



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

«__» _____ 2023 г.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ***

***РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ РКТ»***

Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством*

Профиль: *Управление качеством в технологических системах*

Уровень высшего образования: *магистратура*

Форма обучения: *очная*

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: Логачёва А.И. Рабочая программа дисциплины: Аддитивные технологии получения материалов для РКТ – Королев МО: «Технологический университет», 2023

Рецензент: д.т.н. Тимофеев А.Н.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.04.02 Управление качеством и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Тимофеев А.Н. д.т.н. 	Тимофеев А.Н. д.т.н.		
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 11 от 28.03.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  **О.А. Воейко к.т.н., доцент**

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине(модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью изучения дисциплины является:

- приобретение навыков, необходимых для оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов при использовании их в различных изделиях;

- формирование у будущих магистров профессиональных знаний и навыков в области аддитивных технологий и нанотехнологий;

- формирование представлений об изделиях, изготовленных методом аддитивных технологий и наноматериалах, методах их исследований, преимуществах и области применения.

В процессе обучения будущий магистрант приобретает и совершенствует следующие компетенции:

Профессиональные компетенции:

- ПК-5 способен контролировать функционирование системы управления качеством продукции в организации;

- ПК-7 способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции.

Основными **задачами** дисциплины являются:

1. изучение основных понятий и определений в области аддитивных технологий и нанотехнологий;

2. изучение методов аддитивного формирования изделий;

3. изучение методов получения наноматериалов;

4. научить студентов самостоятельно работать со специальной литературой по тематике дисциплины, добывать и осознанно применять полученные знания.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

- Владеть современными методами анализа управленческой деятельности.

- Владеть выполнением действий, предусмотренных методиками испытаний продукции, обработкой данных, полученных при испытаниях.

Необходимые умения:

- Уметь применять современные методы анализа производственной деятельности.

- Уметь оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями.

Необходимые знания:

- Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.

- Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы разработки и аттестации методик.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Аддитивные технологии получения материалов для РКТ» относится к дисциплинам по выбору части формируемой участниками образовательной программы подготовки магистрантов по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Изучение дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах в ходе подготовки бакалавров.

Знания, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми для изучения отдельных разделов дисциплины «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов» и выполнения выпускной квалификационной работы магистранта.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы обучения составляет **3** зачетные единицы, **108** часов.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4
Общая трудоемкость	108		108		
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	32		32		
Лекции (Л)	8		8		
Лабораторные работы (ЛР)	-		-		
Практические занятия (ПЗ)	24		24		
Практическая подготовка	10		10		
Контроль знаний	-		-		
Самостоятельная работа	76		76		
Курсовые работы	-				
Контрольная работа, домашнее задание	+				
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели)	Тест		Тест		
Вид итогового контроля:	Экзамен		Экзамен		

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час.	Практич. занятия час.	Занятия в интеракт. форме, час.	Практ. подготовка, час	Код компетенции
Тема 1. Введение. Предмет и основы дисциплины.	2	-	-		ПК-5 ПК-7
Тема 2. Аддитивные технологии	4	14	5	5	ПК-5 ПК-7
Тема 3. Наноматериалы и нанотехнологии.	2	10	5	5	ПК-5 ПК-7
Итого:	8	24	10	10	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Введение. Предмет и основы дисциплины.

Цели и задачи дисциплины. Основные тенденции развития инновационных технологий в России и за рубежом. Перспективы применения новых материалов в ракетно-космической отрасли.

Тема 2 Аддитивные технологии.

Основные термины и определения. Классификация аддитивных технологий. Основные технологические операции. Преимущества аддитивных технологий. Особенности и возможности аддитивных технологий. Материалы для аддитивных технологий и требования к ним. Бионический дизайн. Изделия, изготовленные по аддитивным технологиям и их дефекты. Оборудование для аддитивных технологий. Особенности постобработки. Области применения аддитивных технологий. «Умная фабрика».

Тема 3. Наноматериалы и нанотехнологии.

