Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.08.2026 15:19:57
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ / А.С. Соколов /

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивные технологии и прототипирование»

Направление подготовки

15.04.02. «Технологические машины и оборудование»

Профиль

«Промышленный инжиниринг»

Квалификация

Магистр

Формы обучения

Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

доцент каф. «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М. Б. Генералова»,

к.т.н., доцент /Н.С.Трутнев/

Согласовано:

Зав. кафедрой «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М. Б. Генералова»,

к.т.н., /А. С. Кирсанов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 6
3. Структура и содержание дисциплины....7
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость....7
3.3 Содержание дисциплины....9
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....10
3.4.1. Семинарские/практические занятия 10
4.1 Основная литература....10
4.2 Дополнительная литература....11
4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные....11
5. Материально-техническое обеспечение....11
6. Методические рекомендации 11
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
7.3.1. Текущий контроль 15
7.3.2. Промежуточная аттестация 15

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Основные тенденции и перспективы развития промышленности заключаются в создании новейших материалов и высокоэффективного специализированного оборудования, основанного на реализации новейших достижений науки и техники, в частности в области аддитивных технологий..

К основным целям освоения дисциплины «Аддитивные технологии и прототипирование» следует отнести:

– формирование знаний об основных методах проектирования, физических свойствах и практическом применением функциональных материалов аддитивного производства при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций;

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению, в том числе формирование умений по разработке новых, более эффективных функциональных материалов, обеспечивающих надежность и стабильность работы деталей машиностроительных конструкций.

К основным задачам освоения дисциплины «Аддитивные технологии и прототипирование» следует отнести:

– освоение методологии проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций с использованием аддитивных технологий производстве, использования стандартных средств автоматизации проектирования.

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

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен разрабатывать и адаптировать конструкции машиностроительных изделий с учетом требований к технологичности, ресурсной оптимизации под условия автоматизированного и роботизированного производства	ИПК- 1.1 Применяет современные методы инженерного анализа для оптимизации конструкций ИПК- 1.2 Разрабатывает конструкции машиностроительных изделий, отвечающих требованиям технологичности и ресурсосбережению ИПК- 1.3 Использует специализированное программное обеспечение для проектирования и моделирования изделий и технологических процессов ИПК- 1.4 Анализирует конструкции изделий с целью достижение целевых характеристик, показателей качества, минимизации затрат и повышения функциональной эффективности ИПК- 1.5 Применяет технологии цифровых двойников и виртуального прототипирования для тестирования конструктивных решений ИПК- 1.6 Разрабатывает конструкторскую документацию с учетом требований регламентного производства

ПК-4. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологии и методологии управления жизненным циклом производства, совершенствовать технологические процессы с использованием цифровых инструментов, а также разрабатывать и реализовывать стратегии обновления продукции машиностроения	ИПК- 4.1 Анализирует жизненный цикл продукции и выявляет возможности для оптимизации по различным компонентам (проектирование, производство, эксплуатация, утилизация) ИПК- 4.2 Разрабатывает и внедряет цифровые решения управления жизненным циклом продукции ИПК- 4.3 Внедряет методы прогнозного технического обслуживания для продления сроков эксплуатации и повышения производительности продукции машиностроения ИПК- 4.4 Оптимизирует производственные процессы с использованием технологий двойного двойника, роботизации и автоматизированных систем управления производством ИПК- 4.5 Анализирует техническое состояние продукции машиностроения и разрабатывает решения по ее развитию, определяет оптимальные методы замены, модернизации или ремонта узлов и деталей ИПК- 4.6 Оптимизирует потребление материалов и энергоресурсов в процессе обновления и модернизации продукции, оценивает влияние внедрения инноваций на производственные показатели (качество, себестоимость, производительность) ИПК-4.7 Разрабатывает и реализует стратегии обновления продукции машиностроения с учетом целевых задач

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части дисциплин относится к учебным дисциплинам блока Б1, части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана направления подготовки 15.04.02. «Аддитивные технологии и прототипирование».

