



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Технологии 3D-печати, виртуальной и дополненной реальности

направление подготовки/специальность 09.04.03 Прикладная информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Разработка программного обеспечения для решения задач в сфере строительства

Форма обучения очная

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются

- освоение студентами технологий 3D-печати;
- освоение студентами технологий виртуальной и дополненной реальности;
- получение студентами теоретических знаний и практических навыков работы с кросс-платформенной средой разработки интерактивных визуализаций Unity в целях освоения подходов и методов реализации интерактивных визуализаций;

Задачами освоения дисциплины являются

- подготовка и печать студентом макета BIM-модели на 3D-принтере;
- обучение современным технологиям интерактивной визуализации зданий и сооружений, технологиям виртуальной и дополненной реальности;
- повышение наглядности и информативности подготовленной 3D-модели за счет использования технологии дополненной реальности.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
--------------------------------	--	--

<p>ПК-4 Способен осуществлять компьютерное моделирование для обеспечения производственно-технологической деятельности в области строительства</p>	<p>ПК-4.2 Осуществляет компьютерное моделирование объектов и (или) процессов в области строительства</p>	<p>знает Основы компьютерного моделирования объектов и процессов в области строительства Принципы работы 3D-принтеров и 3D-моделирования Принципы работы виртуальной и дополненной реальности Принципы работы специализированных программ и инструментов для компьютерного моделирования и 3D-печати</p> <p>умеет Разрабатывать и создавать 3D-модели объектов и процессов в области строительства с помощью компьютерных программ и инструментов Осуществлять подготовку моделей для 3D-печати и контролировать процесс печати Работать с виртуальной и дополненной реальностью, создавать сцены и моделировать объекты виртуального пространства Применять знания о материалах, технологиях и процессах для создания эффективных 3D-моделей и моделирования объектов и процессов в области строительства</p> <p>владеет Навыками работы с программами и инструментами для компьютерного моделирования и 3D-печати, виртуальной и дополненной реальности Навыками подготовки 3D-моделей для печати и контроля процесса печати Навыками создания сцен и моделей виртуального пространства Знаниями о материалах, технологиях и процессах 3D-печати, виртуальной и дополненной реальности.</p>
---	--	--

<p>ПК-4 Способен осуществлять компьютерное моделирование для обеспечения производственно-технологической деятельности в области строительства</p>	<p>ПК-4.3 Представляет результаты компьютерного моделирования</p>	<p>знает Принципы и технологии компьютерного моделирования объектов и процессов в области строительства с использованием 3D-печати, виртуальной и дополненной реальности Основы программного обеспечения для компьютерного моделирования, включая 3D-редакторы, виртуальные и дополненные реальности</p> <p>умеет Выбирать и применять соответствующие инструменты и технологии для создания и модификации 3D-моделей Осуществлять настройку параметров моделирования, выбор материалов и текстур, создание анимации и взаимодействия с моделью в виртуальной и дополненной реальности Осуществлять коррекцию и оптимизацию моделей с целью получения оптимальных результатов и ускорения процесса моделирования</p> <p>владеет Навыками представления результатов моделирования в различных форматах, включая 2D и 3D изображения, анимации и интерактивные прототипы Навыками работы с программным обеспечением для создания виртуальных и дополненных реальностей, включая Unity, Unreal Engine, ARKit, ARCore и т.д. Знаниями и практическим опытом работы с различными технологиями 3D-печати и материалами, а также настройкой и эксплуатацией оборудования для 3D-печати.</p>
---	---	---

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.05 основной профессиональной образовательной программы 09.04.03 Прикладная информатика и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Технологии программирования	ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-2.1, ОПК-5.1, ОПК-5.2

знать

– фундаментальные основы высшей математики и математического анализа;

владеть

– методами решения математических задач;

знать

– современные технологии программирования;

– современные средства вычислительной техники;

уметь

– проектировать алгоритмы и структуры данных;

владеть

– приемами разработки прикладного программного обеспечения.

