

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук
Образовательная программа «Программная инженерия»

СОГЛАСОВАНО

Кандидат физико-математических
наук,
доцент факультета компьютерных
наук,
научный руководитель

_____ Д. В. Трушин

«___» _____ 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО

Академический руководитель
образовательной программы
«Программная инженерия», старший
преподаватель департамента
программной инженерии

_____ Н. А. Павлочев

«___» _____ 2025 г.

3D RENDERER С НУЛЯ

Программа и методика испытаний

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.17701729.05.01-01 12 01-1-ЛУ

Исполнитель:

Студент группы БПИ232

_____ / А. Д. Носов /

«___» _____ 2025 г.

Подп. и дата	
Инв.№ дубл.	
Взам. инв.№	
Подп. и дата	
Инв.№ подл.	

УТВЕРЖДЕН

RU.17701729.05.01-01 12 01-1-ЛЮ

3D RENDERER С НУЛЯ

Программа и методика испытаний

RU.17701729.05.01-01 12 01-1

Листов 20

Инов.№ подп	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инов.№ дубл.	Подп. и дата

АННОТАЦИЯ

Программа и методика испытаний — это документ, в котором содержится информация о программном продукте, а также полное описание приемочных испытаний для данного программного продукта.

Настоящая Программа и методика испытаний для проекта «3D Renderer с нуля» содержит следующие разделы: «Объект испытаний», «Цель испытаний», «Требования к программе», «Требования к программной документации», «Средства и порядок испытаний», «Методы испытаний», «Приложения».

В разделе «Объект испытаний» указано наименование, краткая характеристика и назначение программы.

В разделе «Цель испытаний» указана цель проведения испытаний. Раздел «Требования к программе» содержит основные требования к программе, которые подлежат проверке во время испытаний (требования к функционалу и интерфейсу).

Раздел «Требования к программным документам» содержит состав программной документации, которая представляется на испытания.

Раздел «Средства и порядок испытаний» содержит информацию о технических и программных средствах, которые следует использовать во время испытаний, а также порядок этих испытаний.

Раздел «Методы испытаний» содержит информацию об используемых методах испытаний.

Настоящий документ разработан в соответствии с требованиями:

1. ГОСТ 19.101-77 [1]: Виды программ и программных документов.
2. ГОСТ 19.102-77 [2]: Стадии разработки.
3. ГОСТ 19.103-77 [3]: Обозначения программ и программных документов.
4. ГОСТ 19.104-78 [4]: Основные надписи.
5. ГОСТ 19.105-78 [5]: Общие требования к программным документам.
6. ГОСТ 19.106-78 [6]: Требования к программным документам, выполненным печатным способом.
7. ГОСТ 19.301-79 [7]: Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению.

Изменения к данному Техническому заданию оформляются согласно ГОСТ 19.603-78 [8], ГОСТ 19.604-78 [9].

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ	4
1.1. Наименование программы	4
1.2. Краткая характеристика области применения	4
2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ	5
3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ	6
3.1. Требования к функциональным характеристикам	6
3.2. Требования к входным и выходным данным	7
3.2.1. Организация входных данных	7
3.2.2. Организация выходных данных	8
3.3. Требования к интерфейсу	8
3.4. Требования к надёжности	10
3.4.1. Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы	10
3.4.2. Время восстановления после отказа	10
3.4.3. Отказы из-за некорректных действий пользователя	10
4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	12
4.1. Состав программной документации	12
4.2. Специальные требования к программной документации	12
5. СРЕДСТВА И ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ	13
5.1. Технические средства	13
5.2. Программные средства	13
5.3. Порядок проведения испытаний	13
5.4. Требования к персоналу	13
6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ	14
6.1. Проверка требований к технической документации	14
6.2. Проверка требований к интерфейсу	14
6.3. Проверка требований к функциональным характеристикам	14
СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ**1.1. Наименование программы**

Наименование программы — «3D renderer».

Наименование программы на английском языке — «3D Renderer».

1.2. Краткая характеристика области применения

Проект предназначен для образовательных целей в области 3D-рендеринга, позволяя изучить этапы формирования 3D-изображения и основы разработки интерактивных графических приложений с 3D объектами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний является проверка корректности выполнения программой функций, изложенных в п. 4 «Требования к программе» документа «Техническое задание» из комплекта документации в соответствии с ЕСПД (Единой системой программной документации).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

Программа должна соответствовать следующим функциональным требованиям, указанным в документе «3D Renderer с нуля. Техническое задание»:

3.1. Требования к функциональным характеристикам

Вся программа делится на две части: движок, реализующий основные алгоритмы рендеринга, и приложение, обеспечивающее пользовательский интерфейс и взаимодействие с движком.

