

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 22.09.2023 14:58:53  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5673742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета машиностроения  
/Е.В. Сафонов/  
« 13 » *Сентябрь* 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Аддитивные технологии и способы их применения»**

Направление подготовки

**22.03.02 «Металлургия»**

Профиль «Инновации в металлургии»

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**


Москва 2022

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **22.03.02 «Металлургия»**, профиль подготовки **«Инновации в металлургии»**

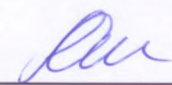
Программа дисциплины **«Аддитивные технологии и способы их применения»** согласована и утверждена на заседании кафедры «Металлургия»

« 31 » августа 2022 г., протокол № 11-08

Заведующий кафедрой

 /Шульгин А.В. /

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки **22.03.02 «Металлургия»**

 / Хламкова С.С. /

« 31 » августа 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии  /А.Н. Васильев/

« 15 » 09 2022 г., протокол № 14-12

Присвоен регистрационный номер 22.03.02.03/57.2022

## **1. Цель и задачи освоения дисциплины**

Цель дисциплины. В соответствии с требованиями основной целью курса «Аддитивные технологии и способы их применения» является формирование инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления изделий с использованием аддитивных технологий; в области разработки и внедрения аддитивных технологий изготовления машиностроительных изделий; в области модернизации действующих и проектировании новых эффективных машиностроительных производств различного назначения; а также применения систем экологической безопасности машиностроительных производств.

Задачи дисциплины: - сформировать системное представление о исторических предпосылках появления аддитивных технологий; - изучение информации о машинах и оборудовании для выращивания металлических изделий; - усвоение алгоритма изготовления технологической оснастки с применением 3D принтера - приобретение навыка проведения контроля качества готового изделия с использованием 3D сканера (координатно-измерительной машины).

Программа призвана обеспечивать наращивание профессиональных компетенций специалистов по разработке технологий аддитивного производства в области лазерных процессов. Предметом дисциплины «Аддитивные технологии» являются технологические приемы послойного построения моделей, форм, мастер-моделей и т.д. путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой разными способами: спеканием, сплавлением, склеиванием, полимеризацией - в зависимости от нюансов конкретной технологии.

Идеология аддитивных процессов базируется на технологиях, в основе которых - цифровое описание изделия, его компьютерная модель или так называемая CAD-модель. При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта - от идеи до материализации (в любом виде - промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE-системе.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина «Аддитивные технологии и способы их применения» относится к числу ~~элективных~~ дисциплин образовательной программы бакалавриата по профилю «Инновации в металлургии». Взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В обязательной части:*

- Физика;

- Металлургические технологии

*В части, формируемой участниками образовательных отношений:*

- Механические и физические свойства металлов;
- Физическая химия;
- Технология получения продукции из разнородных металлов и порошков;
- Порошковая металлургия;
- Методы неразрушающего контроля металлов и сплавов.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
ОПК-1	Способностью решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	– знает: основы истории, философии, математики, физики, химии, информационно-коммуникационных технологий, инженерной и компьютерной графики – умеет: решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования – имеет навыки: решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, <b>математического анализа</b> , естественнонаучные и общеинженерные знания
ОПК-8	Способностью понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	- знает: принципы работы информационных технологий; - умеет: использовать информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности – имеет навыки: использовать информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, т.е. 72 академических часа (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения» изучаются на третьем курсе.

Структура и содержание дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения» по срокам и видам работы отражены в приложении.

#### Содержание разделов дисциплины Шестой семестр

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Терминология и классификация. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Характеристика рынка аддитивных технологий	1
2	2	Машины и оборудование для выращивания металлических изделий. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм. Лазерная стереолитография. Технологии синтеза песчаных литейных форм. Машины для синтеза песчаных форм.	1
3	3	Материалы для «металлических» АМ-машин. Области применения порошковых материалов. Методы получения металлических порошков, технология получения заготовок из конструкционных и специальных сплавов распылением (атомизацией) металла.	2

#### Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия	Кол-во Часов
1	4	Разработка 3D моделей и рабочих чертежей на резинотехнические изделия	1
2	5	Разработка технологического процесса	1
3	6	Оценка качества готовых изделий	2

#### 5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов практических работ;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового

тестирования;

- проведение контрольных работ;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения» и в целом по дисциплине составляет 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Текущий контроль учебной деятельности студентов и учёт результатов этого контроля по дисциплине в целом позволяет студенту сформировать собственный план работы по изучению курса, способствует обеспечению ритмичности учебной деятельности обучаемых.

Для текущего контроля в данной дисциплине используются следующие подходы:

- 1) периодическая оценка результатов (2...4 раза в течение семестра) учебной деятельности каждого студента с учетом, как аудиторных занятий, так и графика выполнения самостоятельной работы (реализуется преподавателем проверкой посещаемости аудиторных занятий, ритмичности выполнения и защиты лабораторных работ, проверкой освоения материала и подготовки к выполнению тестов с помощью устного опроса);
- 2) проведение текущих контрольных мероприятий, а именно тестирования.

