

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии

СОГЛАСОВАНО

Доцент департамента больших данных и
информационного поиска факультета
компьютерных наук.

_____ Е. О. Кантонистовая
«__» _____ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Академический руководитель
ОП “Программная инженерия”

_____ Н. А. Павлочев
«__» _____ 2024 г.

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

3D RENDERER С НУЛЯ
Техническое задание

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1 ЛУ

Исполнитель:
студент группы БПИ223
_____ / Гетманов М. М. /
«__» _____ 2024 г

Москва 2024

УТВЕРЖДЕН

RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1

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

3D RENDERER С НУЛЯ

Техническое задание

RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1

Листов 27

Москва 2024

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

АННОТАЦИЯ

Техническое задание – это основной документ, оговаривающий набор требований и порядок создания программного продукта, в соответствии с которым производится разработка программы, ее тестирование и приемка.

Настоящее Техническое задание на разработку «3D Renderer» содержит следующие разделы: «Введение», «Основание для разработки», «Назначение разработки», «Требования к программе», «Требования к программным документам», «Технико-экономические показатели», «Стадии и этапы разработки», «Порядок контроля и приемки» и приложения [7].

В разделе «Введение» указано наименование и краткая характеристика области применения программы.

В разделе «Основания для разработки» указан документ, на основании которого ведется разработка и наименование темы разработки.

В разделе «Назначение разработки» указано функциональное и эксплуатационное назначение программного продукта.

Раздел «Требования к программе» содержит основные требования к функциональным характеристикам, к надежности, к условиям эксплуатации, к составу и параметрам технических средств, к информационной и программной совместимости, к маркировке и упаковке, к транспортировке и хранению, а также специальные требования.

Раздел «Требования к программным документам» содержит предварительный состав программной документации и специальные требования к ней.

Раздел «Технико-экономические показатели» содержит ориентировочную экономическую эффективность, предполагаемую годовую потребность, экономические преимущества разработки программы.

Раздел «Стадии и этапы разработки» содержит стадии разработки, этапы и содержание работ.

В разделе «Порядок контроля и приемки» указаны общие требования к приемке работы.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Настоящий документ разработан в соответствии с требованиями:

- 1) ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов [1];
- 2) ГОСТ 19.102-77 Стадии разработки [2];
- 3) ГОСТ 19.103-77 Обозначения программ и программных документов [3];
- 4) ГОСТ 19.104-78 Основные надписи [4];
- 5) ГОСТ 19.105-78 Общие требования к программным документам [5];
- 6) ГОСТ 19.106-78 Требования к программным документам, выполненным печатным способом [6];
- 7) ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [7].

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
1. ВВЕДЕНИЕ	6
1.1. Наименование программы.....	6
1.2. Краткая характеристика и область назначения	6
2. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ.....	7
2.1. Документы, на основании которых ведется разработка	7
3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ	8
3.1. Функциональное назначение.....	8
3.2. Эксплуатационное назначение	8
4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ	9
4.1. Требования к функциональным характеристикам	9
4.1.1. Состав выполняемых функций	9
9.1.1. Организация входных данных.....	10
9.1.2. Организация выходных данных	11
9.2. Требования к временным характеристикам	12
9.3. Требования к интерфейсу	12
9.4. Требования к надежности	14
9.5. Условия эксплуатации	16
9.6. Требования к составу и параметрам технических средств	16
9.7. Требования к информационной и программной совместимости	17
9.8. Требования к маркировке и упаковке	17
9.9. Требования к транспортировке и хранению	17
10. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	18
10.1. Состав программной документации.....	18
10.2. Специальные требования к программной документации.....	18
11. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	19
11.1. Ориентировочная экономическая эффективность	19
11.2. Предполагаемая потребность.....	19

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

11.3. Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами	19
12. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ.....	20
13. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	24
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ	26

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Наименование программы

Наименование программы – «3D Renderer».

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

Краткое наименование программы, используемое далее в документе – Приложение.

