

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Викторович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 03.11.2023 12:00:38  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета машиностроения



*Е. В. Сафонов* / Е. В. Сафонов /  
« 13 » *Сафонов* 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Аддитивное производство медицинских изделий»**

Направление подготовки

**22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Профиль подготовки

**«Технология биосовместимых материалов»**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очно-заочная**

Москва 2022 г.

Программа дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль подготовки «Биосовместимые материалы»

**Программу составил:**

Доцент, к.т.н.



/ Ю.С. Тер-Ваганянц /

Программа дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» утверждена на заседании кафедры «Материаловедение»

« 30 » августа 20 22 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой «Материаловедение»  
проф., д.т.н.



/Овчинников В.В./

Программа согласована с руководителем образовательной программы «Технология биосовместимых материалов»

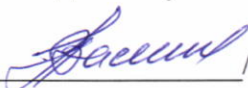


/Ю.С. Тер-Ваганянц/

« 30 » августа 20 22 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ /А.Н. Васильев/



« 13 » 09 20 22 г. Протокол: 14 22

Присвоен регистрационный номер:	22.04.01.02/01.2022. 17
---------------------------------	-------------------------

## 1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» следует отнести:

- формирование инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления медицинских изделий с использованием аддитивных технологий.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» следует отнести:

- 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

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Аддитивное производство медицинских изделий» относится к дисциплинам из части, формируемой участниками образовательных отношений основной образовательной программы магистратуры.

Дисциплина «Аддитивное производство медицинских изделий» взаимосвязана логически и и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Металлические биосовместимые материалы;
- Методы исследования функциональных свойств биосовместимых материалов;
- Технологические процессы производства и обработки функциональных материалов.

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

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

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-2	УК-2. Способностью 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. ИУК-2.2. Разрабатывает план реализации проекта в соответствии с существующими условиями, необходимыми ресурсами, возможными рисками и распределением зон от-

		ветственности участников проекта. 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	Способностью 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. ИПК-1.2 Умеет анализировать процесс разработки, обработки и испытаний продукции; разрабатывать предложения по совершенствованию технологического процесса и организации работ по его обеспечению ИПК-1.3 Владеет навыками разработки рекомендаций по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных, полимерных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, т.е. 108 академических часов (из них 72 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» изучаются на втором курсе.

**Четвертый семестр:** лекции – 18 часов, практические занятия и семинары – 18 часов, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

#### Содержание разделов дисциплины.

##### 1. Аддитивные технологии. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины.

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

##### 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. 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.

### **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» 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:

- лекции;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме опроса;
- самостоятельная работа;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Инновационные технологии обработки функциональных материалов» и в целом по дисциплине составляет 33% 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.**

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете".

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

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

#### **6.1. Организация и порядок проведения текущего контроля.**

##### **6.1.1. Формы проведения контроля.**

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: коллоквиумы.

##### **6.1.2. Содержание текущего контроля.**

Содержание форм текущего контроля и порядок их применения изложены в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение 2)".

##### **6.1.3. Сроки выполнения текущего контроля и шкала и критерии оценивания результатов.**

Сроки выполнения текущего контроля и шкала и критерии оценивания результатов изложены в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение 2)".

#### **6.2. Промежуточная аттестация. Организация и порядок проведения.**

### 6.2.1. Форма проведения промежуточной аттестации

Форма, предусмотренная учебным планом - экзамен.

Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице:

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Коллоквиумы (темы в приложении 2)	Активное обсуждение темы коллоквиума, с отметкой в журнале преподавателем о присутствии и активном участие студента в обсуждении

\*Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

### 6.2.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание.

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

<i>Шкала оценивания</i>	<i>Описание</i>
<i>Отлично</i>	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.
<i>Хорошо</i>	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.
<i>Удовлетворительно</i>	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.
<i>Неудовлетворительно</i>	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.
--	---

### 6.2.3. Организация и порядок проведения промежуточной аттестации

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.

Содержание билета: билет состоит из трех теоритических вопросов. Перечень вопросов, выносимых преподавателем на аттестацию по дисциплине и из которых формируются билеты изложены в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение 2)".

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

Основная литература

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

Дополнительная литература

1. В.В. Большаков, А.Н. Бочков. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. СПб.: Питер, 2012.
2. В. Большаков, А. Бочков, Ю.В. Лячек. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creohttp:

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Номер аудитории	Оборудование
1313	Проектор + экран

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов упрочнения поверхности конструкционных материалов, 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.

### **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным 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.

### **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» следует уделять изучению состава, структуры и свойств современных металлических материалов; освоению основ термической, химико-термической и термомеханической обработки, методов стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, параметрам процессов поверхностного упрочнения конструкционных материалов.

