Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.07.2026 17:10:40
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/

« 26 » февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аддитивные технологии и способы их применения

Направление подготовки
22.03.02. «Металлургия
Образовательная программа (профиль подготовки)
«Инновации в металлургии»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очно-заочная, заочная

Москва, 2026 г.

Разработчик:
Доцент кафедры металлургии  Радионова Л.В.

Согласовано:
Заведующий кафедрой металлургии  Шульгин А.В.

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3. Структура и содержание дисциплины ... 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 6
3.3. Содержание дисциплины ... 9
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 9
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 10
4.2. Основная литература ... 10
4.3. Дополнительная литература ... 10
4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 11
5. Материально-техническое обеспечение ... 12
6. Методические рекомендации ... 12
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 12
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 12
7. Фонд оценочных средств ... 13
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 13
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 13
7.3. Оценочные средства ... 14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель – формирование инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления изделий с использованием аддитивных технологий

Задачи:

– 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 навыков проведения контроля качества готового изделия с использованием 3D сканера (координатно-измерительной машины).

Планируемые результаты обучения – освоение инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления изделий с использованием аддитивных технологий.

Обучение по дисциплине «Аддитивные технологии и способы их применения» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки
ПК-1 Способен выбирать методы планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике, анализировать, обрабатывать и представлять результаты	ИПК-1.1 - Знает методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Критерии выбора методов и методик исследований ИПК-1.2 Умеет проводить испытания, измерения и обработку результатов. Регистрировать показания приборов. Проводит расчёты и критически анализирует результаты, делает выводы ИПК-1.3 Владеет выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований.

	Выполняет оценки и обработки результатов исследования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».
«Аддитивные технологии и способы их применения» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- металлургические технологии;
- инновации в металлургии;
- материаловедение.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(е) единиц(ы) (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1.Очно-заочная форма обучения

п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**54**	6
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	6
1.2	Семинарские/практические занятия	18	6
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**54**	6
	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Зачет
	Итого	**108**	6

3.1.2.Заочная форма обучения

п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**12**	6
	В том числе:		
1.1	Лекции	8	6
1.2	Семинарские/практические занятия	4	6
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**96**	6
	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Зачет

	Итого	**108**	6

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1.Очно-заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы Дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Введение. Аддитивные технологии.**	**16**	**6**				**10**
1.1	Тема 1. Классификация. Стандарты. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.		4				6
1.2	Тема 2. Характеристика рынка аддитивных технологий.		2				4
2	**Раздел 2. Материалы для аддитивных технологий.**	**20**	**4**	**8**			**8**
2.1	Тема 1. Полимерные материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.		2	4			4
2.2	Тема 2. Металлические порошки. Керамические материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.		2	4			4
3	**Раздел 3. Технологии для работы с полимерными материалами.**	**20**	**6**	**4**			**10**
3.1	Тема 1. Технологии FDM, SLA/DLP, MJM, BJ.		2	4			4
3.2	Тема 2. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.		4				6
4	**Раздел 4. Технологии работы с металлическими материалами.**	**20**	**6**	**6**			**8**
4.1	Тема 1. Технологии SLM и DMD.		2	6			4
4.2	Тема 2. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей.		4				4

	Типичные дефекты.						
5	**Раздел 5. Качество изделий полученных аддитивными методами.**	**14**	**6**				**8**
5.1	Тема 1. Размерная точность, шероховатость, характерные дефекты. Координатно-измерительные машины. 3D-сканирование.		4				4
5.2	Тема 2. Микроструктура и свойства.		2				4
6	**Раздел 6. Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях.**	**18**	**8**				**10**
6.1	Тема 1. Обзор технологий. Программные решения. Программное обеспечение для 3D-сканирования. Программное обеспечение для топологической оптимизации.		4				4
6.2	Тема 2. Программное обеспечение для моделирования технологического процесса.		4				6
	Итого	**108**	**36**	**18**			**54**

3.2.2. Заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы Дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Введение. Аддитивные технологии.**	**18**	**2**				**16**
1.1	Тема 1. Классификация. Стандарты. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.		1				8
1.2	Тема 2. Характеристика рынка аддитивных технологий.		1				8
2	**Раздел 2. Материалы для аддитивных технологий.**	**20**	**2**	**2**			**16**
2.1	Тема 1. Полимерные материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.		1	1			8

2.2	Тема 2. Металлические порошки. Керамические материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.		1	1			8
3	**Раздел 3. Технологии для работы с полимерными материалами.**	**19**	**2**	**1**			**16**
3.1	Тема 1. Технологии FDM, SLA/DLP, MJM, BJ.		1	1			8
3.2	Тема 2. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.		1				8
4	**Раздел 4. Технологии работы с металлическими материалами.**	**19**	**2**	**1**			**16**
4.1	Тема 1. Технологии SLM и DMD.		1	1			8
4.2	Тема 2. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.		1				8
5	**Раздел 5. Качество изделий полученных аддитивными методами.**	**16**	**-**				**16**
5.1	Тема 1. Размерная точность, шероховатость, характерные дефекты. Координатно-измерительные машины. 3D-сканирование.		-				8
5.2	Тема 2. Микроструктура и свойства.		-				8
6	**Раздел 6. Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях.**	**16**	**-**				**16**
6.1	Тема 1. Обзор технологий. Программные решения. Программное обеспечение для 3D-сканирования. Программное обеспечение для топологической оптимизации.		-				8
6.2	Тема 2. Программное обеспечение для моделирования технологического процесса.		-				8
	Итого	**108**	**8**	**4**			**96**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение. Аддитивные технологии.

