


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  В.И. Рязжских
«21» февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Аддитивные технологии при проектировании жидкостных
ракетных двигателей и энергоустановок»

Специальность 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных
двигателей

Специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей

Квалификация выпускника инженер

Нормативный период обучения 5 лет и 6 м.

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы



/Г.А. Сухочев /

Заведующий кафедрой
Ракетных двигателей



/В.С. Рачук /

Руководитель ОПОП



/В.С. Рачук/

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

получение знаний о принципах и практическом применении аддитивных технологий при модельном и полноразмерном макетировании, быстром прототипировании и многономенклатурном производстве изделий машиностроения.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение физических принципов построения объектов аддитивными методами;
- изучение конструктивных и технологических ограничений, связанных с аддитивным производством
- приобретение и закрепление навыков выбора оборудования и программного обеспечения для решения специализированных исследовательских и практических задач;
- приобретение навыков самостоятельного проектирования моделей и прототипов для последующего изготовления аддитивными методами и оценивания результатов аддитивного производства;
- изучение основных типов машин, обеспечивающих аддитивное производство.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Аддитивные технологии при проектировании жидкостных ракетных двигателей и энергоустановок» относится к дисциплинам блока ФТД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Аддитивные технологии при проектировании жидкостных ракетных двигателей и энергоустановок» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ПК-3 - Способен разрабатывать технологическую документацию на реактивные двигатели и их составные части

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	знать проблемных ситуации на основе системного подхода, для которых надо вырабатывать стратегию действий
	уметь осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода
	владеть методами критического анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ПК-3	знать актуальные виды средств технологического оснащения для аддитивных технологий применительно к ЖРД и перспективным энергоустановкам
	уметь разрабатывать технологические схемы селективного лазерного спекания заготовок для изготовления сложнопрофильных деталей ЖРД и энергоустановок
	владеть методами и приемами моделирования ДСЕ ЖРД для последующего быстрого прототипирования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Аддитивные технологии при проектировании жидкостных ракетных двигателей и энергоустановок» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий
очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Техничко-экономические возможности аддитивных технологий. Особенности подготовки производства наукоемкого изделия	Основные понятия и терминология. Классификация аддитивных технологий. Аддитивные технологии и возможная экономия материала. Новые возможности для технического дизайна. Расширение пользовательской доступности аддитивных технологий. Понятие системы технической подготовки производства. Конструкторская подготовка производства. Технологическая подготовка производства	4	4	6	14
2	Элементы системы автоматизированного проектирования в	Организация САПР станочных приспособлений. Организация интеграции системы проектирования в комплекс	4	4	6	14

	ускоренной подготовке производства. Планирование процесса технической подготовки производства.	программных средств на предприятии. Автоматизированное проектирование приспособлений для последующего прототипирования. Методы сетевого планирования. Планирование энергоснабжения в подготовке производства				
3	Типовые объекты использования аддитивных технологий в подготовке производства наукоёмких изделий.	Высокозатратные в подготовке производства конструктивные элементы наукоемких изделий. Конструкторско-технологические проблемы заготовительного Понятие и виды аддитивного производства.	4	4	6	14
4	Аддитивные технологии в подготовке производства	Аддитивные технологии в литейном производстве. Аддитивные технологии синтеза литейных форм. Аддитивные технологии и порошковая металлургия производства. Область использования «металлических» АМ-технологий в изготовлении оснастки.	2	2	6	10
5	Синтез техоснастки	Организация производства оснастки при применении технологии послойного синтеза.	2	2	6	10
6	Технология и оборудование для синтеза оснастки	Выбор конкретной технологии и оборудования послойного синтеза оснастки. Обработка оснастки после послойного	2	2	6	10
Итого			18	18	36	72

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Знакомство с устройством FDM принтера с кинематической схемой XZ Head Y Bed.
2. Знакомство с устройством FDM принтера с кинематической схемой H-Vot
3. Подключение и управление принтером с кинематической схемой H-Vot посредством программного комплекса Repetier Host.
4. Построение пробной модели с использованием программы-слайсера Slick3r

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;
«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	знать проблемных ситуации на основе системного подхода, для которых надо выработать стратегию действий	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами критического анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать актуальные виды средств технологического оснащения для аддитивных технологий применительно к ЖРД и перспективным энергоустановкам	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать технологические схемы селективного лазерного спекания заготовок для изготовления сложнопрофильных деталей ЖРД и энергоустановок	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами и приемами моделирования ДСЕ ЖРД для последующего быстрого прототипирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
УК-1	знать проблемных ситуации на основе системного подхода, для которых надо выработать стратегию действий	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами критического анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать актуальные виды средств технологического оснащения для аддитивных технологий применительно к ЖРД и перспективным энергоустановкам	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь разрабатывать технологические схемы селективного лазерного спекания заготовок для изготовления сложнопрофильных деталей ЖРД и энергоустановок	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами и приемами моделирования ДСЕ ЖРД для последующего быстрого прототипирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. По какой технологии происходит печать металлических изделий.

