

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

ФИО: Максимов Алексей Борисович

**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 09.07.2020 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

Уникальный программный ключ:

высшего образования

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Полиграфического института

/И.В. Нагорнова/



2020г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Управление качеством в 3D-печати»**

Направление подготовки

**27.03.02 Управление качеством**

Профиль

**Управление качеством в принтмедиа**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2020 г.

**1. Перечень планируемых результатов изучения дисциплины, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати»:

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b>	способностью применять знание подходов к управлению качеством	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы управления качеством;</li> <li>- нормативную документацию на методы измерений, испытаний и контроля;</li> <li>- методы контроля форматов данных, подготовленных к выводу (3D-печати)</li> <li>- методы оценки качества изделий, изготавливаемых посредством 3D-печати</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать методы контроля качества подготовки массивов данных к выводу и качества готовой продукции;</li> <li>- проводить операции измерения, испытаний и контроля в соответствии с требованиями нормативной документации;</li> <li>- выбирать методы и средства контроля изделий, изготавливаемых посредством 3D-печати;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- семью статистическими методами управления качеством;</li> <li>- методами измерений, испытаний и контроля изделий, изготавливаемых посредством технологий 3D-печати;</li> <li>- нормативной документацией на методы измерений, испытаний и контроля изделий 3D-технологий;</li> <li>- участвовать в выработке управляющих решений по итогам анализа результатов контроля</li> </ul>
<b>ОПК-2</b>	способностью применять инструменты управления качеством	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- семь простых статистических инструментов управления качеством;</li> <li>- семь новых инструментов управления качеством;</li> <li>- стандарты на применение методов статистического контроля</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать статистические инструменты управления качеством в зависимости от особенностей процесса изготовления изделий 3D-технологий и технических характеристик этих изделий;</li> <li>- пользоваться нормативной документацией на процессы измерений, испытаний и контроля изделий 3D-технологий;</li> <li>- применять новые инструменты управления качеством с целью обеспечения дальнейшего улучшения качества;</li> <li>- пользоваться стандартами на методы контроля и приемки готовой продукции</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- семью простыми статистическими инструментами управления качеством;</li> <li>- семью новыми инструментами управления качеством;</li> <li>- положениями стандартов на применение методов статистического контроля процессов, анализа дефектов и методов приемочного контроля</li> </ul>
<b>ПК-28</b>	способностью обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>принципы и методы обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем процессов 3D-процессов сканирования и вывода</li> </ul>

отдельных операций общих технологических схем основных процессов полиграфического и упаковочного производства	<b>Уметь:</b> обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем процессов 3D-процессов сканирования и вывода <b>Владеть:</b> навыками обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем процессов 3D-процессов сканирования и вывода
---	---

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина Б.1.ДВ.6 «Управление качеством в 3D-печати» относится к циклу дисциплин Б.1.ДВ «Дисциплины по выбору студента» в блоке Б.1.2 Вариативная часть.

### 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины «Управление качеством в 3D-печати» составляет 4 зачетные единицы.

#### Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах) – очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	
В том числе:			
Лекции	36	36	-
Лабораторные работы	36	36	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	-
В том числе:			
Подготовка к занятиям (изучение лекционного материала, литературы)	28	28	-
Реферат	8	8	-
Курсовой проект	-	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации (экзамен)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	-
<b>Общая трудоемкость час / зач. ед.</b>	<b>144/4</b>	<b>144/4</b>	-

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Контактная работа, часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия, семинары	
1	Раздел 1. Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов.		4	-	-	4
2	Раздел 2. Классификация технологий 3D печати.		4	-	-	4
3	Раздел 3. Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели.		4	8	-	4
4	Раздел 4. 3D сканирование.		4	8	-	4

5	Раздел 5. Экструзионные методы 3D-печати. Порошковые методы 3D-печати.		4	8	-	4
6	Раздел 6. Струйные методы 3D-печати.		4	4	-	4
7	Раздел 7. 3D-печать биологических объектов.		4	-	-	4
8	Раздел 8. Мультистадийная и непрерывная 3D-печать методом фотополимеризации.		4	4	-	4
9	Раздел 9. Литографические и гибридные методы 3D-печати.		4	4	-	4
	<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>
	<b>Итого час/з.е.</b>	<b>144/4</b>	<b>36/1</b>	<b>36/1</b>	<b>-</b>	<b>72/2</b>

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Раздел 1. Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов.** Определение аддитивных технологий производства. История 3D-печати. Области применения 3D-печати.

