

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

**Согласовано**

Доцент департамента  
программной инженерии  
факультета компьютерных наук  
канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Р. З. Ахметсафина  
"    "    \_\_\_\_\_ 2016 г

**Утверждаю**

Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»  
профессор департамента программной  
инженерии канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ В. В. Шилов  
"    "    \_\_\_\_\_ 2016 г

**ПРОГРАММА СКЕЛЕТНАЯ АНИМАЦИЯ**

Программа и методика испытаний

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ

Студент группы БПИ 151 НИУ ВШЭ  
\_\_\_\_\_ Абрамов А.М.  
"    "    \_\_\_\_\_ 2016 г

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

2016

УТВЕРЖДЕНО  
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ

## ПРОГРАММА СКЕЛЕТНАЯ АНИМАЦИЯ

Программа и методика испытаний

RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ

Листов 15

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

2016

# Содержание

<b>1</b>	<b>Объект испытаний</b>	<b>3</b>
1.1	Наименование . . . . .	3
1.2	Область применения . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Цель испытаний</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Требования к программному изделию</b>	<b>5</b>
3.1	Требования к функциональным характеристикам . . . . .	5
3.1.1	Требования к составу выполняемых функций . . . . .	5
3.1.2	Требования к организации входных и выходных данных . . . . .	5
3.1.3	Прочие требования . . . . .	6
3.2	Требования к временным характеристикам . . . . .	6
3.3	Требования к интерфейсу . . . . .	6
3.4	Требования к надежности . . . . .	6
3.4.1	Обеспечение устойчивого функционирования программы . . . . .	6
3.4.2	Время восстановления после отказа . . . . .	6
3.4.3	Отказы из-за некорректных действий оператора . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Требования к программной документации</b>	<b>7</b>
4.1	Предварительный состав программной документации . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Средства и порядок испытаний</b>	<b>8</b>
5.1	Параметры технических средств, используемых во время испытаний . . . . .	8
5.2	Программные средства, необходимые для проведения испытаний . . . . .	8
5.3	Порядок проведения испытаний . . . . .	8
5.4	Условия проведения испытаний . . . . .	8
5.4.1	Требования к численности и квалификации персонала . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Методы испытаний</b>	<b>9</b>
6.0.1	Проверка требований к документации . . . . .	9
6.1	Проверка требований к интерфейсу . . . . .	9
6.2	Проверка требований к функциональным характеристикам . . . . .	9
6.3	Проверка требований к надежности . . . . .	11

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

<b>7 Приложение 1. Терминология</b>	<b>12</b>
7.1 Терминология . . . . .	12
<b>8 Приложение 2. Схема интерфейса программы</b>	<b>13</b>
<b>9 Приложение 3. Список используемой литературы</b>	<b>14</b>
9.1 Список используемой литературы . . . . .	14

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

# 1. Объект испытаний

## 1.1. Наименование

Наименование темы: «Программа скелетная анимация».

Наименование темы на английском: «Program of Skeletal Animation».

## 1.2. Область применения

Программа предназначена для запуска на персональном компьютере с операционной системой семейства Windows. Она может использоваться в учебных целях для демонстрации основных компонентов систем скелетной анимации. Она может использоваться программистом в процессе отладки приложений использующих анимацию. Ею может воспользоваться любой человек, желающий просмотреть записанную в файле анимацию, но не знакомый со сложными интерфейсами пакетов для трех мерного моделирования.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 2. Цель испытаний

Цель проведения испытаний, - проверить, что разработанная программа соответствует требованиям к функциональности и надежности, изложенным в техническом задании к программе.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 3. Требования к программному изделию

### 3.1. Требования к функциональным характеристикам

#### 3.1.1. Требования к составу выполняемых функций

1. Чтение данных из формата collada для хранения трех мерных моделей.
2. Изменение положения и ракурса камеры в OpenGL.
3. Загрузка не более одной сцены одновременно.
4. Поддержка двух видов камер в OpenGL, первый вид это камера движение которой сковано орбитой вокруг модели и другой тип это камерадвигающаяся совершенно свободно.
5. Переход к любому моменту времени в анимации.
6. Воспроизведение анимации на экране.
7. Передвижение камеры во время анимации.
8. Включение и выключение отрисовки с учетом нормалей.
9. Включение и выключение отрисовки с учетом характеристик материала.
10. Изменение положения модели.
11. Отображение информации об объектах типа кости и меш, и реляционные связи между ними.
12. Отрисовка всех костей скелета. Отрисовка должна производиться поверх модели.
13. Подсветка отдельных костей выбранных пользователем.
14. Изменение параметров проигрывания анимации, а именно времени, также возможность проиграть в обратную сторону последний интервал между ключевыми фреймами.
15. Перезапуск анимации с начального кадра после отображения последнего ключевого фрейма.