- 1) FDM;
- 2) SLM;
- 3) DLP;
- 4) SLA

2. Сколько типов выращивания изделий из металла существует.

Назовите эти типы

- 1) 3
- 2) 4
- 3) 2

2 типа - «Bed Deposition» и «Direct Deposition»

3. Опишите суть метода «Bed Deposition» и его особенности.

Метод предполагает использование в качестве строительного материала металлопорошковых композиций. То есть выращивание изделия из мелкодисперсного металлического порошка путём спекания его при помощи лазерного луча.

При использовании данной технологии сначала формируют слой, например, насыпают на поверхность рабочей платформы дозу порошкового материала и разравнивают порошок с помощью ролика или «ножа», формируя ровный слой материала определенной толщины. Затем выборочно (селективно) обрабатывают порошок в сформированном слое лазером или иным способом, скрепляя частички порошка (сплавляя или склеивая) в соответствии с текущим сечением исходной САД-модели

Особенностью технологий, использующих лучевой источник тепла, является необходимость применения специальных поддержек – своеобразных «якорей», препятствующих термическим деформациям в строящихся деталях. При построении деталей из полимерных порошков в этом нет необходимости: деталь при построении находится в массиве порошка, и функцию поддержек выполняет неспеченный порошок. При сплавлении металлических порошков концентрация тепловой энергии в рабочей камере чрезвычайно высока и без удерживающих «якорей» деталь может «уплыть», покособиться и даже повредить элементы дозирующей системы машины. Специальное программное обеспечение АМмашины предлагает оператору конфигурацию поддержек, но многое зависит и от оператора, от его опыта и мастерства – часто приходится редактировать предлагаемое машиной решение. Кроме того, удаление поддержек – это достаточно ответственный процесс. Необходимо, во-первых, снять остаточные напряжения. Для этого нужно иметь соответствующее термическое оборудование. Во-вторых, необходимо иметь подходящий инструмент для аккуратного отделения построенной детали от платформы и последующего удаления поддерживающих структур. В-третьих, необходимо оборудование для пост-обработки построенных

деталей.

4. Опишите суть метода «Direct Deposition».

Термин на русский можно перевести как «прямое или непосредственное осаждение (материала)», т. е. направление энергии и осаждение материала в конкретную точку построения. Иными словами, в отличие от первого вида, здесь не формируется слой строительного материала на поверхности («bed») платформы, а материал подается в конкретное место, куда в данный момент времени подводится энергия и где идет процесс формирования детали. Подобно тому, как сварщик подводит электрод к месту, где за счет электрической дуги формируется зона расплава. К технологии Direct Deposition, относят следующие технологии:

- DMD – Direct Metal Deposition (компания POM, США);
- LENS – Laser Engineered Net Shape (компания Optomec, США);
- DM – Direct Manufacturing (компания Sciaky, США);
- MJS – Multiphase Jet Solidification (компания Fraunhofer IFAM, Германия; FDM, США) и др.

5. Какие технологии печати и из каких материалов применяются для изготовления литейных форм для металлов в литейном производстве.

- 1) Технология FDM (PLA, ABS пластики);
- 2) Технология SLM (выжигаемые порошковые материалы)
- 3) Стереолитография (полимеры и смолы)
- 4) Технология SLS (металлические формы)

6. Какие типы материалов применяют для печати деталей из металлов методов «Bed Deposition»?

Для печати металлом, как правило, применяются различные порошковые металлы. Под порошками понимают сыпучие материалы с характерным размером частиц до 1,0 мм. Порошки классифицируют по размерам частиц (по условному диаметру d), подразделяя их на нанодисперсные с $d < 0,001$ мкм, ультрадисперсные $d = 0,01-0,1$ мкм, мелкие $d = 10 - 40$ мкм, средние $d = 40 - 250$ мкм и крупные $d = 250 - 1000$ мкм.