1) Функции движка.

Задача движка – генерировать двумерное изображение для отрисовки сцены с загруженными объектами и источниками света с учетом положения и направления камеры.

Для выполнения этой задачи движок реализует следующие функции:

1. Преобразование геометрических объектов

- Представление объекта в виде набора треугольников;
- Преобразование координат из локального пространства объекта в глобальное;
- Преобразование из глобального пространства в пространство камеры;
- Преобразование в экранное пространство с применением проективного преобразования.

2. Растеризация

- Обработка примитивов:
 - Отсекание частей треугольников, выходящих за пределы экрана;
 - Нормализация координат треугольников в экранном пространстве;
 - Преобразование треугольников в пиксели;
 - Вычисление значений цвета.

3. Тест глубины для добавления пикселя в буфер.

4. Освещение

- Реализация базовых моделей освещения для визуализации трёхмерных объектов:
 - Поддержка освещения от направленных и рассеянных источников света.
- Обеспечение плавности отображения геометрии:
 - Интерполяция нормалей и цвета для создания эффекта гладких поверхностей.

2) Функции приложения.

Основная задача приложения — отображение пользователю экрана с отрисованной сценой и обработка событий взаимодействия с пользователем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Приложение включает следующие функции:

1. Отображение сцены.
2. Добавление 3D-объектов на сцену.
3. Интерактивное взаимодействие:
 - Обработка пользовательского ввода через клавиатуру и мышь;
 - Управление камерой для изменения положения и направления просмотра сцены.
4. Настройка освещения: изменение параметров источников света, например, таких как интенсивность и направление.

Приложение предоставляет два окна для взаимодействия:

1. Окно настроек:
 - предназначено для управления параметрами сцены (настройка освещения, добавление объектов).
2. Окно рендеринга:
 - отображает результат работы рендерера.

3.2. Требования к входным и выходным данным

3.2.1. Организация входных данных

1. Управление камерой:
 - Перемещение камеры в пространстве осуществляется с помощью клавиш WASD. Перемещение влево и вправо осуществляется в локальных координатах камеры, а движение вперед и назад вдоль оси, которая является векторным произведением глобального вектора вверх и локального вектора вправо;
 - Поворот и наклон камеры реализуются через движение мыши. Поворот осуществляется в глобальных координатах, а наклон в локальных координатах камеры.
2. Включение обработки мыши:
 - Пользователь должен нажать ЛКМ на экран рендерера, чтобы включить обработку мыши. Курсор мыши в этом режиме не отображается, а его положение фиксируется в центре экрана;
 - Пользователь должен нажать Escape, чтобы выключить обработку мыши. Курсор мыши в этом режиме отображается, а его положение не фиксировано;
3. Добавление объектов на сцену:
 - Пользователь при загрузке указывает путь к файлу 3D-объекта.
 - Пользователь указывает, нужно ли применять преобразование к объекту.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

- Если преобразование требуется, то пользователь указывает параметры преобразования
 - Ось, вдоль которой будет происходить вращение в формате «X Y Z»
 - Угол вращения в градусах
 - Вектор переноса в формате «X Y Z»

4. Настройка освещения:

- Пользователь может добавлять источники света в сцену, указывая их параметры:
 - Направление источника света в формате «X Y Z»
 - Интенсивность красного канала (число с плавающей точкой от 0 до 1)
 - Интенсивность зелёного канала (число с плавающей точкой от 0 до 1)
 - Интенсивность синего канала (число с плавающей точкой от 0 до 1)

5. Выход:

- Пользователь может выйти из приложения, выбрав соответствующий пункт в меню.

3.2.2. Организация выходных данных

1. Основной экран:

- Главный экран отображает текущую сцену, включая все добавленные объекты с учетом освещения.

2. Окно настроек:

- В окне настроек отображается информация о текущих параметрах 3D-рендеринга
 - Количество кадров в секунду (FPS)
- Главное меню содержит опции для добавления объектов и настройки освещения.

3.3. Требования к интерфейсу

Программа имеет два экрана.