Информационное моделирование в профессиональной сфере (ВМ)

Прикладные графические пакеты

Технологии программирования

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-8.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
2	Научно-исследовательская практика	ОПК-4.1, ОПК-4.3
3	Проектная практика	ПК-4.3, ПК-2.2, ПК-3.1

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			2
Контактная работа	48		48
Лабораторные занятия (Лаб)	48	0	48
Иная контактная работа, в том числе:	1,5		1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
Часы на контроль	26,75		26,75
Самостоятельная работа (СР)	103,75		103,75
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	180		180
зачетные единицы:	5		5

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Основные понятия										
1.1.	Технологии 3D-печати, виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Основные положения	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
1.2.	Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
1.3.	Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
2.	2 раздел. Программирование в кросс-платформенной среде разработки ИВ Unity										
2.1.	Обзор среды разработки ИВ Unity	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
2.2.	Основные компоненты Unity	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
2.3.	Префабы в Unity	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
2.4.	Материалы Unity. Разработка шейдеров	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
2.5.	Графический подмодуль Unity	2					1		4	5	ПК-4.2, ПК-4.3
2.6.	Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour	2					2		4	6	ПК-4.2, ПК-4.3
2.7.	Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime. Независимость анимации от частоты кадров	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3

2.8.	Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Рефлексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3
2.9.	Обобщенные типы. Коллекции	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
2.10	Coroutines в Unity	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
2.11.	Делегаты. Лямбда-выражения. События	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
2.12	Взаимодействие между объектами и компонентами Unity	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3
2.13	Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3
2.14	Обзор физического подмодуля Unity	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3
2.15	Обзор аудио-подмодуля Unity	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
2.16	Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3
2.17	LINQ. Стандартные операторы запроса	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
3.	3 раздел. Интерактивная визуализация BIM-модели										
3.1.	Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max	2					2		4	6	ПК-4.2, ПК-4.3
3.2.	Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
3.3.	Реализация пользовательского ввода, навигация по модели	2					1		2	3	ПК-4.2, ПК-4.3
3.4.	Реализация интерактивных элементов визуализации	2					2		2,5	4,5	ПК-4.2, ПК-4.3
3.5.	Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации	2					2		3	5	ПК-4.2, ПК-4.3
4.	4 раздел. Интерактивная визуализация BIM-модели в виртуальной реальности										
4.1.	Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта	2					1		2,25	3,25	ПК-4.2, ПК-4.3
4.2.	Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3

4.3.	Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
4.4.	Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
5.	5 раздел. Интерактивная визуализация BIM-модели в дополненной реальности										
5.1.	Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
5.2.	Распознавание плоских изображений, Image Target	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
5.3.	Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
5.4.	Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
6.	6 раздел. Трехмерная печать модели здания на основе BIM-модели										
6.1.	Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
6.2.	Практические аспекты 3D-печати	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
6.3.	Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели	2					1		3	4	ПК-4.2, ПК-4.3
6.4.	Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью	2					2		4	6	ПК-4.2, ПК-4.3
7.	7 раздел. Иная контактная работа										
7.1.	Иная контактная работа	2								1,25	ПК-4.2, ПК-4.3
8.	8 раздел. Контроль										
8.1.	Экзамен	2								27	ПК-4.2, ПК-4.3

5.1. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
1	Технологии 3D-печати, виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Основные положения	Технологии 3D-печати, виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Основные положения. Специфика реализации каждой из технологий, необходимое аппаратное и программное