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;



**Структура и содержание дисциплины «Аддитивное производство медицинских изделий» по направлению подготовки  
22.04.01 «Материаловедение и технология материалов»  
по профилю подготовки «Технология биосовместимых материалов»**

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>1. Введение. Предпосылки возникновения аддитивных технологий. Классификация аддитивных технологий.</b>	4		2	–	–	4								
<b>Семинар 1</b> "Классификация аддитивных технологий".	4		–	2	–	4								
<b>2. Аддитивные производство с использованием полимерных и композиционных материалов. FDMпечать.</b>	4		2	–	–	4								
<b>Семинар 2</b> " Аддитивные производство с использованием полимерных и композиционных материалов "	4		–	2	–	4								
<b>3. SLA, DLP, LCD, MJMтехнологии. SLStехнология.</b>	4		4	–	–	4								
<b>Семинар 3</b> " SLA, DLP, LCD, MJM, SLS технологии"	4		–	4	–	8								

<b>4. Аддитивные технологии с использованием металлов.</b>	4		2	–	–	4								
Семинар 4 "Металлы в аддитивном производстве "	4		–	2	–	4								
<b>5. Производство металлических порошков.</b>	4		2	–	–	4								
Семинар 5 "Получение порошков для аддитивного производства"	4		–	2	–	8								
<b>6. Методы контроля качества в аддитивных технологиях. 3Дсканирование. Компьютерная томография.</b>			4	-		4								
Семинар 6 " Методы контроля качества в аддитивных технологиях "			-	4		8								
<b>7. Программное обеспечение, используемое в аддитивных технологиях. Бионический дизайн и топологическая оптимизация.</b>			2	-		4								
Семинар 7 "Бионический дизайн и топологическая оптимизация "			-	2		8								
Итого	4		18	18	–	72							+	

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

Направление подготовки: 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»  
ОП (профиль): «Технология биосовместимых материалов»  
Форма обучения: очно-заочная

Кафедра: «Материаловедение»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Аддитивное производство медицинских изделий»**

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:

Вопросы к зачету  
Вопросы к коллоквиуму

**Составитель:**  
**профессор, д.т.н. Тер-Ваганянц Ю.С.**

Москва, 2022 год

**ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

<b>Аддитивное производство медицинских изделий</b>					
<b>ФГОС ВО 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»</b>					
<b>В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:</b>					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>		<b>Перечень компонентов</b>	<b>Технология формирования компетенций</b>	<b>Форма оценочного средства**</b>	<b>Степени уровней освоения компетенций</b>
<b>ИН-ДЕКС</b>	<b>ФОРМУЛИРОВКА</b>				

УК-2	УК-2. Способностью управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>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.</p> <p>ИУК-2.2. Разрабатывает план реализации проекта в соответствии с существующими условиями, необходимыми ресурсами, возможными рисками и распределением зон ответственности участников проекта. 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.</p>	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, экзамен, коллоквиумы	К, Э	<p><b>Базовый уровень</b> Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла в стандартных учебных ситуациях.</p> <p><b>Повышенный уровень</b> Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла при решении профессиональных задач повышенной сложности.</p>
------	---	--	---	------	--

ПК-1	Способностью 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. ИПК-1.2 Умеет анализировать процесс разработки, обработки и испытаний продукции; разрабатывать предложения по совершенствованию технологического процесса и организации работ по его обеспечению ИПК-1.3 Владеет навыками разработки рекомендаций по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных, полимерных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, экзамен, коллоквиумы	К, Э	<p><b>Базовый уровень</b> Способность 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 в стандартных учебных ситуациях.</p> <p><b>Повышенный уровень</b> Способность 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 при решении профессиональных задач повышенной сложности.</p>
------	---	---	---	------	--

ОПК-5	Способностью оценивать результаты научных исследований и обобщать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях	ИОПК-5.1. Проектирует инновационные технологические процессы получения и обработки современных материалов для достижения требуемого комплекса свойств с учетом экологических, экономических, и других факторов.	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия, зачет, коллоквиумы	К,З	<p><b>Базовый уровень</b> Способность оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях в практической технической деятельности в стандартных учебных ситуациях.</p> <p><b>Повышенный уровень</b> Способность оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях при решении профессиональных задач повышенной сложности.</p>
-------	---	---	---	-----	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Иновационные технологии обработки функциональных материалов»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
2	Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися.	Темы коллоквиума
3	Э – экзамен	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект экзаменационных билетов

**Перечень экзаменационных вопросов (УК-2, ПК-1)**

- 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.

### **Темы коллоквиумов (УК-2, ПК-1)**

1. Классификация аддитивных технологий
2. Аддитивное 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.