1. Основной экран с 3D сценой:

- Экран должен отображать рендеринг сцены в реальном времени;
- Камера управляется мышью, и пользователь может вращать и перемещать её по сцене;
- Экран должен обновляться динамически, чтобы отражать изменения, внесённые в настройки или сцену.

2. Экран настроек:

- Экран должен быть компактным и содержать основные настройки рендеринга, освещения и объектов;
- Пользователь должен иметь возможность изменять настройки рендеринга;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

- Экран должен поддерживать ввод путей к файлам для добавления объектов.

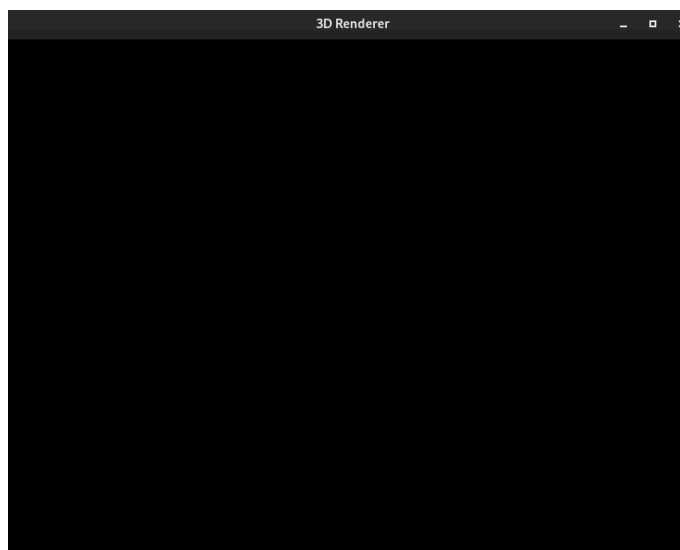


Рис. 1. Первое окно

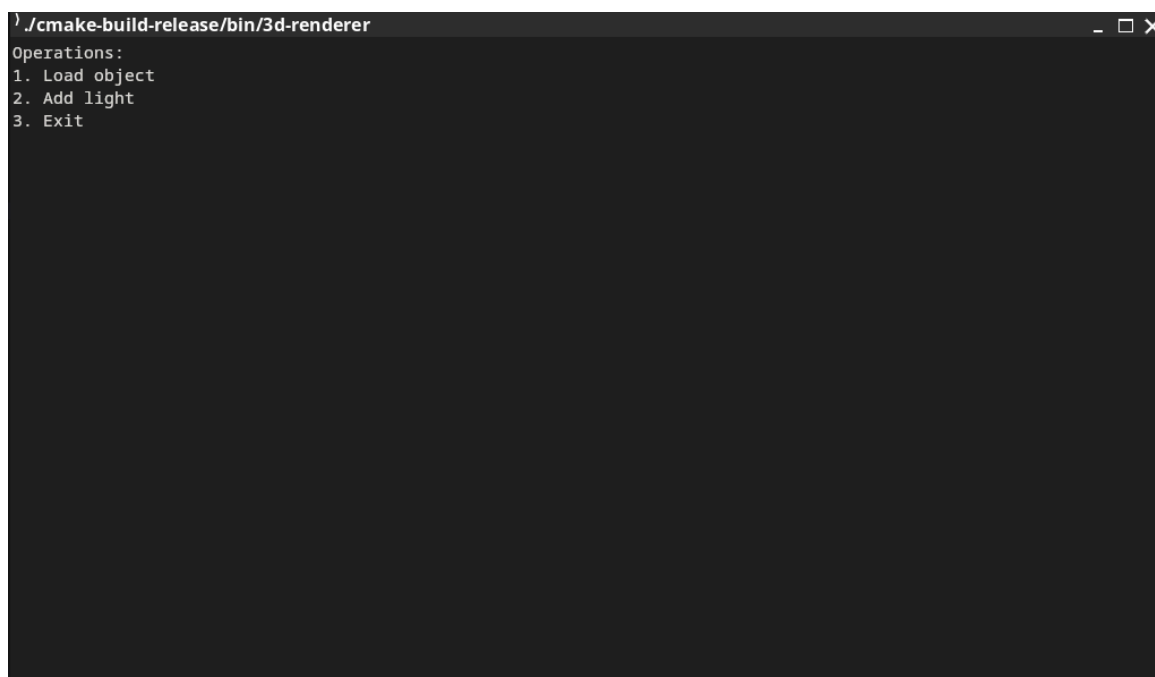


Рис. 2. Второе окно

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

3. Основной экран с загруженным объектом и добавленным светом:

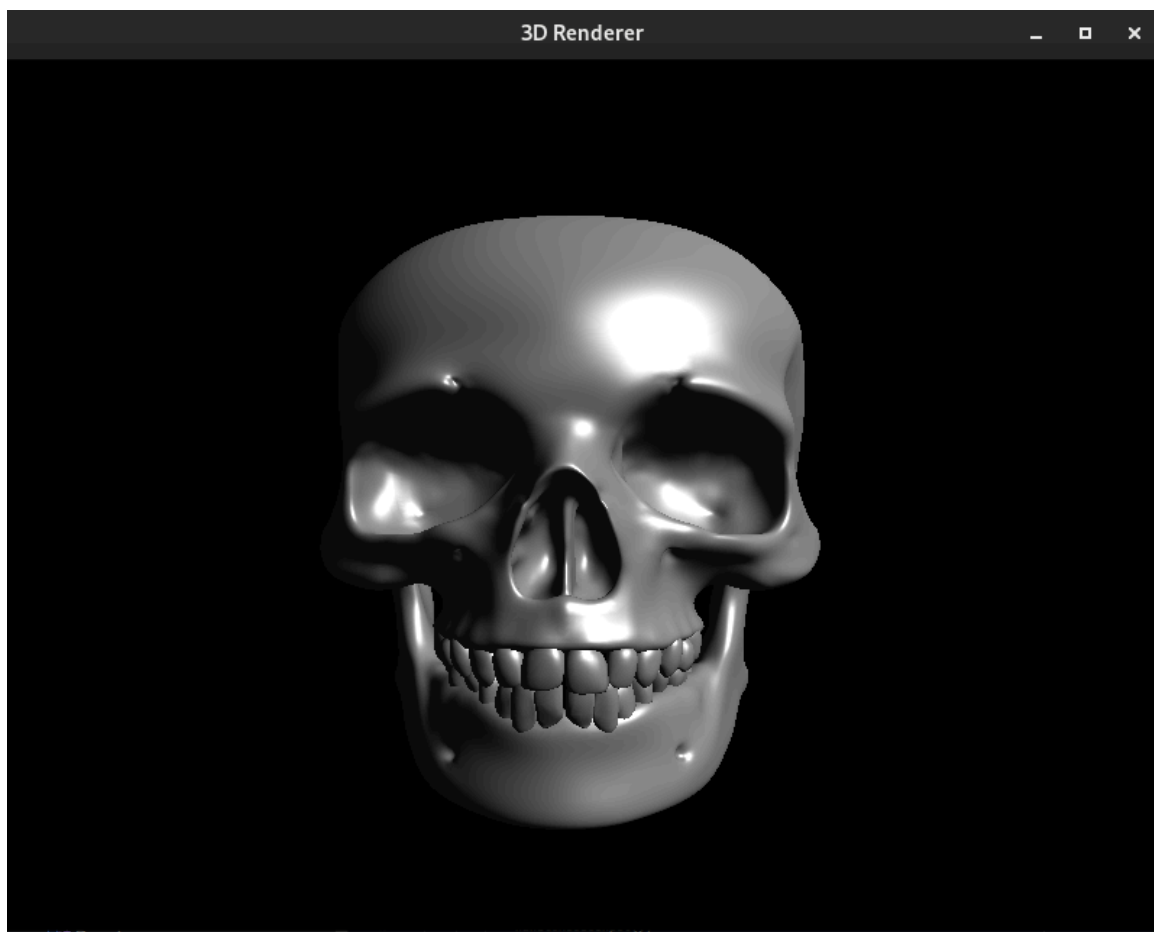


Рис. 3. Пример окна с объектом и светом

3.4. Требования к надёжности

3.4.1. Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы

Приложение не должно аварийно завершаться при любом наборе входных данных. При завершении работы должно освобождать все ресурсы операционной системы.

3.4.2. Время восстановления после отказа

При возникновении ошибки, приведшей к отказу работы приложения, приложение завершает работу без восстановления.

