

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенов Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, наноэлектроника и микросистемная техника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2023 года (индивидуальный учебный план, гр. 933-М1-инд2)

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость | 72 | 72 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | 2 | 2 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой | 3 |

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Организация и ведение технологического процесса создания изделий по компьютерной (цифровой) модели на установках для аддитивного производства.

1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомление с основными методами аддитивного изготовления электронных устройств.
2. Получение навыков проведения доводки и финишную обработки изделий, созданных на установках для аддитивного производства.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.12.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|---|
| Универсальные компетенции | | |
| - | - | - |
| Общепрофессиональные компетенции | | |
| - | - | - |
| Профессиональные компетенции | | |

| | | |
|---|---|--|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает терминологию в области электроники и нанoeлектроники | Знает физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, правила технического обслуживания установок для аддитивного производства |
| | ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | Умеет выполнять работы по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту аддитивных установок и вспомогательного оборудования |
| | ПК-2.3. Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых современных достижений науки и передовых технологий) | Владеет навыками определения задач и необходимых источники поиска информации; анализировать актуальные аддитивные технологии и тенденции их развития |

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|-----------|
| | | 3 семестр |
| Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 36 | 36 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 36 | 36 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 14 | 14 |
| Подготовка к тестированию | 14 | 14 |
| Выполнение практического задания | 8 | 8 |
| Общая трудоемкость (в часах) | 72 | 72 |
| Общая трудоемкость (в з.е.) | 2 | 2 |

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | | | |
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | 2 | - | 4 | 6 | ПК-2 |
| 2 Классификация технологий 3D печати | 4 | 6 | 6 | 16 | ПК-2 |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта | 4 | 12 | 6 | 22 | ПК-2 |
| 4 Экструзионные методы 3D-печати | 2 | - | 6 | 8 | ПК-2 |
| 5 Порошковые методы 3D-печати | 2 | - | 4 | 6 | ПК-2 |
| 6 Струйные методы 3D-печати | 2 | - | 6 | 8 | ПК-2 |
| 7 Фотополимерная 3D-печать | 2 | - | 4 | 6 | ПК-2 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 36 | 72 | |
| Итого | 18 | 18 | 36 | 72 | |

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|--|--------------------------------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | |
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | Определение аддитивных технологий производства. История 3D-печати. Области применения 3D-печати | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Классификация технологий 3D печати | Экструзионные методы печати. Струйные методы печати (Material/Binder Jetting). Печать методом фотополимеризации. Печать путем послойного спекания порошка (Powder Bed). Печать методом прямого подвода энергии (DED) | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта | Компьютерное проектирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхности, скалптинг. 3D-сканирование и фотограмметрия. Обработка STL-файлов. Слайсинг. Моделирование в 3D-печати | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |

| | | | |
|----------------------------------|---|----|------|
| 4 Экструзионные методы 3D-печати | Метод нанесения расплава (FDM). Советы по проектированию в FDM. Электроспиннинг (EHD/MEW) | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Порошковые методы 3D-печати | Селективное лазерное спекание. Советы по проектированию в SLS. SLS и SLM/DMLS. Советы по проектированию в SLM / DMLS. Постобработка. Сплавление электронным пучком (EBM) | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Струйные методы 3D-печати | Струйная печать. Советы по проектированию в струйной печати. 3D-печать DOD и NPJ. 3D-печать связующим (BJ). Советы по проектированию в BJ | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Фотополимерная 3D-печать | Стереолитография (SLA) и проекционная печать (DLP) Постобработка в SLA и DLP. Советы по проектированию в SLA / DLP. Печать с использованием непрерывного жидкого интерфейса и другие методы быстрой печати методом стереолитографии. Двухфотонная лазерная литография (2PP) | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | |
| 2 Классификация технологий 3D печати | Введение в 3D-печать | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта | Струйная 3D-печать | 6 | ПК-2 |
| | Проектирование для 3D-печати | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|----------------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| 3 семестр | | | | |
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Классификация технологий 3D печати | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Выполнение практического задания | 2 | ПК-2 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Выполнение практического задания | 2 | ПК-2 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Экструзионные методы 3D-печати | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Выполнение практического задания | 2 | ПК-2 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 5 Порошковые методы 3D-печати | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Струйные методы 3D-печати | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Выполнение практического задания | 2 | ПК-2 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |

| | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|----|------|-----------------|
| 7 Фотополимерная 3D-печать | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| Итого | | 36 | | |

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | Формы контроля |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Сам. раб. | |
| ПК-2 | + | + | + | Зачёт с оценкой, Практическое задание, Тестирование |

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| 3 семестр | | | | |
| Зачёт с оценкой | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Практическое задание | 40 | 20 | 20 | 80 |
| Тестирование | 0 | 0 | 20 | 20 |
| Итого максимум за период | 40 | 20 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | 40 | 60 | 100 | 100 |

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | E (посредственно) |
| | 60 – 64 | |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Аддитивные технологии производства устройств радиоэлектроники: Учебное пособие / В. И. Туев - 2020. 91 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9302>.