#### 3.1.2. Требования к организации входных и выходных данных

Входными данными для программы являются файл анимации, а также (для обеспечения взаимодействия с пользователем) клавиатура и мышь. Входные данные могут быть созданы в любом пакете для трех мерного моделирования. Примером такого пакета является Blender (<https://www.blender.org/>, разработчик: некоммерческая организация Blender Foundation).

1. Из-за огромного количества форматов для описания анимационных данных, поддерживать их все не представляется возможным. Поэтому программа должна работать только с форматом collada (.dae).
2. Файл должен содержать одну модель, один трэк анимации и один скелет для модели.
3. Пользователь должен иметь возможность модифицировать следующие входные данные в ходе работы программы:
  - (a) Время для которого надо отобразить анимацию.
  - (b) Положение/ориентация модели в OpenGL.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

- (с) Затемнение модели (нормали, материал).
- (d) Положение/ракурс камеры в OpenGL.

Выходными данными для программы является отображение на экране.

### 3.1.3. Прочие требования

1. Хранение списка недавно открытых файлов.
2. Поддержка изменения размеров окна без искажения проекции OpenGL.

## 3.2. Требования к временным характеристикам

1. Задержка между кадрами отрисованными на экране не должна превышать 0.1 секунд для моделей составленных из не более чем 2,000,000 треугольников, 15 костей и 1,500,000 вершин.

## 3.3. Требования к интерфейсу

Интерфейс должен удовлетворять схеме в приложении 2.

## 3.4. Требования к надежности

### 3.4.1. Обеспечение устойчивого функционирования программы

Программа не должна вне зависимости от входных данных или действий оператора завершаться аварийно. При некорректно введенных параметрах пользователю должно отображаться сообщение об ошибке.

### 3.4.2. Время восстановления после отказа

Требования к восстановлению после отказа не предъявляются.

### 3.4.3. Отказы из-за некорректных действий оператора

В случае открытия файла, не соответствующему требованиям ко входным данным, пользователю должно отображаться сообщение об ошибке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата



## 4. Требования к программной документации

### 4.1. Предварительный состав программной документации

На испытания должна быть предоставлена документация к программе в которую в обязательном порядке должны входить следующие документы:

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 5. Средства и порядок испытаний

### 5.1. Параметры технических средств, используемых во время испытаний

Для испытания программы необходимо учесть следующие системные требования:

1. Компьютер, оснащенный:
  - (а) Обязательно 64-разрядный (x64) процессор с тактовой частотой 1 гигагерц (ГГц) или выше;
  - (b) 1 ГБ оперативной памяти (ОЗУ);
  - (с) 1.5 ГБ свободного места на жестком диске;
  - (d) графическое устройство OpenGL с драйвером версии 3.1 или выше.
2. Монитор
3. Видеокарта
4. Мышь
5. Клавиатура

### 5.2. Программные средства, необходимые для проведения испытаний

Приложению необходим компьютер с поддержкой OpenGL версии 3.1. 64-битная операционная система Windows 7 или более поздняя версия Windows. Должен быть установлен .NET Framework версии 4.5.1, а также библиотеки Assimp версии 3.1 и OpenTK версии 1.1.4.

### 5.3. Порядок проведения испытаний

Испытания должны проводиться в следующем порядке:

1. Проверка требований к документации.
2. Проверка требований к интерфейсу.
3. Проверка требований к функциональным возможностям программы.
4. Проверка требований надежности.

### 5.4. Условия проведения испытаний

#### 5.4.1. Требования к численности и квалификации персонала

Минимальное количество персонала, требуемого для работы программы: 1 оператор. Пользователь программы должен иметь образование не ниже среднего, обладать практическими навыками работы с компьютером и базовыми знаниями следующих понятий из сферы трех мерного моделирования: кость, корневая вершина (англ. root node), материал (англ. material), нормаль (англ. normal).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 6. Методы испытаний

Испытания представляют собой процесс установления соответствия программы и программной документации заданным требованиям.

### 6.0.1. Проверка требований к документации

Проверяется наличие всех документов перечисленных в пункте 4.1 данного документа и их соответствие ГОСТ.

