

Минобрнауки России  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Программирования и информационных технологий



проф. Махортов С.Д.

11.03.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.16 Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

02.03.01 Математика и компьютерные науки

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Распределённые системы и искусственный интеллект

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Бакалавриат

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра программирования и информационных технологий

**6. Составители программы:**

Хлебостроев Виктор Григорьевич, к.ф.-м.н., доцент

**7. Рекомендована:**

НМС ФКН, протокол № 3 от 25.02.2022.

**8. Учебный год:** 2023-2024

**Семестр:** 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- изучение основ компьютерной графики, способов построения и использования геометрических объектов различной сложности.
- овладение методами создания моделей геометрических объектов в среде Visual Studio; изучение алгоритмов компьютерной графики.

*Задачи учебной дисциплины:*

- овладение методами математического описания базовых геометрических объектов (линий, поверхностей, многогранников) с использованием различных видов аффинных преобразований;
- знакомство с принципами построения изображений трехмерных объектов с использованием различных видов проективных преобразований;
- освоение студентами программных средств векторной графики и графической библиотеки OpenGL;
- изучение алгоритмов компьютерной графики, обеспечивающих построение реалистических изображений;

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1. Для ее успешного освоения необходимы знания из курсов «Современные технологии программирования (язык программирования C#)» и «Аналитическая геометрия». Данная дисциплина является предшествующей для дисциплины «Математические методы компьютерного зрения».

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-1 Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук	Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук
	ОПК-1.2 Умеет использовать их в профессиональной деятельности	Умеет использовать их в профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час: 3/108

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 3	Всего
Аудиторные занятия	66	66
Лекционные занятия	34	34
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа	42	42
Промежуточная аттестация	–	–
<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основы компьютерной графики. Графические инструменты .Net Framework	Основные задачи компьютерной графики. Компьютерная геометрия как способ программного построения и манипулирования геометрическими объектами. Средства GDI+ в .Net Framework. Класс Graphics, методы построения примитивов.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»*)
1.2	Растровая и векторная графика. Алгоритмы растровой графики.	Два принципа построения изображений – растровый и векторный. Их достоинства и недостатки. Построение растровых изображений основных геометрических примитивов. Алгоритм Брезенхейма.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
1.3	Компьютерная обработка геометрических объектов в 2D-пространстве. Аффинные	Основы векторной графики. Понятие арифметизации пространства. Связь между «бумажными» и экранными координатами. Неявные уравнения и параметрические функции как два способа описания линий на плоскости.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»

	преобразования в 2D-пространстве.	Обобщенные координаты. Аффинные преобразования в 2D-пространстве.	
1.4	Построение произвольных кривых на плоскости	Построение кривых, заданных конечным множеством точек на плоскости. Задачи интерполяции и аппроксимации. Интерполяция полиномами Лагранжа и кубическими сплайнами. Аппроксимация методом наименьших квадратов. Кривые Безье, аппроксимация с использованием кривых Безье.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
1.5	Компьютерная обработка геометрических объектов Аффинные и проективные преобразования в 3D-пространстве.	Геометрическое моделирование в 3D-пространстве. Основные виды объектов: линии, поверхности, тела. Проблема отображения трехмерных объектов на плоскость, проективные преобразования. Виды проекций. Матрицы аффинных и проективных преобразований.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
1.6	Простейшие объекты в 3D-пространстве. Платоновы тела.	Построение изображений многогранников. Матрицы вершин и граней. Правильные многогранники (платоновы тела), их виды. Построение платоновых тел. Операции вращения и переноса для платоновых тел.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
1.7	Построение квадратичных поверхностей	Квадратичные поверхности и их классификация. Каркасная модель поверхностей. Параметрическое представление квадратичных поверхностей. Операции вращения и переноса для квадратичных поверхностей.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
1.8	Построение реалистических изображений. Визуализация.	Определение границ сцены, отсечение и удаление элементов. Удаление невидимых линий и поверхностей. Алгоритмы Робертса и z-буфера. Передача эффектов освещения, отражения и преломления. Диффузное и зеркальное отражение. Тени от освещенных объектов.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
1.9	Библиотека OpenGL Основные понятия. Команды и примитивы. Построение изображений средствами OpenGL.	Инициализация библиотеки OpenGL. Примитивы и команды OpenGL. Построение двумерных и трехмерных изображений средствами OpenGL.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
<b>2. Практические занятия</b>			

