

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 освещения 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:

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

1. Рассеянное освещение:

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

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

2. Диффузное освещение:

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

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

3. Зеркальное отражение (Blinn-Phong):

$$I_{specular} = k_s \cdot I_p \cdot (N \cdot H)^\alpha \cdot C_{specular}$$

где  $H$  — полувектор Блинна (среднее между  $L$  и  $V$ ),  $\alpha = shininess$  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:

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

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:

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

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  $\alpha = shininess$  — степень концентрации блика

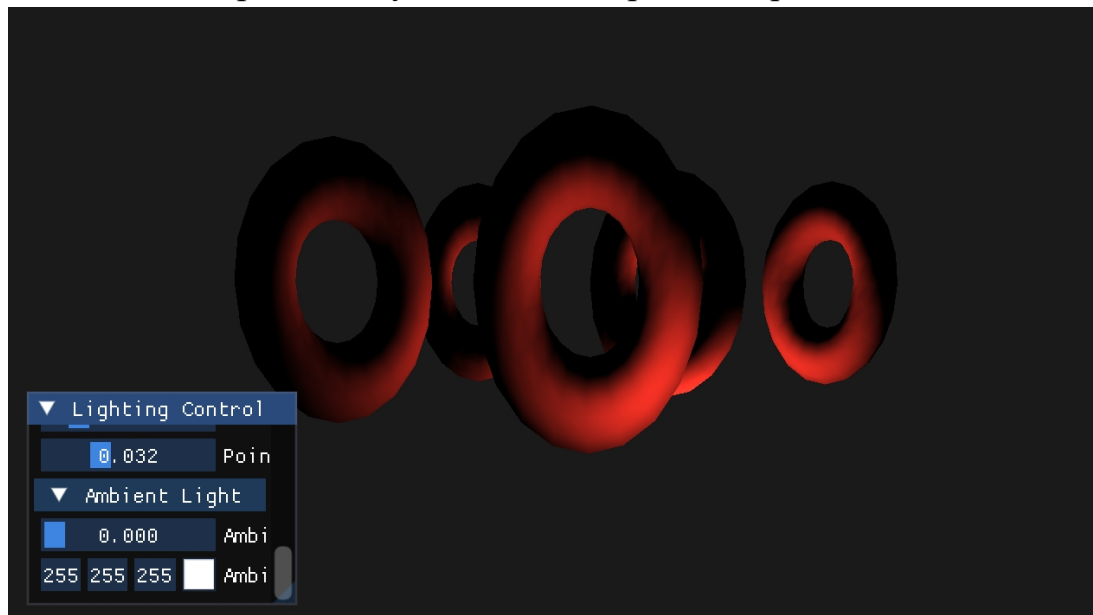
Передаются через uniform buffer ModelUniforms

### 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 Блинн-Фонга с использованием рассеяных, направленных и точечных источников света.