3.4.3. Отказы из-за некорректных действий пользователя

Программа не должна завершаться аварийно по причине пользователя или внутренним ошибкам программы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Отказ программы возможен вследствие некорректных действий пользователя при пользовании операционной системой.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

4.1. Состав программной документации

1. «3D Renderer». Техническое задание (ГОСТ 19.201-78).
2. «3D Renderer». Пояснительная записка (ГОСТ 19.404-79).
3. «3D Renderer». Текст программы (ГОСТ 19.401-78).
4. «3D Renderer». Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.301-78).
5. «3D Renderer». Руководство оператора (ГОСТ 19.505-79).

4.2. Специальные требования к программной документации

1. Документы к программе должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 19.106-78 и ГОСТами к каждому виду документа (см. п. 5.1.).
2. Документация и программа сдается в электронном виде в формате pdf.
3. Все документы перед защитой курсовой работы должны быть загружены в информационно-образовательную среду LMS «НИУ ВШЭ» в личном кабинете в дисциплине «Курсовой проект».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

5. СРЕДСТВА И ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ

5.1. Технические средства

Для запуска и функционирования программы необходимо соответствие следующим системным требованиям:

- Дисплей с разрешением, не меньшим 1280 x 720 пикселей;
- Клавиатура, компьютерная мышь;
- Оперативная память объемом не менее 4 ГБ;
- Многоядерный процессор с тактовой частотой не менее 2.4 ГГц;
- Операционная система Fedora Workstation 40 или более новые версии, либо Windows 10 или более новые версии;
- Хранилище со свободным объемом не менее 100 МБ.

5.2. Программные средства

1. Система сборки CMake;
2. Компилятор C и C++;
3. Система контроля версий git.

5.3. Порядок проведения испытаний

Испытания должны проводиться в следующем порядке:

1. Установка программы
2. Запуск программы
3. Проведение испытаний, описанных в главе «Методы испытаний»
4. Заккрытие программы и подведение итогов испытаний

5.4. Требования к персоналу

Для корректной работы программы достаточно одного человека. Оператор должен уметь взаимодействовать с системой контроля версий git и работать с системой сборки CMake.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Проверка требований к технической документации

Состав программной документации проверяется наличием всех подписей и программной документации в системе SmartLMS. Также проверяется соответствие документации требованиям ГОСТ.

Все документы удовлетворяют представленным требованиям.

6.2. Проверка требований к интерфейсу

Проверка требований к интерфейсу осуществляется в соответствии с пунктом 4.5. документа «3D Renderer с нуля. Техническое задание».

Необходимо убедиться в наличии двух окон:

1. Окно рендерера
2. Окно настроек

6.3. Проверка требований к функциональным характеристикам

1. При запуске должны открываться два окна: окно рендерера и окно настроек. Они должны соответствовать пункту 4.5. документа «3D Renderer с нуля. Техническое задание».
2. Проверка добавления объекта
 - Необходимо в главном меню второго экрана выбрать пункт «Load object».
 - В открывшемся окне необходимо указать путь к файлу 3D-объекта.
 - Указать необходимость применения преобразования к объекту.
 - Не делать преобразование.
 - Объект должен быть успешно загружен, во втором экране должно появиться сообщение об успешной загрузке и объект с применением преобразования отображен в окне рендерера.
 - Выбрать наличие преобразования.
 - Указать параметры преобразования:
 - Ось, вдоль которой будет происходить вращение в формате «X Y Z»
 - Угол вращения в градусах
 - Вектор переноса в формате «X Y Z»
 - Объект должен быть успешно загружен, во втором экране должно появиться сообщение об успешной загрузке и объект с заданным преобразованием отображен в окне рендерера.
3. Проверка добавления источника света

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

- Необходимо в главном меню второго экрана выбрать пункт «Add light».
- В открывшемся окне необходимо указать параметры источника света:
 - Направление источника света в формате «X Y Z»
 - Интенсивность красного канала (число с плавающей точкой от 0 до 1)
 - Интенсивность зелёного канала (число с плавающей точкой от 0 до 1)
 - Интенсивность синего канала (число с плавающей точкой от 0 до 1)
- Источник света должен быть успешно добавлен, во втором экране должно появиться сообщение об успешном добавлении и при наличии объектов можно увидеть их освещенными в окне рендерера.

