

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий  
Кафедра прикладной механики и компьютерных технологий

УТВЕРЖДАЮ  
проректор

\_\_\_\_\_ П. А. Машаров  
«17» апреля 2025 г.  
МП

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ПРОГРАММИРОВАНИЕ ГРАФИКИ В OPENGL»**

Укрупненная группа направлений  
подготовки  
Программа высшего образования  
Направление подготовки  
Направленность (профиль)  
образовательной программы  
Квалификация  
Форма обучения

09.00.00 Информатика и вычислительная  
техника  
Программа бакалавриата  
09.03.04 Программная инженерия  
Программная инженерия  
Бакалавр  
Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины «**Программирование графики в OpenGL**» для обучающихся по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия (Профиль: Программная инженерия), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 920 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

доц. кафедры прикладной механики  
и компьютерных технологий,  
к. техн. наук

А.-В.В. Мельник

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий  
Протокол от 03.04.2025 г. № 11 (А)

Заведующий кафедрой

А.С. Гольцев

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и  
информационных технологий  
16.04.2025 г.

И. А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.  
Протокол от 16.04.2025 № 3  
Председатель

Л. И. Селякова

Руководитель основной образовательной  
программы, д-р физ.-мат. наук, проф.  
16.04.2025 г.

А.С. Гольцев

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Алгебра и геометрия, Архитектура компьютеров, Объектно-ориентированное программирование, Алгоритмы и структуры данных, Программирование.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

используются при написании выпускной квалификационной работы

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1.Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	09.03.04 Программная инженерия (Профиль: Программная инженерия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.2. Программирование графики в OpenGL
Часть образовательной программы	Дисциплина по выбору
Количество зачетных единиц / всего часов	8 / 288

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

### 2.2.Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	4	7	22	22	11	89	144	Зачет
Очная	4	8	20	20	–	104	144	Экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение вопросов и методов прикладного программирования с помощью графической библиотеки OpenGL формирование у студентов знаний об основных понятиях и методах компьютерной графики.

#### 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

##### 4.1. Компетенции

ОПК-6. Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов.

##### 4.2. Индикаторы компетенций

ОПК-6.2. Умеет разрабатывать программы с использованием вычислительных мощностей видеокарты путем построения шейдерных программ, а также знает основные этапы формирования графики с помощью шейдеров, владеет навыками разработки с использованием библиотеки OpenGL.

##### 4.3. Результаты обучения

ОПК-6.2.1. Знает особенности построения реалистичного изображения с помощью шейдерных программ.

ОПК-6.2.2. Владеет навыками разработки шейдеров различных этапов шейдерной программы.

ОПК-6.2.3. Умеет разрабатывать эффективные с точки зрения параллельных вычислений алгоритмы и соответствующие программы для генерации реалистичных трехмерных и двумерных сцен аппаратными средствами видеокарты.

#### 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Тема 1. Введение в OpenGL	Спецификация OpenGL. Режимы работы. Системы состояний OpenGL. Графический конвейер. Системы координат. Нормализованные координаты. VBO. Этапы генерации изображения. Простейший вершинный и фрагментный шейдер. Шейдерная программа
Тема 2. Разработка оконного приложения с интерактивным перемещением камеры	Библиотека GLFW. GLAD. Структура программы с циклом рендеринга. Обработка пользовательского ввода
Тема 3. Шейдеры	Язык GLSL. Типы данных. Входные и выходные параметры шейдера. Uniform-переменные. Объекты элементного шейдера.
Тема 4. Текстуры	Наложение текстур. Мипмапы. Загрузка и создание текстур. Генерирование текстур. Применение текстур. Текстуры юниты
Тема 5. Трансформации в OpenGL	Масштабирование. Трансляция вектора. Поворот. Комбинирование матриц. Библиотека GLM. Системы координат в OpenGL: локальное, мировое, отсеченное и экранное пространства, пространство вида. Ортогографическая и перспективная проекция. Z-буфер.
Тема 6. Камера в OpenGL	Параметры камеры: местоположение, направление, вектор-вправо. LookAt-матрица. Углы Эйлера: тангаж, рыскание, крен. Управление камерой с помощью мышки.