		обеспечение. История развития, области применения. Континуум виртуальности.
2	Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR	Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR. Совместное использование технологий виртуальной и дополненной реальности. Совместное использование технологий виртуальной реальности и 3D-печати. Совместное использование технологий дополненной реальности и 3D-печати.
3	Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ	Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ. Основные положения. Обзор наиболее распространенных сред разработки интерактивных визуализаций, их преимущества и недостатки, сравнительный анализ.
4	Обзор среды разработки ИВ Unity	Обзор среды разработки ИВ Unity Обзор среды разработки ИВ Unity. Типы проектов Unity. Сцены, GameObject, префабы, компоненты. Основные элементы пользовательского интерфейса.
5	Основные компоненты Unity	Основные компоненты Unity Основные компоненты Unity. Transform, иерархия компонентов, вложенные Transform, глобальная и локальная система координат. Компонент-камера. Геометрические компоненты, рендеринг, материалы, качество визуализации. Компоненты освещения. Компоненты-скрипты.
6	Префабы в Unity	Префабы в Unity Префабы в Unity. Префабы как основной способ повторного использования GameObject. Внесение изменений в префабы. Вложенные префабы.
7	Материалы Unity. Разработка шейдеров	Материалы Unity. Разработка шейдеров Материалы Unity. Разработка шейдеров. Шейдеры в Unity. PBR-материалы. Граф шейдера. Основные ноды графа шейдера.
8	Графический подмодуль Unity	Графический подмодуль Unity Графический подмодуль Unity. Архитектура графического подмодуля Unity. Стек пост-обработки: сглаживание, глубина резкости, размытие фона. Динамическое глобальное освещение. Scriptable Rendering Pipeline (SRP). Предопределенные SRP.
9	Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour	Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour. Функции событий Start() и Update(), реализация собственной программной логики в Unity. Язык программирования C#. История, особенности, сравнительный анализ C# с языками программирования Java и C++. Типы данных, передача по ссылке и по значению. Арифметические и логические операции, условные выражения, циклы. Обработка исключений в C#.
10	Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime. Независимость анимации от частоты	Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime. Независимость анимации от частоты кадров Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime. Независимость анимации от частоты кадров. Реализация покадровой анимации. Масштабирование времени.

	кадров	
11	Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Рефлексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector	Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Рефлексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Ре-флексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector. Объявление класса, конструкторы класса, методы и поля класса. Создание экземпляров класса. Сравнение структур и классов в C#. Модификаторы доступа public, private, protected, отображение публичных полей в Unity. Свойства, значимость свойств как элемента языка C#. Синтаксис, методы доступа get и set. Выделение памяти для экземпляра класса. Автоматизированная «сборка мусора» (garbage collection) в C#.
12	Обобщенные типы. Коллекции	Обобщенные типы. Коллекции Обобщенные типы. Коллекции. Синтаксис обобщенных типов. Примеры использования. Интерфейсы IEnumerable и IEnumerator. Оператор yield. Паттерн «Итератор».
13	Coroutines в Unity	Coroutines в Unity Coroutines в Unity. Синтаксис. Применение. Типы возвращаемых значений
14	Делегаты. Лямбда-выражения. События	Делегаты. Лямбда-выражения. События Делегаты. Лямбда-выражения. События. Сравнение делегатов C# с указателями на функции C++. Синтаксис делегатов в C#. Возможности делегатов. Анонимные функции. Многоадресные (multicast) делегаты. Синтаксис лямбда-выражений и лямбда-операторов, применение. Паттерн «Наблюдатель». Синтаксис событий в C#. Отличия событий от делегатов.
15	Взаимодействие между объектами и компонентами Unity	Взаимодействие между объектами и компонентами Unity Взаимодействие между объектами и компонентами Unity. Доступ к внешним GameObject (по ссылке, по имени, к дочерним и родительским объектам). Создание и уничтожение объектов. Доступ к компонентам объекта.
16	Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы	Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы. Наследование классов в C#. Отношение is-a («является»). Базовый класс Object. Ограничения наследования в C#. Ключевое слово base. Конструкторы в производных классах. Порядок вызова конструкторов. Восходящее преобразование (Upcasting). Нисходящее преобразование (Downcasting). Ключевые слова as и is.
17	Обзор физического подмодуля Unity	Обзор физического подмодуля Unity Обзор физического подмодуля Unity. Твердые тела, коллайдеры, сочленения. Приложение силы к твердым телам.
18	Обзор аудио-подмодуля Unity	Обзор аудио-подмодуля Unity Обзор аудио-подмодуля Unity. Источники и слушатели. Аудио-фильтры. Аудио-микшер.
19	Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity	Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity. Компонент Canvas. Основные элементы пользовательского интерфейса. Конфигурация пользовательского интерфейса в зависимости от характеристик устройства вывода изображения.