7.2. Дополнительная литература

1. Перспективные технологии производства продукции: Учебно-методическое пособие / И. А. Екимова, Е. С. Синогина, С. А. Ломовская, В. А. Серяков - 2020. 152 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9344>.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Рэдвуд, Б. 3D-печать. Практическое руководство : руководство / Б. Рэдвуд, Ф. Шофер, Б. Гаррэт ; перевод с английского М. А. Райтмана.. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-97060-738-1. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/140567>.

2. Ноздреватых, Д. О. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых. — Томск: ТУСУР, 2018. — 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7867>.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория группового проектного обучения (ГПО): учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 122 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Генератор сигналов AFG-3021;
- Генератор сигналов PROTEK 93120;
- Осциллограф RIGOL DS 1042 C;
- Осциллограф HPS5;
- Измеритель иммитанса E7-14;
- Одноканальный источник питания PSP-2010 - 6 шт.;
- Линейный источник питания NY3003;
- Источник питания GW Instec GPD-73303D - 2 шт.;
- Паяльный комплекс 3 В 1 Quick 702;
- 3D Принтер Picaso 3D Designer X;
- Динамометр сжатия-растяжения цифровой Мегеон 03500;
- Система NeoRecCap;
- АРМ монтажника радиоаппаратуры - 6 шт.;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными

ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|-------------------------|----------------------|--|
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Классификация технологий 3D печати | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Экструзионные методы 3D-печати | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

| | | | |
|-------------------------------|------|----------------------|--|
| 5 Порошковые методы 3D-печати | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Струйные методы 3D-печати | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Фотополимерная 3D-печать | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|----------------------------|--|---|---|--|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|--------|---|
|--------|---|

| | |
|----------------------------|--|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне ориентирования , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на репродуктивном уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на системном уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что из перечисленного НЕ является особенностью технологии 3D-печати?
 - А) Возможность кастомизировать дизайн
 - Б) Увеличение числа отходов
 - В) Возможность оперативно вносить изменения в процессе производства
 - Г) Упрощение логистики
2. Какие методы 3Dпечати наиболее широко распространены?
 - А) Экструзионные
 - Б) Струйные
 - В) Послойные порошковые
 - Г) Путем прямого подведения энергии
3. Какая особенность НЕ является общей для струйного экструзионного метода печати?
 - А) Послойное построение
 - Б) Однородная структура итогового изделия
 - В) Ограниченный выбор материала
 - Г) Струйное построение
4. Выберите правильный механизм процесса фотополимеризации?
 - А) Полимер застывает ввиду локального охлаждения
 - Б) Полимер застывает под воздействием плазмы
 - В) Полимер застывает под воздействием света
 - Г) Полимер застывает под воздействием тепла
5. За счет чего обеспечивается высокая точность метода SLA-печати?
 - А) Длина полимерных цепочек
 - Б) Малый размер лазерного пятна
 - В) Повышенная точность перемещений лазерного луча
 - Г) Малый шаг
6. Какой метод 3D-печати дает возможность печатать не только на плоской поверхности?
 - А) MJ
 - Б) SLA
 - В) SLS
 - Г) EBAM
7. Что из нижеперечисленного НЕ является частью компьютерного проектирования?

- А) Твердотельное моделирование
 - Б) Поверхностное моделирование
 - В) 3D-сканирование
 - Г) Скалптинг
8. Какие физические аспекты процедуры 3D-печати НЕ могут быть смоделированы?
- А) Температурное распределение
 - Б) Деформации
 - В) Ошибка при перемещении печатающей головки
 - Г) Химические взаимодействия внутри напечатанного объекта
9. Какой источник энергии НЕ используется для печати в порошковых аддитивных технологиях?
- А) Лазер
 - Б) Дуговой разряд
 - В) Электронный пучок
 - Г) Источник тепла
10. В чем отличие струйной от экструзионной печати?
- А) При экструзионной печати материал выдавливается из сопла, как паста, в то время как при струйной печати материал осаждается отдельными каплями.
 - Б) В отличие от экструзионной печати, струйная позволяет печатать металлами.
 - В) В отличие от экструзионной печати в струйной печати материал осаждается в жидкую среду.
 - Г) В отличие от экструзионной печати в струйной печати материал осаждается в газовую среду.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Описание установки.
2. Принцип работы технологии 3D-печати.
3. Разрешение и скорость печати.
4. Доступные материалы печати.
5. Геометрические ограничения методов печати.
6. Коммерческие и «научные» методы 3D-печати.

9.1.3. Темы практических заданий

1. Ознакомление с парком оборудования аддитивного производства в ЦКП "Импульс".
2. 3D-сканирование.
3. Слайсинг.
4. Запуск 3D-печати на FDM-принтере.
5. Изготовление печатной платы на струйном принтере.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании

изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 7 от « 4 » 6 2024 г.

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ | А.Г. Лоцилов | Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.Г. Лоцилов | Согласовано, 55af61de-b8ed-4780- 9ba6-8adedc18f4ec |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73 |

ЭКСПЕРТЫ:

| | | |
|--|---------------|--|
| Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | Ю.В. Шульгина | Согласовано, ea49db22-c3de-481e- 88a5-479145e4aa44 |
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | И.В. Кулинич | Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a |

РАЗРАБОТАНО:

| | | |
|-------------------|--------------|--|
| Доцент, каф. КУДР | С.А. Артищев | Разработано, 681e3bf8-552d-43b0- 9038-80b95cad2721 |
|-------------------|--------------|--|