

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое моделирование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.20</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бартеньев О.В.
	Идентификатор	Re1908415-BartenyevOV-52f6dae

(подпись)


О.В. Бартеньев

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

(подпись)

М.Ф. Черепова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426c

(подпись)

П.В. Зубков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** приобретение знаний, необходимых для создания динамических графических сцен, классификации и генерации изображений

### Задачи дисциплины

- изучение базовых моделей и алгоритмов компьютерной графики;
- освоение технологии классификации и генерации изображений;
- приобретение практических навыков создания графических сцен;
- освоение языка программирования Python.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Выбирает современные информационно-коммуникационные технологии для решения прикладных задач	знать: - способы создания динамических сцен КГ с моделями разных классов; - методы создания нейронных сетей, классифицирующих и генерирующих изображения.  уметь: - разрабатывать алгоритмы воспроизведения динамических сцен; - проектировать нейронные сети, классифицирующие и генерирующие изображения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Математическое моделирование (далее – ОПОП), направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне	28	5	4	8	-	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-</p>
1.1	Полигональная модель объекта. Полигональное моделирование на низком уровне. Аффинные преобразования координат объекта и его компонентов	28		4	8	-	-	-	-	-	-	16	-	

														поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 59-85
2	Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света	30	6	8	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.	
2.1	Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света	30	6	8	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света" <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>	

													<b><u>источников:</u></b> [2], 70-91
3	Нейронные сети для классификации и генерации изображений	49.7	6	16	-	-	-	-	-	-	27.7	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Нейронные сети для классификации и генерации изображений" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
3.1	Нейронные сети для классификации изображений. Нейронные сети для генерации изображений	49.7	6	16	-	-	-	-	-	-	27.7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Нейронные сети для классификации и генерации изображений" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Нейронные сети для классификации и генерации изображений" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 31-58
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0	16	32	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-	
	Итого за семестр	108.0	16	32	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне

1.1. Полигональная модель объекта. Полигональное моделирование на низком уровне. Аффинные преобразования координат объекта и его компонентов

Треугольная грань как основа полигональной модели. Виды полигональных моделей и преобразование одного вида в другой. Модель на основе неоднородных рациональных сплайнов Безье. Применение операций сглаживания для повышения качества результата. Поверхности смещения, вращения и сдвига. Системы координат. Базовая точка. Преобразования перемещения, поворота и масштабирования всего объекта и его компонентов. Формирование 3D-поверхности на основе 2D-образа посредством операций выдавливания, скоса и аффинных преобразований. Операции над вершинами и гранями полигональной модели.

#### 2. Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света

2.1. Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света

Методы создания ключей анимации. Анимация координат и значений свойств объектов. Анимационные кривые и методы их редактирования. Программирование анимации средствами. Виды управляющих элементов и их реализация. Параметрическая модификация. Центр и габаритный контейнер преобразований. Свободные деформации объектов. Модификаторы каркаса объекта. Анимационные модификаторы. Программирование модификаторов. RGB-компоненты цвета. Модель освещенности. Управление нормальными векторами граней. Группы сглаживания. Принципы наложения текстуры на полигональную модель объекта. Библиотека материалов. Стандартный материал и его свойства. Задание карт материалов и управление их свойствами. Механизм употребления нескольких материалов для одного объекта. Анимация материалов и их карт. Программирование анимации материалов. Виды источников света.

#### 3. Нейронные сети для классификации и генерации изображений

3.1. Нейронные сети для классификации изображений. Нейронные сети для генерации изображений

Библиотеки Tensorflow и Keras. Многослойный перцептрон и сверточные нейронные сети (НС). Виды слоев НС. Функции активации и потерь. Обучающие и оценочные множества. Создание, компиляция и обучение модели НС. Критерий качества обучения. Методы повышения качества обучения. Разработка НС, классифицирующей изображения. Технология разработки набора данных. Автокодировщики. Порождающие состязательные нейронные сети. Модели генератора и дискриминатора.