20	LINQ. Стандартные операторы запроса	LINQ. Стандартные операторы запроса LINQ. Стандартные операторы запроса. Language-Integrated Query. Синтаксис LINQ. Выборка, фильтрация, сортировка группировка данных.
21	Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max	Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max. Форматы экспорта из ПО Autodesk Revit. Преимущества и недостатки использования различных форматов файлов. Внесение изменений в исходную BIM-модель и синхронизация изменений с проектом 3ds Max. Настройка материалов и оптимизация модели в 3ds Max. Autodesk Materials. Особенности экспорта материалов Autodesk Revit. Оптимизация материалов для визуализации с использованием Unity. Различные способы оптимизации геометрии модели.
22	Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity	Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity. Форматы экспорта BIM-модели из 3ds Max. Форматы импорта BIM-модели в Unity. Параметры экспорта.
23	Реализация пользовательского ввода, навигация по модели	Реализация пользовательского ввода, навигация по модели Реализация пользовательского ввода, навигация по модели. Обработка пользовательского ввода с клавиатуры, компьютерной мыши и других устройств ввода. Реализация программной логики для управления местоположением и ракурсом виртуальной камеры.
24	Реализация интерактивных элементов визуализации	Реализация интерактивных элементов визуализации Реализация интерактивных элементов визуализации. Определение коллизий на примере префаба «Интерактивная дверь». Управление источниками освещения и виртуальным небосводом, скрипт «управление временем суток». Трассировка лучей на примере префаба «Лифт».
25	Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации	Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации. Реализация программной логики управления материалами. Реализация программной логики скрытия и отображения элементов модели.
26	Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта	Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта. Реализация технологии виртуальной реальности в Unity. Поддержка VR-периферии различных производителей. Технология Google Cardboard. Сборка проекта с поддержкой технологии Cardboard.
27	Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности	Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности. Непрерывное перемещение. Перемещение через телепортацию. Реализация в Unity. Сравнение эффективности подходов.
28	Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности	Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности. Определение направления взгляда. Реализация виртуального курсора. Распространенные техники построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности.
29	Оптимизация	Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях

	производительности визуализации в VR-приложениях	Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях. Особенности разработки мобильных и VR-приложений. Профилирование приложений встроенными средствами Unity. Основные параметры реалистичности рендеринга.
30	Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK	Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK. Архитектура Vuforia SDK. Параметры XR Unity. Активация Vuforia в проекте Unity, AR-компоненты.
31	Распознавание плоских изображений, Image Target	Распознавание плоских изображений, Image Target Распознавание плоских изображений, Image Target. Введение в теорию распознавания образов. Подготовка изображения для распознавания. Префаб Vuforia Image Target. Визуализация виртуальных объектов поверх видеоряда.
32	Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности	Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности. Проектирование пользовательского интерфейса для мобильных устройств. Взаимодействие с виртуальными объектами. Распространенные техники построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности.
33	Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях	Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях. Профилирование приложений встроенными средствами Unity. Оптимизация данных о геометрии под мобильные устройства. Повышение точности распознавания маркеров. Управление фокусировкой камеры.
34	Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров	Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров. Базовые параметры материалов для 3D-печати. Наиболее распространенные материалы 3D-печати, сравнительный анализ.
35	Практические аспекты 3D-печати	Практические аспекты 3D-печати Практические аспекты 3D-печати. Обзор наиболее частых технических проблем и существующих решений. Перспективы применения 3D-печати в архитектуре и строительстве.
36	Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели	Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели. Обзор ПО для 3D-печати Cura. Предварительная обработка BIM-модели в Autodesk Revit. Печать BIM-модели на 3D-принтере.
37	Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью	Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью. Обзор наиболее распространенных сценариев совместного использования технологии виртуальной реальности и 3D-печати, технологии дополненной реальности и 3D-печати.