Освоение дисциплины «Аддитивные технологии и прототипирование» в 3-м семестре необходимо для последующего освоения дисциплин «Технологический инжиниринг процессов синтеза и обработки материалов».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			3	
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия			
1.3	Лабораторные занятия	18	18	
2	**Самостоятельная работа**	**72**	72	
	В том числе:			
2.1	Доклад, сообщение			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	**экзамен**	
	Итого	**108**	108	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				СРС
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1.1	Введение. Предмет, задачи и содержание дисциплины. Основные понятия и определения. Состояние аддитивных технологий в мире.	12	2		2		8
1.2	Виды аддитивных технологий и свойства используемых материалов (АБС-пластик. PLA- термопластичный материал. Nylon. LAYWOOD-композитный материал). Стереолитография. Метод послойной наплавки (FDM). Струйная печать (IJP, Inkjet Printing).	12	2		2		8
1.3	Технология лазерного спекания (SLS, DMLS). Селективное лазерное спекание (SLM, Selective Laser Melting). Материалы, используемые в этих технологиях.	12	2		2		8
1.4	Лазерное нанесение металлов (LMD, Laser Metal Deposition). Электронно-лучевая плавка (EBM, Electron Beam Melting). Послойное изготовление объектов из листового материала (LOM, Laminated Object Modeling). Материалы, используемые в этих технологиях.	12	2		2		8

1.5	Основы проектирования функциональных порошковых материалов для аддитивных технологий. Исходные данные для проектирования. Составление технического задания и использование средств автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций.	12	2		2		8
1.6	Методы и технологии получения металлопорошковых материалов для целей аддитивных технологий. Выпуск металлических порошков для аддитивных технологий в России.	12	2		2		8
1.7	Общие вопросы подготовки компонентов функциональных материалов. Способы и оборудование для подготовки сыпучих порошков.	12	2		2		8
1.8	Методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	12	2		2		8
1.9	Перспективы развития аддитивных технологий в России. Национальные стандарты Российской Федерации в области аддитивных технологий.	12	2		2		8
Итого		**108**	**18**		18		72

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1.Введение. Предмет, задачи и содержание дисциплины. Основные понятия и определения. Состояние аддитивных технологий в мире.

Тема 2.Виды аддитивных технологий и свойства используемых материалов (АБС-пластик. PLA-термопластичный материал. Nylon. LAYWOOD-композитный материал).Стереолитография. Метод послойной наплавки (FDM). Струйная печать (IJP, Inkjet Printing).

Тема 3. Технология лазерного спекания (SLS, DMLS). Селективное лазерное спекание (SLM, Selective Laser Melting). Материалы, используемые в этих технологиях.

Тема 4.Лазерное нанесение металлов (LMD, Laser Metal Deposition). Электронно- лучевая плавка (EBM, Electron Beam Melting). Послойное изготовление объектов из листового материала (LOM, Laminated Object Modeling). Материалы, используемые в этих технологиях.

Тема 5.Основы проектирования функциональных порошковых материалов для аддитивных технологий. Исходные данные для проектирования. Составлениетехнического задания и использование средств автоматизации при проектированиидеталей и узлов машиностроительных конструкций. Тема 6.Методы

и технологии получения металлопорошковых материалов для целей аддитивных технологий. Выпуск металлических порошков для аддитивных технологий в России. Тема 7.Общие вопросы подготовки компонентов функциональных материалов.
Способы и оборудование для подготовки сыпучих порошков.
Тема 8.Методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
Тема 9.Перспективы развития аддитивных технологий в России. Национальные стандарты Российской Федерации в области аддитивных технологий.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Динамика и перспективы развития аддитивного производства и аддитивных технологий в России

Практическое занятие 2. Разновидности технологий SLA.

Практическое занятие 3. Технология Робокастинг.

Практическое занятие 4. Материалы для SLS-печати.

Практическое занятие 5. Интегрированные технологии ЭЛ-формообразования и нанесения покрытий .

Практическое занятие 6. LENS - технология лазерной наплавки.

Практическое занятие 7. Анализ характеристик оборудования гибридного формообразования.

Практическое занятие 8. Основные потребители и производители металлических порошков для аддитивных технологий в России .

Практическое занятие 9. Прямые и косвенные аддитивные технологии для получения керамических изделий .

