



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

*«Визуализатор распространения звуковых волн в
замкнутом пространстве»*

Студент ИУ7-51Б
(Группа)

(Подпись, дата)

Постнов С. А.
(Фамилия И. О.)

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

Кузнецова О. В.
(Фамилия И. О.)

2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Аналитический раздел	4
1.1 Описание предметной области	4
1.2 Формализация объектов сцены	5
1.3 Методы описания моделей на сцене	5
1.4 Выбор алгоритма удаления невидимых линий и поверхностей .	6
1.4.1 Алгоритм, использующий Z-буфер	8
1.4.2 Алгоритм Варнока	8
1.5 Выбор модели освещения	9
1.5.1 Модель Ламберта	9
1.5.2 Модель Фонга	10
1.6 Выбор метода закраски	10
1.6.1 Метод простой закраски	11
1.6.2 Метод закраски по Гуро	11
1.7 Вывод	12
2 Конструкторский раздел	13
2.1 Требования к программному обеспечению	13
2.2 Разработка алгоритмов	13
2.2.1 Общий алгоритм решения поставленной задачи	13
2.2.2 title	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	15

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерная графика играет важную роль в современной технологической среде, находя применение в различных сферах, от разработки инженерного проектирования до компьютерных анимаций в мультфильмах. В наше время цифровое графическое представление достигло максимальной реалистичности, что требует огромных мощностей [1].

Целью данной курсовой работы является разработка ПО, которое позволит визуализировать процесс распространения звуковых волн в замкнутом пространстве.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) проанализировать предметную область;
- 2) формализовать объекты сцены;
- 3) рассмотреть известные методы описания моделей на сцене, подходы и алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей, модели освещения, методы закраски;
- 4) спроектировать программное обеспечение для визуализации распространения звуковой волны;
- 5) выбрать средства реализации;
- 6) исследовать характеристики разработанного программного обеспечения.

1 Аналитический раздел

1.1 Описание предметной области

Компьютерная графика изначально зародилась как эффективное и мощное средство связи между человеком и вычислительной машиной. Использование графической формы представления информации, организация диалога между человеком и компьютером с использованием визуальных образов позволили существенно увеличить скорость обработки информации человеком, что привело к повышению эффективности исследований и разработок в самых различных областях науки и техники. Одним из направлений компьютерной графики является **визуализация звуковых волн** [2; 3].

Звук — физическое явление, представляющее собой распространяющиеся в виде упругих волн механические колебания в твердой, жидкой или газообразной среде.

Изучение природы звуковых волн является важной частью на пути к пониманию и представлению более сложных физических процессов, что достигается путем применения методов визуализации.

1.2 Формализация объектов сцены

Объектами сцены будут являться:

- 1) замкнутое пространство — помещение прямоугольной формы, состоящее из четырех стен, пола и потолка и имеющее константный размер;
- 2) преграды — объекты кубической формы;
- 3) точечный источник звуковых волн — материальная точка в пространстве, характеризующаяся следующими свойствами:
 - источник звука излучает звуковые волны во все стороны равномерно;
 - источник не имеет предпочтительного направления для распространения звука;
 - звук распространяется от источника радиально, образуя сферическую волну.
- 4) источник света — материальная точка, задающая параметры освещенности объектов сцены;
- 5) камера — материальная точка в пространстве, которая определяет обзор и параметры визуализации.

1.3 Методы описания моделей на сцене

В компьютерной графике выделяют три основных вида описания моделей на сцене [4]:

- 1) каркасные — дают представление о поверхности объекта, но описывают его только дискретными элементами каркаса (точки или линии);
- 2) поверхностные — также дают представление о поверхности объекта, но несут информацию обо всех точках, принадлежащих этой поверхности;
- 3) твердотельные — объекты в виде сплошных тел, т. е. в виде сочетания всех точек занимаемого моделью объема.

В данном курсовом проекте выдвинуты следующие критерии к методам описания моделей на сцене [5]:

- 1) сложность обработки;
- 2) количество информации о модели.

Вывод

В таблице 1.1 приведены результаты сравнения методов описания моделей на сцене, исходя из выдвинутых критериев [6].

Таблица 1.1 – Сравнительная таблица для методов описания объектов на сцене

	Каркасная	Поверхностная	Твердотельная
<i>Сложность обработки</i>	$O(k \cdot n)$	$O(n^2)$	$O(n^3)$
<i>Количество информации</i>	Только вершины модели	Каркасная модель, дополненная информацией о всех точках поверхности	Поверхностная модель, дополненная информацией о внутренних точках

В качестве реализуемого метода был выбран **поверхностный** способ описания объектов сцены, так как он обладает оптимальной сложностью обработки $O(n^2)$ и при этом предоставляет всю необходимую информацию для решения поставленных задач.