5.2. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Технологии 3D-печати, виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Основные положения	Подготовка к лабораторной работе Технологии 3D-печати, виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Основные положения. Специфика реализации каждой из технологий, необходимое аппаратное и программное обеспечение. История развития, области применения. Континуум

		виртуальности.
2	Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR	Подготовка к лабораторной работе Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR. Совместное использование технологий виртуальной и дополненной реальности. Совместное использование технологий виртуальной реальности и 3D-печати. Совместное использование технологий дополненной реальности и 3D-печати.
3	Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ	Подготовка к лабораторной работе Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ. Основные положения. Обзор наиболее распространенных сред разработки интерактивных визуализаций, их преимущества и недостатки, сравнительный анализ.
4	Обзор среды разработки ИВ Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Введение" курсовой работы. Обзор среды разработки ИВ Unity. Типы проектов Unity. Сцены, GameObject, префабы, компоненты. Основные элементы пользовательского интерфейса.
5	Основные компоненты Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Введение" курсовой работы. Основные компоненты Unity. Transform, иерархия компонентов, вложенные Transform, глобальная и локальная система координат. Компонент-камера. Геометрические компоненты, рендеринг, материалы, качество визуализации. Компоненты освещения. Компоненты-скрипты.
6	Префабы в Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Цели и задачи" курсовой работы. Префабы в Unity. Префабы как основной способ повторного использования GameObject. Внесение изменений в префабы. Вложенные префабы.
7	Материалы Unity. Разработка шейдеров	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Цели и задачи" курсовой работы. Материалы Unity. Разработка шейдеров. Шейдеры в Unity. PBR-материалы. Граф шейдера. Основные ноды графа шейдера.
8	Графический подмодуль Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Цели и задачи" курсовой работы. Графический подмодуль Unity. Архитектура графического подмодуля Unity. Стек пост-обработки: сглаживание, глубина резкости, размытие фона. Динамическое глобальное освещение. Scriptable Rendering Pipeline (SRP). Предопределенные SRP.
9	Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour. Функции событий Start() и Update(), реализация собственной программной логики в Unity. Язык программирования C#. История, особенности, сравнительный анализ C# с языками программирования Java и C++. Типы данных, передача по ссылке и по значению. Арифметические и логические операции, условные выражения, циклы. Обработка исключений в C#.
10	Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime.	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime.

	Независимость анимации от частоты кадров	Независимость анимации от частоты кадров. Реализация покадровой анимации. Масштабирование времени.
11	Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Рефлексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Ре-флексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector. Объявление класса, конструкторы класса, методы и поля класса. Создание экземпляров класса. Сравнение структур и классов в C#. Модификаторы доступа public, private, protected, отображение публичных полей в Unity. Свойства, значимость свойств как элемента языка C#. Синтаксис, методы доступа get и set. Выделение памяти для экземпляра класса. Автоматизированная «сборка мусора» (garbage collection) в C#.
12	Обобщенные типы. Коллекции	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Обобщенные типы. Коллекции. Синтаксис обобщенных типов. Примеры использования. Интерфейсы IEnumerable и IEnumerator. Оператор yield. Паттерн «Итератор».
13	Coroutines в Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Coroutines в Unity. Синтаксис. Применение. Типы возвращаемых значений
14	Делегаты. Лямбда-выражения. События	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Делегаты. Лямбда-выражения. События. Сравнение делегатов C# с указателями на функции C++. Синтаксис делегатов в C#. Возможности делегатов. Анонимные функции. Многоадресные (multicast) делегаты. Синтаксис лямбда-выражений и лямбда-операторов, применение. Паттерн «Наблюдатель». Синтаксис событий в C#. Отличия событий от делегатов.
15	Взаимодействие между объектами и компонентами Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Взаимодействие между объектами и компонентами Unity. Доступ к внешним GameObject (по ссылке, по имени, к дочерним и родительским объектам). Создание и уничтожение объектов. Доступ к компонентам объекта.
16	Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы. Наследование классов в C#. Отношение is-a («является»). Базовый класс Object. Ограничения наследования в C#. Ключевое слово base. Конструкторы в производных классах. Порядок вызова конструкторов. Восходящее преобразование (Upcasting). Нисходящее преобразование (Downcasting). Ключевые слова as и is.
17	Обзор физического подмодуля Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Обзор физического подмодуля Unity. Твердые тела, коллайдеры, сочленения. Приложение силы к твердым телам.
18	Обзор аудио-подмодуля Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Обзор аудио-подмодуля Unity. Источники и слушатели. Аудио-