Ключевые понятия и определения. История развития нанотехнологий. Перспективы развития и применение в различных сферах. Виды частиц. Методы получения наночастиц. Механические методы. Механосинтез. Химические методы. Газофазный синтез. Ионно-плазменные методы. Метод управляемой рекристаллизации. Высокочастотный индукционный нагрев. Химические методы. Золь гель метод. Способ восстановления и термического разложения. Гидролиз. Термолиз. Импульсные лазерные методы. Свойства наночастиц. Углеродные наноструктуры. Структура фуллеренов и углеродных нанотрубок. Получение углеродных наноструктур.

Свойства углеродных наноструктур. Наноструктурированные композиты. Общие закономерности строения композитных наноматериалов. Наночастицы сферической или нерегулярной формы. Технология получения наноструктурированных композитов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

«Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)» представлены в приложении 2.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Программой предусмотрены следующие виды контроля: два текущих контроля успеваемости в форме тестирования и промежуточная аттестация в форме экзамена.

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) «Аддитивные технологии получения материалов для РКТ» приведена в Приложении 1

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Космическое материаловедение: учеб. пособие / Р.А. Ермолаев, М.М. Михайлов, А.А. Семенова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. – 374с.
2. Дмитриев А.С. Введение в нанотеплофизику – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 790 с.
3. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л., Наноматериалы: Учебное пособие / - 5-е изд., (эл.) - М.: Лаборатория знаний, 2017. – 368 с.

Дополнительная литература:

1. Андриевский, Р.А. Наноматериалы на металлической основе в экстремальных условиях. Эл. изд. — М.: Лаборатория знаний, 2016 - 105 с.
2. Смирнов В.И., Физические основы нанотехнологий и наноматериалы, учебное пособие, – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 240 с.
3. Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение. Учебное пособие. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 512 с.
4. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий. Учебное пособие. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. — 136 с.
5. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении – Изд-во СПбГУ, 2013 – 221 с.

6. Александрова В.В., Зайцева А.А. 3D-технология и когнитивное программирование // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. – № 5. – Т. 10.

7.Zhang J., Jung Y.-G. Additive Manufacturing: Materials, Processes, Quantifications and Applications – Butterworth-Heinemann, 2018 – p. 362.

8.Srivatsan T.S., Sudarshan T.S. Additive Manufacturing: Innovations, Advances, and Applications – CRC Press, 2015 – p. 444.

9.Milewski J.O. Additive manufacturing of metals from fundamental technology to rocket nozzles, medical implants, and custom jewelry – Springer International Publishing, 2017 – p. 343.

10.Singh R., Davim J.P. Additive Manufacturing: Applications and Innovations – Springer CRC Press, 2018 – p. 268.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы:

1. www.iprbooks.ru Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. www.e.lanbooks.ru Электронно-библиотечная система «Лань»
3. <https://rd.springer.com>- Springer Link
4. <https://www.nature.com>- Springer Nature
5. <https://nano.nature.com>- База данных NANO
6. <https://sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/18/additivnye-tehnologii-1320-cto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya.aspx>
7. <https://rostec.ru/>
8. <https://habr.com/ru/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) приведены в Приложении 2 к настоящему Положению.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения: *MSoftware, SPSS, SolidWorks.*

Информационные справочные системы:

Электронные ресурсы образовательной среды Университета.

1. www.biblioclub.ru
2. www.znaniyum.com

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Практические занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран),
- ознакомление с производственными участками АО «Композит».

Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ТЕХНОЛОГИЙ***

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РКТ»**

Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством*

Профиль: *Управление качеством в технологических системах*

Уровень высшего образования: *магистратура*

Форма обучения: *очная*

Королев
2023

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части) *	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, обучающийся приобретает		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ПК-5	Способен контролировать функционирование системы управления качеством продукции в организации	Тема 1. Тема 2. Тема 3.	Владеет современными методами анализа управленческой деятельности.	Умеет применять современные методы анализа производственной деятельности	Знает нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.
2	ПК-7	Способен проводить испытания и модернизировать образцы продукции	Тема 1. Тема 2. Тема 3.	Владеет выполнением действий, предусмотренных методиками испытаний продукции; обработкой данных, полученных при испытаниях	Умеет оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями	Знает нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы разработки и аттестации методик