1.4 Выбор алгоритма удаления невидимых линий и поверхностей

Для построения реалистичных изображений необходимо предусмотреть возможность удаления невидимых линий и поверхностей.

Выделяют два основных вида таких алгоритмов [7]:

- 1) алгоритмы, работающие в пространстве объекта: использующий Z-буфер, Варнока;
- 2) алгоритмы, работающие в пространстве изображения: Робертса.

В данном курсовом проекте выдвинуты следующие критерии к алгоритмам удаления невидимых линий и поверхностей [8]:

- 1) система координат, с которой работают алгоритмы;
- 2) объем вычислений.

В таблице 1.2 приведены результаты сравнения алгоритмов, работающих в пространстве объекта и в пространстве изображения [8]

Таблица 1.2 – Сравнительная таблица для алгоритмов, работающих в пространстве объекта и в пространстве изображения

	Алгоритмы, работающие в пространстве объекта	Алгоритмы, работающие в пространстве изображения
<i>Система координат</i>	Алгоритмы работают с физической системой координат	Алгоритмы работают с экранной системой координат
<i>Объем вычислений</i>	Растет, как квадрат числа объектов n : $O(n^2)$	Растет, как число объектов n , умноженное на число пикселей k : $O(n \cdot k)$

Далее рассматриваются только **алгоритмы, работающие в пространстве изображения**, так как они обладают линейной сложностью $O(n)$ (*при фиксированном количестве пикселей на экране*), а также работают с экранной системой координат.

1.4.1 Алгоритм, использующий Z-буфер

Алгоритм был предложен Эдом Кэтмулом и представляет собой обобщение буфера кадра. Обычный буфер кадра хранит в пространстве изображения коды цвета для каждого пикселя.

Идея алгоритма удаления поверхностей с Z-буфером состоит в том, чтобы для каждого пикселя дополнительно хранить величину глубины или координату Z. Когда очередной пиксель заносится в буфер кадра, происходит сравнение значения его Z-координаты с координатой Z пикселя, который уже имеется в буфере. Атрибуты нового пикселя и его Z-координата заносятся в буфер, если он ближе к наблюдателю, т. е. если Z-координата нового пикселя больше, чем координата старого.

Главное преимущество алгоритма заключается в его простоте, однако для его реализации требуется большой объем памяти. Кроме решения общей задачи удаления невидимых линий и поверхностей он позволяет достаточно просто вычислять изображение сечения трехмерного объема плоскостью с произвольной координатой Zсеч, что предоставляет возможность обрабатывать сцену любой сложности [9; 10].

1.4.2 Алгоритм Варнока

Алгоритм работает в пространстве изображения и анализирует область на экране дисплея (окно) на наличие в них видимых элементов:

- если в окне нет изображения, то оно просто закрашивается фоном;
- если в окне имеется элемент, то проверяется, достаточно ли он прост для визуализации;
- если объект сложный, то окно разбивается на более мелкие, для каждого из которых выполняется тест на отсутствие и/или простоту изображения.

Рекурсивный процесс разбиения может продолжаться до тех пор пока не будет достигнут предел разрешения экрана [7].

Алгоритм может быть реализован в двух вариантах в зависимости от решаемой задачи:

- 1) удаление невидимых линий, в результате чего получается контурное изображение элементов сцены;

2) удаление невидимых поверхностей.

Реализация двух подходов различается в определении цвета областей, которые являются частями изображения каких-либо граней. Если область содержит пиксели, относящиеся к одной грани, и не содержит границ полигонов, то при удалении невидимых поверхностей визуализируемое изображение принимает значение цвета этой грани. Для случая удаления невидимых линий такая область считается «пустой», то есть не содержащей элементов изображения [9].

Вывод

В качестве реализуемого алгоритма удаления невидимых линий и поверхностей был выбран **алгоритм, использующий Z-буфер** в силу его простоты и универсальности (*в виде обработки сцен любой сложности*).

1.5 Выбор модели освещения

Для корректного наблюдения за ходом выполнения моделируемых исследований существует необходимость в выборе модели освещения. Выделяют две основных модели освещения [11]:

- 1) модель Ламберта;
- 2) модель Фонга.

