Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 14.08.2026 15:15:17
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Передовая инженерная школа технологического лидерства «FDR»

УТВЕРЖДАЮ

Директор
_____ /П.Итурралде /
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве»

Направление подготовки

27.03.05 «Инноватика»

Образовательная программа (профиль подготовки)

«Аддитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника

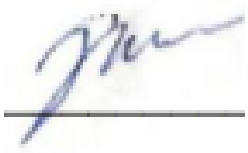
Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

К.т.н., доцент  /Н.С. Трутнев/

Согласовано:

Отдел организации и управления

Учебным процессом  /Д.Т. Хамдамова/

Руководитель образовательной программы

к.т.н, доцент  /Д.А. Гневашев/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине..... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы..... 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
5. Материально-техническое обеспечение..... 8
6. Методические рекомендации..... 8
7. Фонд оценочных средств..... 9

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Основы проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве» является формирование системы знаний, умений и навыков в области проектирования и практическом применением функциональных материалов в аддитивном производстве, в том числе наноматериалов.

Задачи дисциплины: освоение методологии проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве, освоение методик определения физико-механических характеристик дисперсных материалов, освоение методов и оборудования для измельчения, классификации, дозирования, смешения, формования и спекания порошковых материалов. Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук	ИОПК-1.1. Использует основные законы базовых инженерных и технических дисциплин; ИОПК-1.2. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей; ИОПК-1.3. Владеет основными методами технико-экономического анализа, навыками составления рабочих проектов в составе творческой команды; ИОПК-1.4. Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов, в том числе аддитивного производства.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве» относится к обязательным дисциплинам основной образовательной программы бакалавриата; изучается в 6 семестре.

Дисциплина базируется на следующих, пройденных дисциплинах:

- «Введение в технологии прототипирования и практику 3D-печати»;
- «Основы материаловедения металлов, пластмасс и композиционных материалов»;
- «Основы материаловедения порошковых материалов».

Курс «Основы проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве» использует знания дисциплин общетеоретического ряда и является своеобразной профориентацией в данной области. По итогам изучения студент должен освоить методологию проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве, методы и оборудование для измельчения, классификации, дозирования, смешения и формования порошковых материалов.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа (из них 36 часов – аудиторная работа, в том числе 18 часов лекций, 18 часов лабораторных занятий и 36 часов самостоятельной работы студента).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6 семестр
1	**Аудиторные занятия**		36
	В том числе:		
1.1	Лекции		18
1.2	Лабораторные занятия		18
2	**Самостоятельная работа**		36
	В том числе:		
2.1	Подготовка и защита лабораторных работ		10
2.2	Самостоятельное изучение		26
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		зачет
	Итого		

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Тема 1. Функциональные материалы: определение, виды и области использования.		2				
2	Тема 2. Сыпучие материалы: определение, состояние, характеристики оценки твердых частиц.		2				
3	Тема 3. Измельчение сыпучих материалов: определение, сущность, особенности.		2				

4	Тема 4. Машины для дробления сыпучих материалов. Защита лабораторной работы		2		4		2
5	Тема 5. Машины для помола порошковых материалов.		2				
6	Тема 6. Машины для разделения сыпучих материалов. Защита лабораторной работы		2		4		2
7	Тема 7. Способы дозирования. Оценка качества дозирования. Защита лабораторной работы		2		3		2
8	Тема 8. Смесители периодического и непрерывного действия. Защита лабораторной работы		2		4		2
9	Тема 9. Компактирование порошковых материалов. Защита лабораторной работы		2		3		2
	Итого	**36**	**18**		**18**		**36**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. . Функциональные материалы: определение, виды и области использования. Общие вопросы подготовки компонентов функциональных материалов для аддитивных технологий.

Тема 2. Сыпучие материалы: определение, состояние, характеристики оценки твердых частиц. Физико-механические и физические свойства сыпучего материала. Способы и оборудование для подготовки сыпучих порошков

Тема 3. Измельчение сыпучих материалов: определение, сущность, особенности Степень измельчения, классы измельчения, способы измельчения материалов. Классификация машин для измельчения материалов.

Тема 4. Машины для дробления сыпучих материалов. Область применения, преимущества и недостатки.

Тема 5. Машины для помола порошковых материалов. Область применения, преимущества и недостатки.

Тема 6. Классификации сыпучих материалов. Машины для разделения сыпучих материалов.

Тема 7. Способы дозирования. Оценка качества дозирования. Классификация питателей и дозаторов. Виды питателей и дозаторов.

Тема 8. Характеристика процесса смешения сыпучих материалов. Оценка однородности смеси. Классификация смесителей для сыпучих материалов. Смесители периодического и непрерывного действия.