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-5 ПК-7	Доклад в форме презентации	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция <u>не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится устно с возможным использованием мультимедийных систем, а также с использованием технических средств. Время, отведенное на процедуру – 10 – 15 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Соответствие представленного доклада заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке доклада и разработке презентации (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Полнота раскрытия темы доклада (1 балл). 5. Оригинальность подхода и установление связей с родственными явлениями (1 балл). <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Оценка проставляется в электронный журнал.</p>

ПК-5 ПК-7	Тест	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 90% правильных ответов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 70% правильных ответов; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – от 51% правильных ответов; <p>В) не сформирована (компетенция не сформирована) – менее 50% правильных ответов</p>	<p>Проводится в виде устной проверки индивидуально, Время, отведенное на процедуру - 30 минут. Неявка – 0 баллов. Критерии оценки определяются процентным соотношением. Удовлетворительно -от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.</p> <p>Максимальная оценка – 5 баллов</p> <p>Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-5 ПК-7	Контрольная работа	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) (компетенция не сформирована) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор оптимального метода решения задачи (1 балл). 2. Умение применить выбранный метод (1балл). 3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчётах (1 балл). 4. Решение задачи и получение правильного результата (2 балла). <p>Задача не решена совсем (0 баллов). Максимальная оценка 5 баллов.</p>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

3.1. «Аддитивные технологии»

Вариант 1

- 1.Классификация материалов для аддитивных технологий.
- 2.Устройство 3Д принтеров для аддитивных технологий. Особенности печати лазером и электронным лучом.
- 3.Методы изучения механических свойств изделий аддитивного производства.

Вариант 2

- 1.Характерные дефекты аддитивного производства металлических изделий.
2. Области применения аддитивных технологий.

3.Изучение качества порошковых материалов под аддитивное производство. Методы определения технологических свойств.

Вариант 3

1.Режимные параметры процесса селективного лазерного сплавления
2.Характеристики и возможные дефекты металлических порошковых материалов для аддитивных технологий.

3.Методы контроля качества изделий после аддитивного производства.

Вариант 4

1.Требования к компьютерным моделям, предназначенным для производства на установках послойного синтеза.

2.Ограничения при использовании аддитивного производства металлических изделий.

3.Неразрушающие методы контроля качества изделий после аддитивного производства.

3.2. «Нанотехнологии и наноматериалы»

Вариант 1

1. Классификация нанокристаллических материалов по размерности.
2. Вклад границ в свойства системы. Влияние межфазных слоев на объемные свойства материалов.

3. Методы исследования механических свойств наноматериалов.

Вариант 2

1. Классификация наноразмерных систем.
2. Фуллерены: открытие фуллеренов, формирование фуллеренов, фуллерены в природе.

3. Углеродные нанотрубки: структура нанотрубок, электронные свойства нанотрубок, основные способы получения.

Вариант 3

1. Поверхностные (связанные с разделом границ) и объемные (связанные с размером зерен) эффекты. Большая развитость, протяженность и особое строение границ раздела в компактных нанокристаллических материалах.

2. Первое использование термина «нанотехнология». Современное значение термина «нанотехнология». Два принципа создания наноматериалов: «сверху-вниз» и «снизу-вверх».

3.Получение компактных нанокристаллических материалов: компактирование нанопорошков, осаждение на подложку, интенсивная пластическая деформация.

Вариант 4

1. Для получения каких наноматериалов используется метод интенсивной пластической деформации?

2. Методы синтеза нанокристаллических порошков: газофазный синтез, плазмохимический синтез.

