

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

**ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ 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: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности              | 2 семестр | Всего | Единицы |
|--|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                     | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия                   | 18        | 18    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18        | 18    | часов   |
| Самостоятельная работа                 | 72        | 72    | часов   |
| Общая трудоемкость                     | 108       | 108   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию)     | 3         | 3     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой                | 2       |

## 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.01.15.

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 |
|---|-----------------------------------|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| ПК-5. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов | ПК-5.1. Знает теорию эксперимента, способы его организации и планирования и современные средства, и методы проведения экспериментальных исследований в области электроники и наноэлектроники | Знает физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, правила технического обслуживания установок для аддитивного производства      |
|  | ПК-5.2. Умеет планировать, организовывать и проводить эксперимент исследований с применением современных средств и методов   | Умеет использовать современные технологии при выполнении операций с 3D-принтерами, а также при создании моделей и печати изделий из различных материалов |
|  | ПК-5.3. Владеет навыками планирования, организации, проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных с применением современных средств и методов                                 | Владеет навыками разработки 3D-моделей и изготовления изделий аддитивными методами   |

**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 3 зачетных единиц, 108 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  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 2 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 36          | 36        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 72          | 72        |
| Подготовка к зачету с оценкой   | 28          | 28        |
| Подготовка к тестированию   | 28          | 28        |
| Выполнение практического задания  | 16          | 16        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 108         | 108       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 3           | 3         |

**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 |
|---|--------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>  |              |               |              |                            |                         |
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | 2            | -             | 8            | 10                         | ПК-5                    |
| 2 Классификация технологий 3D печати  | 4            | 2             | 12           | 18                         | ПК-5                    |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта                | 4            | 4             | 12           | 20                         | ПК-5                    |
| 4 Экструзионные методы 3D-печати  | 2            | 6             | 12           | 20                         | ПК-5                    |
| 5 Порошковые методы 3D-печати   | 2            | -             | 8            | 10                         | ПК-5                    |
| 6 Струйные методы 3D-печати   | 2            | 6             | 12           | 20                         | ПК-5                    |
| 7 Фотополимерная 3D-печать  | 2            | -             | 8            | 10                         | ПК-5                    |
| Итого за семестр  | 18           | 18            | 72           | 108                        |                         |
| Итого   | 18           | 18            | 72           | 108                        |                         |

### 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 |
|---|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>  |  |                                      |                         |
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | Определение аддитивных технологий производства. История 3D-печати. Области применения 3D-печати  | 2                                    | ПК-5                    |
|   | 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-5                    |
|   | 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-5                    |
|   | Итого  | 4                                    |                         |

|                                  |   |    |      |
|----------------------------------|---|----|------|
| 4 Экструзионные методы 3D-печати | Метод нанесения расплава (FDM).<br>Советы по проектированию в FDM.<br>Электроспиннинг (EHD/MEW)   | 2  | ПК-5 |
|                                  | 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.<br>Сплавление электронным пучком (EBM)   | 2  | ПК-5 |
|                                  | 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-5 |
|                                  | 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-5 |
|                                  | 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 |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 2 Классификация технологий 3D печати                               | Ознакомление с парком оборудования аддитивного производства в ЦКП "Импульс" | 2               | ПК-5                    |
|  | Итого   | 2               |                         |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта | 3D-сканирование   | 2               | ПК-5                    |
|  | Слайсинг  | 2               | ПК-5                    |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 4 Экструзионные методы 3D-печати                                   | Запуск 3D-печати на FDM-принтере  | 6               | ПК-5                    |
|  | Итого   | 6               |                         |
| 6 Струйные методы 3D-печати  | Изготовление печатной платы на струйном принтере                            | 6               | ПК-5                    |
|  | Итого   | 6               |                         |
| 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       |
|---|----------------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| <b>2 семестр</b>  |                                  |                 |                         |                      |
| 1 Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов | Подготовка к зачету с оценкой    | 4               | ПК-5                    | Зачёт с оценкой      |
|   | Подготовка к тестированию        | 4               | ПК-5                    | Тестирование         |
|   | Итого                            | 8               |                         |                      |
| 2 Классификация технологий 3D печати  | Подготовка к зачету с оценкой    | 4               | ПК-5                    | Зачёт с оценкой      |
|   | Выполнение практического задания | 4               | ПК-5                    | Практическое задание |
|   | Подготовка к тестированию        | 4               | ПК-5                    | Тестирование         |
|   | Итого                            | 12              |                         |                      |
| 3 Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта                | Подготовка к зачету с оценкой    | 4               | ПК-5                    | Зачёт с оценкой      |
|   | Выполнение практического задания | 4               | ПК-5                    | Практическое задание |
|   | Подготовка к тестированию        | 4               | ПК-5                    | Тестирование         |
|   | Итого                            | 12              |                         |                      |
| 4 Экструзионные методы 3D-печати  | Подготовка к зачету с оценкой    | 4               | ПК-5                    | Зачёт с оценкой      |
|   | Выполнение практического задания | 4               | ПК-5                    | Практическое задание |
|   | Подготовка к тестированию        | 4               | ПК-5                    | Тестирование         |
|   | Итого                            | 12              |                         |                      |
| 5 Порошковые методы 3D-печати   | Подготовка к зачету с оценкой    | 4               | ПК-5                    | Зачёт с оценкой      |
|   | Подготовка к тестированию        | 4               | ПК-5                    | Тестирование         |
|   | Итого                            | 8               |                         |                      |