**Раздел 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).

**Раздел 3. Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели.**

Компьютерное проектирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхности, скалптинг. 3D-сканирование и фотограмметрия. Лечение STL-файлов. Слайсинг. Моделирование в 3D-печати.

**Раздел 4. 3D сканирование.** Классификация 3D сканеров. Основные технологические характеристики сканеров. Точность 3D-сканирования. Лазерное 3D-сканирование при создании электронной копии деталей. Устройство и принцип работы лазерного 3D-сканера. Управление процессом сканирования. Оптическое 3D-сканирование при создании электронной копии деталей. Управление процессом сканирования.

**Раздел 5. Экструзионные методы 3D-печати.** Метод нанесения расплава (FDM). Преимущества и недостатки метода. **Порошковые методы 3D-печати.** Селективное лазерное спекание. Сплавление электронным пучком (EBM). Многоструйная печать. (MJF)Преимущества и недостатки методов.

**Раздел 6. Струйные методы 3D-печати.** Струйная печать. 3D-печать DOD и NPJ. 3D-печать связующим (BJ). Преимущества и недостатки методов.

**Раздел 7. 3D-печать биологических объектов.** Скаффолды. Биопечать на основе капель. Печать с использованием биочернил. Экструзионная биопечать. Преимущества и недостатки методов.

**Раздел 8. Мультистадийная и непрерывная 3D-печать методом фотополимеризации.** 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). Преимущества и недостатки методов.

**Раздел 9. Литографические и гибридные методы 3D-печати.** Электрохимическая 3D-печать. EFAB: рабочий процесс. Управляемые факторы.

### **4.3. Практические занятия (семинары)/лабораторные работы**

1. Тема 1 (Разделы 3-9). Ознакомление с методикой и особенностями создания моделей в Paint 3D.
2. Тема 2 (Разделы 3-9). Ознакомление с ПО 3D сканирования, инструментами управления процессом сканирования.
3. Тема 3 (Разделы 3, 5) Ознакомление с технологическими характеристиками экструзионных 3D-принтеров и средствами управления качеством вывода (печати).
4. Тема 4 (Разделы 3, 5) Ознакомление с технологическими характеристиками порошковых 3D-принтеров и средствами управления качеством вывода (печати).
5. Тема 5 (Разделы 3, 6) Ознакомление с технологическими характеристиками струйных 3D-принтеров и средствами управления качеством вывода (печати).
6. Тема 5 (Разделы 3, 9) Ознакомление с технологическими характеристиками литографических методов 3D-печати и средствами управления качеством вывода (печати).

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Основная литература**

1. А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов, «Технологии и материалы 3D-печати», учеб. пособие / Урал. гос. лесотехн. ун-т, Екатеринбург, 2017.
2. Amit Bandyopadhyay, Susmita Bose, «Additive Manufacturing» / CRC Press, 2015
3. T.S. Srivatsan, T.S. Sudarshan, «Additive Manufacturing: Innovations, Advances, and Applications» / CRC Press, 2016
4. Н. П. Мидуков, М. А. Литвинов, Инженерная и компьютерная графика. Технологии 3D-печати, сканирования и моделирования деталей сложной формы: учебное пособие. - Петерб. гос.ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт- Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022.

