**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук

Департамент программной инженерии

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО  Профессор  департамента программной инженерии  кандидат технических наук  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.М. Гринкруг  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |  | УТВЕРЖДАЮ  Академический руководитель образовательной программы «Программная инженерия»    \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | ***Подп. и дата*** |  | | ***Инв. № дубл.*** |  | | ***Взам. инв. №*** |  | | ***Подп. и дата*** |  | | ***Инв. № подл*** | **RU.17701729.501610-01** | | **РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДМНОЖЕСТВА СТАНДАРТА ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ СРЕДСТВАМИ БИБЛИОТЕКИ WEBGL**  **Пояснительная записка**  **ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**  **RU.17701729.03.05-01 81 01-1-ЛУ** | | |
|  |  | |
| Исполнитель:  студентка группы БПИ162  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /Казанцева Анастасия Романовна /  «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. | |
|  | | |
|  | |  |

**2018**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **УТВЕРЖДЕНО**  **RU.17701729.03.05-01 81 01-1-ЛУ** | |  |  |
| |  |  | | --- | --- | | ***Подп. и дата*** |  | | ***Инв. № дубл.*** |  | | ***Взам. инв. №*** |  | | ***Подп. и дата*** |  | | ***Инв. № подл*** | **RU.17701729.03.05-01** | | **РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДМНОЖЕСТВА СТАНДАРТА ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ СРЕДСТВАМИ БИБЛИОТЕКИ WEBGL**    **Пояснительная записка**  **RU.17701729.03.05-01 81 01-1**  **Листов 30** | | | | |
|  |  | | | |
|  | | | |
| **2018** | | | | |

СОДЕРЖАНИЕ

[**1.** **ВВЕДЕНИЕ** 5](#_Toc514158438)

[**1.1.** **Наименование библиотеки** 5](#_Toc514158439)

[**1.2.** **Документы, на основании которых ведется разработка** 6](#_Toc514158440)

[**2.** **НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ** 6](#_Toc514158441)

[**2.1.** **Назначение библиотеки** 6](#_Toc514158442)

[**2.1.1.** **Функциональное назначение** 6](#_Toc514158443)

[**2.1.2.** **Эксплуатационное назначение** 7](#_Toc514158444)

[**2.2.** **Краткая характеристика области применения** 7](#_Toc514158445)

[**3.** **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ** 8](#_Toc514158446)

[**3.1.** **Постановка задачи на разработку библиотеки** 8](#_Toc514158447)

[**3.2.** **Описание функционирования библиотеки** 8](#_Toc514158448)

[**3.3.** **Описание и обоснование выбора использованных при разработке технологий** 9](#_Toc514158449)

[**3.3.1.** **OBJ парсер** 9](#_Toc514158450)

[**3.3.2.** **WebGL 1.0** 9](#_Toc514158451)

[**3.3.3.** **JS Promise** 10](#_Toc514158452)

[**3.3.4.** **WebWorkers API** 10](#_Toc514158453)

[**3.4.** **Описание и обоснование выбора метода организации входных и выходных данных** 11](#_Toc514158454)

[**3.5.** **Описание и обоснование выбора состава технических и программных средств** 11](#_Toc514158455)

[**3.5.1.** **Состав технических и программных средств** 11](#_Toc514158456)

[**3.5.2.** **Обоснование выбора технических и программных средств** 12](#_Toc514158457)

[**3.6.** **Предполагаемая потребность** 13](#_Toc514158458)

[**3.7.** **Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными образцами или аналогами** 13](#_Toc514158459)

[**4.** **ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ** 14](#_Toc514158460)

[**ПРИЛОЖЕНИЕ 1** 16](#_Toc514158461)

[**ПРИЛОЖЕНИЕ 2** 17](#_Toc514158462)

[**ПРИЛОЖЕНИЕ 3** 17](#_Toc514158463)

[**ПРИЛОЖЕНИЕ 4** 19](#_Toc514158464)

[**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ** 31](#_Toc514158465)

**АННОТАЦИЯ**

В данном программном документе приведена пояснительная записка к курсовой работе на тему Реализация подмножества стандарта трёхмерной графики средствами библиотеки WebGL», в результате которой разработана библиотека, предназначенная для упрощения работы с трёхмерной графикой в веб-разработке.

В разделе «Введение» указано наименование программы, краткое наименование программы и документы, на основании которых ведется разработка.

В разделе «Назначение и область применения» указано функциональное назначение программы, эксплуатационное назначение программы и краткая характеристика области применения программы.