Тема 7. Освещение в OpenGL	Модель освещения Фонга. Фоновое освещение. Рассеянное освещение. Вычисление цвета рассеянного освещения. Затенение по Гуро и по Фонгу. Материалы объектов. Карты освещения. Направленный свет. Точечный источник света. Прожектор. Множественные источники света.
Тема 8. Тестирование глубины	Буфер глубины. Функция проверки глубины. Точность тестирования глубины. Z-конфликт. Предотвращение z-конфликта.
Тема 9. Смешивание	Альфа-значение. Отбрасывание фрагментов. Смешивание. Полупрозрачные текстуры. Проблема порядка полупрозрачных плоскостей
Тема 10. Встроенные GLSL-переменные	Переменные вершинного шейдера. Переменные фрагментного шейдера. Uniform-буферы.
Тема 11. Дополнительные средства построения реалистичных изображений	Скайбокс. Геометрические шейдеры

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Тема 1. Введение в OpenGL	2	2	1	10	15
Тема 2. Разработка оконного приложения с интерактивным перемещением камеры	4	4	2	15	25
Тема 3. Шейдеры	4	4	2	16	26
Тема 4. Текстуры	4	4	2	16	26
Тема 5. Трансформации в OpenGL	4	4	2	16	26
Тема 6. Камера в OpenGL	4	4	2	16	26
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	22	22	11	89	144

### 6.2. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Тема 7. Освещение в OpenGL	4	4		20	28
Тема 8. Тестирование глубины	4	4		20	28
Тема 9. Смешивание	4	4		20	28
Тема 10. Встроенные GLSL-переменные	4	4		20	28
Тема 11. Дополнительные средства построения реалистичных изображений	4	4		24	32
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР / ЗА КУРС	20	20	–	104	144
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОП	42	42	11	193	288

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

1. Понятие шейдера. Основные этапы генерации изображения.

2. Особенности построения вершинного шейдера.
3. Объекты и состояния в OpenGL
4. Что такое VBO? Опишите особенности его задания
5. Основные этапы создания шейдерной программы, а также функции, реализующие её формирование
6. Что такое VAO? Опишите особенности его задания, а также предназначение
7. Структура шейдерной программы. Передача аргументов в/из шейдеров. Базовые типы GLSL
8. Uniform-переменные. Отличие от аргументов шейдерной программы. Способы описания в шейдере, задание конкретных значений в программе C++
9. Назначение библиотеки GLM. Основные функции, используемые при трансформации объектов, а также задании проекции.
10. Библиотека GLM. Особенности передачи параметров-матриц, результирующих набор преобразований, в шейдерную программу.
11. Системы координат и последовательность перехода между ними.
12. Способ моделирования камеры. Вектора камеры, необходимые для построения изображения
13. Создание освещения. Источники света и задание их свойств.
14. Моделирование различных отражающих свойств материалов объектов при построении освещения.
15. Особенности применения текстур к объектам в OpenGL
16. Текстуры юниты. Мипмапы
17. Карты освещения. Особенности применения
18. Буфер глубины
19. Особенности смешивания цветов при наложении полупрозрачных объектов
20. Геометрический шейдер. Особенности использования и сфера применения
21. Переменные вершинного шейдера. Компоновка uniform-блока
22. Переменные фрагментного шейдера
23. Особенности uniform-буфера.

## 7.2. Пример индивидуального задания (тип задания)

### Семестр 1

1. В соответствии со своим вариантом построить изображение. Как минимум 1 из фигур сделать с плавным переходом цветов (градиентной заливкой).
2. Добавить динамическое движение какого-либо фрагмента изображения, получаемое трансформацией существующих объектов (перенос/масштабирование/поворот). Например, животные могут шевелить лапкой, воздушные змеи – вращаться либо основой, либо бантиком и т.п.).
3. Построить графики 3х функций, используя разную толщину и цвет линий графика. Предусмотреть нанесение сетки с шагом, величину которого выбрать самостоятельно (чтобы график был понятен с точки зрения масштаба).

### Семестр 2

1. Построение 3D сцен согласно варианту. Предусмотреть для сцены 2 источника света (за исключением фонового). В программе должно быть реализовано перемещение по сцене с помощью клавиатуры и изменение угла обзора с помощью мышки.
2. Для объектов из задания 1 дополнительно:
  - добавить текстуру для различных фрагментов, а также добавить основу, на которой расположен объект (для случаев, если такой основы нет на исходном объекте);
  - добавить карту освещения для объектов (но так, чтобы одна грань была без освещения для возможности сравнения эффектов);

- разместить копию объекта рядом на сцене, сделав преобразования масштабирования (например, уменьшенную в 2 раза копию);
- добавить динамический эффект на сцене путем перемещения части объекта/сцены.