### **5.2. Дополнительная литература**

1. Chee Kai Chua, Kah Fai Leong, 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications (пятое издание, 2016) // WorldScientific Publishing Company Pte Limited
2. Lydia Cline, 3D Printing with Autodesk 123D, Tinkercad, and MakerBot, (2015) // McGraw-Hill Education
3. М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш, Аддитивные технологии в машиностроении (2015) // М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»
4. Chee Kai Chua and Wai Yee Yeong, Bioprinting: Principles and Applications (2014) // World Scientific Publishing Company Pte Limited
5. Chee Kai Chua, Murukeshan Vadakke Matham, Young-Jin Kim, Lasers in 3D Printing and Manufacturing (2016) // World Scientific Publishing Company Pte Limited

### **5.3. Программное обеспечение (перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения)**

1. Программные продукты Microsoft Office Professional 2013
2. PTC Mathcad15
3. CorelDrawGraphicsSuite X7 AutoCADDesign Replication G0400
4. Cura
5. 3DScan

6. Blender 3.1.2
7. MasterSCADA
8. Ultimaker Cura 5.0.0
9. Microsoft: WIN HOME 10 Russian OLPNL AcademicEdition Legalization GetGenuine.

#### **5.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал <http://window.edu.ru>
2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» <http://www.consultant.ru>, «Гарант» <http://www.garant.ru>.
3. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
4. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
5. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/index.php>
6. Университетская информационная система Россия <https://uisrussia.msu.ru>
7. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
8. Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

#### **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Лекционные аудитории общего фонда, оснащенные учебной мебелью, доской, переносным/стационарным компьютером и проектором.
2. Аудитории для проведения практических занятий общего фонда, оснащенные учебной мебелью, доской.
3. Компьютерный класс техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.
4. 3D-сканер.
5. 3D-принтер.

#### **7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

##### **7.1. Методические рекомендации преподавателю**

Данный раздел настоящей рабочей программы предназначен для начинающих преподавателей и специалистов-практиков, не имеющих опыта преподавательской работы.

Дисциплина «Управление качеством в 3D-печати» является дисциплиной, формирующей у обучающихся профессиональные компетенции ОПК-1, ОПК-2, ПК-28. В условиях конструирования образовательных систем на принципах компетентностного подхода произошло концептуальное изменение роли преподавателя, который, наряду с традиционной ролью носителя знаний, выполняет функцию организатора научно-поисковой работы обучающегося, консультанта в процедурах выбора, обработки и интерпретации информации, необходимой для практического действия и дальнейшего развития, что должно обязательно учитываться при проведении лекционных и практических занятий по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати».

Преподавание теоретического (лекционного) материала по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати» осуществляется на основе междисциплинарной интеграции и четких междисциплинарных связей в рамках образовательной программы и учебного плана по направлению 27.03.02 Управление качеством.

Подробное содержание отдельных разделов дисциплины «Управление качеством в 3D-печати» рассматривается в п.4 рабочей программы.

Методика определения итогового семестрового рейтинга обучающегося по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати» представлена в составе ФОС по дисциплине в п.8 рабочей программы.

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине представлен в составе ФОС по дисциплине в п.8 рабочей программы.

Перечень основной и дополнительной литературы и нормативных документов, необходимых в ходе преподавания дисциплины «Управление качеством в 3D-печати», приведен в п.5 настоящей рабочей программы. Преподавателю следует ориентировать обучающихся на использование при подготовке к промежуточной аттестации оригинальной версии нормативных документов, действующих в настоящее время.

## **7.2. Методические указания обучающимся**

Получение углубленных знаний по дисциплине достигается за счет активной самостоятельной работы обучающихся. Выделяемые часы целесообразно использовать для знакомства с учебной и научной литературой по проблемам дисциплины, анализа научных концепций.

В рамках дисциплины предусмотрены различные формы контроля уровня достижения обучающимися заявленных индикаторов освоения компетенций. Форма текущего контроля – активная работа на практических занятиях, тестирование, подготовка реферата. Формой промежуточного контроля по данной дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень освоения обучающимися заявленных компетенций.