В разделе «Технические характеристики» содержатся следующие подразделы: − постановка задачи на разработку программы; − описание алгоритма и функционирования программы с обоснованием выбора схемы алгоритма решения задачи и возможные взаимодействия программы с другими программами; − описание и обоснование выбора метода организации входных и выходных данных; − описание и обоснование выбора состава технических и программных средств.

В разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» указана предполагаемая потребность и экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными образцами или аналогами

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 19.404-79 Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению [7].

Изменения к Пояснительной записке оформляются согласно ГОСТ 19.603-78 [8], ГОСТ 19.604-78 [9].

Перед прочтением данного документа рекомендуется ознакомиться с терминологией, приведенной в Приложении 1 настоящей пояснительной записки.

1. **ВВЕДЕНИЕ**
   1. **Наименование библиотеки**

**Наименование библиотеки:** «easy\_webgl».

**Условное обозначение темы разработки:** «Реализация подмножества стандарта трехмерной графики средствами библиотеки WebGL».

* 1. **Документы, на основании которых ведется разработка**

Приказ декана факультета компьютерных наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» № 2.3-02/1212-01 от 12.12.2017 "Об утверждении тем, руководителей курсовых работ студентов образовательной программы Программная инженерия факультета компьютерных наук".

1. **НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**
   1. **Назначение библиотеки**
      1. **Функциональное назначение**

Библиотека предназначена для предоставления возможности работы с 3D-графикой непосредственно средствами Web-браузера, без установки каких-либо иных специальных программных средств.

Библиотека при подключении к проекту определяет наличие специальной трехмерной сцены1 в виде тега1 <canvas is=”my-scene”> </canvas>. При наличии хотя бы одного тега данного формата библиотека начинает взаимодействовать с графическим контекстом webgl1 этого тега и, опираясь на дочерние теги1, описываемые в соответствии со стандартом трехмерной графики X3D[12] и спецификацией данной библиотеки[13], отрисовывает трехмерные объекты, обращаясь к WebGL API1.

* + 1. **Эксплуатационное назначение**

Подключенная к проекту библиотека определённые библиотекой (нестандартизованные) DOM-элементы[[1]](#footnote-1), определенные спецификацией[13] и обозначающие те или иные элементы стандарта трехмерной графики X3D[12], преобразует в трехмерные объекты и отрисовывает в DOM-элементе1 Canvas, тем самым позволяя работать с трехмерной графикой в веб-браузере:

* не используя никаких плагинов1;
* декларируя элементы непосредственно в привычном html-коде;
* не углубляясь в низкоуровневую работу с шейдерами1 и GLSL1.
  1. **Краткая характеристика области применения**

Библиотека «easy\_webgl», реализующая подмножество стандарта трехмерной графики X3D[12], - это системный программный продукт, упрощающий работу веб-разработчика с трехмерной графикой.

1. **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**
   1. **Постановка задачи на разработку библиотеки**

Разрабатываемая библиотека должна:

1. Декларированные в html-коде теги ассоциировать с трехмерными объектами в соответствии со спецификацией[13];
2. Подчиняться стандарту трехмерной графики X3D[12], реализуя его подмножество.
   1. **Описание функционирования библиотеки**

При запуске проекта, к которому подключена «easy\_webgl», библиотека навигируясь по дереву DOM-элементов[[2]](#footnote-2) ищет теги canvas с атрибутом1 is в значении "my-scene". Согласно спецификации Custom Elements[14] именно такая формулировка html-тега позволяет создать собственный тег (DOM-элемент), унаследованный от тега (DOM-элемента), уже имеющегося в спецификации HTML[15].

При нахождении элементов с заданными параметрами библиотека создает объект класса Scene[[3]](#footnote-3), проверяет структуру выстраивания элементов, дочерних данному, и в соответствии с их декларацией (положением в коде и атрибутным наполнением) формирует в памяти массив вершин, массив цветов и некоторые другие вспомогательные данные.

При столкновении с тегом my-transform, запускается функция init[[4]](#footnote-4) класса Transform2. Эта функция задает цепочку асинхронных вызовов, использующую технологию Promise, запускает эту цепочку для инициализации трехмерной сцены данными. Такой способ инициализации позволяет разделить обработку большого фрагмента кода на несколько небольших промежутков времени, чтобы программа не вызывала зависания. Особенно тяжелая операция, такая как парсинг файла формата .obj[[5]](#footnote-5) (т.е. преобразование данных из файла в нужный библиотеке формат), выводится в отдельный поток при помощи WebWorkers API[[6]](#footnote-6)[16]. В случае, когда браузер не поддерживает WebWorkers API, загрузка будет производиться асинхронно.