### 6.1. Проверка требований к интерфейсу

Интерфейс соответствует схеме, указанной в техническом задании, обладает шкалой времени, панелью для отображения иерархии, панелью для изменения настроек программы и панелью для отрисовки трехмерных элементов.

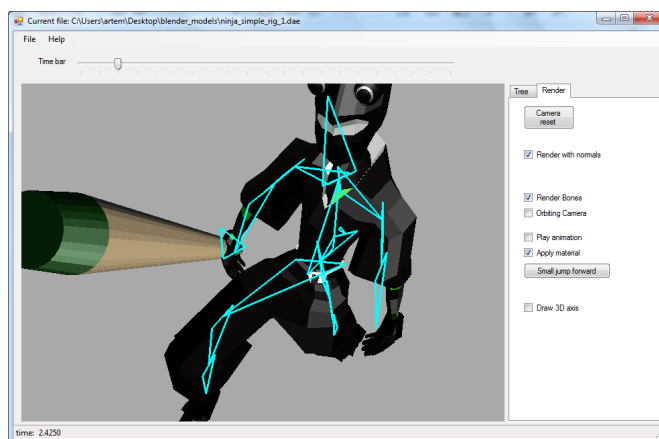


Рис. 1: Изображение интерфейса программы

Дополние панели также удовлетворяют требованиям ТЗ:

### 6.2. Проверка требований к функциональным характеристикам

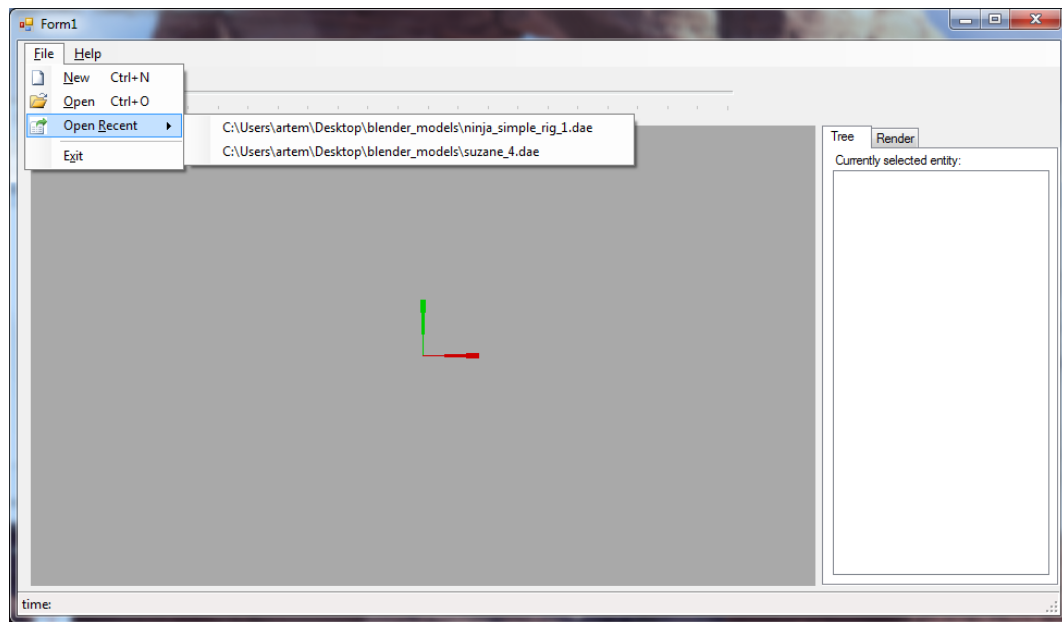
Для загрузки данных из формата коллада (collada или .dae) необходимо выбрать его либо в меню «Open Recent», либо в меню «Open»:

Откроется диалог выбора файла:

После загрузки файла видно что его имя добавилось в список недавно открытых файлов «Recent Files».

У пользователя имеется возможность изменять ракурс и приближение камеры при помощи мышки. Структура загруженных данных отображена в виде дерева на панели справа. Также выделенная кость подсвеченна ярко-синим цветом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата



Select a collada file...