### **Методические указания по освоению дисциплины.**

Лекционные занятия проводятся в соответствии с содержанием настоящей рабочей программы и представляют собой изложение теоретических основ дисциплины.

Посещение лекционных занятий является обязательным.

Конспектирование лекционного материала допускается как письменным, так и компьютерным способом.

Регулярное повторение материала конспектов лекций по каждому разделу в рамках подготовки к текущим формам аттестации по дисциплине является одним из важнейших видов самостоятельной работы студента в течение семестра, необходимой для качественной подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине.

Проведение лабораторных работ по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати» осуществляется в следующих формах:

- опрос по материалам, рассмотренным на лекциях и изученным самостоятельно по рекомендованной литературе;
- выполнение типовых заданий по темам;
- анализ и обсуждение практических ситуаций по темам.

Посещение лабораторных работ и активное участие в них является обязательным.

Подготовка к лабораторным работам обязательно включает в себя изучение конспектов лекционного материала и рекомендованной литературы для адекватного понимания условия и способа решения заданий, запланированных преподавателем на конкретную работу.

### **Методические указания по выполнению различных форм внеаудиторной самостоятельной работы**

Изучение основной и дополнительной литературы, а также нормативно-правовых документов по дисциплине проводится на регулярной основе в разрезе каждого раздела в соответствии с приведенными в п.5 рабочей программы рекомендациями для подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати». Список основной и дополнительной литературы и обязательных к изучению нормативно-правовых документов по дисциплине приведен в п.5 настоящей рабочей программы. Следует отдавать предпочтение изучению нормативных документов по соответствующим разделам дисциплины по сравнению с их адаптированной интерпретацией в учебной литературе.

Выполнение заданий в разрезе разделов дисциплины «Управление качеством в 3D-печати» является самостоятельной работой обучающегося в форме домашнего задания в случаях недостатка аудиторного времени на лабораторных занятиях для решения всех задач, запланированных преподавателем, проводящим занятия по дисциплине.

### **Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати» проходит в форме экзамена. Экзаменационный билет по дисциплине состоит из 2 вопросов теоретического характера. Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Управление качеством в 3D-печати» и критерии оценки ответа обучающегося на экзамене и оценки уровня сформированности заявленных компетенций приведены в составе ФОС по дисциплине в Приложении 1 к рабочей программе.

Обучающийся допускается к промежуточной аттестации по дисциплине при условии достижения положительных результатов семестрового текущего контроля.

## **8. Фонд оценочных средств по дисциплине**

### **8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины. Формы контроля формирования компетенций**

<b>Код и наименование компетенций</b>	<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Форма контроля</b>	<b>Этапы формирования (разделы дисциплины)</b>
<b>ОПК-1</b> способностью применять знание подходов к управлению качеством	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы управления качеством;</li> <li>- нормативную документацию на методы измерений, испытаний и контроля;</li> <li>- методы контроля форматов данных, подготовленных к выводу (3D-печати)</li> <li>- методы оценки качества изделий, изготавливаемых посредством 3D-печати</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать методы контроля качества подготовки массивов данных к выводу и качества готовой продукции;</li> <li>- проводить операции измерения, испытаний и контроля в соответствии с требованиями нормативной документации;</li> <li>- выбирать методы и средства контроля изделий, изготавливаемых посредством 3D-печати;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- семью статистическими методами управления качеством;</li> <li>- методами измерений, испытаний и контроля изделий, изготавливаемых посредством технологий 3D-печати;</li> <li>- нормативной документацией на методы измерений, испытаний и контроля изделий 3D-технологий;</li> <li>- участвовать в выработке управляющих решений по итогам анализа результатов контроля</li> </ul>	<p>Промежуточный контроль: экзамен</p> <p>Текущий контроль: опрос на лабораторных работах, реферат</p>	Темы 1-9
<b>ОПК-2</b> способностью применять инструменты	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- семь простых статистических инструментов управления качеством;</li> <li>- семь новых инструментов управления</li> </ul>	<p>Промежуточный контроль: экзамен</p> <p>Текущий контроль:</p>	Темы 1-9



