

**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»**

Студент: Г. А. Ермеков

Преподаватель: В. Д. Бахарев

Группа: М8О-301Б-23

Дата:

Оценка:

Подпись:

**Москва, 2025**

## **Условие**

**Задача:** В этой лабораторной работе вам предстоит реализовать "камеру" с возможностью ее перемещения и освещение по модели Блинн-Фонга с использованием множества типов источников света.

# 1 Метод решения

Для реализации поставленной задачи была разработана программа на языке C++ с использованием графического API Vulkan.

## 1 Реализация камеры

Камера реализована в виде структуры `Camera`, хранящей:

- Позицию (`vec3 position`);
- Углы поворота (`vec3 rotation`);
- Параметры проекции (FOV, ближняя и дальняя плоскости отсечения).

Формирование матрицы вида (`view matrix`) и матрицы проекции (`projection matrix`) происходит в методах `view()` и `view_projection()`.

Управление камерой реализовано следующим образом:

- **Вращение:** Используется мышь. Изменение координат курсора преобразуется в изменение углов `yaw` и `pitch`. Для предотвращения "кувырка" камеры угол тангажа (`pitch`) ограничен диапазоном  $[-89^\circ, 89^\circ]$ .
- **Перемещение:** Используются клавиши клавиатуры (WASD, Q, E). Векторы направления движения (вперед, вправо, вверх) извлекаются из текущей матрицы вида, что позволяет перемещаться относительно направления взгляда камеры.

## 2 Реализация освещения (Blinn-Phong)

Освещение реализовано во фрагментном шейдере (`shader.frag`) с использованием модели Блінн-Фонга. Эта модель является модификацией модели Фонга, где вместо вычисления вектора отражения используется "серединный вектор"(halfway vector).

$$H = \frac{L + V}{\|L + V\|}$$

где  $L$  — вектор на источник света,  $V$  — вектор на наблюдателя (камеру).

Спекулярная составляющая вычисляется как скалярное произведение нормали поверхности  $N$  и серединного вектора  $H$ , возведенное в степень блеска (`shininess`):

$$I_{spec} = (N \cdot H)^{\text{shininess}}$$

В программе реализованы два типа источников света:

- Направленный свет (Directional Light):** Имитирует удаленный источник (например, солнце). Лучи света параллельны, интенсивность не зависит от расстояния.
- Точечный свет (Point Light):** Источник находится в конкретной точке пространства и излучает свет во всех направлениях. Реализовано затухание (attenuation) света в зависимости от расстояния  $d$ :

$$Att = \frac{1}{K_c + K_l \cdot d + K_q \cdot d^2}$$

где  $K_c, K_l, K_q$  — постоянный, линейный и квадратичный коэффициенты затухания.

Данные об источниках света передаются в шейдер через Uniform-буферы. Для интерактивного изменения параметров освещения (цвет, положение, затухание) интегрирован интерфейс ImGui.

## 2 Результаты

В ходе выполнения лабораторной работы были реализованы:

### 1. Свободная камера:

- Реализовано управление положением и ориентацией камеры с помощью клавиатуры и мыши.
- Камера корректно обрабатывает перспективную проекцию и перемещение в 3D-пространстве.

### 2. Система освещения:

- Реализована модель освещения Блинн-Фонга во фрагментном шейдере.
- Поддерживается одновременная работа направленного источника света и нескольких точечных источников.
- Реализован корректный расчет диффузной и спекулярной составляющих, а также затухания света для точечных источников.

Результатом работы является интерактивное 3D-приложение, позволяющее пользователю перемещаться по сцене и настраивать параметры освещения в реальном времени через графический интерфейс. Визуализация демонстрирует корректные блики (specular highlights) и затенение объектов.