

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Институт №8 «Компьютерные науки и прикладная математика»
Кафедра 806 «Вычислительная математика и программирование»

**Лабораторная работа №2
по курсу “Компьютерная графика”**

Основы 3D графики

Выполнил: А. Н. Гуляев
Группа: М8О-311Б-23
Преподаватель: В. Д. Бахарев

Москва, 2026

Условие

В этой лабораторной работе необходимо реализовать “камеру” с возможностью ее перемещения и освещение по модели Блинн-Фонга с использованием множества типов источников света. Программа должна работать в реальном времени, с возможностью взаимодействия с камерой с помощью клавиатуры и мыши без использования для этого UI-элементов.

Для точечных и прожекторных источников света должны использоваться shader-storage буферы. Необходимо добавить UI элементы, чтобы в реальном времени управлять параметрами источников света: рассеянный, направленный и точечные/прожекторные.

У вершин имеется должен быть атрибут нормали, чтобы задать аппроксимацию нормали гладких поверхностей объектов, которые мы рисуем.

Для каждого источника света должна быть реализована модель Блинн-Фонга.

У моделей (3D-объектов) помимо матрицы модели (преобразования) должны быть реализованы свойства материалов: альбедо (диффузный компонент цвета), цвет отраженного блика (specular) от источника света и параметр блеска (shininess) для отраженного компонента источника света.

Выполнен вариант 1: матрица камеры рассчитывается с помощью матрицы трансформации камеры (положения и ориентации/поворота). Должны быть реализованы следующие компоненты освещения: рассеянное, направленное и точечные источники света. Точечные источники света должны терять свою интенсивность по закону обратных квадратов.

Метод решения

Реализованная камера

Матрица трансформации камеры вычисляется как инверсия комбинированной матрицы перемещения и поворота:

$$V = (T_{cam}^{-1} \cdot R_{cam}^{-1})$$

где T_{cam} — матрица перемещения камеры по позициям x , y , z , R_{cam} — матрица поворотов по осям X, Y, Z (Euler angles). Управление: WASD для перемещения, мышь для поворотов, Q/E для подъема и спуска.

Освещение по модели Блинн-Фонга

Модель Блинн-Фонга для каждого источника света:

$$I = I_{\text{ambient}} + I_{\text{diffuse}} + I_{\text{specular}}$$

1. Рассеянное освещение:

$$I_{\text{ambient}} = k_a \cdot I_a \cdot C_{\text{albedo}}$$

где k_a — коэффициент рассеивания, I_a — интенсивность источника рассеянного света, C_{albedo} — диффузный цвет материала.

2. Диффузное освещение:

$$I_{\text{diffuse}} = k_d \cdot I_p \cdot (N \cdot L) \cdot C_{\text{albedo}}$$

N — нормаль поверхности, L — направление к источнику света, $k_d =$

3. Зеркальное отражение (Blinn-Phong):

$I_{\text{specular}} = k_s \cdot I_p \cdot (N \cdot H)^\alpha \cdot C_{\text{specular}}$ где H — полувектор Блинна (среднее между L и V), $\alpha = \text{shininess}$ параметр блеска, V — направление к камере.

Точечные источники теряют интенсивность по закону обратных квадратов:

$$I_p = \frac{I_0}{distance^2}$$

Shader Storage Buffers для источников света

Точечные источники и прожекторы хранятся в shader storage buffers:

$$\text{PointLight} = \{\vec{p}_{\text{light}}, I_{\text{intensity}}, \vec{c}_{\text{color}}\}$$

SSBO передают массивы источников света в шейдер для динамического количества источников.

Вершинные нормали для гладких поверхностей

У вершин хранится атрибут нормали \vec{n}_v для аппроксимации гладких поверхностей. В vertex shader нормали трансформируются специальной матрицей:

$$N_{\text{matrix}} = (M^{-1})^T = \text{transpose}(\text{inverse}(M))$$

где M — матрица модели. Это обеспечивает корректное освещение при деформациях объекта.

Материалы 3D-объектов

Свойства материалов для каждой модели:

- Альбедо C_{albedo} — базовый диффузный цвет
- Спекулярный цвет C_{specular} — цвет зеркального блика
- Блеск $\alpha = \text{shininess}$ — степень концентрации блика