1.2. Краткая характеристика и область назначения

«3D Renderer» - интерактивный образовательный проект. Его цель – научиться имплементировать последовательность отрисовки 3D объектов.

Интерактивность Приложения заключается в том, что есть возможность не только наблюдать за статической картинкой, на которой изображены 3D объекты, но и перемещать камеру, через которую просматриваются объекты, в пространстве.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ

2.1. Документы, на основании которых ведется разработка

Учебный план подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 «Программная инженерия» и утвержденная академическим руководителем программы тема курсового проекта.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ

3.1. Функциональное назначение

Функциональным назначением данного программного продукта является предоставление возможности просмотра 3D объектов на экране компьютера. Приложение должно отображать 3D объекты, которые были добавлены на сцену, причём которые видны камере. Приложение предоставляет возможность пользователю перемещать камеру для просмотра сцены и добавлять объекты на сцену.

3.2. Эксплуатационное назначение

Данное приложение может использоваться пользователями, которые хотят изучить процесс отрисовки 3D объектов на экране компьютера.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

4.1. Требования к функциональным характеристикам

4.1.1. Состав выполняемых функций

1. Демонстрационное приложение.

Запуск программы осуществляется с помощью запуска соответствующего исполняемого файла, генерируемого системой сборки проекта.

При запуске программы должно появиться два окна – окно 1 и окно 2(консоль) (окна описаны в пункте 4.3). Окно 1 должно отображать текущее положение 3D сцены, которое видит камера. Объекты добавляются на сцену пользователем через консоль.

Приложение может находиться в двух состояниях:

- а. Отрисовка сцены в окне 1. В этом состоянии пользователь может управлять положением камеры на сцене. В консоли появляется информация о работе приложения в соответствии с пунктом 4.1.3.
- б. Добавление объектов на сцену. В этом состоянии отрисовка сцены в окне 1 приостановлена для добавления нового объекта. В консоли пользователь должен ввести информацию о новом объекте в формате, указанном в пункте 4.1.2. При несоответствии форматов должна выводиться информация в соответствии с пунктом 4.1.3.

Переход между двумя состояниями обрабатывается следующим образом:

1. Из состояния “а” в состояние “б” пользователь переходит с помощью нажатия клавиши “Р”
2. Из состояния “б” в состояние “а” пользователь переходит с помощью ввода команды “exit” на любом этапе ввода информации о новом объекте или при завершении ввода информации о новом объекте или при неверном вводе информации о новом объекте.

Действия пользователя в состоянии “а” обрабатываются с помощью run-time loop.

Завершение работы программы обеспечивается встроенными средствами операционной системы (нажатие кнопки “заккрыть” у окна программы).

2. Библиотека отрисовки.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Библиотека содержит алгоритмы отрисовки объектов на 3D сцене. Библиотека должна поддерживать отрисовку объектов, которые представляются в виде набора треугольников. Также библиотека должна уметь работать с фоновым и направленным параллельным светом.

В библиотеке должны находиться следующие классы:

1. World, который содержит в себе информацию о глобальной системе координат, находящихся на ней объектах, источниках света и камеры.
2. Renderer, который отрисовывает на пиксельном экране состояние объекта World, которое видит камера.
3. Camera, через которую пользователь может видеть текущее состояние сцены.
4. TriangulatedObject, который описывает в пространстве 3D объект, представимый в виде набора треугольников.
5. Triangle, который задаёт треугольник в пространстве.
6. Color, который описывает цвет.
7. AmbientLight, который содержит информацию о фоновом свете: его цвете.
8. DirectionalLight, который содержит информацию о направленном свете: его направлении и его цвете.
9. PixelScreen, который задаёт пиксельный экран, содержащий отрисованные на нём 3D объекты - результат работы класса Renderer.

9.1.1. Организация входных данных

В состоянии “a”:

1. Пользователь с помощью клавиш WASD управляет местоположением камеры на сцене. Перемещение камеры происходит в системе координат камеры.
2. Пользователь с помощью стрелок на клавиатуре управляет наклонами камеры. Наклон камеры осуществляется в системе координат камеры.
3. Пользователь с помощью клавиши “Pr” переходит в состояние “b”.