3. Уменьшение размера зерен (кристаллитов) как эффективный метод изменения свойств твердого тела. Механические свойства. Тепловые свойства. Электрические свойства. Магнитные свойства.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Аддитивные технологии получения материалов для РКТ» являются текущий контроль знаний в виде промежуточной аттестации и экзамена по дисциплине.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
	Тест №1 Тест №2	ПК-5 ПК-7	19 вопросов 15 вопросов	Тестирование ; время, отведенное на процедуру - 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Неявка -0 Неудовлетворительно – до 51 правильных ответов. Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%. Максимальная оценка – 5 баллов.
	Экзамен	ПК-5 ПК-7	2 вопроса	Экзамен проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру –20 минут.	Результаты предоставляются в день проведения зачета	Критерии оценки: « Отлично »: -знание основных понятий предмета; -умение использовать и применять полученные знания на практике; -работа на практических занятиях; -знание основных научных теорий, изучаемых предметов; -ответ на вопросы билета. « Хорошо »: -знание основных понятий предмета; -умение использовать и применять полученные знания на практике; -работа на практических занятиях; -недостаточно полный ответ на билет « Удовлетворительно »: -демонстрирует частичные знания по

						темам дисциплин; -незнание и неумение использовать и применять полученные знания на практике; -не работал на практических занятиях; -частичные ответы на вопросы билета «Неудовлетворительно»: -демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; -незнание основных понятий предмета; -неумение использовать и применять полученные знания на практике; -не работал на практических занятиях; -не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	--

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся, согласно приказу «О внедрении новой балльно-рейтинговой системы контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся».

4.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование

Тесты используются при текущем контроле знаний. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует один вариант ответа.

Задания тестирования № 1

1. От какого слова произошло название «Аддитивные технологии»?
 - a) Добавление
 - b) Вычитание
 - c) Спекание
2. Какой из представленных вариантов относится к методу поэтапного послойного отверждения жидкого фотополимера лазером?
 - a) Фотоскульптура
 - b) Стереолитография
 - c) Топографические макеты
3. Выберите пластик, который используется как один из самых практичных материалов для 3D-печати
 - a) PLA
 - b) ABS
 - c) Фотополимер
4. Выберите биоразлагаемый пластик для 3D-печати
 - a) PLA

- b) ABS
 - c) Фотополимер
- 5. Выберите метод, соответствующий описанию: «послойное избирательное сплавления металлического порошкового материала лазерным источником»**
- a) Селективное лазерное сплавление (SLM)
 - b) Прямое осаждение металла (DMD)
 - c) Стереолитография (SLA)
- 6. Выберите метод, которым возможно получать крупногабаритные металлические изделия и ремонтировать элементы деталей**
- a) Селективное лазерное сплавление (SLM)
 - b) Прямое осаждение металла (DMD)
 - c) Стереолитография (SLA)
- 7. Для удержания строящейся детали от термических деформаций используют**
- a) Поддержки
 - b) Вакуум
 - c) Инертный газ
- 8. Основная отличительная черта СЭЛС от СЛС технологии:**
- a) Использование инертной среды
 - b) Низкая шероховатость
 - c) Высокая производительность
- 9. Выберите цепочку, подходящую под получение грин-модели технологией InkJet**
- a) Формирование слоя, избирательный послойный синтез
 - b) Оплавления участка изделия, подача порошка струей инертного газа
 - c) Формирование слоя, послойный синтез, удаление связующего, инфильтрация
- 10. Выберите наиболее эффективный способ уменьшения пористости в металлических деталях, полученных АТ**
- a) Горячее изостатическое прессование
 - b) Отжиг
 - c) Вакуумное спекание
- 11. Из представленных вариантов выберите технологию, в которой используется порошки наибольшей фракцией**
- a) Селективное лазерное сплавление (SLM)
 - b) Литье металла под давлением (ММ)
 - c) Прямое осаждение металла (DMD)
- 12. Выберите способ, обеспечивающий получение порошков с наименьшим количеством внешних и внутренних дефектов**
- a) Плазменное центробежное распыление
 - b) Газовая атомизация
 - c) Вакуумная атомизация
- 13. Какой метод не используется для получения титановых порошков для АТ?**
- a) Плазменное центробежное распыление
 - b) Газовая атомизация
 - c) Технология EIGA
- 14. Какие виды дефектов встречаются в изделиях, полученных селективным лазерным сплавлением?**
- a) Локальные несплавления, сетка трещин, пористость
 - b) Единичные трещины, шероховатость, микропористость
 - c) Все представленные варианты
- 15. Каким способом неразрушающего контроля возможно «увидеть» внутреннюю структуру и проконтролировать внешнюю геометрию детали, полученной АТ?**
- a) Ультразвуковым контролем
 - b) Компьютерной томографией