4. Проверка выхода из программы

- Необходимо в главном меню второго экрана выбрать пункт «Exit».
- Программа должна завершить свою работу, оба окна должны закрыться, все ресурсы должны быть освобождены.
- Программа должна корректно завершать свою работу без ошибок.
- При повторном запуске программы оба окна должны открываться заново.

5. Проверка управления камерой

- Необходимо нажать ЛКМ по окну рендерера.
- Курсор мыши должен пропасть, а управление камерой должно быть включено.
- Необходимо перемещать камеру с помощью клавиш WASD и поворачивать с помощью мыши. Управление камерой должно работать корректно в соответствии с пунктом 3.5.1. Организация входных данных данного документа.
- Необходимо нажать Escape, чтобы выключить управление камерой.
- Курсор мыши должен появиться, а управление камерой должно быть выключено.
- Необходимо снова нажать ЛКМ по окну рендерера.
- Курсор мыши должен пропасть, управление камерой должно быть включено.

6. Корректность работы света

- Необходимо добавить объект и источник света.
- Объект должен быть освещен источником света, а его цвет должен изменяться в зависимости от направления источника света и позиции камеры.

Демонстрация корректности работы света:

При загрузке объекта и добавлении источника света, объект должен быть освещен источником света.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

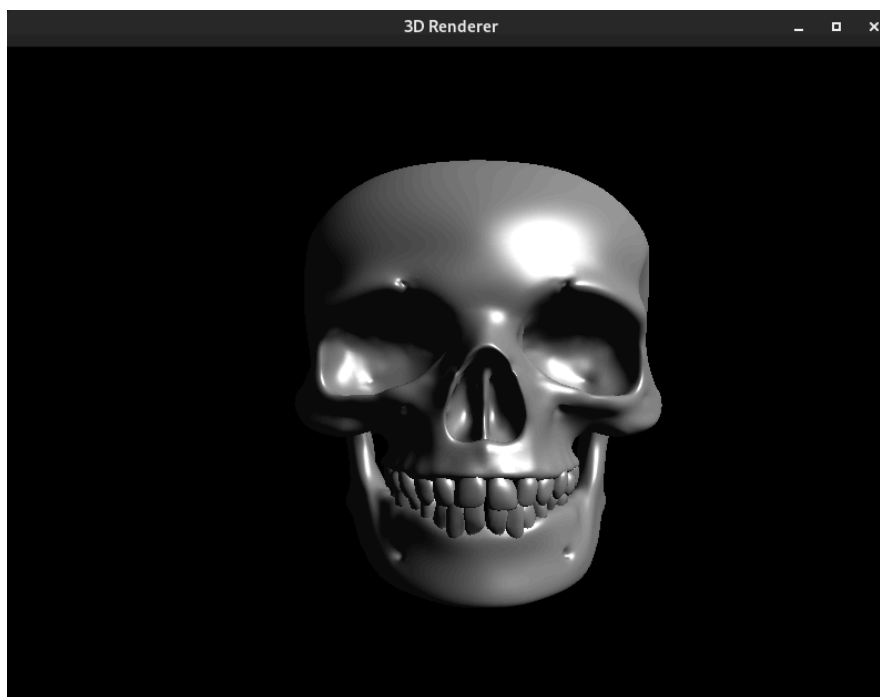


Рис. 4. Объект освещен источником света

При рассмотрении объекта со стороны направления света он должен быть значительно освещен.