В состоянии “b”:

1. Пользователь вводит путь к файлу, содержащий информацию о новом объекте в формате .obj. Содержимое файла должно удовлетворять правилам, находящимся по ссылке: <https://paulbourke.net/dataformats/obj/>. При вводе команды “exit” программа переходит в состояние “a”.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2. После ввода пути к файлу пользователь вводит координаты нового объекта на сцене в формате: “x y z” – каждая координата является вещественным числом, записанным с помощью цифр и точки в качестве знака разделителя целой части и дробной. Координаты идут через пробел. Первое число отвечает за координаты по оси “x”, второе число отвечает за координаты по оси “y”, третье число отвечает за координаты по оси “z”. При вводе команды “exit” вместо первого числа программа переходит в состояние “a”.
3. После ввода координат объекта пользователь вводит цвет объекта в формате: “R G B” – три целых числа, идущие подряд, каждое от 0 до 255 включительно, первое число отвечает за красную составляющую в цвете, второе число отвечает за зелёную составляющую в цвете, третье число отвечает за синюю составляющую в цвете. При вводе команды “exit” вместо первого числа программа переходит в состояние “a”.

9.1.2. Организация выходных данных

В состоянии “a”:

1. В окно 1 выводится картинка, соответствующая текущему состоянию сцены и тому, что видит камера.
2. В консоль выводится информация о том, за сколько был отрисован очередной кадр. Формат: “ New frame was rendered in: <число> ms”, где <число> - количество миллисекунд, за которое был отрисован очередной кадр.
3. Любая другая дополнительная информация является опциональной для записи в консоль.

В состоянии “b”:

1. При переходе в текущее состояние в консоли должна появиться надпись о том, что отрисовка сцены остановлена и для перехода в состояние “a” необходимо ввести команду “exit”.
2. При вводе пути к файлу с новым объектом в консоль выводится подсказка для пользователя о том, что сейчас необходимо ввести путь к файлу в формате .obj.
3. При вводе координат нового объекта в консоль выводится подсказка для пользователя о том, что сейчас необходимо ввести координаты объекта, а также информация о формате ввода данных.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

4. При вводе цвета нового объекта в консоль выводится подсказка для пользователя о том, что сейчас необходимо ввести цвет объекта, а также информация о формате ввода данных.
5. Если в пунктах 2–4 происходит ошибка формата вводимых данных, должно появиться сообщение о несоответствии введенных данных ожидаемому формату.

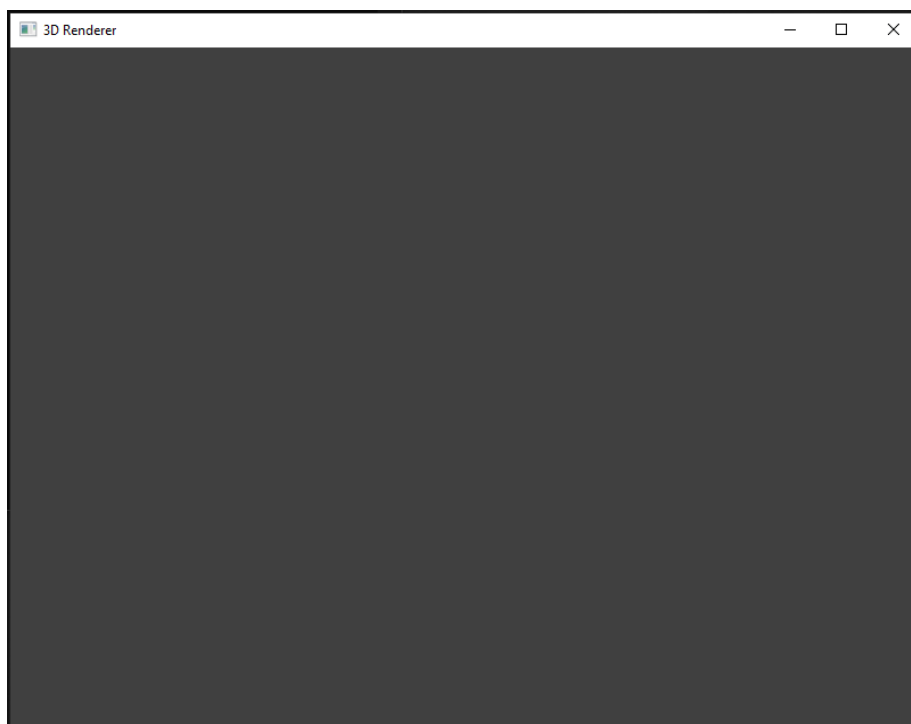
9.2. Требования к временным характеристикам