После получения всей необходимой информации библиотека отрисовывает трехмерную сцену, добавляя в нее объекты по мере их загрузки.

* 1. **Описание и обоснование выбора использованных при разработке технологий**
     1. **OBJ парсер**

Парсер файлов формата .obj является частью библиотеки. Он делит строковое представление файла на строки по символу переноса строки ‘\n’ и, в соответствии с форматом .obj файла[[7]](#footnote-7), преобразует данные из него в массивы нормалей, вершин и индексов, необходимых для передачи в качестве шейдерного атрибута1 в вершинный шейдер1.

* + 1. **WebGL 1.0**

WebGL (Web-based Graphics Library) — программная библиотека для языка программирования JavaScript, позволяющая создавать на JavaScript интерактивную 3D-графику, функционирующую в широком спектре совместимых с ней веб-браузеров. За счёт использования низкоуровневых средств поддержки OpenGL1, часть кода на WebGL может выполняться непосредственно на видеокартах. WebGL — это контекст элемента canvas HTML, который обеспечивает API 3D графики без использования плагинов[17].

Использована спецификация версии 1.0, выпущенная 3 марта 2011 года и использующая в основе OpenGL ES 2.0.[18]

WebGL 1.0 API – предоставляет широкий доступ к взаимодействию с видеокартой. Основной опорной точкой WebGL API является шейдерная программа, работающая как средство растеризации1 непосредственно на видеокарте. Шейдерная программа в своем минимальном варианте состоит из двух шейдеров – вершинного и фрагментного. Оба шейдера написаны на GLSL (OpenGL Shading Language). Основной задачей программиста является правильно написать шейдеры, загрузить в них нужную инфомацию и связать DOM-элемент Canvas со скомпилированной шейдерной программой.

Для передачи информации в шейдеры в нашей библиотеке используются три основных способа[19]:

1. Атрибуты и буферы

Буффер – это массив данных последовательного доступа. Атрибут – переменная определяющая какого рода данные хранятся в массиве-буфере. Данные из атрибутов и буферов поступают в вершинный шейдер. Шейдерная программа выполняется отдельно для каждого элемента буфера.

1. Uniform-переменные

Переменные, передающиеся в вершинный шейдер и используемые на каждой итерации прохода по буферу.

1. Varying-переменные

Средства связи между фрагментного буфера с вершинным.

Использована именно технология WebGL в связи с рядом преимуществ:

* не требует никаких дополнительных плагинов;
* исполняется непосредственно на видеокарте;
* имеет стандартизованное API.
  + 1. **JS Promise**

Новейшее средство асинхронного программирования в JavaScript, введенное в стандарте ES6[21]. Библиотека производит вычисления, которые в зависимости от потребностей программиста, могут занимать и достаточно много времени, поэтому без асинхронности обойтись нельзя.

Использована именно технология Promise в связи с рядом преимуществ:

1. более удобное API (по сравнению с XMLHttpRequest);
2. хорошая поддержка в браузерах[[8]](#footnote-8).
   * 1. **WebWorkers API**

Единственное средство распараллеливания задач в JavaScript. Предоставляет доступ к средствам браузера для создания отдельного потока и запуска автономной программы на JavaScript. Основной код страницы обменивается информацией с кодом запущенным в WebWorker благодаря событийному механизму.

Парсинг больших файлов .obj подразумевает достаточно громоздкие и затратные по времени вычисления. Это обславливает использование данной технологии в проекте. Дополнительным плюсом является распространенность поддержки технологии WebWorker[[9]](#footnote-9).

* 1. **Описание и обоснование выбора метода организации входных и выходных данных**

Основными входными данными для библиотеки служат определённые библиотекой (нестандартизованные) html-элементы, на основании которых и происходит отрисовка трехмерных объектов. Данный формат был выбран с целью сделать использование библиотеки наиболее интуитивным и наглядным. Обработка данных этого формата ведется в соответствии со спецификацией Custom Elements[14].

Также в качестве входных данных используются файлы формата .obj, описывающие необходимую для отрисовки геометрии. Выбор данного формата файла связан с простотой во внутренней структуре и распространенностью, что удобно для пользователя. Информация из файлов формата .obj получается путём парсинга через класс OBJLoader[[10]](#footnote-10).