управления качеством	<p>качеством;</p> <p>стандарты на применение методов статистического контроля</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать статистические инструменты управления качеством в зависимости от особенностей процесса изготовления изделий 3D-технологий и технических характеристик этих изделий;</li> <li>- пользоваться нормативной документацией на процессы измерений, испытаний и контроля изделий 3D-технологий;</li> <li>- применять новые инструменты управления качеством с целью обеспечения дальнейшего улучшения качества;</li> <li>- пользоваться стандартами на методы контроля и приемки готовой продукции</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- семью простыми статистическими инструментами управления качеством;</li> <li>- семью новыми инструментами управления качеством;</li> <li>- положениями стандартов на применение методов статистического контроля процессов, анализа дефектов и методов приемочного контроля</li> </ul>	опрос на лабораторных работах, реферат	
<p><b>ПК-28</b></p> <p>способность обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем основных процессов полиграфического и упаковочного производства</p>	<p><b>Знать:</b> принципы и методы обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем процессов 3D-процессов сканирования и вывода</p> <p><b>Уметь:</b> обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем процессов 3D-процессов сканирования и вывода</p> <p><b>Владеть:</b> навыками обоснованно выбирать и осуществлять ранжирование отдельных операций общих технологических схем процессов 3D-процессов сканирования и вывода</p>	<p>Промежуточный контроль: экзамен</p> <p>Текущий контроль: опрос на лабораторных работах, реферат</p>	Темы 1-9

## 8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций при изучении дисциплины, описание шкал оценивания

### 8.2.1 Критерии оценки ответа на экзамене

(формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

**«5» (отлично):** обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, практические навыки, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

**«4» (хорошо):** обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, практические навыки, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

**«3» (удовлетворительно):** обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение монологической речью, терминами, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

**«2» (неудовлетворительно):** обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, отсутствие практических навыков, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминами, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на дополнительные вопросы.

### **8.2.2 Критерии оценки работы обучающегося на лабораторных работах** (формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

**«5» (отлично):** выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, активно работал на практических занятиях.

**«4» (хорошо):** выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями, обучающийся с корректирующими замечаниями преподавателя ответил на все контрольные вопросы, достаточно активно работал на практических занятиях.

**«3» (удовлетворительно):** выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями с замечаниями преподавателя; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

**«2» (неудовлетворительно):** обучающийся не выполнил или выполнил неправильно практические задания, предусмотренные практическими занятиями; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

### **8.2.3. Критерии оценки тестирования (текущий контроль)** (формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

Тестирование оценивается в соответствии с процентом правильных ответов, данных обучающимся на вопросы теста.

Стандартная шкала соответствия результатов тестирования выставяемой балльной оценке:

- «отлично» - свыше 85% правильных ответов;
- «хорошо» - от 70,1% до 85% правильных ответов;
- «удовлетворительно» - от 55,1% до 70% правильных ответов;
- от 0 до 55% правильных ответов – «неудовлетворительно»

**«5» (отлично):** тестируемый демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминами и обладает способностью быстро реагировать на вопросы теста.

**«4» (хорошо):** тестируемый в целом демонстрирует системные теоретические знания, владеет большинством терминов и обладает способностью быстро реагировать на вопросы теста.

**«3» (удовлетворительно):** системные теоретические знания у тестируемого отсутствуют, он владеет некоторыми терминами и на вопросы теста реагирует достаточно медленно.

**«2» (неудовлетворительно):** системные теоретические знания у тестируемого отсутствуют, терминологией он не владеет и на вопросы теста реагирует медленно.

#### 8.2.4. Критерии оценки реферата

(формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

**«5» (отлично):** тема реферата актуальна и раскрыта полностью; реферат подготовлен в установленный срок; оформление, структура и стиль изложения реферата соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; реферат выполнен самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; подготовлен доклад, излагаемый без использования опорного конспекта.

