Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.05.2026 21:43:41
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
_____ /Е.В. Сафонов/
«26» февраля 2026 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Аддитивное производство медицинских изделий

Направление подготовки
**22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**

Профиль
**Технология биосовместимых материалов**

Квалификация
**Магистр**

Формы обучения
**Очная**

Москва, 2026 г.

**Разработчик(и):**

ст. преподаватель, б/с, б/з  /М.Ю. Слезко/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Материаловедение»,
д.т.н, профессор  /В.В. Овчинников/

Руководитель образовательной программы
доцент кафедры «Материаловедение»,
к.т.н.  /Ю.С. Тер-Ваганянц/

# Содержание


1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 2
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 3
3. Структура и содержание дисциплины ... 3
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 3
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 4
   - 3.3. Содержание дисциплины ... 4
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 4
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 4
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 4
   - 4.1. Основная литература ... 4
   - 4.2. Дополнительная литература ... 5
   - 4.3. Электронные образовательные ресурсы ... 5
   - 4.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 5
   - 4.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 5
5. Материально-техническое обеспечение ... 6
6. Методические рекомендации ... 6
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 6
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 6
7. Фонд оценочных средств ... 8
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 8
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 8
   - 7.3. Оценочные средства ... 8

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

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

*Задачи дисциплины:*

- сформировать системное представление о исторических предпосылках появления аддитивных технологий;
- изучение информации о машинах и оборудовании для выращивания металлических медицинских изделий;
- усвоение алгоритма изготовления изделий с применением 3D принтера
- приобретение навыков проведения контроля качества готового изделия, созданного на аддитивном производстве

*Планируемые результаты обучения* - освоение навыков производства биосовместимых материалов, изготовленных с использованием аддитивных технологий.

Обучение по дисциплине «Аддитивное производство медицинских изделий» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций в соответствии с ФГОС 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утверждённым приказом Минобрнауки России от 24.04.2018 N 306:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| **УК-2** Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | ИУК-2.1. Разрабатывает концепцию управления проектом на всех этапах его жизненного цикла в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель и пути достижения, задачи и способы их решения, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.<br>ИУК-2.2.Разрабатывает план реализации проекта в соответствии с существующими условиями, необходимыми ресурсами, возможными рисками и распределением зон ответственности участников проекта.<br>ИУК-2.3.Осуществляет мониторинг реализации проекта на всех этапах его жизненного цикла, вносит необходимые изменения в план реализации проекта с учетом количественных и качественных параметров достигнутых промежуточных результатов. |
| **ПК-1** Способен формулировать требования к материалам, рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов их обработки на основе анализа взаимосвязи, между эксплуатационными, технологическими свойствами и параметрами состава и структуры материала | ИПК-1.1 Знает основные требования, предъявляемые к биосовместимым материалам; режимы и способы их обработки, а также методики определения свойств.<br>ИПК-1.2 Умеет анализировать процесс разработки, обработки и испытаний продукции; разрабатывать предложения по совершенствованию технологического |

| | |
|---|---|
| | процесса и организации работ по его обеспечению<br>ИПК-1.3 Владеет навыками разработки рекомендаций по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных, полимерных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.2):
– Инженерные методы и средства исследования в медицине;
– Металлические материалы;

В части элективных дисциплин (Б1.ДВ):
– Наноматериаловедение;
– Объемные биосовместимые наноматериалы;
– Биосовместимые полимерные материалы.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

Очная форма обучения

| п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | | | 3 |
| | **Аудиторные занятия** | **36** | **36** |
| | В том числе: | | |
| 1. | Лекции | 18 | 18 |
| 2. | Семинарские/практические занятия | 18 | 18 |
| | **Самостоятельная работа** | **72** | **72** |
| | В том числе: | | |
| 1. | Подготовка к семинарским/практическим занятиям | 36 | 36 |
| 2. | Самостоятельное изучение | 36 | 36 |
| | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф. зачет/экзамен | **экзамен** | **экзамен** |
| | **Итого** | **108** | **108** |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины

Тематический план размещён в приложении 1 к рабочей программе.