* 1. **Описание и обоснование выбора состава технических и программных средств**
     1. **Состав технических и программных средств**

Для работы библиотеки необходим следующий состав программных средств[[11]](#footnote-11):

1. один из следующих браузеров:

Таблица 1. Совместимость библиотеки с браузерами.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Версия |
| Edge | 16 выше |
| Firefox | 59 и выше |
| Chrome | 49 и выше |
| Safari | TP, 11 |
| Яндекс.Браузер | 17 и выше |
| iOS Safari | 10.3, 11.2, 11.3 |
| Chrome Android | 66 |
| UC for Android | 11.8 |
| Samsung Internet | 4, 6.2 |

1. операционная система Windows XP и более поздние версии, Mac OS X 10.5 и более поздние версии, Unix-подобная операционная система не позднее 2010 года выпуска.

Для работы библиотеки необходим следующий состав технических средств[[12]](#footnote-12):

1. NVIDIA >= 257.21 или ATI/AMD >= 10.6 или Intel driver версии от сентября 2010.
   * 1. **Обоснование выбора технических и программных средств**

При реализации библиотеки использованы следующие технологии WebGL API 1.0, WebWorkers, Custom Element, JS Promise и другие особенности языка JavaScript стандарта ES6[21].

Требования к техническим и программным средствам представлены в соответствии с поддержкой используемых технологий.

**ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

В рамках данной работы расчет экономической эффективности не предусмотрен.

* 1. **Предполагаемая потребность**

Данная библиотека будет иметь спрос среди веб-разработчиков, желающих, не имея глубокого понимания основ трехмерной графики, использовать трехмерную графику в своих проектах декларативно, т.е. непосредственно в html-коде веб-страницы.

* 1. **Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными образцами или аналогами**

Данная библиотека:

1. распространяется бесплатно;
2. не требует вложения денежных средств во время использования;
3. имеет неограниченный срок службы;
4. опирается на стандарт трехмерной графики X3D[12].
5. **ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ**
6. ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
7. ГОСТ 19.102-77 Стадии разработки. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
8. ГОСТ 19.103-77 Обозначения программ и программных документов. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
9. ГОСТ 19.104-78 Основные надписи. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
10. ГОСТ 19.105-78 Общие требования к программным документам. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
11. ГОСТ 19.106-78 Требования к программным документам, выполненным печатным способом. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
12. ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
13. ГОСТ 19.603-78 Общие правила внесения изменений. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
14. ГОСТ 19.604-78 Правила внесения изменений в программные документы, выполненные печатным способом. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
15. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
16. ГОСТ 19.301-79 Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению. //Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
17. Don Brutzman, Leonard Daly X3D: Extensible 3D Graphics for Web Authors [Книга]. - [441 c.] : Elsevier Inc., 2007.
18. «Реализация подмножества стандарта трехмерной графики средствами библиотеки WebGL» Руководство программиста, 2018.
19. Custom Elements [Электронный ресурс]: W3C Working Group Note / W3C — MIT/CSAIL – США, НИУ ВШЭ - Россия, 1994 — Режим доступа: https://www.w3.org/TR/custom-elements/. (дата обращения: 15.05.18)
20. спецификация HTML5 -
21. WebWorkers API – ссылку на стандарт
22. https://www.khronos.org/webgl/
23. https://ru.wikipedia.org/wiki/WebGL
24. https://www.khronos.org/registry/webgl/specs/latest/1.0/
25. https://www.khronos.org/webgl/wiki/BlacklistsAndWhitelists
26. ES6-стандарт

# **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**ТЕРМИНОЛОГИЯ**

Таблица 2. Терминология

|  |  |
| --- | --- |
| Термин | Определение |
| Трехмерная сцена |  |
| Тег |  |
| Графический контекст WebGL |  |
| WebGL API |  |
| Дочерние теги |  |
| стандартX3D |  |
| кастомные DOM-элементы |  |
| Custom Elements |  |
| DOM-элементы |  |
| Canvas |  |
| плагин |  |
| HTML |  |
| GLSL |  |
| Шейдер |  |
| Вершинный шейдер |  |
| Фрагментный шейдер |  |
| дерев DOM-элементов |  |
| WebWorkers API |  |
| OpenGL |  |
| растеризации |  |
| JS Promise |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

**ОПИСАНИЕ ФОРМАТА ФАЙЛА .OBJ**

# **ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

**ОПИСАНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ КЛАССОВ**

Описание и функциональное назначение классов.