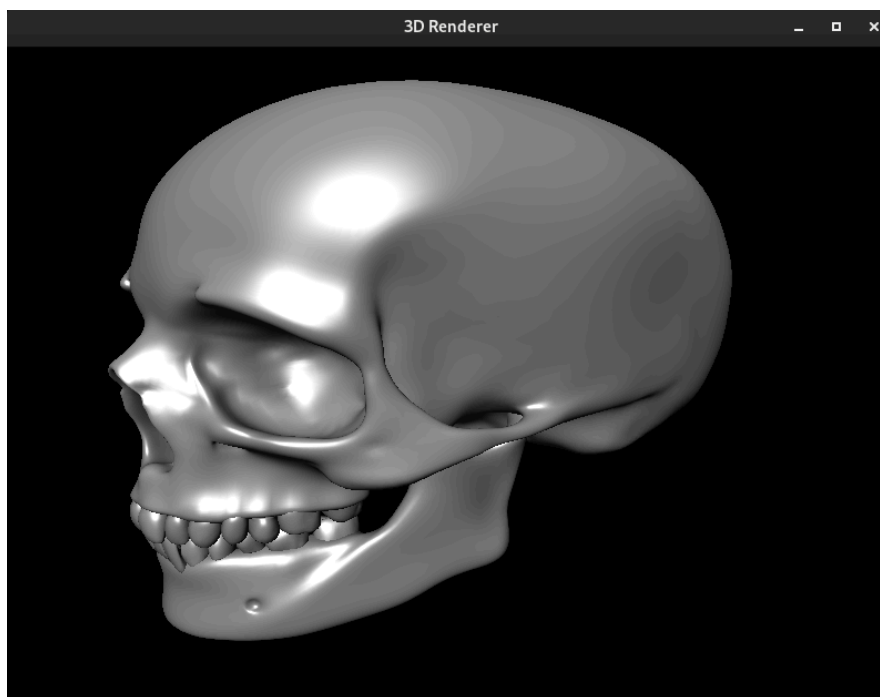


Рис. 5. Объект освещен источником света

При рассмотрении объекта со стороны, противоположной направлению света, он должен быть затемнен.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

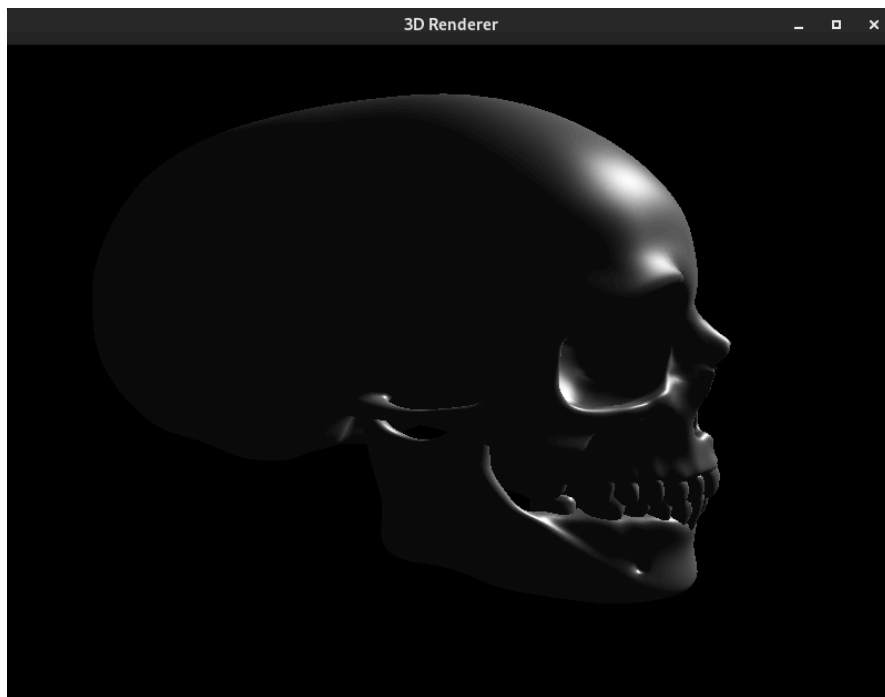


Рис. 6. Объект затемнен

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

6.3 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 19.101-77: Виды программ и программных документов. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
2. ГОСТ 19.102-77: Стадии разработки. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
3. ГОСТ 19.103-77: Обозначения программ и программных документов. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
4. ГОСТ 19.104-78: Основные надписи. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
5. ГОСТ 19.105-78: Общие требования к программным документам. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
6. ГОСТ 19.106-78: Требования к программным документам, выполненным печатным способом. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
7. ГОСТ 19.201-78: Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
8. ГОСТ 19.301-79: Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
9. ГОСТ 19.401-78: Текст программы. Требования к содержанию и оформлению. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
10. ГОСТ 19.404-79: Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
11. ГОСТ 19.505-79: Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
12. ГОСТ 19.603-78: Общие правила внесения изменений. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
13. ГОСТ 19.604-78: Правила внесения изменений в программные документы, выполненные печатным способом. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
14. E. Lengyel, Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics. – Cengage Learning, 2012.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

15. Eigen. Eigen: A C++ template library for linear algebra. – URL: https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page (дата обращения: 04.12.2024).
16. SFML. Simple and Fast Multimedia Library. – URL: <https://www.sfml-dev.org/> (дата обращения: 04.12.2024).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]