Тема 9. Компактирование порошковых материалов. Оборудование для формования порошковых смесей.

3.4 Тематика лабораторных занятий

1. Тема 4: Машины для дробления сыпучих материалов- 2 часа.

Лабораторная работа №1. Изучение работы щековой, конусной и ножевой дробилок и исследование процесса измельчения сыпучего материала – 2 часа.

Защита лабораторной работы: – 2 часа.

Оснащение: лабораторные дробилка щековая ЩД 6, вибрационная конусная мельница-дробилка ВКМД 6, мельница роторная ножевая РМ 120, методические указания к лабораторной работе.

2. Тема 6: Машины для разделения сыпучих материалов – 2 часа.

Лабораторная работа №2. Исследование гранулометрического состава методом ситового анализа – 2 часа.

Защита лабораторной работы - 2 часа.

Оснащение: лабораторный анализатор ситовой ВП-С/220, методические указания к лабораторной работе.

3. Тема 7: Способы дозирования. Оценка качества дозирования – 2 часа.

Лабораторная работа №3. Изучение работы вибрационного питателя и экспериментальный анализ производительности и качества подачи сыпучей среды – 2 часа.

Защита лабораторной работы - 1 час.

Оснащение: Питатель электровибрационный ПГ 1, методические указания к лабораторной работе.

4. Тема 8: Смесители периодического и непрерывного действия – 2 часа.

Лабораторная работа №4. Экспериментальный анализ смешения сыпучих материалов и оценка качества получаемой смеси – 2 часа.

Защита лабораторной работы - 2 часа.

Оснащение: смеситель лабораторный С-2.0 «Турбола», методические указания к лабораторной работе.

5. Тема 9: Компактирование порошковых материалов – 2 часа.

Лабораторная работа №5 .Исследование закономерностей прессования порошкового материала – 2 часа.

Защита лабораторной работы - 1 час.

Оснащение: Гидравлический пресс, методические указания к лабораторной работе.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты отсутсвуют

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрено

4.2 Основная литература

1. Сапунов, С.В. Материаловедение. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 208 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/56171 .
2. Машины и аппараты химических производств:Учебное пособие для вузов/ А.С.Тимонин, Н.В.Даниленко, Н.С. Трутнев и др./под общей редакцией А.С.Тимонина.– Калуга: Издательство Н.Ф. Бочкаревой. 2008.- 872 с.

4.3 Дополнительная литература

3. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: Учебное пособие для вузов.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.- 325 с.
4. Колмаков, А.Г. Основа технологий и применение наноматериалов. [Электронный ресурс] / А.Г. Колмаков, С.М. Баринов, М.И. Алымов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 208 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/59644

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Электронный образовательный ресурс размещен на платформе СДО Мосполитеха по адресу:

https://online.mospolytech.ru/course/<разработка в 2023/2024 учебном году>

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http:// mospolytech.ru в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы»

http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»

http://lib.mami.ru/lib/ebs

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ требуется аудитории, оснащенные лабораторными установками (АВ2401, АВ2402, АВ2403, 4008)

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, лабораторные работы;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля.

При подготовке **к лабораторным работам** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на защиту, ознакомиться с перечнем вопросов по темам лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ во вступительном слове раскрыть практическую значимость их проведения, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Ознакомить с правилами техники безопасности при проведении работ на лабораторном оборудовании.

Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Следует предоставить возможность выступления с места в виде кратких сообщений по подготовленному заранее вопросу.

В заключительной части занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

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;
- 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 изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите.

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;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы или защита лабораторной работы.

7. Фонд оценочных средств

В процессе обучения в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: защита лабораторных работ, зачет.

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук	ИОПК-1.1. Использует основные законы базовых инженерных и технических дисциплин; ИОПК-1.2. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей; ИОПК-1.3. Владеет основными методами технико-экономического анализа, навыками составления рабочих проектов в составе творческой команды; ИОПК-1.4. Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов, в том числе аддитивного производства.

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	ЗЛР	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания для защиты лабораторных работ

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице выше. Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды рабочей программой, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие

	знаний, умений, навыков приведенными в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	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.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль включает защиту лабораторных работ. Отчеты по лабораторным работам должны включать:

1. Название работы.
2. Общие теоретические сведения.
3. Описание объекта исследования.
4. Описание порядка проведения работы.
5. Таблица заданных и измеряемых параметров.
6. Обработка результатов исследования (расчеты, таблицы, графики.)
7. Заключение.

Для подготовки к защите лабораторных работ в разделе приведён перечень контрольных вопросов.

Результаты текущего контроля могут быть использованы при промежуточной аттестации.