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Основная литература

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для ВПО/ под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепахина. — 3-е изд., стер. — Москва : Академия, 2011. — 446, [1] с.: ил., табл.: 22 см — (Высшее профессиональное образование. Машиностроение).; ISBN 978-5-7695-8359-9 (в пер.) https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_004999169/
2. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамики, полимеры) : учебник / У. Каллистер, Д. Ретвич ; под редакцией А. Я. Малкина ; перевод с

английского А. Я. Малкина. — Санкт-Петербург : НОТ, 2011. — 896 с. — ISBN 978-5-91703-022-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/4290 .

4.2 Дополнительная литература

1. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : учебное пособие / А. И. Гусев. — 2-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 416 с. — ISBN 978-5-9221-0582-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2173

4.3 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрено

4.4 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено

4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. РИНЦ: http://elibrary.ru/
2. Scopus: www.scopus.com
3. Академия Google Scholar: https:// scholar.google.ru
4. Электронные ресурсы РГБ: http://www.rsl.ru/ru/root3489/all
5. Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http:// mospolytech.ru в разделе:
6. - «Библиотека. Электронные ресурсы»
7. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
8. - «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»
9. http://lib.mami.ru/lib/ebs

5. Материально-техническое обеспечение

Лекционные аудитории, оснащенные компьютером, проектором для демонстрации слайдов, экраном (учебный корпус, расположенный по адресу: г. Москва, ул. Автозаводская, д.16; ауд. 4408, ауд. 4409, ауд. 4410, ауд. 4411);

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой (выполнением лабораторных работ, курсовой работы).

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

Для проведения занятий по дисциплине следует использовать средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническую документацию;
- проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, 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. Студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное углубленное изучение отдельных тем дисциплины; - - подготовка к лабораторным работам.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;

- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

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».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Аддитивные технологии и прототипирование»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно- исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенными 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.
Хорошо	Выполнены все **обязательные условия** подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенными в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками. При этом могут быть допущены ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации, исправленные при повторном ответе.
Удовлетворительно	Выполнены все **обязательные условия** подготовки
Неудовлетворительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенными 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

7.3.1.1 Темы рефератов по дисциплине «Аддитивные технологии и прототипирование »

1. Материалы для FDM печати. Основные разновидности, свойства и области применения.

2. Материалы для SLA печати. Основные разновидности, свойства и области применения.

3. Механические свойства материалов для FDM печати.

4. Композиционные материалы для изготовления изделий по технологии SLM. Основные разновидности, свойства и области применения.

5. Полимерные материалы для 3D печати: варианты исполнения, примеры, перспективы.

7.3.1.2 Темы практических работ по дисциплине «Аддитивные технологии и прототипирование»

Тематика практических работ изложена в пункте 3.4.

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Аддитивные технологии и прототипирование»

1. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию.
2. Классификация по размерам частиц.
3. Классификация по мерности форм дисперсной фазы.
4. Понятие аддитивных технологий. История развития аддитивных технологий.
5. Материалы для аддитивных технологий. Перспективы их получения.
6. Стереолитография: понятие и примеры применения, используемые материалы.
7. Метод послойной наплавки: понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
8. Струйная печать: понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
9. Технология лазерного спекания (SLS), понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
10. Технология лазерного спекания (DMLS), понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
11. Селективное лазерное спекание (SLM), понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
12. Лазерное нанесение металлов (LMD), понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.

13. Электронно-лучевая плавка (EBM), понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
14. Послойное изготовление объектов из листового материала (LOM), понятие, достоинства и недостатки, используемые материалы, примеры применения.
15. Использование аддитивных технологий. Состояние аддитивных технологий в мире.
16. Аттестация оборудования и материалов аддитивных производств.
17. Физико-механические свойства материалов для аддитивных технологий, в том числе и наносистем.
18. Функциональные материалы: определения и понятия, примеры.
19. Проектирование функциональных материалов для аддитивных производств (полимерные композиты и твердые порошки).
20. Методы стандартных испытаний используемых материалов и готовых изделий.
21. Перспективы развития аддитивных технологий в России.
22. Национальные стандарты Российской Федерации в области аддитивных технологий.