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Создание стандартных примитивов и их преобразование в полигональные модели. Выполнение аффинных преобразований объектов и их компонентов: вершин, ребер, полигонов и элементов. Изменение положения координат базовой точки примитива;
2. Формирование поверхности вращения на основе плоского сплайна. Применение сглаживания для повышения качества результата;
3. Анимация движения сферы по сторонам прямоугольника. Воспроизведение прыгающего мяча, движения стрелок часов. Анимация вертолета, поражающего цель. Анимация вершин, ребер и граней объектов. Анимация значений свойств объектов;
4. Реализация движения объекта с привязкой к пути. Работа с анимационными кривыми (редактирование ключей) в редакторе дорожек. Моделирование колебаний мембраны динамика звуковой колонки;
5. Применение параметрических модификаторов (Наклонить, Вытянуть, Надуть, Разрезать, Сместить и др.) для редактирования полигональной модели объекта. Анимация параметрических модификаторов;
6. Создание и применение материалов к полигональным объектам. Употребление нескольких материалов для одного объекта (на примере плоскости). Воспроизведение сферы с различными наборами групп сглаживания;
7. Построение моделей подушки, лодки и ложки на основе плоских сплайнов с использованием операции сдвига и деформации, согласованной с формой сплайна;
8. Создание модели вазы из цилиндра за счет его объемной деформации, копирования, масштабирования и выполнения булевой операции вычитания малой формы из большой;
9. Создание на основе системы частиц анимации дыма и пламени;
10. Создание анимации заполнения емкости (куба) частицами с использованием отражателей;
11. Загрузка и воспроизведение примеров наборов данных MNIST, EMNIST и CIFAR10;
12. Разработка классификатора изображений MNIST.;
13. Разработка генератора набора данных зашумленных изображений графиков элементарных функций.;
14. Разработка классификатора зашумленных изображений графиков элементарных функций;
15. Разработка порождающей состязательной нейронные сети для генерации зашумленных изображений графиков элементарных функций.

### 3.5 Консультации

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Нейронные сети для классификации и генерации изображений"

#### *Текущий контроль (ТК)*



1. Консультации направлены на получение индивидуального задания студента по разделу "Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне". По результатам выполняемой самостоятельной работы в рамках индивидуальных консультаций проводится защита выполненных работ. Консультации проводит преподаватель МЭИ, ответственный за организацию работы по текущему контролю результатов освоения программы студентом
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания студента по разделу "Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света". По результатам выполняемой самостоятельной работы в рамках индивидуальных консультаций проводится защита выполненных работ. Консультации проводит преподаватель МЭИ, ответственный за организацию работы по текущему контролю результатов освоения программы студентом
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания студента по разделу "Нейронные сети для классификации и генерации изображений". По результатам выполняемой самостоятельной работы в рамках индивидуальных консультаций проводится защита выполненных работ. Консультации проводит преподаватель МЭИ, ответственный за организацию работы по текущему контролю результатов освоения программы студентом

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
методы создания нейронных сетей, классифицирующих и генерирующих изображения	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub>			+	Контрольная работа/Контрольная работа №3
способы создания динамических сцен КГ с моделями разных классов	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub>	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1
<b>Уметь:</b>					
проектировать нейронные сети, классифицирующие и генерирующие изображения	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub>			+	Контрольная работа/Контрольная работа №3
разрабатывать алгоритмы воспроизведения динамических сцен	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub>		+		Контрольная работа/Контрольная работа №2

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. А. В. Боресков, Е. В. Шикин- "Компьютерная графика: динамика, реалистические изображения", Издательство: "Диалог-МИФИ", Москва, 1995 - (280 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=54731>;
2. Бартенев, О. В. Программирование модификаторов 3ds Max : учебно-справочное пособие / О. В. Бартенев . – М. : Физматкнига, 2009 . – 341 с. - ISBN 978-5-89155-189-3 .;
3. Бартенев, О. В. Классификация изображений : учебное пособие по курсу "Компьютерная графика" по направлению подготовки бакалавров 01.03.02 "Прикладная математика и информатика" / О. В. Бартенев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 112 с. - ISBN 978-5-7046-2251-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11117](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11117).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Windows;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Visual Studio;
5. Python.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-706, Дисплейный класс каф. "ПМИИ"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-706, Дисплейный класс каф. "ПМИИ"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	М-704, Преподавательская кафедры ПМИИ	стол, стул, шкаф, тумба, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, холодильник, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-301/1, Кладовая	стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Компьютерная графика

(название дисциплины)

## 5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Полигональная модель объекта, аффинные преобразования координат объекта и его компонентов. Методы формирования 3d-поверхности. Полигональное моделирование на низком уровне				
1.1	Полигональная модель объекта. Полигональное моделирование на низком уровне. Аффинные преобразования координат объекта и его компонентов		+		
2	Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света				
2.1	Анимация на основе ключей. Управляющие элементы (контроллеры). Моделирование посредством модификации объектов и сцены. Анимация модифицированных объектов. Управление материалами и источниками света			+	
3	Нейронные сети для классификации и генерации изображений				
3.1	Нейронные сети для классификации изображений. Нейронные сети для генерации изображений				+
Вес КМ, %:			33	33	34