**«4» (хорошо):** тема реферата актуальна, но раскрыта не полностью; реферат подготовлен в установленный срок; оформление, структура и стиль изложения реферата соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; реферат выполнен самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; подготовлен доклад, излагаемый с использованием опорного конспекта.

**«3» (удовлетворительно):** тема реферата актуальна, но раскрыта не полностью; реферат подготовлен с нарушением установленного срока представления; оформление, структура и стиль изложения реферата не в полной мере соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; в целом реферат выполнен самостоятельно, однако очевидно наличие заимствований без ссылок на источники; подготовлен доклад, излагаемый с использованием опорного конспекта.

**«2» (неудовлетворительно):** тема реферата актуальна, но не раскрыта; реферат подготовлен с нарушением установленного срока представления; оформление, структура и стиль изложения реферата не соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; в реферате очевидно наличие значительных объемов заимствований без ссылок на источники; доклад не подготовлен.

#### 8.2.5. Итоговое соответствие балльной шкалы оценок и уровней сформированности компетенций по дисциплине:

Уровень сформированности компетенции	Оценка	Пояснение
Высокий	«5» (отлично)	теоретическое содержание и практические навыки по дисциплине освоены полностью; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены на высоком уровне; компетенции сформированы
Средний	«4» (хорошо)	теоретическое содержание и практические навыки по дисциплине освоены полностью; все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями; компетенции в целом сформированы
Удовлетворительный	«3» (удовлетворительно)	теоретическое содержание и практические навыки по дисциплине освоены частично, но пробелы не носят существенного характера; большинство предусмотренных программой обучения учебных задач выполнено, но в них имеются ошибки; компетенции сформированы частично
Неудовлетворительный	«2» (неудовлетворительно)	теоретическое содержание и практические навыки по дисциплине не освоены; большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий либо не выполнено, либо содержит грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не приводит к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий; компетенции не сформированы

### **8.3. Методические материалы (типовые контрольные задания), определяющие результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций**

Контрольные задания, применяемые в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, носят универсальный характер и предусматривают возможность комплексной оценки сформированности всего набора заявленных по данной дисциплине компетенций.

#### **8.3.1. Текущий контроль (работа на лабораторных работах)** (формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

На практических занятиях решаются задачи по темам лекционных занятий.

Тематика практических работ представлена в разделе 5.4.

Результаты практической работы представляются в отчете и оцениваются по 5 бальной системе.

#### **8.3.2. Текущий контроль (контрольные вопросы)** (формирование компетенций ПК-7, ПК-17, ПК-28)

##### **8.3.2.1 Примеры вопросов на лабораторных занятиях**

1. Приведите примеры наиболее известных программ для 3D-моделирования с открытым кодом
2. С помощью каких команд осуществляется управление плоскостью и сечением сложной формы в графических редакторах?
3. Какие команды позволяют управлять сечениям и плоскостями в процессе создания 3D-модели?
4. Как осуществляется управление форматами при экспортировании 3D-модели для последующего изготовления объекта с помощью 3D-принтеров?
5. Какие способы управления качеством используются в процессе 3D-сканирования?
6. Достоинства и недостатки технологии стереолитографии?
7. Какие материалы используются для 3D-печати фотополимерной смолой?

##### **8.3.2.2 Примеры тестов текущего контроля**

**Тест 1.** Что из перечисленного **НЕ является** особенностью технологии 3D-печати?

- Возможность кастомизировать дизайн
- Увеличение числа отходов
- Возможность оперативно вносить изменения в процессе производства
- Упрощение логистики
- Высокая стоимость производства малых партий

**Тест 2.** Какие методы 3D-печати наиболее широко распространены?

- Экструзионные
- Струйные
- Послойные порошковые
- Путем прямого подведения энергии

**Тест 3.** Термин, который обозначает вычислительную процедуру представления 3D-модели в виде массива 2D-слоев называется .....

