

Лабораторная работа: Визуализация тора с управлением камерой

Мордакин Антон

1 Введение

Целью данной работы является создание интерактивного приложения для визуализации параметрического тора с возможностью управления камерой и изменения геометрических параметров объекта. Реализация включает:

- Математическую модель тора
- Преобразования в 3D-пространстве (перенос, поворот, масштабирование)
- Систему камеры с проекцией и обработкой ввода
- Низкоуровневую отрисовку линий и заливку полигонов
- Освещение и затенение полигонов
- Графический интерфейс с использованием Xlib

2 Структура проекта

2.1 Классы для работы с геометрией

- **Vector3D**: Операции с векторами
 - Скалярное произведение
 - Векторное произведение
 - Нормализация
 - Проекция вектора
- **Matrix4x4**: Набор матриц и операции с ними
 - Перемещение
 - Поворот (по осям и произвольной оси)
 - Проекции (ортографическая и перспективная)
 - Транспонирование

- **Polygon**: Базовая реализация полигона
 - Расчёт нормалей
 - Расчёт центра
 - Применение трансформаций
 - Проверка видимости
- **Mesh**: Коллекция полигонов. Класс **ParametricTorus** генерирует тор по параметрам:

$$\begin{cases} x = (R + r \cos v) \cos u, \\ y = (R + r \cos v) \sin u, \\ z = r \sin v, \end{cases}$$

где:

- R - расстояние от центра тора до центра трубки
- r - радиус трубки
- u - угол вокруг центральной оси
- v - угол вокруг оси трубки

2.2 Система камеры

Класс **Camera** реализует:

- Перспективную проекцию с настройкой границ фрустума
- Обработку перемещения (WASD) и вращения (мышь)
- Метод **lookAt** для задания направления обзора
- Проверку видимости точек и полигонов
- Проецирование 3D-координат в 2D

2.3 Рендеринг

Класс **Render** обеспечивает:

- Отсечение невидимых полигонов (back-face culling)
- Закраску методом сканирующих строк
- Освещение по упрощённой модели Фонга:

$$I = I_{\text{ambient}} + \sum I_{\text{diffuse}} \cdot (\mathbf{n} \cdot \mathbf{l}),$$

где \mathbf{n} — нормаль, \mathbf{l} — направление к источнику света

- Сортировку по глубине для корректного наложения
- Отрисовку рёбер и нормалей

3 Интерфейс и управление

- **Клавиши:**

- +/-: Изменение радиуса трубы тора
- [/]: Изменение большого радиуса тора
- Пробел: Захват/освобождение курсора мыши
- WASD: Перемещение камеры
- Q/E: Подъём/опускание камеры

- **Мышь:**

- Перемещение: Вращение камеры
- Колесо: Приближение/отдаление

4 Результаты

Исходный код проекта доступен в репозитории GitHub:
<https://github.com/Meg8egb-APKTogyc/Simple3D-engine>

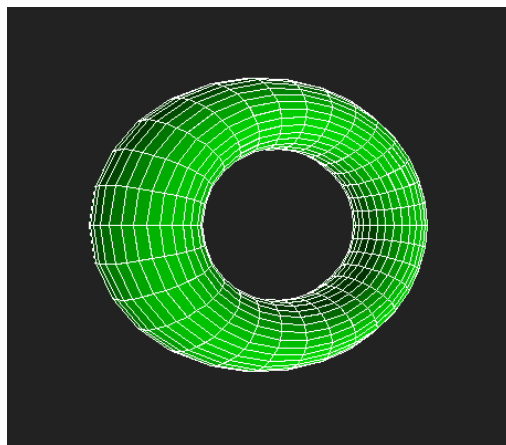


Рис. 1: Тор с визуализацией рёбер (зелёный)

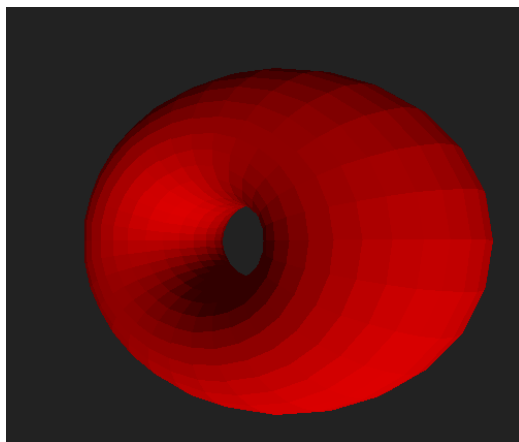


Рис. 2: Тор без рёбер (красный)

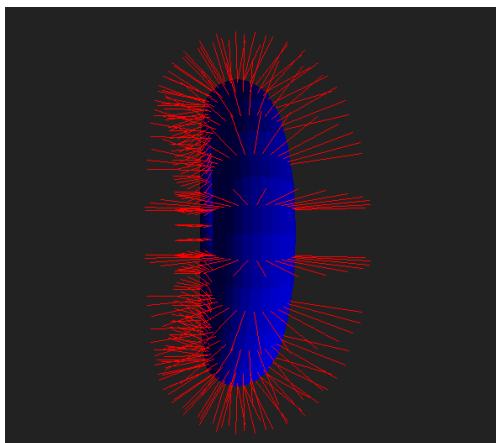


Рис. 3: Тор с визуализацией нормалей (синий)