

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.

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 БПИ232  
\_\_\_\_\_ / А. Д. Носов /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

УТВЕРЖДЕН

RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1-ЛЮ

**3D RENDERER С НУЛЯ**

**Техническое задание**

**RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1**

**Листов 19**

Инов.№ подп	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инов.№ 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 с нуля» 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».

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.

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];

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

**RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1**

- 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
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Наименование программы .....	6
1.2. Краткая характеристика области применения .....	6
<b>2. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ .....</b>	<b>7</b>
2.1. Документ, на основании которого ведётся разработка .....	7
<b>3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ .....</b>	<b>8</b>
3.1. Функциональное назначение .....	8
3.2. Эксплуатационное назначение .....	8
<b>4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ .....</b>	<b>9</b>
4.1. Требования к функциональным характеристикам .....	9
4.2. Организация входных данных .....	10
4.3. Организация выходных данных .....	10
4.4. Требования к временным характеристикам .....	11
4.5. Требования к интерфейсу .....	11
4.6. Требования к надёжности .....	11
4.6.1. Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы .....	11
4.6.2. Время восстановления после отказа .....	11
4.6.3. Отказы из-за некорректных действий пользователя .....	11
4.7. Требования к эксплуатации .....	11
4.8. Требования к составу и параметрам технических средств .....	11
4.9. Требования к информационной и программной совместимости .....	12
4.10. Требования к маркировке и упаковке .....	12
4.11. Требования к транспортированию и хранению .....	12
<b>5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....</b>	<b>13</b>
5.1. Состав программной документации .....	13
5.2. Специальные требования к программной документации .....	13
<b>6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ .....</b>	<b>14</b>
6.1. Ориентировочная экономическая эффективность .....	14
6.2. Предполагаемая потребность .....	14

<b>Изм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
<b>Инв. № подл.</b>	<b>Подп. и дата</b>	<b>Взам. Инв. №</b>	<b>Инв. № дубл.</b>	<b>Подп. и дата</b>

6.3. Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами .....	14
7. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ .....	15
7.1. Стадии разработки, этапы и содержание работ .....	15
7.2. Сроки разработки и исполнители .....	16
8. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ .....	17
8.1. Виды испытаний .....	17
8.2. Общие требования к приёмке работы .....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	18
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ .....	20

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
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».

### 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 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

**2. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ****2.1. Документ, на основании которого ведётся разработка**

Разработка ведется на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 «Программная инженерия» и утвержденной академическим руководителем программы темы курсового проекта.

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



### 3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ

#### 3.1. Функциональное назначение

Программа представляет собой интерактивное приложение, демонстрирующее процесс отрисовки 3D-сцены на двумерном экране. Оно позволяет пользователю управлять камерой и наблюдать изменения сцены.

Для обеспечения работоспособности приложения выделяются две основные части:

1. Библиотечный код: отвечает за реализацию пайплайна рендеринга для отрисовки 3D-сцены.
2. Приложение: предназначено для использования библиотеки и построения интерактивного интерфейса для управления сценой.

#### 3.2. Эксплуатационное назначение

«3D Renderer» предназначен для демонстрации корректной работы созданного алгоритма визуализации трёхмерных сцен.

Целевая аудитория проекта — разработчики, исследующие основы 3D-рендеринга, а также студенты и специалисты, изучающие компьютерную графику. Программа будет полезна для тех, кто хочет понять процессы, стоящие за визуализацией трёхмерных объектов, и улучшить свои навыки в разработке графических приложений.

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

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

##### 4.1. 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 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.

Приложение включает следующие функции:

###### 1. Отображение сцены.

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

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.

#### 4.2. Организация входных данных

1. Управление камерой:
  - Перемещение камеры в пространстве осуществляется с помощью клавиатуры.
  - Поворот и наклон камеры реализуются через движение мыши.
2. Добавление объектов на сцену:
  - Пользователь при загрузке указывает путь к файлу 3D-объекта.
  - Пользователь задает параметры объекта. Нет требований к конкретному формату ввода объектов, формат надо уточнить при разработке.
3. Настройка освещения:
  - Нет требований к конкретному формату ввода параметров освещения, формат надо уточнить при разработке.

#### 4.3. 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 рендеринга, например, положение камеры, количестве объектов в кадре, количестве источников освещения;
  - Любая другая дополнительная информация является опциональной для вывода.

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

#### 4.4. Требования к временным характеристикам

Требования к временным характеристикам программы не предъявляются.

#### 4.5. 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;
- Экран должен поддерживать ввод путей к файлам для добавления объектов.

#### 4.6. Требования к надёжности

##### 4.6.1. 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.

##### 4.6.2. Время восстановления после отказа

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

##### 4.6.3. Отказы из-за некорректных действий пользователя

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

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

#### 4.7. Требования к эксплуатации

Специального обслуживания не требуется.

Для запуска и взаимодействия с программой достаточно одного пользователя.