Users » artem » Desktop » blender\_models

Search blender\_models

Organize New folder

Favorites

- Desktop
- Downloads
- Recent Places

Desktop

- Libraries
- Homegroup
- artem
- Computer
- Network
- Control Panel
- Recycle Bin

Name	Date modified
plane_planets_2.dae	3/22/2016 9:47 PM
plane_planets_3.dae	3/22/2016 9:49 PM
steam_machine.dae	4/5/2016 7:25 PM
suzanne_1.dae	5/21/2016 4:36 AM
suzanne_2.dae	5/21/2016 4:15 AM
suzanne_3.dae	5/21/2016 4:31 AM
suzanne_4.dae	5/21/2016 4:40 AM
triple_fold_1.dae	3/23/2016 8:28 PM
triple_fold_2.dae	3/23/2016 8:33 PM
triple_fold_3.dae	3/24/2016 6:38 PM
wave_to_me_1.dae	3/18/2016 10:15 PM

File name: suzanne\_4.dae

Collada files (\*.dae)

Open Cancel

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

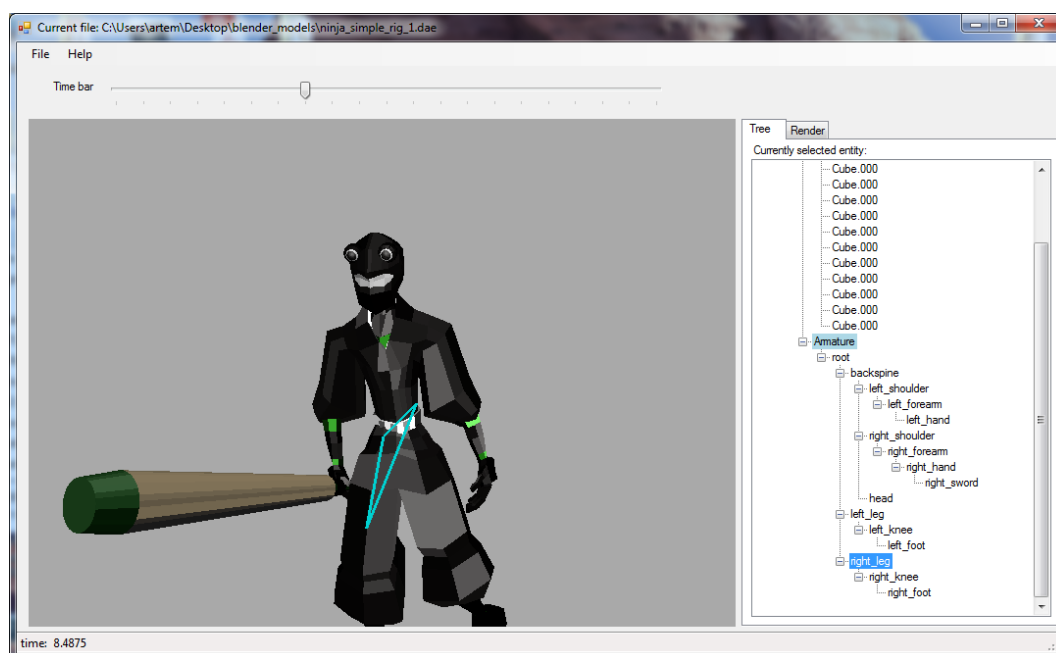


Рис. 6: Подсветка выбранной кости

Также есть панель для настроек работы программы позволяющая изменять следующие параметры:

1. Выбор между двумя видами камер в OpenGL, первый вид это камера движение которой сковано орбитой вокруг модели и другой тип это камера двигающаяся совершенно свободно.
2. Воспроизведение анимации.
3. Включение и выключение отрисовки с учетом нормалей.
4. Включение и выключение отрисовки с учетом характеристик материала.
5. Отрисовка всех костей скелета.

Элемент ScrollBar показывает текущий момент в анимации и предоставляет возможность перейти к любому моменту времени.



Рис. 7: Элемент ScrollBar

Поддерживается изменение размеров окна приложения, без изменения соотношения проекции OpenGL.

### 6.3. Проверка требований к надежности

Оператор должен воспользоваться всеми функциями программы и убедиться, что они не приводят к ее аварийному завершению.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 7. Приложение 1. Терминология

### 7.1. Терминология

**Корневая вершина (англ. root node)** Самый верхний узел дерева.

**Полигональная сетка (жарг. меш от англ. polygon mesh)** Совокупность вершин, рёбер и граней, которые определяют форму многогранного объекта в трехмерной компьютерной графике и объёмном моделировании. Гранями являются треугольники.

**Дерево** Связный ациклический граф. Связность означает наличие путей между любой парой вершин, ацикличность — отсутствие циклов и то, что между парами вершин имеется только по одному пути.