с) Координатно-измерительным манипулятором

Задания тестирования № 2

- 1. Один нанометр равен чему? Укажите арифметический правильный ответ**
 - a) Одна миллионная сантиметра
 - b) Одна миллионная миллиметра
 - c) Одна тысячная ангстрема
 - d) Одна стотысячная дюйма
- 2. Какой из размеров ближе всего к 1 нанометру**
 - a) диаметр молекулы фуллерена
 - b) вандерваальсовый радиус молекулы кислорода
 - c) длина волны излучения бытовой микроволновой печи
 - d) радиус квантовой точки на основе халькогенида кадмия
- 3. Из какого языка произошла приставка «нано» и что она означает?**
 - a) из древнеславянского и означает "солнечная пылинка"
 - b) из немецкого и означает "крошка"
 - c) из греческого и означает "гном, карлик"
 - d) из латыни и означает "глубина, топь"
 - e) из английского и означает "мера, деление"
- 4. Какие из эффектов нехарактерны для нанобъектов? Выберите наиболее подходящий ответ...**
 - a) Квантование (квантоворазмерные эффекты)
 - b) Повышенная химическая активность
 - c) Повышенная концентрация (точечных и протяженных) дефектов
 - d) Повышенная концентрация "оборванных" связей
- 5. Какие типы наноматериалов выделяются в рекомендациях Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 год)**
 - a) Наночастицы
 - b) Нанотрубки и нановолокна
 - c) Наноструктурированные поверхности и пленки
 - d) Нанокристаллы
 - e) Присутствуют все типы
- 6. Что такое способ получения наночастиц «сверху вниз»?**
 - a) исходный материал бросают с большой высоты, и он распадается на наночастицы;
 - b) исходный материал измельчают до тех пор, пока его частицы не станут наноразмерными;
 - c) на исходный материал сверху бросают что-нибудь тяжелое, и он распадается на наночастицы.
- 7. Что такое способ получения наночастиц «снизу вверх»?**
 - a) исходный материал подбрасывают вверх и он распадается на наночастицы;
 - b) исходный материал сверлят снизу до получения наночастиц;
 - c) наночастицы получают, объединяя отдельные атомы.
- 8. Назовите единственный (среди перечисленных) реально существующий в наномире объектов.**
 - a) Нанороботы
 - b) Янусы
 - c) Суперпарамагнитные монополи
 - d) Супрамолекулярный вечный двигатель второго рода
- 9. Физическое осаждение из паровой фазы, как метод получения нанопорошков относится к технологиям, основанных на...**
 - a) физических процессах;
 - b) химических процессах;

- с) биологических процессах.
- 10. Высокэнергетический синтез, как метод получения нанопорошков относится к технологиям, основанных на...:**
- а) физических процессах;
 - б) химических процессах;
 - с) биологических процессах.
- 11. Разложение нестабильных соединений, как метод получения нанопорошков относится к технологиям, основанных на...**
- а) физических процессах;
 - б) химических процессах;
 - с) биологических процессах.
- 12. Распыление расплава, как метод получения нанопорошков относится к технологиям основанных на...**
- а) физических процессах;
 - б) химических процессах;
 - с) биологических процессах.
- 13. Что такое нановолокно?**
- а) это полая внутри одномерная структура;
 - б) это аморфная непроводящая одномерная наноструктура;
 - с) это кристаллический нанообъект, обладающий проводящими или полупроводящими свойствами.
- 14. Биологические методы получения наноматериалов основанных на...**
- а) использовании биохимических процессов, происходящих в белковых телах;
 - б) фазовых превращениях в процессах испарения;
 - с) химических превращениях в процессах.
- 15. Какими свойствами обладают нанотрубки?**
- а) высокой пластичностью;
 - б) высокой прочностью и высокой упругостью;
 - с) высокой электропроводностью и высокой теплопроводностью.
 - д) присутствуют все типы
- 16. Какой из законов (правил) описывает, как считается, механические свойства нанокристаллических материалов?**
- а) Холла
 - б) Холла-Петча
 - с) Мура
 - д) Стендаля
 - Д) Данкова-Конобеевского
- 17. Какой из материалов должен иметь наибольшую удельную (м²/г) площадь поверхности?**
- а) ксерогель
 - б) аэрогель
 - с) гель
 - д) керамика
- 18. За счет чего, скорее всего, будет происходить пластическая деформация нанокристаллического материала?**
- а) зернограничное проскальзывание
 - б) скольжения дислокации Франка
 - с) перемещения дислокационных стенок
 - д) переползания дислокационных петель
 - е) поперечного скольжения винтовых дислокаций
- 19. Фуллерены и углеродные нанотрубки получают из:**
- а) графита;