		фильтры. Аудио-микшер.
19	Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity. Компонент Canvas. Основные элементы пользовательского интерфейса. Конфигурация пользовательского интерфейса в зависимости от характеристик устройства вывода изображения.
20	LINQ. Стандартные операторы запроса	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. LINQ. Стандартные операторы запроса. Language-Integrated Query. Синтаксис LINQ. Выборка, фильтрация, сортировка группировка данных.
21	Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max. Форматы экспорта из ПО Autodesk Revit. Преимущества и недостатки использования различных форматов файлов. Внесение изменений в исходную BIM-модель и синхронизация изменений с проектом 3ds Max. Настройка материалов и оптимизация модели в 3ds Max. Autodesk Materials. Особенности экспорта материалов Autodesk Revit. Оптимизация материалов для визуализации с использованием Unity. Различные способы оптимизации геометрии модели.
22	Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity. Форматы экспорта BIM-модели из 3ds Max. Форматы импорта BIM-модели в Unity. Параметры экспорта.
23	Реализация пользовательского ввода, навигация по модели	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Реализация пользовательского ввода, навигация по модели. Обработка пользовательского ввода с клавиатуры, компьютерной мыши и других устройств ввода. Реализация программной логики для управления местоположением и ракурсом виртуальной камеры.
24	Реализация интерактивных элементов визуализации	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Реализация интерактивных элементов визуализации. Определение коллизий на примере префаба «Интерактивная дверь». Управление источниками освещения и виртуальным небосводом, скрипт «управление временем суток». Трассировка лучей на примере префаба «Лифт».
25	Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации. Реализация программной логики управления материалами. Реализация программной логики скрытия и отображения элементов модели.
26	Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта. Реализация технологии виртуальной реальности в Unity. Поддержка VR-периферии различных производителей. Технология Google Cardboard. Сборка проекта с поддержкой технологии Cardboard.
27	Возможные способы	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального

	навигации пользователя в виртуальной реальности	задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности. Непрерывное перемещение. Перемещение через телепортацию. Реализация в Unity. Сравнение эффективности подходов.
28	Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности. Определение направления взгляда. Реализация виртуального курсора. Распространенные техники построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности.
29	Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях. Особенности разработки мобильных и VR-приложений. Профилирование приложений встроенными средствами Unity. Основные параметры реалистичности рендеринга.
30	Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK. Архитектура Vuforia SDK. Параметры XR Unity. Активация Vuforia в проекте Unity, AR-компоненты.
31	Распознавание плоских изображений, Image Target	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Распознавание плоских изображений, Image Target. Введение в теорию распознавания образов. Подготовка изображения для распознавания. Префаб Vuforia Image Target. Визуализация виртуальных объектов поверх видеоряда.
32	Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности. Проектирование пользовательского интерфейса для мобильных устройств. Взаимодействие с виртуальными объектами. Распространенные техники построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности.
33	Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях. Профилирование приложений встроенными средствами Unity. Оптимизация данных о геометрии под мобильные устройства. Повышение точности распознавания маркеров. Управление фокусировкой камеры.
34	Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров. Базовые параметры материалов для 3D-печати. Наиболее распространенные материалы 3D-печати, сравнительный анализ.
35	Практические аспекты 3D-печати	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка основного раздела курсовой работы. Практические аспекты 3D-печати. Обзор наиболее частых технических проблем и существующих решений. Перспективы применения 3D-печати в архитектуре и строительстве.

36	Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Заключение" курсовой работы. Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели. Обзор ПО для 3D-печати Cura. Предварительная обработка BIM-модели в Autodesk Revit.
37	Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью	Подготовка к лабораторной работе. Выполнение индивидуального задания. Подготовка раздела "Заключение" курсовой работы. Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью. Обзор наиболее распространенных сценариев совместного использования технологии виртуальной реальности и 3D-печати, технологии дополненной реальности и 3D-печати.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы.

При подготовке к лабораторным занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить рекомендуемую рабочей программой литературу по данной теме.