В настоящее время не существует общих требований к металлопорошковым композициям, применяемым в АМ-технологиях. Разные компании – производители АМ-машин предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой компанией. В разных машинах используются порошки различного фракционного состава. Одним из параметров, характеризующих порошок, является величина d_{50} – «средний диаметр частиц». Например, $d_{50} = 40$ мкм означает, что у 50% частиц порошка размер частиц меньше или равен 40 мкм. Так, в машинах Phenix (3D Systems) используется порошок с размерами частиц $d_{50}=10$ мкм; для машин Conzept Laser дисперсность порошка – в пределах 25...52 мкм при $d_{50}=26,9$ мкм; для машин Arcam размер частиц составляет 45-100 мкм, для машин SLM Solutions $d_{50}=10-30$ мкм и т. д.

7. Опишите технологию выращивания песчаных литейных форм.

Технология фирмы EOS (Германия) представляет собой разновидность SLS-технологии. Различие состоит в том, что в качестве модельного

материала используется литейный (силикатный или циркониевый) предварительно плакированный полимером песок. Плакирование песка производят в специальном смесителе, где песок смешивают с жидким связующим, и таким способом, каждая частичка песка покрывается тонким слоем связующего. При построении модели в АМ-машине тепловое воздействие лазера приводит к расплавлению связующего, и частички песка «склеиваются». После спекания получается «грин-модель», требующая аккуратного обращения при очистке. Для закрепления очищенных мест их сразу обрабатывают вручную пламенем газовой горелки. После завершения очистки фрагменты формы помещают в прокалочную печь и окончательно (при температуре 300-350°C) отверждают массив формы. Затем «выращенные» фрагменты формы собирают и подготавливают к заливке металлом обычными методами.

8. Как называются программы для подготовки модели к 3Д печати?

- 1) Конструкторы;
- 2) Анализаторы
- 3) Слайсеры
- 4) Интеграторы

9. Для чего необходимо применение программ для подготовки модели к 3Д печати?

Необходимо для дробления модели на слои и описание машинного кода с координатами перемещения печатающего органа 3Д-принтера.

10. В какой САД-системе можно разработать модель для 3Д печати?

1) В любом редакторе, в котором есть возможность сохранения в STL формате

- 2) только в специализированных редакторах
- 3) Только в SolidWorks

11. В каком формате необходимо предоставить модель для 3Д печати?

- 1) STL
- 2) DXF
- 3) M3D
- 4) STEP

12. Опишите сущность формата для печати 3Д модели.

Это формат файла, широко используемый для хранения трёхмерных моделей объектов для использования в аддитивных технологиях. Информация об объекте хранится как список треугольных граней, которые описывают его поверхность, и их нормалей. STL-файл может быть текстовым (ASCII) или двоичным. Свое название получил от сокращения термина «Stereolithography», поскольку изначально применялся именно в этой технологии трехмерной печати.

13. Для чего необходимы программы для послойного дробления модели (слайсеры)?

- 1) Для представления модели в виде законченного количества слоёв
- 2) Для построения координатной сетки работы 3Д принтера.
- 3) Для создания управляющей программы для полного цикла отработки

3D принтера

4) Для управления 3D принтером.

14. Как работают программы для послойного дробления моделей (слайсеры)?

Программа осуществляет разбиение модели на слои с учётом заданных параметров для каждого отдельного слоя, а также геометрии самой модели. Также она задаёт необходимой набор уставок для работы 3D принтера. В качестве таких параметров могут служить: высота слоя, ширина внешнего слоя, процент заполнения пустот, наличие/отсутствие поддержек, температура плавления, точность позиционирования, скорость печати и др.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач.

1. Моделирование изделий для 3D- печати, особенности моделирования сборных изделий;

2. Запуск, настройка и поддержание заданных параметров работы 3D- принтера. Контроль параметров печати.

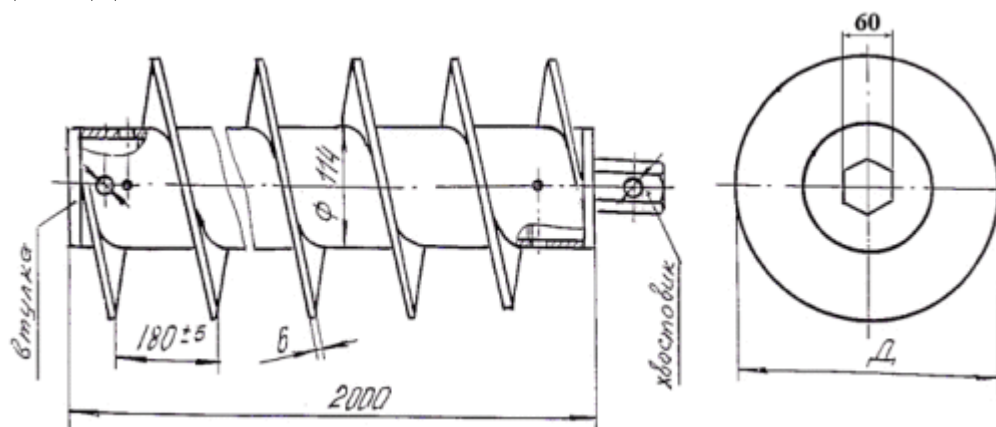
7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Моделирование изделий для 3D- печати, особенности моделирования сборных изделий;