### 7.3. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике:

- разработка программы по построению простейших планиметрических фигур
- создание программы расчета освещения стереометрических фигур

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

### 7.4. Образец содержания экзаменационного билета

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

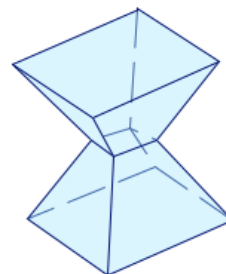
Донецкий государственный университет  
Факультет математики и информационных технологий

Кафедра ПМКТ

Дисциплина: Программирование графики в OpenGL

### Экзаменационный билет № 1

1. Понятие шейдера. Основные этапы генерации изображения
2. Структура шейдерной программы. Передача аргументов в/из шейдеров. Базовые типы GLSL
3. Создать фигуру, приведенную на рисунке в нормализованных координатах. Окрасить смежные грани в разные цвета. Разместить 2 копии фигуры:
  - увеличенную в 2 раза с центром в точке  $(-2, 5, 3)$ ;
  - увеличенную в 3 раза по оси  $x$  с центром в точке  $(1, -2, -3)$ , повернутую на  $90^\circ$  вокруг  $Oy$ . Выбрать соответствующее окно видимости так, чтобы оба объекта было видно одновременно. Установить фоновое освещение слабого зеленого цвета.



Экзаменатор

\_\_\_\_\_

доц. Мельник А.-В.В.

Зав. кафедрой ПМКТ

\_\_\_\_\_

проф. Гольцев А.С.

### 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию.

Количество баллов, получаемых на промежуточной аттестации, рассчитывается согласно формуле:

$$x = k + \frac{m}{50} \min\{50, 50 - k\},$$

где

$$k = \min\{n, 50\} + \max\{(n-50)/2, 0\}$$

$n$  – кол-во баллов, набранных во время семестра,

$m$  – количество баллов по экзаменационной работе.

Оценка за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на экзамене и выставляется согласно шкале, принятой в ДонГУ.

#### 8.1.Семестр 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Индивидуальные задания	60
	Модульный контроль	30
ИТОГО		100
Общий итог за семестр		100

#### 8.2.Семестр 8

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Индивидуальные задания	60
	Модульный контроль	30
ИТОГО		100
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

#### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено



## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.806).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 10.1. Основная литература

1. Компьютерная графика: учебное пособие / сост. О.П. Абрамова, Е.С. Глушанков, М.Н. Пачева. – Донецк: ДонНУ, 2020. – 247 с.
2. Абрамова, О. П. Компьютерная графика. OpenGL: Учеб. пособие / О. П. Абрамова, Р. Н. Нескородев; Донец. нац. ун-т. - Донецк: ДонНУ, 2004. - 80 с.
3. Абрамова, О. П. Программирование компьютерной графики. OpenGL: учеб. пособие / О. П. Абрамова, Р. Н. Нескородев; Донец. нац. ун-т. - Донецк: ДонНУ, 2006. - 117 с.
4. Абрамова, О. П. Программирование компьютерной графики. OpenGL: учеб. пособие / О. П. Абрамова, А. И. Ануфриева, Р. Н. Нескородев; Донецкий нац. ун-т, фак. математики и информ. технологий. - Донецк: ДонНУ, 2012. - 119 с.
5. Никулин Е. А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики: [Учеб. пособие] / Е. А. Никулин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 550 с.
6. Павловская, Т. А. C/C++. Программирование на языке высокого уровня: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Информатика и вычислит. техника" / Т. А. Павловская. - Москва [и др.]: Питер, 2009. - 460 с.
7. Павловская, Т. А. C/C++. Программирование на языке высокого уровня: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Информатика и вычислит. техника" / Т. А. Павловская. - Москва [и др.]: Питер, 2010. - 460 с.
8. Хилл, Ф. OpenGL: Программирование компьютерной графики / Ф. Хилл; Пер. А. Шкадова. - 2-е изд. - СПб.: Питер; М. и др., 2002. - 1082 с.

### 10.2. Дополнительная литература

9. OpenGL: Офиц. справ. / Под ред. Дейва Шрайнера. - М. и др.: DiaSoft, 2002. - 512 с.
10. OpenGL: Офиц. рук. программиста / Мейсон Ву, Джеки Нейдер, Том Девис, Дейв Шрайнер. - М. и др.: DiaSoft, 2002. - 584 с.
11. Краснов, М. В. OpenGL. Графика в проектах Delphi: Практ. руководство / М. В. Краснов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2004. - 345 с. + 1 гиб. магнит. диск.

1. Роджерс, Д. Ф. Математические основы машинной графики: [Учеб. пособие] / Д. Роджерс, Дж. Адамс; Под ред. Ю. М. Баяковского и др.; Пер. со 2-го англ. изд. П. А. Монахова и др. - М.: Мир, 2001. - 604 с.

## 11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

## 12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Лицензии GPL для свободного программного обеспечения: Notepad++, Firefox/Opera/Chrome, Libre Office, Adobe Acrobat Reader, xPDF, Paint.NET
4. XAMPP/OpenServer