Требования к временным характеристикам программы не предъявляются.

9.3. Требования к интерфейсу

Приложение имеет два окна:

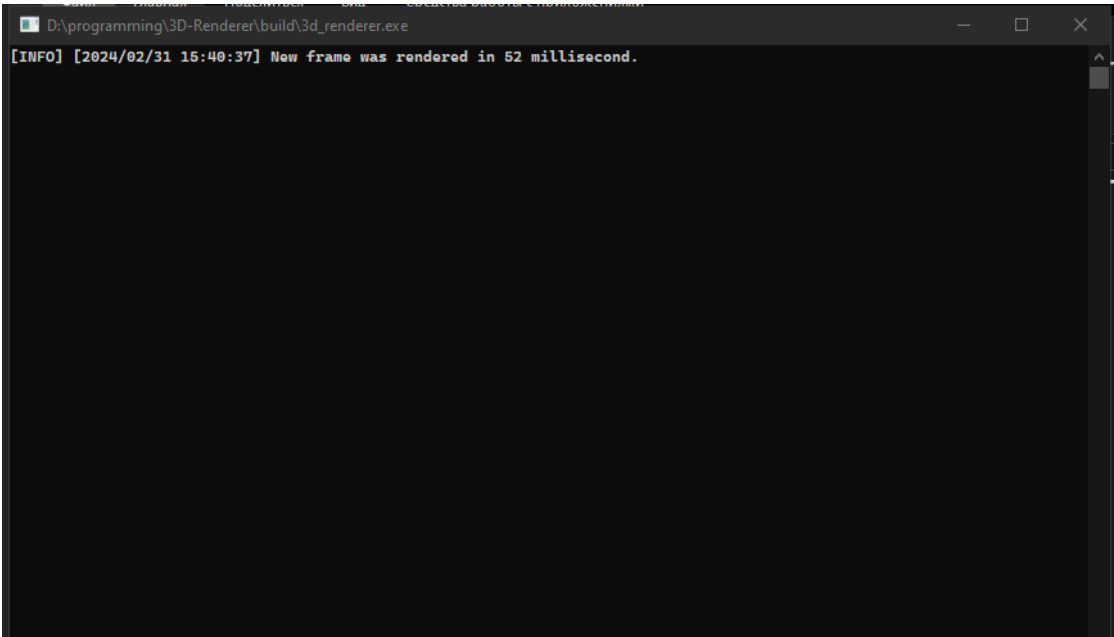
1. Окно 1 для отрисовки 3D сцены:



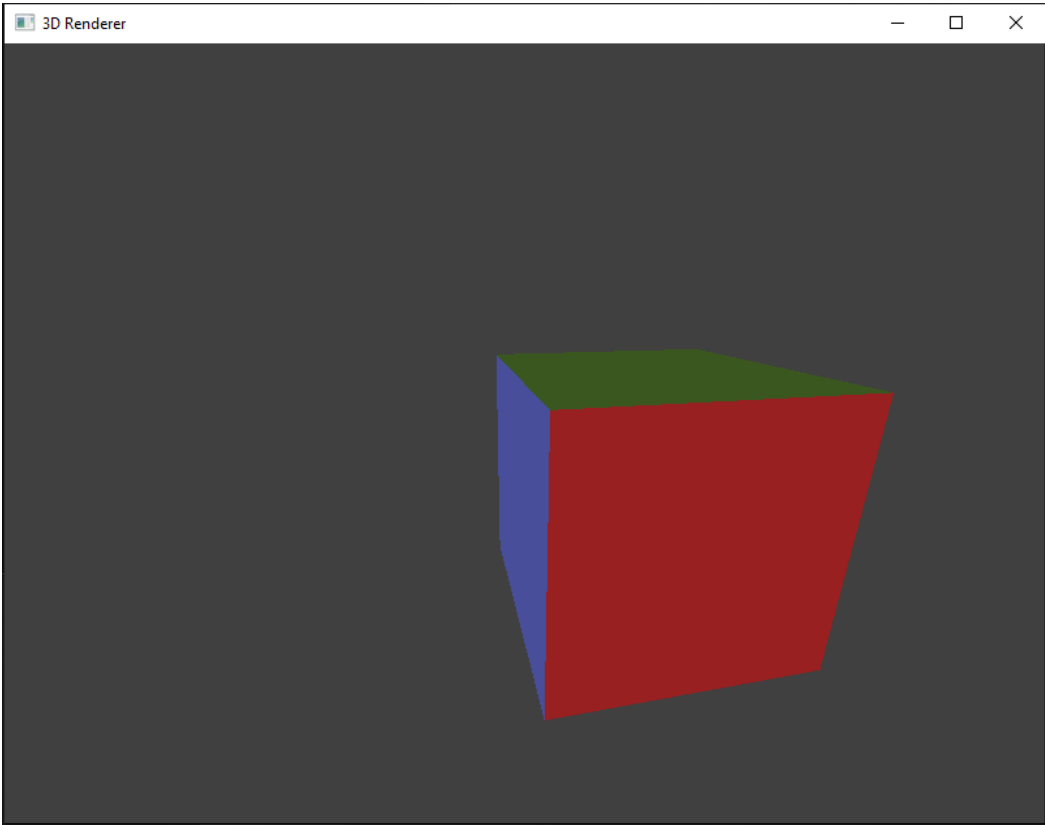
Окно полностью черное, так как на сцене ничего нет.

2. Окно 2 - Консоль для управления наполнением сцены и вывода дополнительной информации:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