Таблица 3

|  |  |
| --- | --- |
| Класс | Назначение |
| Scene | Определяет трехмерную сцену. |
| Camera | Определяет камеру в нашей сцене. |
| DirectedLight | Определяет направленный свет для трехмерной сцены. |
| Transform | Определяет положение геометрии в пространстве сцены. |
| Shape | Определяет геометрию. |
| Appearance | Определяет внешний вид фигуры. |
| Color | Определяет цвет однотонной фигуры. |
| Box | Определяет форму прямоугольного параллелепипеда. |
| IndexedFaceSet | Определяет произвольную форму на сцене. |
| Utils | Класс вспомогательных функций. |
| Algebra | Класс вспомогательных алгебраических функций, совершающий операции над матрицами 4\*4 и векторами 3. |
| OBJLoader | Парсер файлов формата .obj. |

# **ПРИЛОЖЕНИЕ 4**

**ОПИСАНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ПОЛЕЙ, МЕТОДОВ И СВОЙСТВ**

*Таблица 4. Поля и методы класса Scene.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| fragmentShader | | WebGLShader | | Ссылка на скомпилированный фрагментный шейдер на GLSL. |
| vertexShader | | WebGLShader | | Ссылка на скомпилированный вершинный шейдер на GLSL. |
| program | | WebGLProgram | | Скомпилированная и прилинкованная шейдерная программа на GLSL. |
| sceneElement | | HTMLElement | | Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. |
| gl | | WebGLRenderingContext | | Графический контекст. |
| color | | number[] | | Фоновый цвет сцены. |
| objects | | Array | | Все объекты сцены. |
| cameras | | Camera[] | | Все камеры сцены. |
| activeCamera | | Camera | | Активная камера. |
| light | | DirectedLight | | Напрвленный свет. |
| fragmentShaderSource | | string | | Текст фрагментного шейдера на GLSL. |
| vertexShaderSource | | string | | Текст вершинного шейдера на GLSL. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр Scene.  \* @param sceneElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. | |
| registerAll | - | | Регистрация всех кастомных HTML-элементов. | |
| init | - | | Инициализирует данные, используя атрибуты тега my-scene.  Проверяет наличие обязательных тегов.  Запускает инициализацию дочерних элементов. | |
| resize | - | | Подгоняет размер canvas под экран | |
| addObject | - | | Добавление трехмерного объекта на сцену.  \* @param transform {Transform} Положение в пространстве добавляемого объекта.  \* @param shape {Shape} Форма добавляемого объекта.  \* @param appearance {Appearance} Внешний вид добавляемого объекта. | |
| drawScene | - | | Отрисовывает сцену. | |
| createShader | - | | Создание и компиляция шейдера.  \* @param type Тип шейдера.  \* @param source {String} Код шейдера.  \* @returns {WebGLShader} Шейдер. | |
| createProgram | - | | Собираем программу для видеокарты из двух шейдеров.  \* @param vertexShader {WebGLShader} Вершинный шейдер.  \* @param fragmentShader {WebGLShader} Фрагментный шейдер.  \* @returns {WebGLProgram} Программа для видеокарты. | |
| fillAttribute | - | | Заполняет атрибут и буфер даннми.  \* @param program {WebGLProgram} Текущая программа для видеокарты.  \* @param name {String} Наименование атрибута в шейдере.  \* @param data Массив данных для передачи, приведенный к нужному типу.  \* @param size {Number} Количество компонент массива на итерацию.  \* @param type Тип массива данных.  \* @param normalize {Boolean} Нуждаются ли данные в нормализации.  \* @param stride {Number} Дополнительное перемещение по данным относительно итерации.  \* @param buf\_offset {Number} Элемент массива, с которого начнется первая итерация. | |
| fillIndexAttribute | - | | Заполняет атрибут индексов.  \* @param indices {number[]} Данные для передачи | |

