлично» - от 86% или 86 – 100 баллов (Компетенция сформирована).

4 - «Хорошо» - до 85% или 66 – 85 баллов

3 - «Удовлетворительно» - до 65% или 51 – 65 баллов

2 - «Неудовлетворительно» до 50% или 0 – 50 баллов (Компетенция не сформирована)

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Каменев С. В., Романенко К. С.	Технологии аддитивного производства: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017
Л1.2	Солнцев Ю. П., Веселов В. А., Демянцевич В. П., др., Солнцев Ю. П.	Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1996
Л1.3	Шубина Н. Б., Сурина Н. В., Белянкина О. В., Сизова Е. И.	Технология конструкционных материалов. Технологические процессы в машиностроении: учеб. пособие для вып. лабораторных раб., практических занятий, курсового и дипломного проектирования.	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГТУ, 2005
Л1.4	Горелов В. П., Хомутов О. И.	Технология конструкционных электротехнических материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016
Л1.5	Шубина Н. Б., Сурина Н. В., Белянкина О. В., Сизова Е. И.	Технология конструкционных материалов. Технологические процессы в машиностроении: учеб. пособие для вып. практических занятий и самостоятельной работы для студ. спец. 'Технология машиностроения', 'Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды'	Электронная библиотека	М.: [МГТУ], 2012
Л1.6	Шахова К. И., Белянкина О. В.	Материаловедение. Технологии конструкционных материалов: учеб. пособие для студ. спец. 140604 - 'Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов'	Библиотека МИСиС	М.: [МГТУ], 2011

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Масанский О. А., Казаков В. С., Токмин А. М., Свечникова Л. А., Астафьева Е. А.	Материаловедение и технологии конструкционных материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2015
Л2.2	Кузнецов В. Г., Кузнецов Р. К., Гарифуллин Ф. А.	Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017
Л2.3	Семин А. Е., Турсунов Н. К., Косырев К. Л.	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов. Теория и технология выплавки стали в индукционных печах: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2017
Л2.4	Григорьянц А. Г., Казарян М. А., Лябин Н. А.	Лазерная прецизионная микрообработка материалов: монография	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2017

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Большая Российская Энциклопедия,	<a href="https://bigenc.ru/">https://bigenc.ru/</a>
Э2	Научно-техническая библиотека мисис	<a href="http://www.lib.misis.ru/">http://www.lib.misis.ru/</a>
Э3	Национальная электронная библиотека	<a href="https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000016985/">https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000016985/</a>
Э4	Электронный каталог библиотеки МИСИС	<a href="http://elcat.lib.misis.ru/vmsua5379ghkip/app/webroot/index.php?url=/notices/index/987721320/default/84015">http://elcat.lib.misis.ru/vmsua5379ghkip/app/webroot/index.php?url=/notices/index/987721320/default/84015</a>
Э5	Электронная библиотечная система	<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=430813#headers">https://znanium.com/catalog/document?id=430813#headers</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ANSYS Academic Research CFD
П.2	SolidWorks Education 1000 CAMPUS
П.3	КОМПАС-3D v17
П.4	CES EDUPack
П.5	Autodesk Inventor
П.6	MATCAD
П.7	Comsol Multiphysics
П.8	Ultimaker Cura 4.4
П.9	Компас-3D v20 Машиностроительная конфигурация

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Г-337	Учебная аудитория	набор демонстрационного оборудования, в том числе: мультимедийный проектор, экран проекционный; комплект учебной мебели
Г-340	Учебная аудитория	стационарные компьютеры - 16 шт.; пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели
А-106	Аудитория для самостоятельной работы	комплект учебной мебели на 12 рабочих мест, рабочее место преподавателя с персональным компьютером, без доступа к ИТС «Интернет»

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности студентов достигается выполнением задач и вопросов для внутрисеместрового контроля знаний. Это обеспечивается методическими разработками, созданными в электронном формате, существенно повышающими эффективность самостоятельной работы студентов.

Лекции проводятся с использованием мультимедийных технологий в специально оборудованных аудиториях, при этом лекционный материал демонстрируется с использованием графического редактора Power Point.

На практических занятиях осваиваются как классические методы решения задач, так и с использованием пакетов прикладных программ. Такая возможность обеспечивается рациональным использованием времени при проведении лекций и практических занятий с широким привлечением мультимедийной техники, и современных пакетов прикладных программ, а также формированием требований к подготовке студентов по предшествующим дисциплинам программы бакалавриата.

В конце каждого практического занятия рекомендуется проводить 10-15 минутный тестовый контроль для оценки уровня усвоения материала каждым студентом.

Дисциплина относится к техническим наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.