Тема 1. Классификация. Стандарты. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.

Тема 2. Характеристика рынка аддитивных технологий.

Раздел 2. Материалы для аддитивных технологий.

Тема 1. Полимерные материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.

Тема 2. Металлические порошки. Керамические материалы. Ключевые характеристики. Марки. Технологии получения.

Раздел 3. Технологии для работы с полимерными материалами.

Тема 1. Технологии FDM, SLA/DLP, MJM, BJ.

Тема 2. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.

Раздел 4. Технологии работы с металлическими материалами.

Тема 1. Технологии SLM и DMD.

Тема 2. Оборудование, технологические режимы. Требования к конструкции деталей. Типичные дефекты.

Раздел 5. Качество изделий, полученных аддитивными методами.

Тема 1. Размерная точность, шероховатость, характерные дефекты. Координатно-измерительные машины. 3D-сканирование.

Тема 2. Микроструктура и свойства.

Раздел 6. Компьютерное моделирование в аддитивных технологиях.

Тема 1. Обзор технологий. Программные решения. Программное обеспечение для 3D-сканирования. Программное обеспечение для топологической оптимизации.

Тема 2. Программное обеспечение для моделирования технологического процесса.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Полимерные материалы для аддитивных технологий.
Практическое занятие 2. Металлические материалы для аддитивных технологий.
Практическое занятие 3. Технология FDM.
Практическое занятие 4. Технология SLM.

3.4.2.Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Горунов, А. И. Аддитивные технологии и материалы : учебное пособие / А. И. Горунов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2019. — 56 с. — ISBN 978-5-7579-2360-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/144008 (дата обращения: 06.16.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ляпков, А. А. Полимерные аддитивные технологии / А. А. Ляпков, А. А. Троян. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 120 с. — ISBN 978-5-8114-9600-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/199523 (дата обращения: 10.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий : учебное пособие / А. А. Попович, В. Ш. Суфияров, Н. Г. Разумов [и др.]. — Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-7422-7090-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/192885 (дата обращения: 10.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

1. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии : учебное пособие / А. В. Трофимов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2019. — 72 с. — ISBN 978-5-9239-1114-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/120060 (дата обращения: 06.16.2023). — Режим Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах.. – М.: Наука, 1994. – 528 с.

2. Шишковский, И. В. Лазерный синтез функциональноградиентных мезоструктур и объемных изделий : учебное пособие / И. В. Шишковский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 424 с. — ISBN 978-5-9221-1122-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/59529 (дата обращения: 06.16.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Современные технологии 3D-сканирования : учебное пособие / А. Н. Новиков, А. В. Фирсов, Г. И. Борзунов, А. А. Щенников. — Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2015. — 87 с. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/128675 (дата обращения: 11.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Электронно-образовательный ресурс находится в разработке

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1.	Мой Офис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1.	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
1.	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2.	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
1.	База данных научной электронной библиотеки	http://www.elibrary.ru	Доступно

	(eLIBRARY.RU)		
2.	WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных	http://webofscience.com	Доступно

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены ноутбуками, проектором, экраном, учебным материалом.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

– диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;

– моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;

– компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;

– использование средств наглядности: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотеку учебных видеослайдов и видеофильмов и др.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, Учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и

практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные вписке дополнительной литературы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (зачет).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех предусмотренных форм текущего контроля.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной

	сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций и следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным,практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;
- бланковое и компьютерное тестирование;
- рефераты, доклады на СНК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как www.anticor.ru, http://www.naukaran.ru, http://www.maik.ru и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессеосвоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийсядолжен обладать**

УК-1	Способностью осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ПК-1	Способностью выбирать методы планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике, анализировать, обрабатывать и представлять результаты

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.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации

1. Понятие аддитивного производства.
2. История возникновения и развития аддитивных технологий.
3. 3D-моделирование как основа аддитивных технологий. Форматы данных.
4. Обзор рынка программного обеспечения для аддитивных технологий
5. Тип печати FDM. Особенности. Преимущества. Достоинства и недостатки.
6. Обзор рынка FDM-печати. Основные игроки и технологии
7. Тип печати SLA. Особенности. Преимущества. Достоинства и недостатки.
8. Обзор рынка SLA-печати. Основные игроки и технологии.
9. Тип печати DLP. Особенности. Преимущества. Достоинства и недостатки.
10. Обзор рынка DLP-печати. Основные игроки и технологии.
11. Тип печати SLS/SLM. Особенности. Достоинства и недостатки.
12. Обзор рынка SLS/SLM-печати. Основные игроки и технологии.
13. Тип печати DMD. Особенности. Преимущества. Достоинства и недостатки.
14. Обзор рынка DMD. Основные игроки и технологии.
15. Типы печати MJM. Особенности. Достоинства и недостатки.
16. Обзор рынков MJM-печати. Основные игроки и технологии
17. Подготовка 3 D-моделей к печати. Общие принципы
18. Инженерные расчеты в аддитивном производстве
19. Учет характеристик материалов в аддитивном производстве
20. Рынок филамента. Основные игроки и технологии производства.
21. Методы избавления от дефектов
22. Постобработка. Механическая обработка изделий.
23. Постобработка. Термическая обработка

24.Режимы термической обработки для различных материалов

25.Постобработка. Химическая обработка.