2.1	Средства GDI+ в .Net Framework. Класс Graphics, методы построения примитивов.	Классы пространства имен System.Drawing. Классы инструментов (Pen, Brush, Font). Класс Graphics и методы построения примитивов. Работа с цветовой моделью RGB. Создание эффектов анимации.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
2.2	Построение растровых изображений основных геометрических примитивов. Алгоритм Брезенхейма.	Алгоритмы DDA, Брезенхейма и Ву. Алгоритм Брезенхейма для отрезка прямой и эллипса (окружности).	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
2.3	Векторная графика. Построение геометрических объектов на плоскости. Аффинные преобразования объектов.	Построение линий и фигур с использованием различных способов их описания. Преобразования масштабирования и перемещения.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
2.4	Простейшие объекты в 3D-пространстве. Платоновы тела и квадратичные поверхности	Математические модели многогранников и квадратичных поверхностей. Построение изображений правильных многогранников и квадратичных поверхностей с использованием различных способов проецирования.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
2.5	Основные понятия, команды и примитивы библиотеки OpenGL. Построение двумерных и трехмерных изображений.	Интерфейс и синтаксис команд OpenGL. Вершины и примитивы. Модельно-видовые преобразования.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Класс Graphics, методы построения примитивов.	Создание приложения, создающего рисунок с помощью методов класса Graphics и демонстрирующего эффект анимации.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»

3.2	Построение растровых изображений с использованием алгоритма Брезенхейма.	Создание приложения, реализующего алгоритм Брезенхейма для построения отрезка прямой, окружности или произвольного эллипса.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
3.3	Построение линий и фигур на плоскости с использованием различных способов их описания.	Создание приложения, демонстрирующего один из способов построения линии по заданному набору точек на плоскости, либо выполняющего построение комбинации геометрических фигур с использованием эффектов их масштабирования и перемещения	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»
3.4	Построение простейших объектов в трехмерном пространстве	Создание приложения, выполняющего построение платоновых тел, либо квадратичных поверхностей с демонстрацией эффектов масштабирования, вращения и освещения.	Онлайн-курс «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование»

\*) Онлайн-курс размещен на портале «Электронный университет ВГУ» по адресу <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9599>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1.	Основы компьютерной графики. Графические инструменты .Net Framework	2	2	2	4	10
2.	Растровая и векторная графика. Алгоритмы растровой графики.	2	2	2	4	10
3.	Компьютерная обработка геометрических объектов в 2D-пространстве. Аффинные преобразования в 2D-пространстве.	4	2	2	4	12
4.	Построение произвольных кривых на плоскости	4	2	2	6	14
5.	Компьютерная обработка геометрических объектов Аффинные и проективные преобразования в 3D-пространстве.	4	2	-	6	12

6.	Простейшие объекты в 3D-пространстве. Платоновы тела.	4	2	4	6	16
7.	Построение квадратичных поверхностей	4	2	2	4	12
8.	Построение реалистических изображений. Визуализация.	4	-	-	4	8
9.	Библиотека OpenGL Основные понятия. Команды и примитивы. Построение изображений средствами OpenGL.	6	2	2	4	14
<b>Всего</b>		<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>42</b>	<b>108</b>

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами лекций и презентационным материалом; выполнение практических заданий, анализ образцов приложений по темам 3, 4, 6; выполнение лабораторных заданий; подготовка к заданиям текущей аттестации. При самостоятельной работе по теме 9 рекомендуется использовать литературный источник [1] и электронный ресурс [6].