- b) алмаза;
- c) бумаги.

4.2. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. История развития и современная классификация аддитивных технологий.
2. Определение и особенности аддитивных технологий. Основные разновидности аддитивных технологий для изготовления металлических изделий.
3. Основные материалы для аддитивных технологий и методы их получения.
4. Металлопорошковые композиции как сырье для аддитивных технологий. Требования, предъявляемые к ним. Способы их получения.
5. Селективное лазерное сплавление. Принцип метода, основные его преимущества.
6. Прямое лазерное выращивание/ газопорошковая наплавка. Принцип метода, основные его преимущества.
7. Горячее изостатическое прессование и термическая обработка синтезированного материала сплавов на основе никеля и титана. Особенности их структуры и свойств.
8. Определения и классификация наноматериалов.
9. Виды частиц. Методы получения наночастиц.
10. Механические методы. Механосинтез.
11. Химические методы. Газофазный синтез.
12. Наноструктурированные композиты.
13. Технология получения наноструктурированных композитов.
14. Метод растровой электронной микроскопии применительно к синтезированному материалу.
15. Метод просвечивающей электронной микроскопии.
16. Контроль качества металлических деталей, полученных по аддитивным технологиям. Основные параметры контроля.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ТЕХНОЛОГИЙ***

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ РКТ»**

Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством*

Профиль: *Управление качеством в технологических системах*

Уровень высшего образования: *магистратура*

Форма обучения: *очная*

Королев

2023

1. Общие положения

Цель дисциплины:

- приобретение навыков, необходимых для оценки технологических и эксплуатационных свойств материалов при использовании их в различных изделиях;
- формирование у будущих магистров профессиональных знаний и навыков в области аддитивных технологий и нанотехнологий;
- формирование представлений об изделиях, изготовленных методом аддитивных технологий и наноматериалах, методах их исследований, преимуществах и области применения.

Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и определений в области аддитивных технологий и нанотехнологий;
- изучение методов аддитивного формирования изделий;
- изучение методов получения наноматериалов;
- научить студентов самостоятельно работать со специальной литературой по тематике дисциплины, добывать и осознанно применять полученные знания.

2 Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Практическое занятие 1

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Изучение особенностей существующих аддитивных технологий и их сравнение. Требования к материалам и оборудованию.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 2

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Изучение технологических особенностей работы оборудования для лазерного селективного сплавления.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 3

Вид практического занятия: *практическая работа в группах.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Изучение особенностей микроструктуры материала, получаемого лазерным селективным сплавлением, методом оптической микроскопии.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 4

Вид практического занятия: *беседа.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Особенности изготовления деталей методом лазерной наплавки.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 5

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Методы контроля качества деталей, изготовленных методом аддитивных технологий.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 6

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Сравнительный анализ деталей, изготовленных методом аддитивных технологий и методами литья.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 7

Вид практического занятия: *практическая работа в группах.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия*.

Тема и содержание практического занятия: Аддитивные технологии.

Контроль качества порошка для изготовления деталей методом лазерной наплавки. Изготовление шлифов для анализа свойств сплава
Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 8

Вид практического занятия: *беседа*.

Образовательные технологии: *групповая дискуссия*.

Тема и содержание практического занятия: Наноматериалы и нано технологии.

Классификация наночастиц. Особенности современных технологий получения наноматериалов. Наноконпозиты и их свойства. Изучение механизмов упрочнения наноконпозитов на основе металлической матрицы.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 9

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*.

Образовательные технологии: *групповая дискуссия*.