Тестирование включает три этапа. Дисциплина условно разбивается на две части. После изучения первой части студенты тестируются по вопросам, освещённым в первой части дисциплины. Далее изучается вторая часть, и тестирование осуществляется по вопросам, которые изучались во второй части. Третий этап тестирования - комплексный и содержит все вопросы, освещаемые в данной дисциплине.

Оценка обучения проводится по количеству правильных ответов на тестовые задания:

- более 75% правильных ответов - отлично;
- более 60%, но менее 75% правильных ответов - хорошо;
- от 30% до 60% правильных ответов - удовлетворительно;
- менее 30% правильных ответов - неудовлетворительно.

Данная оценка прямо не влияет на окончательную аттестацию студентов, а является мерой их работоспособности, тяги к знаниям и аккуратности в выполнении поставленных задач. Тем не менее, данное тестирование призвано не только для настройки обучаемых на добросовестное изучение дисциплины, но и дать представление преподавателю о методах эффективного преподнесения информации, о возможном освещении наиболее непонятных для студентов вопросов на аудиторных занятиях и в личных беседах.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

### обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-1	Способностью решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
ОПК-8	Способностью понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>ПК -1</b> Способностью выбирать методы планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике, анализировать, обрабатывать и представлять результаты				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

<p><b>знать:</b> как выбирать методы исследования,</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний методов исследования;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное знание выборов методов исследований. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное незнание методов исследований. Допускаются незначительные ошибки.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное знание методов исследований.</p>
<p><b>уметь:</b> планировать и проводить необходимые эксперименты</p>	<p>Обучающийся не умеет планировать и проводить необходимые эксперименты.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаниям по проведению планирования и проведению необходимых экспериментов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное незнание планирования и проведения необходимых экспериментов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует умения планировать и проводить необходимые эксперименты. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> навыками интерпретации результатов и делать выводы.</p>	<p>Обучающийся не владеет навыками интерпретации результатов и не умеет делать выводы.</p>	<p>Обучающийся владеет навыками интерпретации результатов и делать выводы. Обучающийся испытывает значительные затруднения.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками интерпретации результатов и делать выводы, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения.</p>	<p>Обучающийся свободно владеет навыками интерпретации результатов и делать выводы.</p>

**ОПК -1** Способностью решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания



<p><b>знать:</b> взаимосвязь между структурой и свойствами металлических материалов; способы изменения структуры и свойств металлов при обработке (термической, механической)</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний взаимосвязи между структурой и свойствами металлических материалов; способов изменения структуры и свойств металлов при обработке</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: взаимосвязь между структурой и свойствами металлических материалов; способы изменения структуры и свойств металлов при обработке. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний взаимосвязь между структурой и свойствами металлических материалов; способы изменения структуры и свойств металлов при обработке; но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: взаимосвязь между структурой и свойствами металлических материалов; способы изменения структуры и свойств металлов при обработке, свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
---	---	---	--	---

**ОПК-8 - Способностью понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности**

<p><b>знать:</b> - основные группы и марки обрабатываемых материалов, особенности их термообработки; - основные виды термической обработки;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний об основных группах и марках обрабатываемых материалов, особенностей их термообработки; - основных видах термической обработки;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное знание основных групп и марок обрабатываемых материалов, особенностей их термообработки; - основных видов термической обработки;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное некоторых марок сталей и способов их термообработки;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное знание групп и марок обрабатываемых материалов, особенностей их термообработки; - основных виды термической обработки;</p>
---	---	--	---	--

<p><b>уметь:</b> - применять методики контроля свойств материалов, после термической и химико-термической обработки. - проводить анализ качества изделий после термической и химико-термической обработки.</p>	<p>Обучающийся не умеет - применять методики контроля свойств материалов, после термической и химико-термической обработки. - проводить анализ качества изделий после термической и химико-термической обработки.</p>	<p>Обучающийся не умеет - применять некоторые методики контроля свойств материалов, после термической и химико-термической обработки. - проводить анализ качества некоторых изделий после термической и химико-термической обработки.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное незнание некоторых методик контроля и анализа изделий;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное умение - применять методики контроля свойств материалов, после термической и химико-термической обработки. - проводить анализ качества изделий после термической и химико-термической обработки.</p>
<p><b>владеть:</b> - навыками определения качества изделий в процессе термической обработки;</p>	<p>Обучающийся не владеет навыками определения качества изделий в процессе термической обработки;</p>	<p>Обучающийся владеет навыками определения качества изделий в процессе термической обработки, но допускает значительные ошибки;</p>	<p>Обучающийся владеет навыками определения качества изделий в процессе термической обработки, но допускает незначительные ошибки;</p>	<p>Обучающийся полностью владеет навыками определения качества изделий в процессе термической обработки.</p>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины Электронные образовательные ресурсы

<http://www.netramm.com>.

[www.raymor.com](http://www.raymor.com).

<https://lirias.kuleuven.be>.

<http://www.lia.org>.

<http://cdn.intechweb.org/pdfs/12285.pdf>.