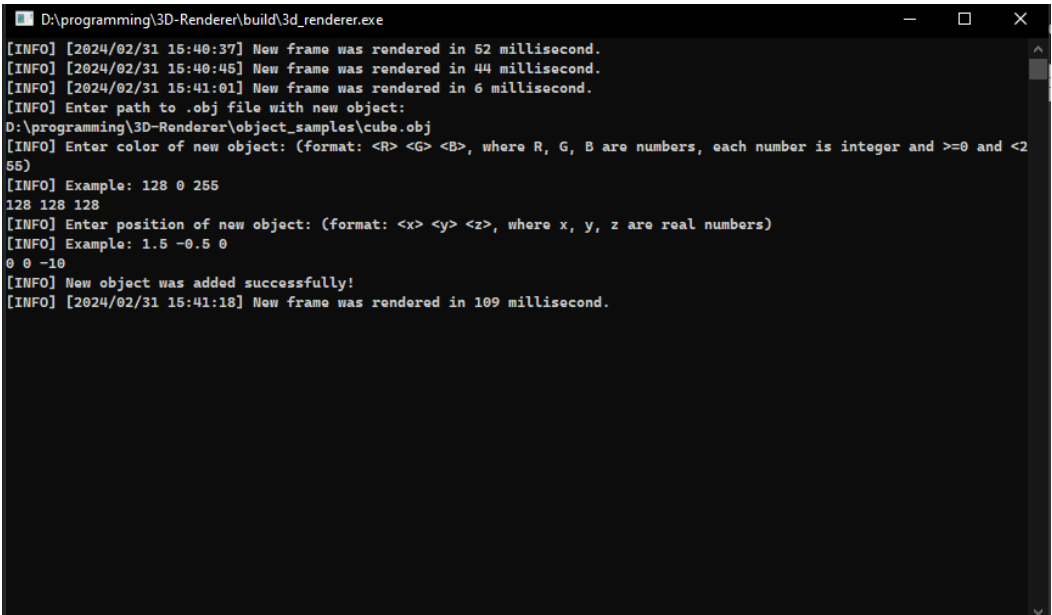


3. Примеры состояния окон:
- 3.1. На сцене находится куб

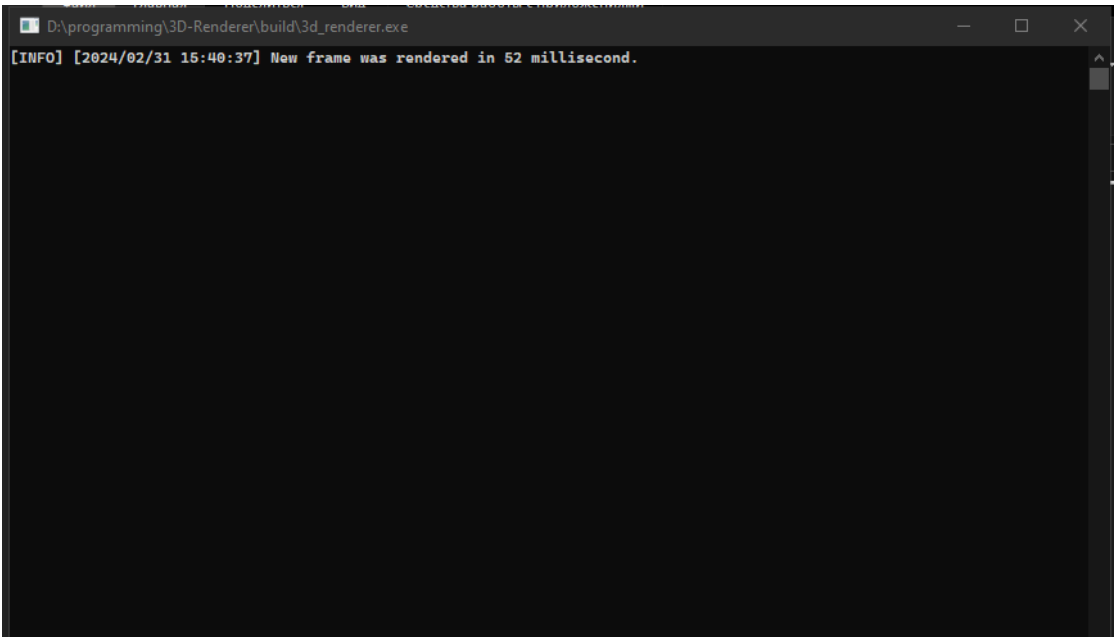


- 3.2. Пример успешного ввода данных о новом объекте:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата



3.3. Сообщение о времени, затраченном на отрисовку сцены:



Формат сообщений об ошибке описан в пункте 4.4.3. Формат ввода данных описан в пункте 4.1.2.

9.4. Требования к надежности

9.4.1. Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы

Для устойчивой работы программного продукта необходимо соблюдать ряд организационно-технических мер:

Изм	Лист	№ докum.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

1. обеспечить бесперебойное питание компьютера;
2. обеспечить регулярную проверку оборудования и программного обеспечения на наличие сбоев и неполадок;
3. приложение не должно аварийно завершаться при некорректных действиях пользователя;

Условия стабильной работы Приложения совпадают с условиями стабильной работы персональных компьютеров.

9.4.2. Время восстановления после отказа

Если отказ был вызван какими-либо внешними факторами, например, сбоем электропитания, и при этом не произошел непоправимый сбой операционной системы, то время восстановления не должно превышать времени, требующегося на перезагрузку операционной системы и запуск программы. Если отказ был вызван неисправностью технических средств или неисправимым сбоем операционной системы, то время восстановления не должно превышать времени, необходимого для устранения неисправностей технических и программных средств и запуск программы.