Итогом изучения дисциплины является выполнение курсовой работы и экзамен. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Технологии 3D-печати, виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Основные положения	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
2	Сценарии совместного использования технологий 3D-печати, VR и AR	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
3	Интерактивная визуализация (ИВ) с использованием технологий VR и AR. Современные кросс-платформенные среды разработки ИВ	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
4	Обзор среды разработки ИВ Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой

			работы. Устный опрос студентов.
5	Основные компоненты Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
6	Префабы в Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
7	Материалы Unity. Разработка шейдеров	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
8	Графический подмодуль Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
9	Скрипты как компоненты для реализации программной логики. Основы языка C#. Класс MonoBehaviour	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
10	Цикл событий Unity. Функция событий Update(), свойство DeltaTime. Независимость анимации от частоты кадров	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
11	Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы. Поля и методы. Свойства. Рефлексия скриптов. Атрибуты C#. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
12	Обобщенные типы. Коллекции	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
13	Coroutines в Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.

14	Делегаты. Лямбда-выражения. События	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
15	Взаимодействие между объектами и компонентами Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
16	Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и интерфейсы	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
17	Обзор физического подмодуля Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
18	Обзор аудио-подмодуля Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
19	Обзор подмодуля пользовательского интерфейса Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
20	LINQ. Стандартные операторы запроса	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
21	Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit в Autodesk 3ds Max. Обработка модели в Autodesk 3ds Max	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
22	Экспорт модели из Autodesk 3ds Max в Unity	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
23	Реализация пользовательского ввода, навигация по модели	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения

			индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
24	Реализация интерактивных элементов визуализации	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
25	Изменение внешнего вида модели в ходе визуализации	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
26	Виртуальная реальность в Unity. Настройка проекта	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
27	Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
28	Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
29	Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
30	Дополненная реальность в Unity. Обзор Vuforia SDK	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
31	Распознавание плоских изображений, Image Target	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
32	Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой

			работы. Устный опрос студентов.
33	Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
34	Материалы для 3D-печати. Виды кинематики 3D-принтеров	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
35	Практические аспекты 3D-печати	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
36	Подготовка BIM-модели к печати на 3D-принтере. Печать BIM-модели	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
37	Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью	ПК-4.2, ПК-4.3	Контроль поэтапного выполнения индивидуальных заданий и курсовой работы. Устный опрос студентов.
38	Иная контактная работа	ПК-4.2, ПК-4.3	
39	Экзамен	ПК-4.2, ПК-4.3	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикаторов компетенций ПК-4.2, 4.3. Практические задания для проведения промежуточной аттестации размещены по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Технологии 3D-печати, виртуальной и дополненной реальности

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Виртуальная реальность. Определение, способы реализации, применение.
2. Дополненная реальность. Определение, способы реализации, применение.
3. Трехмерная печать. Определение, способы реализации, применение.
4. Примеры использования виртуальной и дополненной реальности в строительстве и архитектуре.
5. Пример использования трехмерной печати в строительстве и архитектуре.
6. Примеры совместного использования технологий виртуальной реальности, дополненной реальности и 3D-печати.
7. Построение интерактивных визуализаций BIM-моделей с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности.
8. Язык программирования C#. История, особенности, сравнение с другими языками программирования.
9. Основы языка C#. Типы данных, передача по ссылке и по значению. Арифметические и логические операции, условные выражения, циклы.
10. Объектно-ориентированное программирование в C#. Классы и структуры. Поля и методы. Модификаторы доступа. Ключевое слово new. Garbage Collector (GC).
11. Наследование. Преобразование типов. Виртуальные методы. Абстрактные классы и

интерфейсы.

12. Пространства имен, псевдонимы и статический импорт. Оператор using.
13. Свойства (properties) C#.
14. Обработка исключений. Оператор try-catch-finally.
15. Делегаты. Сравнение с указателями на функции C++.
16. Лямбда-выражения. Замыкания.
17. События (events) C#.
18. Обобщенные типы (generics).
19. Коллекции. Интерфейсы IEnumerable и IEnumerator. Оператор yield.
20. LINQ. Стандартные операторы запроса.
21. Кросс-платформенная среда разработки интерактивных визуализаций Unity.

Организация проекта в Unity. Сцены, объекты, компоненты.

22. Компоненты Unity. Компоненты, задающие местоположение объекта, компоненты рендеринга, освещения, компоненты-скрипты.