<https://docs.google.com>.

<http://www.makrum.fi>.

<http://www.uasvision.com>.

## **8. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов оценки свойств, анализа и выбора неметаллических материалов для оптимальной работы инновационной техники, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

### **Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

## **9. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения» следует уделять изучению машин и оборудования для выращивания металлических изделий, технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм, технологии синтеза песчаных литейных форм. Необходимо обращать внимание студентов на основные физические закономерности, действующие в процессе изготовления качественных изделий для инновационной техники и возможности современных информационных технологий.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

**Контроль текущей успеваемости (учебных достижений) студентов**

**Тест № 1 (ПК-1, ОПК-8, ОПК-9)**

**Завершить определение:**

Аддитивные технологии (от английского Additive Fabrication) - обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или САD-модели) методом послойного добавления (add, англ. - **добавлять, отсюда и название) материала.**

**Тест № 2 (ПК-1, ОПК-8, ОПК-9)**

Найти неправильный ответ

Выбор аддитивных технологий осуществляют исходя из оценки следующих критериев:

- стоимость приобретения;
- производительность;
- стабильность модельного материала;
- влажности и температуры окружающей среды

**Тест № 3 (ПК-1, ОПК-8, ОПК-9)**

Найти правильный ответ

Основными технологиями получения порошков для аддитивных машин являются:

- газовая адсорбция;
- вакуумная атомизация;
- центробежное вакуумирование
- компрессионное формование.

**Структура и содержание дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения»  
по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»**

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб.	СРС	КСР	КР	КП	РГР	Реф.	К/Р	Э	З
<b>Десятый семестр</b>														
Терминология и классификация. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Характеристика рынка аддитивных технологий.	6	2	6		-	6								
Машины и оборудование для выращивания металлических изделий. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм. Лазерная стереолитография. Технологии синтеза песчаных литейных форм. Машины для синтеза песчаных форм.	6	4	6			6					+			
Материалы для «металлических» АМ-машин. Области применения порошковых материалов. Методы получения металлических порошков,	6	6	6			6					+			

технология получения заготовок из конструкционных и специальных сплавов распылением (атомизацией) металла.														
Разработка 3D моделей и рабочих чертежей на резинотехнические изделия.	6	8		6		6	+							
Разработка технологического процесса.	6	10		6		6								
Оценка качества готовых изделий.	6	12		6		6								
Форма аттестации	6	14												
Всего часов по дисциплине в шестом семестре			18	18		36								3

## **Аннотация программы дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения»**

### **1. Цели и задачи дисциплины**

Целями дисциплины является:

– знакомство студентов с особенностями современных технологических процессов, подразумевающих изготовление изделий на основе компьютерных CAD-моделей (прототипирование), с последующим постепенным, послойным «выращиванием» на специальном оборудовании – 3D-принтерах (аддитивные технологии);

– подготовка студентов к производственной, проектно- конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению.

В ряде случаев использование инновационных (аддитивных) технологий может внести существенные улучшения в традиционное производство и обеспечить выпуск относительно дешевой, качественной и надежной продукции.

Основными аддитивными технологическими процессами является послойное выращивание изделий на основе пластиковой нити (FDM- технология); селективное (выборочное) лазерное сплавление металлических порошков (SLM-технология); селективное (выборочное) лазерное спекание полимерных порошков (SLS-технология).

Задачи дисциплины:

– расширение научного кругозора в области технологических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

### **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина «Аддитивные технологии и способы их применения» относится к числу дисциплин по выбору образовательной программы бакалавриата по профилю «Инновации в металлургии». Взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В обязательной части:*

- Физика;



- Металлургия.

*В части, формируемой участниками образовательных отношений:*

- Механические и физические свойства металлов;
- Физическая химия;
- Технология получения продукции из разнородных металлов и порошков;
- Порошковая металлургия;
- Методы неразрушающего контроля металлов и сплавов.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Аддитивные технологии и способы их применения» студенты должны:

**знать:**

– тенденции развития прецизионных технологий и средств автоматизированного проектирования сложных изделий машиностроения; аппаратную базу аддитивных технологий, классификацию, принцип действия, особенности эксплуатации; методы и средства прецизионных измерений сложных деталей;

**уметь:**

– разрабатывать алгоритм изготовления технологической оснастки с применением 3D-принтера; проводить контроль качества готового изделия с использованием 3D-сканера (координатно-измерительной машины); **владеть:**

– навыками применения современных средств автоматизации, методов проектирования, математического, физического и компьютерного моделирования технологических процессов и машиностроительных производств; навыками создания и корректировки средствами компьютерного проектирования САД-модели изделий.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		10
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>72 (2 з.е.)</b>	<b>72 (2 з.е.)</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>В том числе</b>		
лекции	18	18
<b>Практические занятия</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

<b>Лабораторные занятия</b>	<b>нет</b>	<b>нет</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>36</b>	<b>18</b>
<b>Курсовая работа</b>	<b>нет</b>	<b>нет</b>
<b>Курсовой проект</b>	<b>нет</b>	<b>нет</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>		<b>Зачет</b>