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1.	<i>Тюкачев Н.А. Программирование 2D и 3D векторной графики / Н.А.Тюкачев, В.Г. Хлебостроев. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 320 с.</i>
2.	<i>Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 506 с.</i>
3.	<i>Шикин Е.В. Компьютерная графика. Полигональные модели / Е.В. Шикин, А.В. Боресков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2005. – 461 с.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	<i>OpenGL : руководство по программированию : пер. с англ. / М. Ву [и др.] .— СПб. : Питер, 2006 .— 623 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
5.	<a href="http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/base.cou">http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/base.cou</a> <i>Компьютерная графика и геометрическое моделирование (базовый курс)</i>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
6.	<a href="https://rdsn.org/article/opengl/oglut2.xml">https://rdsn.org/article/opengl/oglut2.xml</a> . <i>Ю. Баяковский и др. Графическая библиотека OpenGL</i>

#### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации учебной дисциплины используются элементы дистанционной образовательной технологии на базе образовательного портала «Электронный университет ВГУ» <https://edu.vsu.ru/my/>

#### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Учебная аудитория для занятий лекционного типа № 292. ПК-Intel-G3420, рабочее место преподавателя: проектор, видео-коммутатор, специализированная мебель: доска меловая 1 шт., столы 31 шт., стулья 64 шт.; выход в Интернет, доступ к фондам учебно-методической документации и электронным изданиям.

2. Компьютерный класс №4 (ауд. 382). ПК на базе IntelCore2Duo 2,8ГГц, ОЗУ 2ГБ, диск 160Gb – 30 шт. Специализированная мебель: доска маркерная 1 шт., столы 22 шт., стулья 44 шт.; рабочее место преподавателя: проектор, видеокоммутатор. В классе находится точка доступа беспроводной сети для доступа в Интернет и к учебно-методическим материалам, расположенным на внутренних серверах факультета.

#### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	1. Основы компьютерной графики. Графические инструменты .Net Framework 2. Растровая и векторная графика. Алгоритмы растровой графики. 3. Аффинные преобразования в 2D-пространстве. 4. Построение произвольных кривых на плоскости	ОПК-1	ОПК-1.1	Практические задания и тесты размещены на портале «Электронный университет ВГУ» *)



	<p>5.Аффинные и проективные преобразования в 3D-пространстве.</p> <p>6.Простейшие объекты в 3D-пространстве.</p> <p>9.Библиотека OpenGL Основные понятия. Команды и примитивы</p>			
2	<p>1. Основы компьютерной графики. Графические инструменты .Net Framework</p> <p>2.Растровая и векторная графика. Алгоритмы растровой графики.</p> <p>3. Компьютерная обработка геометрических объектов в 2D-пространстве.</p> <p>4.Построение произвольных кривых на плоскости</p> <p>5. Компьютерная обработка геометрических объектов в 3D-пространстве.</p> <p>6.Построение платоновых тел.</p> <p>7. Построение квадратичных поверхностей</p> <p>8. Построение реалистических изображений</p> <p>9. Построение изображений средствами OpenGL</p>	ОПК-1	ОПК-1.2	Практические задания и тесты размещены на портале «Электронный университет ВГУ» *)
3	<p>1. Основы компьютерной графики. Графические инструменты .Net Framework</p> <p>2.Растровая и векторная графика. Алгоритмы растровой графики.</p> <p>3. Компьютерная обработка геометрических объектов в 2D-пространстве.</p> <p>4.Построение произвольных кривых на плоскости</p> <p>5. Компьютерная обработка геометрических объектов в 3D-пространстве.</p> <p>6.Построение платоновых тел.</p> <p>7. Построение квадратичных поверхностей</p> <p>8. Построение реалистических изображений</p> <p>9. Построение изображений средствами OpenGL</p>	ОПК-1	ОПК-1.3	Практические задания и тесты размещены на портале «Электронный университет ВГУ» *)

\*) <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9599>

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет с оценкой, Контрольная работа

Оценочные средства для промежуточной аттестации

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: рубежные аттестации лабораторные работы. Перечень заданий для лабораторных работ соответствует темам занятий. Решение каждого задания должно быть доведено до компьютерной реализации. Перечень заданий для лабораторных работ размещен на портале «Электронный университет ВГУ»

<https://edu.vsu.ru/mod/resource/view.php?id=224221&redirect=1> )

В течении всего семестра студент обязан сделать четыре задания. Студент, не сделавший нужное число заданий к зачёту не допускается.