9.4.3. Отказы из-за некорректных действий оператора

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

Отказ программы возможен вследствие некорректных действий пользователя при пользовании операционной системой. Для предотвращения случаев отказа программы по причине сбоев при пользовании операционной системой следует обеспечить работу конечного пользователя без предоставления ему прав администратора.

В состоянии “а”:

1. Программа не проверяет вводимые данные в силу их отсутствия.

В состоянии “b”:

1. Программа проверяет корректность пути к файлу с объектом.
2. Программа проверяет доступность файла для чтения.
3. Программа проверяет соответствие наполнение файла формату хранения .obj.
4. Формат вводимых координат.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

5. Формат вводимого цвета объекта.

При несоответствии формата программа не должна завершиться аварийно, но должна написать пользователю о несоответствии форматов.

9.5. Условия эксплуатации

9.5.1. Климатические условия

Климатические условия эксплуатации, при которых должна обеспечиваться корректная работа программы, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к персональным компьютерам, на которых установлено Приложение.

9.5.2. Требования к видам обслуживания

На персональном компьютере, где производится эксплуатация программы необходимо обеспечить регулярные проверки оборудования и программного обеспечения на наличие сбоев и неполадок. Обеспечить защиту персонального компьютера от воздействия шпионских программ, программ-шуток, троянских программ и других видов вирусов.

9.5.3. Требования к численности и квалификации персонала

Минимальное количество персонала, требуемого для работы программы, должно составлять не более 1 человека. Пользователь должен уметь работать с ЯП C++, системой сборки cmake и системой контроля версии git.

9.6. Требования к составу и параметрам технических средств

Для нормального функционирования программы требуется персональный компьютер, оснащенный следующими техническими компонентами:

1. Для Windows:

Дисплей: Минимальное разрешение 1280 x 720 пикселей.

Операционная система: Windows 10 или более новые версии.

Оперативная память: 4 ГБ или более.

Хранилище: не менее 100 МБ свободного места для хранения.

2. Для Linux:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Дисплей: Минимальное разрешение 1280 x 720 пикселей.

Дистрибутив: Ubuntu 20.04 или более новые версии.

Оперативная память: 4 ГБ или более.

Хранилище: не менее 100 МБ свободного места для хранения.

3. Система сборки CMake
4. Компилятор C и C++
5. Система контроля версий git

9.7. Требования к информационной и программной совместимости

9.7.1. Требования к информационным структурам и методам решения

Наличие доступа в Интернет.

9.7.2. Требования к исходным кодам и языкам программирования

Приложение должно быть разработано на языке C++ с использованием библиотек Eigen для реализации библиотеки отрисовки и SFML для работы с окном и вводом пользователя с клавиатуры.

Должен быть использован код-стайл от Google:
<https://google.github.io/styleguide/cppguide.html>.

Должны быть использованы системы clang-tidy и clang-format для анализа кода и поддержания код-стайла.

Должна использоваться система git в качестве системы контроля версий.

Для сборки проекта должен использоваться cmake версии 3.X.X, и компилятор mingw-w64.

9.7.3. Требования к программным средствам, используемым программой

Операционная система Windows 10 или более новые версии.

9.8. Требования к маркировке и упаковке

Программа распространяется в виде электронного пакета, содержащего программную документацию, приложение (исполняемые файлы и прочие необходимые для работы файлы).

9.9. Требования к транспортировке и хранению

Программа хранится на облачном сервере по следующей ссылке:
<https://github.com/gMihMih29/3D-Renderer>. Ограничения на срок хранения отсутствуют.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

10. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

10.1. Состав программной документации

- «3D Renderer с нуля». Техническое задание (ГОСТ 19.201-78);
- «3D Renderer с нуля». Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.30178);
- «3D Renderer с нуля». Текст программы (ГОСТ 19.40178);
- «3D Renderer с нуля». Пояснительная записка (ГОСТ 19.40479);
- «3D Renderer с нуля». Руководство оператора (ГОСТ 19.50579);

10.2. Специальные требования к программной документации

- Документы к программе должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 19.106-78 и ГОСТами к каждому виду документа (см. п. 5.1.);
- Документация и программа сдается в электронном виде в формате pdf;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

11. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**11.1. Ориентировочная экономическая эффективность**

В рамках данного задания экономическая эффективность не предусмотрена.