23. Префабы в Unity.
24. Материалы Unity. Shader Graph.
25. Цикл событий Unity.
26. Физический подмодуль Unity. Твердые тела, коллайдеры, сочленения.
27. Аудио-подмодуль Unity. Аудио-источники и аудио-слушатели. Аудио-микшер.
28. Подмодуль пользовательского интерфейса Unity. Компонент Canvas. Основные

элементы пользовательского интерфейса Unity.

29. Coroutines в Unity.
30. Покадровая анимация в Unity. Генерация анимации, независимой от частоты кадров.
31. Рефлексия полей класса в Unity. Публичные и приватные поля. Задание параметров

объектов в инспекторе объектов.

32. Взаимодействие между объектами в Unity. Нахождение объекта по ссылке и по имени.

Получение дочерних и родительских объектов. Создание и уничтожение объектов.

33. Атрибуты в Unity.
34. Кросс-платформенная сборка проекта в Unity.
35. Экспорт BIM-модели из Autodesk Revit. Синхронизация изменений BIM-модели с проектом 3ds Max.

36. Настройка материалов и оптимизация модели в 3ds Max.

37. Экспорт модели из 3ds Max.

38. Возможные способы навигации пользователя в виртуальной реальности.

39. Особенности построения пользовательского интерфейса в виртуальной реальности.

40. Оптимизация производительности визуализации в VR-приложениях.

41. Дополненная реальность в Unity. Vuforia SDK. Основные компоненты.

42. Особенности построения пользовательского интерфейса в дополненной реальности

43. Оптимизация производительности визуализации в AR-приложениях

44. Материалы, используемые в 3D-печати.

45. Виды кинематики 3D-принтеров.

46. Совместное использование технологий VR и AR с 3D-печатью

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Разработать интерактивную визуализацию 3D-модели здания (в соответствии с вариантом) в среде Unity. Реализовать возможность переключения материалов для элементов интерфейса.

2. Разработать интерактивную визуализацию 3D-модели здания (в соответствии с вариантом) в среде Unity. Реализовать обновление наружного освещения в зависимости от времени суток.

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

1. Построение интерактивной визуализации BIM-модели высокой степени реалистичности.

2. Построение интерактивной визуализации BIM-модели здания с использованием технологии виртуальной реальности.

3. Построение интерактивной визуализации BIM-модели здания с использованием технологии дополненной реальности.

4. Обзор интерактивных составляющих визуализации BIM-модели в виртуальной реальности.

5. Обзор интерактивных составляющих визуализации BIM-модели в дополненной реальности.

6. Реализация пользовательского ввода в интерактивной VR-визуализации BIM-модели через отслеживание направления взгляда пользователя.

7. Реализация пользовательского ввода в интерактивной VR-визуализации BIM-модели через пользовательский ввод с контроллера.

8. Сравнение эффективности пользовательского ввода через контроллер и через отслеживание направление взгляда в интерактивных VR-визуализациях.

9. Подготовка макета BIM-модели с использованием технологии 3D-печати.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса, соответствующих содержанию формируемых компетенций. Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 60 минут.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		

	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
<p>знания</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; -знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>

<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>
<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Селянкин В. В., Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений, Санкт-Петербург: Лань, 2021	https://e.lanbook.com/book/173806
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Украинцев Ю. Д., Информатизация общества, Санкт-Петербург: Лань, 2022	https://e.lanbook.com/book/207002
2	Иванцовская Н. Г., Перспектива. Теория и виртуальная реальность, Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010	http://www.iprbookshop.ru/44820.html

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

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

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Microsoft C# Guide	https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/
Unity User Manual	https://docs.unity3d.com/Manual/index.html
Autodesk 3ds Max 2020 Documentation	http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2020/ENU/
Autodesk Revit 2020 – Справка	http://help.autodesk.com/view/RVT/2020/RUS/

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г

Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Visual Studio 2017	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Autodesk 3Ds Max Design 2019/2020	Письмо о возможности бесплатной загрузки образовательных лицензий полнофункциональных версий программных продуктов Autodesk от 15.05.2012
Autodesk Revit 2019/2020	Письмо о возможности бесплатной загрузки образовательных лицензий полнофункциональных версий программных продуктов Autodesk от 15.05.2012

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
47. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
47. Компьютерный класс	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.
47. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.