#### 4.8. Требования к составу и параметрам технических средств

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

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.

#### 4.9. Требования к информационной и программной совместимости

Программа должна быть реализована на C++.

- Минимальная версия стандарта — C++ 20;
- Система сборки — CMake версии не ниже 3.30.

Программа должна компилироваться следующими компиляторами:

- g++ версии не ниже 13.0;
- clang++ версии не ниже 16.0.

При разработке проекта используются утилиты, контролирующие кодстайл:

- clang-format версии не ниже 16.0;
- clang-tidy версии не ниже 16.0.

Должна использоваться система git в качестве системы контроля версий.

Должны использоваться следующие библиотеки:

- Eigen версии 3.4.0 для векторно-матричных вычислений и связанных с ними операций;
- SFML версии 3.0.0 для отрисовки, работы с окном и вводом пользователя.

#### 4.10. Требования к маркировке и упаковке

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

#### 4.11. Требования к транспортированию и хранению

Программный продукт располагается на облачном хранилище по адресу:

<https://github.com/neykandre/3D-renderer-from-Scratch>.

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

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 5.1. 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).

### 5.2. 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 в одном архиве формата zip или rar.
3. Все документы перед защитой курсовой работы должны быть загружены в информационно-образовательную среду LMS «НИУ ВШЭ» в личном кабинете в дисциплине «Курсовой проект» одним архивом.

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

**6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ****6.1. Ориентировочная экономическая эффективность**

В рамках данной работы расчёт экономической эффективности не предусмотрена.

**6.2. Предполагаемая потребность**

Данный программный продукт будет полезен пользователям, интересующимся созданием и изучением визуализации 3D-сцен.

**6.3. 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
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

7. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ

7.1. Стадии разработки, этапы и содержание работ

Стадии и этапы разработки были выявлены с учётом ГОСТ 19.102-77.

Стадии разработки	Этапы работ	Содержание работ	Временной период
1. Техническое задание	Подготовительные работы	<div><div>– Постановка задачи.</div><div>– Сбор исходных теоретических материалов.</div><div>– Обоснование возможности решения поставленной задачи.</div><div>– Определение структуры входных и выходных данных.</div><div>– Предварительный выбор методов решения задач.</div></div>	Ноябрь 2024
	Разработка и утверждение технического задания	<div><div>– Определение требований к программе.</div><div>– Определение требований к техническим средствам.</div><div>– Определение стадий, этапов и сроков разработки программы и документации на неё.</div><div>– Согласование и утверждение технического задания.</div></div>	
2. Рабочий проект	Разработка программы	<div><div>– Программирование и отладка программы.</div></div>	Декабрь 2024 – март 2025
	Разработка программной документации	<div><div>– Разработка программных документов в соответствии с требованиями ГОСТ 19.101-77.</div></div>	
	Испытания программы	<div><div>– Разработка, согласование и утверждение порядка и методики испытаний.</div></div>	

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



Стадии разработки	Этапы работ	Содержание работ	Временной период
		– Корректировка программы и программной документации по результатам испытаний.	
3. Внедрение	Подготовка и передача программы	– Подготовка и передача программы и программной документации для сопровождения.	Апрель 2025

## 7.2. Сроки разработки и исполнители

Программа и документация к ней разрабатываются к утвержденным срокам защиты курсовой работы (апрель 2025 года).

Исполнитель – Носов Андрей Дмитриевич.

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

## 8. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ

### 8.1. Виды испытаний

Проверка продукта на соответствие техническому заданию, а также другим утверждённым требованиям может происходить по инициативе заказчика на любой стадии разработки и может включать в себя один или несколько видов тестирования:

1. Как полное, так и частичное функциональное тестирование;
2. Тестирование производительности;
3. Тестирование удобства пользования.

### 8.2. Общие требования к приёмке работы

Проверка программного продукта осуществляется исполнителем вместе с заказчиком в соответствии с документом «Программа и методика испытаний» и пунктом 5.2 технического задания.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
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. E. Lengyel, Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics. – Cengage Learning, 2012.
11. CMake. CMake: Cross-Platform Makefile Generator. – URL: <https://cmake.org/> (дата обращения: 04.12.2024).
12. GCC. GCC: The GNU Compiler Collection. – URL: <https://gcc.gnu.org/> (дата обращения: 04.12.2024).
13. Clang. Clang: a C language family frontend for LLVM. – URL: <https://clang.llvm.org/> (дата обращения: 04.12.2024).
14. clang-format. Clang Documentation. – URL: <https://clang.llvm.org/docs/ClangFormat.html> (дата обращения: 04.12.2024)

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

15. clang-tidy. Extra Clang Tools Documentation. – URL: <https://clang.llvm.org/extra/clang-tidy/> (дата обращения: 04.12.2024).
16. Eigen. Eigen: A C++ template library for linear algebra. – URL: [https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main\\_Page](https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page) (дата обращения: 04.12.2024).
17. 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 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]