11.2. Предполагаемая потребность

Данный программный продукт будет интересен людям, которые хотят изучить процесс отрисовки 3D объектов на экране компьютера

11.3. Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами

В рамках данного задания экономические преимущества по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами не предусмотрена.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

12. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ

Стадии разработки	Этапы работ	Содержание работ	Временной период	Исполнитель
1. Техническое задание	Подготовительные работы	Постановка задачи.	Ноябрь 2023 года.	Гетманов М. М.
		Создание первоначальной теоретической базы по данной теме. Обоснование возможности решения поставленной задачи. Определение структуры входных и выходных данных. Предварительный выбор методики решения задач.	Ноябрь 2023 года.	Гетманов М. М.
	Разработка и утверждение технического задания	Определение требований к программе. Определение требований к техническим средствам. Определение стадий, этапов и сроков разработки программы, документации на неё.	Ноябрь 2023 года.	Гетманов М. М.
		Написание технического задания.	Январь — февраль 2024 года.	Гетманов М. М.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

		Согласование и утверждение технического задания.	15 февраля 2024 года.	Гетманов М. М.
2. Рабочий проект	Разработка программы	Программирование и отладка программы.	Декабрь — март 2024 года.	Гетманов М. М.
	Разработка программной документации	Разработка программных документов в соответствии с требованиями ГОСТ 19.101-77[1].	Декабрь — март – 2024 года.	Гетманов М. М.
	Испытания программы	Разработка, согласование и утверждение порядка и методики испытаний.	Март 2024 года.	Гетманов М. М.
		Корректировка программы и по результатам испытаний.	Март 2024 года.	Гетманов М. М.
		Корректировка программной документации по результатам испытаний.	Март 2024 года.	Гетманов М. М.
3. Внедрение	Подготовка и передача программы	Подготовка программы для сопровождения.	Апрель 2024 года.	Гетманов М. М.
		Подготовка программной документации для сопровождения.	Апрель 2024 года.	Гетманов М. М.
		Передача программы и программной документации для сопровождения.	Апрель 2024 года.	Гетманов М. М.

Программа и документация к ней разрабатываются к утвержденным срокам сдачи практического задания (02.04.2024).

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Исполнитель – Гетманов М. М.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

13. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ

Проверка программного продукта, в том числе и на соответствие техническому заданию, осуществляется исполнителем вместе с заказчиком согласно «Программе и методике испытаний», а также пункту 5.2.

Защита выполненного проекта осуществляется комиссии, состоящей из преподавателей департамента программной инженерии, в утверждённые приказом декана ФКН сроки.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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 19.603-78 Общие правила внесения изменений. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
9. ГОСТ 19.604-78 Правила внесения изменений в программные документы, выполненные печатным способом. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
10. 3-D Computer Graphics, A Mathematical Introduction with OpenGL – Samuel R. Buss, Cambridge 2003
11. Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics Third Edition – Eric Lengyel, Course Technology PTR 2012
12. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения – Е.В. Шикин, А. В. Боресков, Москва “Диалог-МИФИ” 1995
13. Компьютерная графика. Полигональные модели – Е.В. Шикин, А. В. Боресков, Москва “Диалог-МИФИ” 2001
14. Eigen. Eigen: A C++ template library for linear algebra. URL: https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

15. SFML. SFML: Simple and Fast Multimedia Library. URL: <https://www.sfml-dev.org/index.php>
16. Cppreference. Cppreference - complete online reference for the C and C++ languages and standard libraries. URL: <https://en.cppreference.com/w/>

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

[illegible]

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подп. и дата