Тема и содержание практического занятия: Наноматериалы и нано технологии.

Изучение процесса механохимического синтеза. Расчет количества засыпки и соотношения шаров. Изучение влияния времени размола на состав получаемой смеси.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 10

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*.

Образовательные технологии: *групповая дискуссия*.

Тема и содержание практического занятия: Наноматериалы и нано технологии.

Изучение особенностей микроструктуры наноматериалов, включая наноструктуры, методом электронной микроскопии.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 11

Вид практического занятия: *практическая работа в группах*.

Образовательные технологии: *групповая дискуссия*.

Тема и содержание практического занятия: Наноматериалы и нано технологии.

Определить размеры наночастиц с помощью лазерного анализатора частиц. Проанализировать и оформить результаты исследования.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 12

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Наноматериалы и нанотехнологии.

Испарение и конденсация. CVD-метод. Газофазный синтез. Термическое испарение и осаждение на кристаллические и аморфные поверхности подложек.

Продолжительность занятия – 2 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Лабораторный практикум Учебным планом не предусмотрен.

4. Указания по проведению самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Аддитивные технологии	Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов Примерная тематика рефератов: 1. Алюминиевые сплавы - особенности и применение для аддитивных технологий. 2. Алюминиды титана-особенности и применение для послойного синтеза. 3. Контроль качества порошков, используемых в аддитивных технологиях.
2.	Наноматериалы и нанотехнологии.	Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов Примерная тематика рефератов: 1. Основные виды наноматериалов на основе углерода. 2. Сверхбыстрая кристаллизация- способ получения наноструктур. Особенности. Оборудование. 3. Организация исследований безопасности наноматериалов

5. Указания по проведению контрольных работ для обучающихся очной формы обучения

5.1. Требования к структуре.

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию (основной части).

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

3. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению.

Объём контрольной работы – 20 страниц формата А4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman).

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Космическое материаловедение: учеб. пособие / Р.А. Ермолаев, М.М. Михайлов, А.А. Семенова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. – 374с.

2. Дмитриев А.С. Введение в нанотеплофизику – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 790 с.

3. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л., Наноматериалы: Учебное пособие / - 5-е изд., (эл.) - М.: Лаборатория знаний, 2017. – 368 с.

Дополнительная литература:

1. Андриевский, Р.А. Наноматериалы на металлической основе в экстремальных условиях. (эл. изд.) М. : Лаборатория знаний, 2016. — 105 с.

2. Смирнов В.И., Физические основы нанотехнологий и наноматериалы, учебное пособие, – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 240 с.

3. Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение. Учебное пособие. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 512 с.

4. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий Учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2015. 136 с.

5.Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении – Изд-во СПбГУ, 2013 – 221 с.

6. Александрова В.В., Зайцева А.А. 3D-технология и когнитивное программирование // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. – № 5. – Т. 10.

7.Zhang J., Jung Y.-G. Additive Manufacturing: Materials, Processes, Quantifications and Applications – Butterworth-Heinemann, 2018 – p. 362.

8.Srivatsan T.S., Sudarshan T.S. Additive Manufacturing: Innovations, Advances, and Applications – CRC Press, 2015 – p. 444.

9.Milewski J.O. Additive manufacturing of metals from fundamental technology to rocket nozzles, medical implants, and custom jewelry – Springer International Publishing, 2017 – p. 343.

10.Singh R., Davim J.P. Additive Manufacturing: Applications and Innovations – Springer CRC Press, 2018 – p. 268.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы:

1. www.iprbooks.ru Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. www.e.lanbooks.ru Электронно-библиотечная система «Лань»
3. <https://rd.springer.com/>- Springer Link
4. <https://www.nature.com/>- Springer Nature
5. <https://nano.nature.com/>- База данных NANO
6. <https://sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/18/additivnye-tehnologii-1320-cto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya.aspx>
7. <https://rostec.ru/>
8. <https://habr.com/ru/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения: *MSoftware, SolidWorks*

Информационные справочные системы:

Электронные ресурсы образовательной среды Университета.

1. www.biblioclub.ru
2. www.znaniyum.com