### 3.3 Содержание дисциплины

**Тема 1. Аддитивные технологии. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины.**

*Терминология и классификация. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Характеристика рынка аддитивных технологий*

**Тема 2. Аддитивные технологии и быстрое прототипирование.**

*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.*

**Тема 3. Аддитивные технологии и «прямое производство. Аддитивные технологии и порошковая металлургия**

*Материалы для «металлических» АМ-машин. Области применения порошковых материалов. Методы получения металлических порошков, технология получения заготовок из конструкционных и специальных сплавов распылением (атомизацией) металла. Методы контроля качества в аддитивных технологиях. 3D сканирование. Компьютерная томография.*

### 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские занятия

Семинарское занятие №1 «Классификация аддитивных технологий».
Семинарское занятие №2 «Аддитивные производство с использованием полимерных и композиционных материалов»
Семинарское занятие №3 «Металлы в аддитивном производстве»
Семинарское занятие №4 «Получение порошков для аддитивного производства»
Семинарское занятие №5 «Методы контроля качества в аддитивных технологиях»
Семинарское занятие №6 «Бионический дизайн и топологическая оптимизация»

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы по данной дисциплине не предусмотрены.

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Основная литература

1. М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. Аддитивная технологии в машиностроении: учебное пособие. СПб.: Издательство СПб государственного политехнического университета, 2013.- 222 с.

### 4.2 Дополнительная литература

1. В.В. Большаков, А.Н. Бочков. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, KOMIIAC-3D, SolidWorks, Inventor. СПб.: Питер, 2012.

2. В. Большаков, А. Бочков, Ю.В. Лячек. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах AutoCAD, KOMTLAC-3D, SolidWorks, Inventor, Creohttp:

### 4.3 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

| Название ЭОР | Ссылка на курс |
|---|---|
| Аддитивное производство медицинских изделий | https://online.mospolytech.ru/enrol/index.php?id=13166 |

### 4.4 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. | МойОфис | ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" | Лицензионное | https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375 |

### 4.5 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 (eLIBRARY.RU) | http://www.elibrary.ru | Доступно |
| 2. | WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных | http://webofscience.com | Доступно |

## 5. Материально-техническое обеспечение

| Номер аудитории | Оборудование |
|---|---|
| 1315 | Ноутбук, проектор, экран |

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. Вначале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

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

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

## 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

6.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS мосполитеха) как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.4. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;

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 самостоятельной работы.

# 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 (экзамен).

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации

| ***Шкала оценивания*** | ***Критерии оценивания*** |
|---|---|
| *Отлично* | 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. |
| *Хорошо* | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки. |
| *Удовлетворительно* | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. |
| *Неудовлетворительно* | 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

| Вид работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|
| Коллоквиум | Отметка в журнале преподавателем о присутствии и активном участии |

| | |
|---|---|
| | обучающегося на обсуждении темы коллоквиума. Вопросы для коллоквиумов представлены в приложении 2 к рабочей программе |

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация - (экзамен) проводится по билетам в устной форме. Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы не более 40 мин.;
- время на ответ на заданные вопросы не более 10 мин.

Билет состоит из трех теоретических вопросов.

Перечень вопросов к экзамену приведен в приложении 2 к рабочей программе.