|                             |                                  |    |      |                      |
|-----------------------------|----------------------------------|----|------|----------------------|
| 6 Струйные методы 3D-печати | Подготовка к зачету с оценкой    | 4  | ПК-5 | Зачёт с оценкой      |
|                             | Выполнение практического задания | 4  | ПК-5 | Практическое задание |
|                             | Подготовка к тестированию        | 4  | ПК-5 | Тестирование         |
|                             | Итого                            | 12 |      |                      |
| 7 Фотополимерная 3D-печать  | Подготовка к зачету с оценкой    | 4  | ПК-5 | Зачёт с оценкой      |
|                             | Подготовка к тестированию        | 4  | ПК-5 | Тестирование         |
|                             | Итого                            | 8  |      |                      |
| Итого за семестр            |                                  | 72 |      |                      |
| Итого                       |                                  | 72 |      |                      |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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-5                    | +                         | +          | +         | 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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>2 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| 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. 3D технологии: Учебное пособие / В. А. Семиглазов - 2023. 192 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10373>.

### 7.2. Дополнительная 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>.

### 7.3. 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. [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



1. 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>.

2. Репозиторий с готовыми 3D-моделями <https://free3d.com/ru/3d-models>, <https://3ddd.ru/3dmodels>.

3. Сообщество владельцев 3D-принтеров <https://3dtoday.ru/>.

## **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**

Учебно-научная лаборатория цифровой электроники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 228/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 4 шт.

Монитор 27" 3 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 4 шт.

Оциллограф цифровой MSO5104.Rigol 4 шт.

Системный блок 1 2 шт.

Системный блок AMD Ryztn 7 5 шт.

Панель интерактивная со встраиваемым ПК

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;

- Google Chrome;

- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;

- Mathworks Matlab;

- Microsoft Office 2019;

- Microsoft Windows 10 Pro;

Учебно-научная лаборатория цифровой электроники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 228/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 7 шт.

Оциллограф цифровой MSO5104.Rigol 7 шт.

Монитор 27" 1 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 14 шт.

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок AMD Ryztn 7 14 шт.

Доска магнитно-маркерная

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;

- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- Mathworks Matlab;
- Microsoft Office 2019;
- Microsoft Windows 10 Pro;

### 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-5 | Зачёт с оценкой      | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |      | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 2 Классификация технологий 3D печати  | ПК-5 | 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-5 | 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-5 | 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-5 | Зачёт с оценкой      | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |      | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 6 Струйные методы 3D-печати   | ПК-5 | Зачёт с оценкой      | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
|   |      | Практическое задание | Темы практических заданий              |
|   |      | Тестирование         | Примерный перечень тестовых заданий    |
| 7 Фотополимерная 3D-печать  | ПК-5 | 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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |

|                          |  |   |   |  |
|--------------------------|--|---|---|--|
| 3<br>(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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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 материалов
    - Г) Высокая вязкость материалов
  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 при высокой температуре
  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) Химический состав полимерной смолы
  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 струйной печати, в отличие от экструзионной, используется расплавленный филамент.

### 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<br>общемедицинским<br>показаниям | Тесты, письменные<br>самостоятельные работы, вопросы<br>к зачету, контрольные работы,<br>устные ответы | Преимущественно проверка<br>методами, определяющимися<br>исходя из состояния<br>обучающегося на момент<br>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 № 3 от «18» 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

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

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

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