##### **8.3.3. Темы рефератов**

(формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

1. Основные инструменты управления процессом создания моделей.
2. Математические объекты, изменение их параметров и задачи формирования качества моделей.
3. Особенности преобразования моделей и обеспечение качества по основным

показателям.

4. Построение объемных моделей из плоских изображений и управление их основными показателями качества.
5. Создание сложных моделей и формирование их качества.
6. Особенности 3D-печати и обеспечение качества записи.
7. Особенности создания моделей в Paint 3D и управляемые параметры дизайна.
8. Модификация моделей в Paint 3D.
9. Построение моделей с использованием встроенных инструментов в 3D Builder и управление качеством проектируемых объектов.
10. Подготовка и коррекция моделей в 3D Builder.
11. Особенности работы в программе Wanhao Cure, преимущества и недостатки.
12. Управление выводом и настройки 3D-принтера.
13. Печать с использованием биочернил. Экструзионная биопечать. Преимущества и недостатки методов.
14. Литографические и гибридные методы 3D-печати. Управление качеством, области применения.

Темы рефератов могут предлагаться обучающимися и согласовываться с преподавателем.

#### **8.3.4. Промежуточный контроль (вопросы к экзамену)**

(формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-28)

1. Определение аддитивных технологий производства.
2. История 3D-печати и области применения 3D-методов.
3. Классификация технологий 3D печати.
4. Моделирование в 3D-печати.
5. Классификация 3D сканеров. Основные технологические характеристики сканеров.
6. Оптическое 3D-сканирование и управление процессом сканирования.
7. Экструзионные методы 3D-печати. Преимущества и недостатки методов.
8. Порошковые методы 3D-печати. Преимущества и недостатки методов.
9. Компьютерное проектирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхности, скалптинг.
10. 3D-сканирование и фотограмметрия.
11. Устройство и принцип работы лазерного 3D-сканера. Управление процессом сканирования.
12. Струйные методы 3D-печати. Преимущества и недостатки методов.
13. Скаффолды. Биопечать на основе капель.
14. Стереолитография (SLA) и проекционная печать (DLP). Постобработка в SLA и DLP.
15. Печать с использованием непрерывного жидкого интерфейса и другие методы быстрой печати методом стереолитографии.
16. Двухфотонная лазерная литография (2PP). Преимущества и недостатки.
17. Стереолитография (SLA) и проекционная печать (DLP).
18. Электрохимическая 3D-печать. Преимущества и недостатки.
19. Разновидности ПО для 3D-моделирования с открытым кодом.
20. Управление созданием 3D-модели по сечениям и плоскостям.
21. Основные направления применения аддитивных технологий в дизайне.
22. Основные способы 3D-сканирования.
23. Разновидности технологий 3D-печати.
24. Типовое программное обеспечение, используемое для подготовки 3D-моделей к 3D-печати.

25. Основные технологические характеристики оптических, лазерных, контактных 3D-сканеров.
26. Параметры, определяющие точность контактного 3D-сканирования.
27. Параметры, определяющие точность оптического 3D-сканирования.
28. Параметры, определяющие точность лазерного 3D-сканирования.
29. Способы управления качеством 3D-сканирования.
30. Основные принципы доработки 3D-модели после сканирования.
31. Достоинства и недостатки экструзионной 3D-печати.
32. Устройство и принцип работы экструзионных 3D-принтеров.
33. Основные параметры, определяющие качество и скорость 3D-печати.
34. Основные программы (Слайсеры) для генерации кода, управляющего 3D-принтером.
35. Технология подготовки 3D-принтера к работе.
36. Способы повышения качества 3D-печати.
37. Устройство и принцип работы 3D-принтеров, печатающих жидкой фотополимерной смолой.
38. Основные параметры, определяющие качество и скорость 3D-печати фотополимерной смолой.
39. Способы повышения качества 3D-печати по технологии стереолитографии.