2. Запуск, настройка и поддержание заданных параметров работы 3D- принтера. Контроль параметров печати.

3. Оценить оптимальный тип печати, возможные материалы изготовления и выбрать подходящее оборудование.

Дано: Деталь – шнек.



7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Расскажите основные понятия и приведите специальные термины в области аддитивных технологий в машиностроении.

2. Виды и основное назначение различных аддитивных технологий применительно к созданию наукоемких изделий.

3. Поясните сущность и область применения стереолитографии для быстрого прототипирования деталей или заготовок.

4. Каким образом обеспечивается селективное лазерное спекание металлических порошков при быстром прототипировании?

5. В каких случаях проявляются возможности процесса послойного наложения расплавленной полимерной нити при технологической подготовке

производства?

6. Что, по-вашему, означает массовая индивидуализация готовых деталей?

7. Из чего складывается возможная экономия материала при использовании различных аддитивных технологий в технической подготовке многономенклатурного производства?

8. Какие новые возможности для технического дизайна открывает использование аддитивных технологий при создании наукоемких изделий?

9. Расскажите перспективы расширения пользовательской доступности аддитивных технологий для индивидуального творчества проектировщиков.

10. Поясните роль Интернета в расширении возможностей и эффективности различных аддитивных технологий в машиностроении.

11. Назовите основные этапы подготовки производства к выпуску наукоемких изделий.

12. Виды и основное содержание различных работ применительно к созданию наукоемких изделий.

13. Поясните сущность и особенности конструкторской подготовке производства.

14. Каким образом обеспечивается заданный уровень технологичности при конструкторской подготовке производства наукоемких изделий?

15. Типизация, нормализация, технологическая унификация и их роль в ускорении технической подготовки производства.

16. Как обеспечивается ускоренная технологическая подготовка производства многономенклатурных наукоемких изделий.

17. Поясните роль стандартизации в технической подготовке производства многономенклатурных наукоемких изделий.

18. Назовите предпосылки для использования аддитивных технологий и их элементов в технической подготовке.

19. Назовите основные принципы создания системы автоматизированного проектирования станочных элементов и других средств технологического оснащения.

20. Выделите несколько основных положений, которые делают современные комплексы САПР наиболее привлекательными для технологической подготовки производства наукоемких изделий.

21. Из каких элементов состоит комплекс интегрированных программных средств автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства наукоемких изделий.

22. Виды и основное содержание различных работ по организации интеграции системы автоматизированного проектирования в комплекс программных средств на предприятии по выпуску наукоемких изделий.

23. Поясните важность системы автоматизированного проектирования и комплекса программных средств для конструкторской и технологической подготовки производства.

24. Каким образом с САПР формируется информационная поддержка жизненного цикла изделия на отечественных предприятиях при

использовании CALS технологий?

25. Приведите примеры автоматизированного проектирования элементов приспособлений для последующего прототипирования.

26. Как формируется база данных для последующей интеграции в информационный массив технических средств для реализации технологий быстрого прототипирования наукоемких изделий.

27. Назовите основные принципы планирования технической подготовки производства.

28. Виды и основное содержание различных работ по организации подготовки к выпуску наукоемких изделий.

29. Поясните важность САПР для конструкторской и технологической подготовки производства.

30. Каким образом формируется система планирования энергоресурсов при подготовке производства?

31. Приведите примеры текущего планирования.

32. Взаимосвязь возможностей автоматизированного планирования со сроками ускоренной подготовки производства наукоемких изделий.

33. Какие изделия машиностроения относятся к наукоемким. Приведите примеры типовых деталей.

34. Приведите примеры известных Вам конструктивно-технологических решений для наукоемких изделий отечественного машиностроения.

35. Дайте технологическую классификацию типовых нагруженных конструктивных элементов на примере лопаточных деталей.

36. В чем заключается особенность эксплуатации рабочих поверхностей деталей наукоемкого изделия в экстремальных условиях?