Таблица 5. Поля и методы класса Scene.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| cameraElement | | HTMLElement | | Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. |
| scene | | Scene | | Ссылка на трехмерную сцену, которой принадлежит камера. |
| aspect | | number | | Отношение ширины окна отрисовки к высоте. |
| fieldOfViewDegrees | | number | | Угол отображения области видимости в радианах. |
| zFar | | number | | Модуль самого дальнего индекса, видимого камере, по Z. |
| zNear | | number | | Модуль ближайшего индекса, видимого камере, по Z. |
| cameraRotation | | number[] | | Углы поворота камеры в градусах. |
| cameraPosition | | number[] | | Позиция камеры в мире. |
| navigationType | | string | | Тип навигации по трехмерной сцене. |
| cameraMatrix | | number[] | | Матрица камеры. |
| projectionMatrix | | number[] | | Матрица, формирующая перспективу. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр Camera.  \* @param cameraElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект.  \* @param scene {Scene} Трехмерная сцена, в которой определен объект. | |
| init | - | | Инициализирует данные для шедеров, используя атрибуты тега my-camera.  Определяет парамтры фрустума:  \* атрибут "view-angle" - число - угол фрустума в градусах - по умолчанию 60;  \* атрибут "z-far" - число - максимальное видимое значение координат по оси z - по умолчанию 2000;  \* атрибут "z-near" - число - минимальное видимое значение координат по оси z - по умолчанию 1.  И параметры камеры:  \* атрибут "camera-rotation" - массив - углы вращения по осям x,y,z для камеры - по умолчанию "0 0 0";  \* атрибут "camera-position" - массив - начальная позиция камеры - по умолчанию "0 0 0".  \* А так же "navigation-type", принимающий одно из двух значений: object или camera. По умолчанию навигация по сцене не производится. | |
| setCameraParams | - | | Пересчитывает матрицу камеры в случае изменения параметров. | |
| defineNavigation  Type | - | | По атрибуту navigation-type тега my-camera задает тип навигации по трехмерной сцене. | |

Таблица 6. Поля и методы класса DirectedLight.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| directedLightElement | | HTMLElement | | Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. |
| scene | | **Scene** | | Трехмерная сцена, в которой определен объект. |
| fonLightColor | | number[] | | Цвет фонового освещения. |
| directedLightColor | | number[] | | Цвет направленного освещения. |
| lightDirection | | number[] | | Направление света. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр DirectedLight.  \* @param directedLightElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект.  \* @param scene {Scene} Трехмерная сцена, в которой определен объект. | |
| init | - | | Инициализирует объект, используя данные атрибутов.  Если есть устанавливает параметры этого освещения:  \* атрибут "fon-light-color" - массив - rgb-цвет фонового освещения (значения в пределах 0..255) - по умолчанию "100 100 100";  \* атрибут "directed-light-color" - массив - rgb-цвет направленного освещения(значения в пределах 0..255) - по умолчанию "200 200 200";  \* атрибут "direction" - массив - направление направленного освещения - по умолчанию "0, 0, -1". | |

Таблица 7. Поля и методы класса Transform.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| transformElement | | HTMLElement | | Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. |
| scene | | Scene | | Трехмерная сцена, в которой определен объект. |
| translation | | number[] | | Перенос оюъекта относительно начала координат сцены. |
| rotation | | number[] | | Поворот объекта относительно его осей X, Y, Z. |
| scale | | number[] | | Масштабирование объекта относительно его осей X, Y, Z. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр Transform.  \* @param transformElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект.  \* @param scene {Scene} Трехмерная сцена, в которой определен объект.  \* @param info Данные о дополнительном смещении, если есть родительский Transform. | |
| init | - | | Инициализирует данные, используя атрибуты тега my-transform.  Атрибуты:  \* translation - массив - определяет смещение относительно центра сцены - по умолчанию "0 0 0"  \* rotation - массив - определяет поворот относительно осей сцены - по умолчанию "0 0 0"  \* scale - массив - определяет масштаб объекта - по умолчанию "1 1 1" | |
| getMatrix | - | | Считает матрицу вида для трехмерного объекта.  \* @param cameraMatrix {number[]} Матрица камеры.  \* @param projectionMatrix {number[]} Матрица проекции.  \* @returns {number[]} Матрица вида. | |
| getNormalMatrix | - | | Считает матрицу нормалей для трехмерного объекта.  \* @returns {number[]} Матрица нормалей. | |

Таблица 8. Поля и методы класса Shape.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| МЕТОДЫ | | |
| Наименование | **Модификатор** | **Описание** |
| init | static | Запускает асинхронную инициализацию дочерних элементов.  \* @param shapeElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект.  \* @param transform {Transform} Данные о положении фигуры в пространстве сцены.  \* @param scene {Scene} Трехмерная сцена, в которой определен объект. |

Таблица 9. Поля и методы класса Appearance.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| МЕТОДЫ | | |
| Наименование | **Модификатор** | **Описание** |
| init | static | Запускает инициализацию тега, описывающего цвет текущей формы.  \* @param appearanceElement Ссылка на элемент, с которым мы в данный момент работаем.  \* @param {Number} vertexCount Количество вершин, которые необходимо покрасить. |