Вопросы для защиты лабораторных работ

1. Что такое измельчение твёрдого материала
2. Чем характеризуют процесс измельчения.
3. Что называется степенью или кратностью измельчения.
4. Что такое эквивалентный диаметр кусков материала
5. Назовите основные способы измельчения твердых тел
6. Для чего нужны щековые дробилки.
7. Объясните принцип работы щековые дробилки с простым движением щеки.
8. Объясните принцип работы щековые дробилки со сложным движением щеки.
9. Расскажите устройство щековых дробилок.
10. Для чего нужны конусные дробилки.
11. Объясните принцип работы конусных дробилок.
12. Назначение и область применения ножевых дробилок.
13. Объясните принцип работы ножевых дробилок.
14. В чем заключается преимущество конусных дробилок по сравнению со щековыми дробилками.

15. За счет каких видов силового воздействия происходит разрушение материалов в конусных дробилках.
16. Какие параметры необходимо замерить для определения производительности и мощности привода.
17. За счет каких видов силового воздействия происходит разрушение материалов в ножевых дробилках.
18. Что называется сыпучим материалом.
19. Что оценивают по гранулометрическому составу сыпучего материала.
20. В чем заключается ситовой анализ.
21. Для чего предназначен анализатор ситовой А 20.
22. Как рассчитать среднечисленный диаметр частиц.
23. Как рассчитать среднемассовый диаметр частиц
24. Как строится дифференциальная кривая распределения частиц по размерам.
25. Как строится интегральная кривая распределения частиц по размерам.
26. Объясните устройство и принцип работы анализатора ситового А 20.
27. Дайте определение питателя сыпучего материала
28. Дайте определение дозатора сыпучего материала
29. Как оценивается качество дозирования
30. Объясните устройство и принцип работы вибрационного питателя.
31. Что называется компактированием порошковых материалов
32. Назовите стадии процесса брикетирования сыпучего материала
33. Как строится график прессования порошковых материалов.
34. Приведите классификацию смесителей порошковых материалов.
35. Объясните устройство и принцип работы смесителя С 2.0 «Турбула».
36. Объясните устройство и принцип работы смесителя С 50.0 «Пьяная бочка».

7.3.2 Вопросы для промежуточной аттестации

Перечень вопросов для зачета

1. Материалы для аддитивных технологий. Перспективы их получения.
2. Функциональные материалы: определение, использование, способы проектирования.
3. Физические свойства твердых материалов.
4. Механические свойства сыпучих материалов.
5. Технология получения порошкообразных функциональных материалов для аддитивных технологий.
6. Измельчение сыпучих материалов: определение, степень измельчения, классы измельчения. Чем определяется число стадий измельчения?
7. Перечислите известные способы измельчения материалов. Способы измельчения реализуемые при работе щековых дробилок.
8. Классификация машин для измельчения материалов.
9. Конструктивные схемы щековых дробилок (с простым и сложным движением щеки). Достоинства и недостатки, область применения.
10. Конструктивные схемы конусных дробилок (эксцентриковые, подвесные, консольные). Достоинства и недостатки, область применения.
11. Конструктивные схемы валковых дробилок (с колосниковой решеткой, с гладкими валками, молотковая). Достоинства и недостатки, область применения.
12. Машины для помола материалов (барабанные и вибрационные мельницы). Достоинства и недостатки, область применения.
13. Измельчители раздавливающего и истирающего действия (роликокольцевые, шарокольцевые, бегуны).
14. Измельчители ударного действия (дезинтеграторы, дисмембраторы, бильная и бисерная

мельницы).

15. Сверхтонкое измельчение (газоструйные мельницы и мельницы для размола в псевдоожиженном слое).
16. Конструктивные схемы коллоидных мельниц.
17. Машины для классификации сыпучих материалов. Характеристика процессов классификации.
18. Машины для механической классификации.
19. Машины для воздушной классификации материалов.
20. Оборудование для гидравлической классификации материалов.
21. Характеристика процесса смешения сыпучих материалов. Классификация смесителей.
22. Смесители для сыпучих материалов (барабанные и лопастные). Достоинства и недостатки, область применения.
23. Смесители для сыпучих материалов (центробежные и с быстро вращающимся ротором). Достоинства и недостатки, область применения.
24. Смесители для сыпучих материалов (пневматические, гравитационный и планетарный). Достоинства и недостатки, область применения.
25. Питатели и дозаторы сыпучих материалов. Классификация питателей и дозаторов.
26. Способы дозирования. Оценка качества дозирования.
27. Конструкции питателей и дозаторов без движущегося рабочего органа.
28. Конструкции питателей и дозаторов с вращающимся рабочим органом.
29. Стадии прессования в цилиндрической матрице.
30. Способы и оборудование для прессования сыпучих материалов.