37. Какие прогрессивные технологии используют при изготовлении сложных конструктивных элементов наукоемкого изделия в машиностроении.

38. Приведите примеры новых технологических решений для заготовительного производства наукоемких лопаточных машин.

39. Поясните роль аддитивных технологий в получении заготовок для нагруженных деталей наукоемких изделий в машиностроении.

40. Приведите основные понятия и опишите виды аддитивного производства.

41. Расскажите сущность метода стереолитографии при получении литейных моделей.

42. Приведите примеры использования других аддитивных технологий в литейном производстве. 4. Дайте технологическую классификацию аддитивных методов синтеза литейных форм.

43. Для какой цели используются технологии Quick-Cast?

44. В чем заключается построение модели путем послойного склеивания ПВХ-пленки на 3D-принтерах?

45. Опишите порядок производства песчаных литейных форм с использованием АF-технологии.

46. Приведите примеры аддитивной технологии в порошковая металлургия для заготовительного производства наукоемких лопаточных машин.

47. Какие могут быть получены композиционные материалы с помощью технологии spray forming?

48. Каким образом реализуется возможность создания уникальных сплавов с равномерным включением в объемную структуру металла наночастиц различных материалов?

49. Опишите метод равноканального углового прессования и его возможности по наноструктурированию материалов.

50. Приведите область использования металлических АМ-технологий в изготовлении оснастки для наукоемких изделий.

51. Организация производства оснастки при применении технологии послойного синтеза из металлических порошков.

52. Как проводится выбор конкретной технологии и оборудования послойного синтеза оснастки для заготовительного производства наукоемких машин?

53. Приведите примеры использования других аддитивных технологий в производстве средств технологического оснащения.

54. Дайте технологическую классификацию аддитивных методов синтеза средств технологического оснащения из металлических порошков.

55. Как происходит обработка оснастки для наукоемких машин после послойного синтеза?

56. В чем заключается безразмерная обработка после применения технологии послойного синтеза для неотчетливых участков поверхности оснастки?

57. Опишите целесообразность использования специальных систем позиционирования при финишной обработке оснастки машин после послойного синтеза для упрощения межоперационных переходов.

58. Приведите примеры размерной обработки для ответственных участков поверхности оснастки наукоемких лопаточных машин.

59. Какие задачи решают оцифровка и контроль геометрии для сложных элементов оснастки, изготавливаемых по конкретной технологии послойного синтеза?

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 21 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 30

баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Технико-экономические возможности аддитивных технологий. Особенности подготовки производства наукоёмкого изделия	УК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
2	Элементы системы автоматизированного проектирования в ускоренной подготовке производства. Планирование процесса технической подготовки производства.	УК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ
3	Типовые объекты использования аддитивных технологий в подготовке производства наукоёмких изделий. Аддитивные технологии в подготовке производства. Технология и оборудование для синтеза оснастки наукоёмких изделий	УК-1, ПК-3	Тест, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (2,3 Мб) / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цв. – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024x768; Adobe Acrobat; CD-ROM; мышь. – Загл. с экрана.

2. Иванов А.В. Основы построения трехмерных моделей деталей ракетных двигателей в среде NX7.5: учеб. пособие / А.В. Иванов, И.С. Заложных, К.О. Барбарош. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. 156 с. (тир 250 экз)

3. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Microsoft Win Pro 10
2. Acrobat Pro 2017
3. NX Academic
4. 7 zip
5. Google Chrome
6. LibreOffice
7. Mozilla Firefox
8. Компас-3D
9. OpenOffice
10. <http://www.edu.ru/> - образовательный портал
11. <http://window.edu.ru>, <https://wiki.cchgeu.ru> - информационные справочные системы
12. elibrary.ru
13. <http://vipbook.info> - электронная библиотека
14. www.iprbookshop.ru – электронная библиотека
15. <http://vneshtekhnika.ru/rus/books/123pd.pdf>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Аудитория № 153 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованная специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя, оборудованная мультимедиа-проектором и экраном, для проведения лекционных и практических занятий.

Аудитории № 154, № 149 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованные специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя для проведения лекционных и практических занятий.

Специализированная аудитория, оснащенная персональными компьютерами и специальным программным обеспечением для лабораторных работ - учебная аудитория № 134 (ул. Ворошилова, 20, 7 эт.), укомплектованная специализированной мебелью и оборудованная техническими средствами обучения: персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Специализированная лаборатория, оснащенная 3D принтером.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Аддитивные технологии при проектировании жидкостных ракетных двигателей и энергоустановок» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения

<p>работа</p>	<p>учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			