Таблица 10. Поля и методы класса Color.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| colors | | number[] | | Список цветов вершин фигуры. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр Color.  Получает атрибут "color" - массив - rgb-цвет (значения в пределах 0..255) - по умолчанию белый  \* @param colorElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект.  \* @param vertexCount {number} | |

Таблица 11.Поля и методы класса Box.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| size | | number[] | | Размер по трем осям. |
| boxElement | | HTMLElement | | Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. |
| vertices | | number[] | | Массив вершин фигуры. |
| normals | | number[] | | Массив нормалей фигуры. |
| indices | | number[] | | Массив индексов поверхностей фигуры. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр Box.  \* @param boxElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект.  \* @param func {Function} Функция-колбэк, которая должна оповестить об окончании загрузки данных фигуры. | |
| init | - | | Инициализирует трехмерный объект Box, используя атрибуты тега my-box.  Задает вершины и нормали, необходимые для отрисовки прямоугольного параллелепипеда.  Из атрибута size вида массив получаются размеры параллелепипеда по соответствующим сторонам.  \* По умолчанию size="10 10 10".  \* Центр прямоугольного параллепипеда совпадает с началом координат. | |

Таблица 12. Поля и методы класса IndexedFaceSet.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| src | | string | | Путь к модели, которую будет отрисовывать данный объект. |
| indexedFaceSet  Element | | HTMLElement | | Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. |
| vertices | | number[] | | Массив вершин фигуры. |
| normals | | number[] | | Массив нормалей фигуры. |
| indices | | number[] | | Массив индексов поверхностей фигуры. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр IndexedFaceSet.  \* @param indexedFaceSetElement Ссылка на DOM-элемент, который иллюстрирует этот объект. | |
| init | - | | Инициализирует объект, используя данные атрибутов.  Получает путь к .obj файлу - модели, которую необходимо отрендерить, через атрибут model. | |

Таблица 13. Поля и методы класса Algebra.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| МЕТОДЫ | | |
| Наименование | **Модификатор** | **Описание** |
| translation | static | Создает матрицу переноса.  \* @param tx {number} Перенос по оси X.  \* @param ty {number} Перенос по оси Y.  \* @param tz {number} Перенос по оси Z.  \* @returns {number[]} Матрица переноса. |
| xRotation | static | Создает матрицу поворота по оси X.  \* @param angleInRadians {number} Угол поворота в радианах по оси X.  \* @returns {number[]} Матрица поворота. |
| yRotation | static | Создает матрицу поворота по оси Y.  \* @param angleInRadians {number} Угол поворота в радианах по оси Y.  \* @returns {number[]} Матрица поворота. |
| zRotation | static | Создает матрицу поворота по оси Z.  \* @param angleInRadians {number} Угол поворота в радианах по оси Z.  \* @returns {number[]} Матрица поворота. |
| scaling | static | Создает матрицу масштабирования.  \* @param sx {number} Масштаб по оси X.  \* @param sy {number} Масштаб по оси Y.  \* @param sz {number} Масштаб по оси Z.  \* @returns {number[]} Матрица масштабирования. |
| translate | static | Выполняет перенос матрицы на заданные значения.  \* @param m {number[]} Исходная матрица  \* @param tx {number} Перенос по оси X.  \* @param ty {number} Перенос по оси Y.  \* @param tz {number} Перенос по оси Z.  \* @returns {number[]} Результирующая матрица. |
| xRotate | static | Выполняет поворот матрицы по оси X.  \* @param m {number[]} Исходная матрица.  \* @param angleInRadians {number} Угол поворота по оси X в радианах.  \* @returns {number[]} Результирующая матрица. |
| yRotate | static | Выполняет поворот матрицы по оси Y.  \* @param m {number[]} Исходная матрица.  \* @param angleInRadians {number} Угол поворота по оси Y в радианах.  \* @returns {number[]} Результирующая матрица. |
| zRotate | static | Выполняет поворот матрицы по оси Z.  \* @param m {number[]} Исходная матрица.  \* @param angleInRadians {number} Угол поворота по оси Z в радианах.  \* @returns {number[]} Результирующая матрица. |
| scale | static | Выполняет масшабирование матрицы на заданные параметры.  \* @param m {number[]} Исходная матрица  \* @param sx {number} Масштабирование по оси X.  \* @param sy {number} Масштабирование по оси Y.  \* @param sz {number} Масштабирование по оси Z.  \* @returns {number[]} Результирующая матрица. |
| perspective | static | Создает матрицу перспективы по заданным параметрам.  \* @param fieldOfViewInRadians {number} Угол отображения области видимости в радианах.  \* @param aspect {number} Отношение ширины сцены к высоте.  \* @param near {number} Наименьший индекс, видимый камере, по Z.  \* @param far {number} Наибольший индекс, видимый камере, по Z.  \* @returns {number[]} Матрица перспективы. |
| multiply | static | Перемножает две матрицы в обратном порядке.  \* @param b {number[]} Матрица-правый множитель.  \* @param a {number[]} Матрица-левый множитель.  \* @returns {number[]} Результат матричного умножения. |
| identity | static | Создает единичную матрицу.  \* @returns {number[]} Единичная матрица. |
| inverse | static | Создает обратную матрицу.  \* @param m {number[]} Исходная матрица.  \* @returns {number[]} Матрица обратная исходной. |
| normalFromMat4 | static | Преобразует матрицу вида(4\*4) в нормальную матрицу(3\*3).  \* @param a {number[]} Исходная матрица вида.  \* @returns {number[]} Нормальная матрица для исходной. |
| normalize | static | Нормирует исходный вектор.  \* @param v {number[]} Исходный вектор.  \* @returns {number[]} Нормированный вектор. |