**Степень вершины** Количество инцидентных ей (входящих/исходящих из нее) ребер.

**Интерполяция, интерполирование анимации** Способ нахождения промежуточных значений состояния анимации по имеющемуся дискретному набору известных значений.

**Z-буферизация** В компьютерной трёхмерной графике способ учёта удалённости элемента изображения. Представляет собой один из вариантов решения «проблемы видимости»

**Z-конфликт (англ. Z-fighting)** Если два объекта имеют близкую Z-координату, иногда, в зависимости от точки обзора, показывается то один, то другой, то оба полосатым узором.

**OpenGL (Open Graphics Library)** Спецификация, определяющая независимый от языка программирования платформонезависимый программный интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трёхмерную компьютерную графику. На платформе Windows конкурирует с Direct3D.

**Рендеринг (англ. rendering — «визуализация»)** Термин в компьютерной графике, обозначающий процесс получения изображения по модели с помощью компьютерной программы.

**Текстура** Растровое изображение, накладываемое на поверхность полигональной модели для придания ей цвета, окраски или иллюзии рельефа. Приблизительно использование текстур можно легко представить как рисунок на поверхности скульптурного изображения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 8. Приложение 2. Схема интерфейса программы

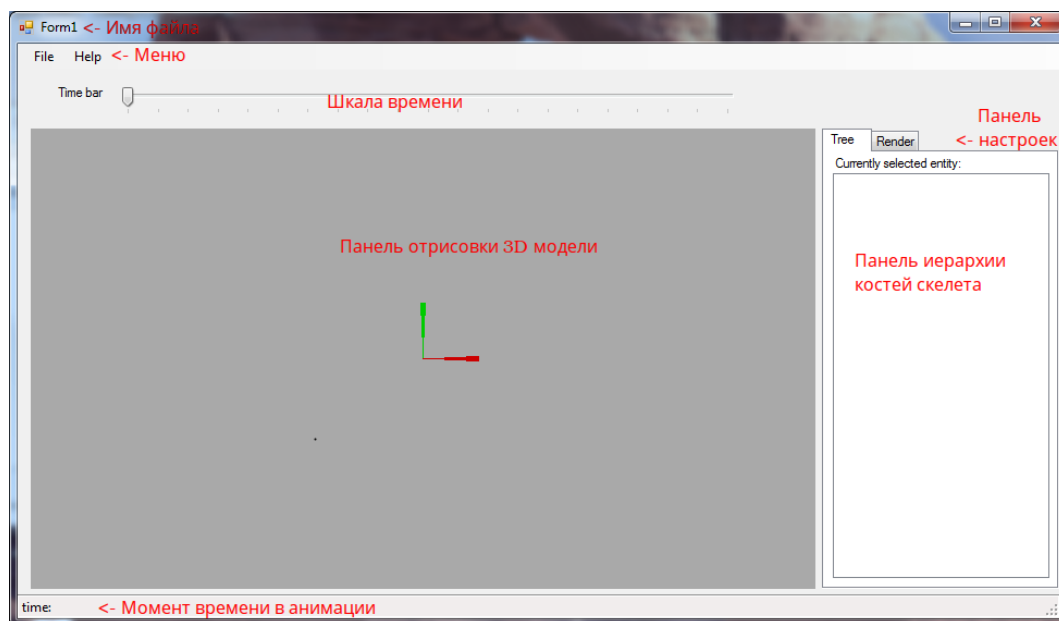


Рис. 8: Схема интерфейса

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата

## 9. Приложение 3. Список используемой литературы

### 9.1. Список используемой литературы

1. OpenGL Superbible: Comprehensive Tutorial and Reference (7th Edition) Graham Sellers (Author), Richard S Wright Jr. (Author), Nicholas Haemel (Author) ISBN-13: 978-0672337475
2. Порев В.Н. Компьютерная графика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 432 с.: ил.
3. ГОСТ 19.102-77 Стадии разработки. //Единая система программной документации. -М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
4. ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению // Единая система программной документации. -М.:ИПК Издательство стандартов, 2001.
5. ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов //Единая система программной документации. -М.: ИПК Издательство стандартов, 2.: 001.
6. ГОСТ 19.103-77 Обозначения программ и программных документов. //Единая система программной документации. -М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
7. ГОСТ 19.104-78 Основные надписи //Единая система программной документации. -М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
8. ГОСТ 19.105-78 Общие требования к программным документам. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата



Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.509000 ТЗ 01-1-ЛУ				
Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. №дубл.	Подп. и дата