За каждое задание выставляется оценка по 100 бальной шкале. За отчет в промежуточной аттестации выставляется средний бал из полученных в течении месяца. Если к месячному отчету не сдано необходимое количество заданий на оценку более 30 баллов, то студент к отчету автоматически не допускается (оценка 0 баллов). При сдаче задачи не в срок оценка снижается на 30-40 баллов. Студентам, сдавшим вовремя промежуточные аттестации на оценку более 30 баллов, в конце семестра выставляется зачет автоматом.

### **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по билетам к зачету. Перечень вопросов к зачету:

1. Основы компьютерной графики. Графические инструменты .Net Framework
  - 1.1. Классы пространства имен System.Drawing.
  - 1.2. Класс Graphics, его характеристика
  - 1.3. Класс Pen, его характеристика
  - 1.4. Класс Brush, его характеристика
  - 1.5. Класс Font, его характеристика
  - 1.6. Класс Bitmap, его характеристика
  - 1.7. Класс Image, его характеристика
  - 1.8. Понятие цветовой модели, цветовая модель ARGB
  - 1.9. Понятие цветовой модели, цветовая модель CMYK
2. Векторная и растровая графика
  - 2.1. Векторная графика и задача растеризации
  - 2.2. Алгоритм Брезенхейма для построения отрезка прямой
  - 2.3. Алгоритм Брезенхейма для построения эллипса (окружности)
  - 2.4. Алгоритмы DDA и Ву
3. Аффинные преобразования в 2D-пространстве.
  - 3.1. Аффинные преобразования, базовые аффинные преобразования
  - 3.2. Однородные координаты, преимущества их применения
4. Геометрические объекты в 2D-пространстве.
  - 4.1. Описание линий с помощью уравнений: достоинства и недостатки
  - 4.2. Параметрическое описание линий: достоинства и недостатки
  - 4.3. Способы приближенного описания линий
  - 4.4. Интерполяция линий, способы интерполяции
  - 4.5. Аппроксимация линий, способы аппроксимации
5. Аффинные и проективные преобразования в 3D-пространстве
  - 5.1. Этапы построения изображений трехмерных объектов
  - 5.2. Аффинные преобразования в трехмерном пространстве
  - 5.3. Проективные преобразования, их отличие от аффинных преобразований

- 5.4. Виды проективных преобразований
- 5.5. Ортогональное проецирование, его характеристики
- 5.6. Аксонометрическое проецирование, виды аксонометрических проекций
- 5.7. Косоугольное проецирование
- 5.8. Центральное проецирование, основное свойство центрального проецирования
- 6. Геометрические объекты в в 3D-пространстве.
  - 6.1. Модели многогранников. Каркасные и сплошные модели
  - 6.2. Платоновы тела, виды платоновых тел. Формула Эйлера для многогранника
  - 6.3. Гексаэдр и октаэдр, их характеристики
  - 6.4. Додекаэдр и икосаэдр, их характеристики
  - 6.5. Квадратичные поверхности, их параметрическое описание.
  - 6.6. Алгоритм построения квадратичных поверхностей
- 7. построение реалистических изображений.
  - 7.1. Алгоритм Робертса для удаления невидимых линий
  - 7.2. Понятие z-буфера. Алгоритм удаления невидимых поверхностей
  - 7.3. Передача эффектов освещения, отражения и преломления
- 8. Графическая библиотека OpenGL
  - 8.1. Интерфейс и синтаксис команд OpenGL
  - 8.2. Вершины и примитивы, модельно-видовые преобразования в OpenGL
  - 8.3. Средства рисования линий и фигур средствами OpenGL
  - 8.4. Изображение трехмерных тел средствами OpenGL