Таблица 14. Поля и методы класса Utils.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| МЕТОДЫ | | |
| Наименование | **Модификатор** | **Описание** |
| getRadians | static | Перевод из градусов в радианы.  \* @param angle {number} Угол в градусах.  \* @returns {number} Угол в радианах. |
| checkArray  Attribute | static | Проверка значения на принадлежность к множеству массивов из трех вещественных чисел.  Бросает исключение в случае не принадлежности.  \* @param value Проверяемое значение.  \* @param tagName {string} Имя тега, откуда значение пришло.  \* @param attributeName {string} Имя атрибута, откуда значение пришло. |
| checkNumberAttribute | static | Проверка значения на принадлежность к вещественным числам.  Бросает исключение в случае не принадлежности.  \* @param value Проверяемое значение.  \* @param tagName {string} Имя тега, откуда значение пришло.  \* @param attributeName {string} Имя атрибута, откуда значение пришло. |
| checkNumber | static | Проверка значения на принадлежность к вещественным числам.  \* @param value Проверяемое значение.  \* @returns {boolean} Флаг принадлежности к вещественным числам. |

Таблица 15. Поля и методы класса OBJLoader.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОЛЯ | | | | |
| Наименование | | **Тип** | | **Назначение** |
| vertices | | number[] | | Массив вершин загружаемой модели. |
| normals | | number[] | | Массив нормалей загружаемой модели. |
| indices | | number[] | | Массив индексов поверхностей загружаемой модели. |
| МЕТОДЫ | | | | |
| Наименование | **Модификатор** | | **Описание** | |
| - | constructor | | Создает экземпляр OBJLoader. | |
| calculateNormals | - | | По заданным индексам поверхностей и вершинам формирует массив нормалей. | |
| parse | - | | Преобразует текстовое представление .obj файла в массив вершин, нормалей и индексов.  \* @param objectData {string} Текстовое представление .obj файла. | |

# **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Лист регистрации изменений | | | | | | | | | |
| Номера листов (страниц) | | | | | Всего листов (страниц в докум.) | № документа | Входящий № сопроводительного докум. и дата | Подп. | Дата |
| Изм. | Измененных | Замененных | Новых | Аннулированх |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. см. Приложение 1. [↑](#footnote-ref-1)
2. см. Приложение 1. [↑](#footnote-ref-2)
3. см. Приложение 3. [↑](#footnote-ref-3)
4. см. Приложение 4. [↑](#footnote-ref-4)
5. см. Приложение 2. [↑](#footnote-ref-5)
6. см. Приложение 1. [↑](#footnote-ref-6)
7. см. Приложение 2. [↑](#footnote-ref-7)
8. Вывод о распространенности сделан в соответствии с информацией сайта <https://caniuse.com/> [↑](#footnote-ref-8)
9. Вывод о распространенности сделан в соответствии с информацией сайта <https://caniuse.com/> [↑](#footnote-ref-9)
10. см. Приложение 4. [↑](#footnote-ref-10)
11. Выбор параметров программных средств производится на основании данных о поддержке используемых библиотекой технологий с использованием сайта <https://caniuse.com/> [↑](#footnote-ref-11)
12. Выбор параметров технических средств производится на основании данных о поддержке используемых библиотекой технологий с использованием источника 20. [↑](#footnote-ref-12)