

**Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)**

**Институт №8 «Компьютерные науки и прикладная
математика»**

**Кафедра 806 «Вычислительная математика и
программирование»**

Лабораторная работа №4 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 технику наложения теней. Предстоит работа с рендерингом вне кадра “от лица” направленного источника света в текстуру глубины с использованием расширения Vulkan 1.2 Dynamic Rendering, а также работа с использованием данных о глубине сцены, чтобы создать эффект тени на поверхностях моделей.

1 Метод решения

Для реализации техники наложения теней (Shadow Mapping) были выполнены следующие шаги:

1 Создание карты теней

Была создана текстура глубины, в которую будет производиться рендеринг сцены с точки зрения источника света.

- Формат изображения: VK_FORMAT_D32_SFLOAT.
- Использование: VK_IMAGE_USAGE_DEPTH_STENCIL_ATTACHMENT_BIT | VK_IMAGE_USAGE_SAMPLED_BIT.
- Создан сэмплер с поддержкой сравнения глубины (VK_COMPARE_OP_LESS_OR_EQUAL) для реализации PCF (Percentage Closer Filtering).

2 Проход рендеринга теней (Shadow Pass)

Реализован отдельный проход рендеринга (VkRenderPass) для заполнения карты теней.

- Используется только attachment глубины, запись цвета отключена.
- Графический конвейер (`shadow_pipeline`) настроен на использование только вершинного шейдера (`shadow.vert`) для трансформации вершин в пространство света.
- Включен `depthTestEnable` и `depthWriteEnable`.
- `cullMode` установлен в `VK_CULL_MODE_FRONT_BIT` (или настроен соответственно) для устранения артефактов "peter panning".

3 Использование карты теней

В основном проходе рендеринга карта теней передается во фрагментный шейдер (`shader.frag`) через дескриптор.

- Вершинный шейдер вычисляет позицию фрагмента в пространстве света (`fragPosLightSpace`).
- Во фрагментном шейдере реализована функция `ShadowCalculation`:
 - Выполняется перспективное деление.

- Применяется смещение (bias) для устранения артефактов "теневой ряби"(Shadow Acne), зависящее от угла падения света.
 - Реализована фильтрация PCF: выборка производится из окрестности текущего фрагмента (ядро 3x3), результаты усредняются для получения мягких краев тени.
- Итоговое значение освещенности (diffuse и specular) умножается на коэффициент (1.0 - shadow).

4 Интеграция

Код рендеринга карты теней (`renderShadowMap`) выполняется перед основным рендерингом сцены в каждом кадре. Реализована корректная синхронизация ресурсов (Subpass Dependencies) для обеспечения завершения записи в карту теней перед её чтением в основном проходе.

2 Результаты

В ходе выполнения лабораторной работы была успешно реализована техника Shadow Mapping.

Основные достижения:

- Реализован рендеринг сцены в текстуру глубины с позиции источника света (Off-screen rendering).
- Настроен графический конвейер Vulkan для генерации карты теней.
- Внедрена техника PCF (Percentage Closer Filtering) для сглаживания краев теней.
- Реализован механизм Shadow Bias для устранения визуальных артефактов самозатенения.
- Тени корректно накладываются на объекты сцены, учитывая их взаимное расположение и направление света.

Полученная программа позволяет визуализировать 3D-сцену с динамическими тенями от направленного источника света, что значительно повышает реалистичность изображения.