Приложение 1

**Тематический план дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (магистр)**

| 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 |
| **1. Аддитивные технологии. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины.** Терминология и классификация. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Характеристика рынка аддитивных технологий | 3 | | 6 | | | 8 | | | | | | | | |
| *Семинарское занятие №1 «Классификация аддитивных технологий»* | 3 | | | 2 | | 8 | | | | | | | | |
| *Семинарское занятие №2 «Аддитивные производство с использованием полимерных и композиционных материалов»* | 3 | | | 4 | | 8 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***2.*** **Аддитивные технологии и быстрое прототипирование.** 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. | 3 | | 6 | | | 8 | | | | | | | | |
| *Семинарское занятие №3 «Металлы в аддитивном производстве»* | 3 | | | 2 | | 8 | | | | | | | | |
| *Семинарское занятие №4 «Получение порошков для аддитивного производства»* | 3 | | | 4 | | 8 | | | | | | | | |
| ***3.*** **Аддитивные технологии и «прямое производство.** Аддитивные технологии и порошковая металлургия Материалы для «металлических» АМ-машин. Области применения порошковых материалов. Методы получения металлических порошков, технология получения заготовок из конструкционных и специальных сплавов распылением (атомизацией) металла. Методы контроля | 3 | | 6 | | | 8 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| качества в аддитивных технологиях. 3D сканирование. Компьютерная томография. | | | | | | | | | | | | | | |
| *Семинарское занятие №5 «Методы контроля качества в аддитивных технологиях»* | 3 | | | 2 | | 8 | | | | | | | | |
| *Семинарское занятие №6 «Бионический дизайн и топологическая оптимизация»* | 3 | | | 4 | | 8 | | | | | | | | |
| Итого | 3 | | 18 | 18 | | 72 | | | | | | | + | |

Приложение 2

# ФОНДОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВПО ДИСЦИПЛИНЕ
## «Аддитивное производство медицинских изделий»

Направление подготовки

**22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**

Образовательная программа (профиль подготовки)

**Технология биосовместимых материалов**

## Вопросы к экзамену

1 Достоинства и недостатки аддитивных технологий.
2 Экономические и экологические аспекты использования аддитивных технологий.
3 Исторические предпосылки появления аддитивных технологий.
4 Основные понятия и определения.
5 Классификация аддитивных технологий.
6 Технология моделирования методом послойной наплавки (FDM).
7 Принцип действия и конструкции FDM принтеров.
8 Применяемые для FDM технологии материалы и их свойства.
9 FDM печать композиционных материалов.
10 Применения FDM печати.
11 Стереолитография.
12 Особенности DLP технологии.
13 Особенности LCD технологии.
14 Применяемые в стереолитографии материалы и их свойства.
15 Применения стереолитографии.
16 MJM технологии.
17 Изготовление керамических изделий методами стереолитографии и их применение.
18 SLS технология.
19 Применяемые в SLS материалы и их свойства.
20 Применения SLS печати.
21 Методы изготовления металлических изделий 3D печатью.
22 Селективное лазерное сплавление.
23 Процессы, протекающие при сплавлении металлов.
24 Лазерная наплавка.
25 Электронно-лучевая плавка.
26 Критерии выбора технологии при изготовлении изделий на основе металлов.
27 Применяемые в 3D печати металлами сплавы и их свойства.
28 Применения 3D печати металлами.
29 Требования к порошкам для 3D печати металлами.
30 Газовая атомизация.
31 Центробежная атомизация.
32 Плазменная сфероидизация.
33 Контроль качества металлических порошков для 3D печати.
34 Binder jetting печать.
35 Применяемые в технологии Binderjetting материалы и их свойства.
36 Применения технологии Binder jetting.
37 3d печать литейных форм.
38 3d печать мастер моделей.

39 3d печать выжигаемых моделей.
40 Показатели качества напечатанных деталей.
41 Точность, воспроизводимость и скорость производства при использовании аддитивных технологий.
42 Неизотропность свойств.
43 Контрольно-измерительные машины.
44 3D сканирование.
45 Компьютерная томография.
46 Конвертация моделей в STL формат.
47 Программы-слайсеры.
48 Построение поддержек, выполняемые ими функции.
49 Бионический дизайн и топологическая оптимизация.
50 Перспективы развития материалов и технологий аддитивного производства в гражданской и военной отраслях.
51 Концепция «цифровых двойников».
52 Информационные ресурсы и банки данных по аддитивным технологиям.
53 Особенности проектирования изделия под аддитивное производство.
54 Наноматериалы и нанотехнологии в аддитивном производстве.

## Вопросы для коллоквиумов

1. Классификация аддитивных технологий
2. Аддитивные производство с использованием полимерных и композиционных материалов
3. SLA, DLP, LCD, MJM, SLS технологии
4. Металлы в аддитивном производстве
5. Получение порошков для аддитивного производства
6. Методы контроля качества в аддитивных технологиях
7. Бионический дизайн и топологическая оптимизация**.**