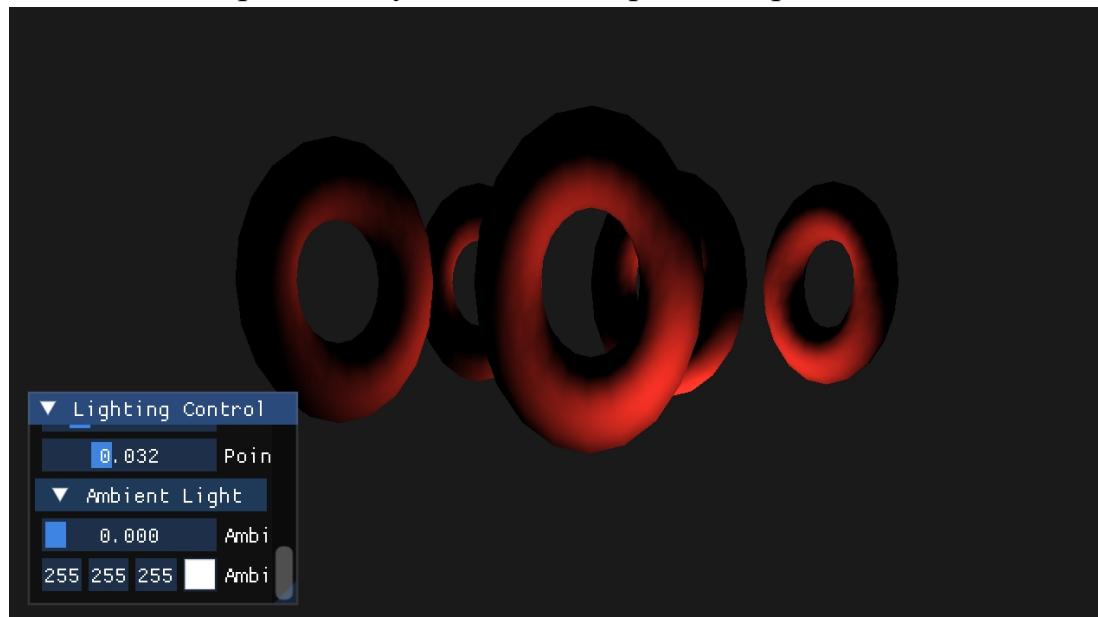
Передаются через uniform buffer ModelUniforms

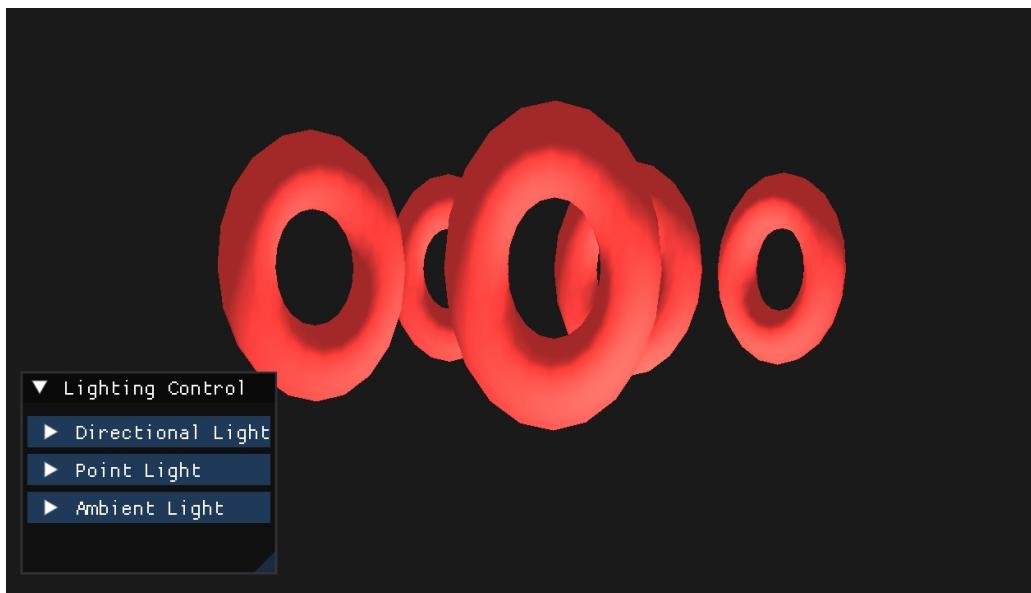
UI управление источниками света

- Рассеянное освещение: изменение I_a и цвета.
- Направленное освещение: изменение направления \vec{d}_{dir} , интенсивности I_{dir} , цвета.
- Точечные/прожекторные: динамическое добавление/удаление, управление позицией \vec{p} , интенсивностью I , углами конуса (прожекторы).

Результаты

Ниже представлены изображения торов из 1 лабораторной работы с освещением, которое было усилено на втором изображении.





Куб с драконом имеет Blinn-Phong освещение и на стоящий кубах немного видны зеркальные блики.

Выводы

Я научился реализовывать камеру с возможностью ее перемещения и освещение по модели Блінн-Фонга с использованием рассеянных, направленных и точечных источников света.