1.5.1 Модель Ламберта

В общем виде модель освещения Ламберта состоит из суммы фоновой и диффузной компонент:

$$I = I_a + I_d = m_a \cdot L_a + m_d \cdot k_d \cdot L_d \quad (1.1)$$

где, I_a — интенсивность фоновой составляющей;

I_d — интенсивность диффузной составляющей.

Модель Ламберта является одной из самых простых моделей освещения. Данная модель очень часто используется как часть других моделей, поскольку практически в любой другой модели освещения можно выделить диффузную составляющую. Данная модель может быть очень удобна для анализа свойств других моделей. Она является существенной частью модели Фонга [11].

1.5.2 Модель Фонга

В 1975 Фонг предложил модель освещения достаточно гладких поверхностей. Эта модель давно стала классикой и до сих пор остается самой популярной в компьютерной графике. В общем виде модель освещения Фонга состоит из суммы фоновой, диффузной и зеркальной составляющей и имеет следующий вид [11]:

$$I = I_a + I_d + I_s = m_a \cdot L_a + m_d \cdot k_d \cdot L_d + m_s \cdot k_s \cdot L_s \quad (1.2)$$

где, I_a — интенсивность фоновой составляющей;

I_d — интенсивность диффузной составляющей;

I_s — интенсивность зеркальной составляющей.

Вывод

Исходя из потребности в корректном и детальном наблюдении за ходом выполнения моделируемых исследований, в качестве модели освещения была выбрана **модель освещения Фонга**, являющаяся более сложной и классической по сравнению с моделью Ламберта.

1.6 Выбор метода закраски

Для идентификации и визуально корректного отображения объектов сцены необходимо выбрать алгоритм закраски. Выделяют три основных вида методов закраски [12]:

- 1) простая закраска;
- 2) закраска по Гуро;
- 3) закраска по Фонгу.

Далее будут рассмотрены только метод простой закраски и метод закраски по Гуро, так как метод закраски по Фонгу требует больших вычислительных затрат, которые не являются необходимыми [9].

1.6.1 Метод простой закраски

Алгоритм простой закраски вызывает расчет по модели освещения только 1 раз, в одной контрольной точке, которая может быть как вершиной примитива, так и его центром. Полученный таким образом цвет применяется ко всем пикселям примитива.

Этот алгоритм используется в том случае, когда важно не качество изображения, а производительность и относительно небольшие вычислительные затраты [11].

1.6.2 Метод закраски по Гуро

Метод Гуро — закрашка, согласно которой цвет примитива рассчитывается лишь в вершинах, а затем линейно интерполируется по его поверхности, что значительно снижает вычислительные затраты.

Закраска граней по методу Гуро осуществляется в четыре этапа [12]:

- 1) вычисление нормали к каждой грани;
- 2) определение нормали в вершинах многогранника путем усреднения нормали по всем полигональным граням, которым принадлежит вершина;
- 3) вычисление значения интенсивности освещения в вершинах при помощи нормали в вершинах;
- 4) закрашивание каждого многоугольника путем линейной интерполяции значений интенсивности в вершинах.

Вывод

Исходя из потребности только в идентификации объектов сцены и быстродействии, в качестве метода закраски был выбран метод простой закраски.

1.7 Вывод

В данном разделе были формализованы объекты сцены, а также рассмотрены методы описания моделей на сцене. Кроме того, были рассмотрены алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей, модели освещения и методы закраски.

Были выбраны следующие алгоритмы, модели и методы:

- 1) в качестве алгоритма удаления невидимых линий и поверхностей — алгоритм, использующий Z-буфер;
- 2) в качестве модели освещения — модель освещения Фонга;
- 3) в качестве метода закраски — метод простой закраски.

2 Конструкторский раздел

В данном разделе представлены требования к программному обеспечению и формальное описание алгоритмов, выбранных в аналитическом разделе.

2.1 Требования к программному обеспечению

Разработанная программа должна обладать следующим функционалом:

- 1) перемещение, поворот и масштабирование сцены;
- 2) добавление и удаление объектов сцены;
- 3) добавление и удаление точечных источников звуковых волн;
- 4) добавление и удаление единственного точечного источника освещения;

2.2 Разработка алгоритмов

В данном разделе будут представлены схемы алгоритмов.

2.2.1 Общий алгоритм решения поставленной задачи

Общий алгоритм решения поставленной задачи представлен на рисунке 2.1. На вход подаются параметры моделей (*преград*), камеры, волны (*если она есть*). На выходе получается сцена в текущий момент времени.

2.2.2 title

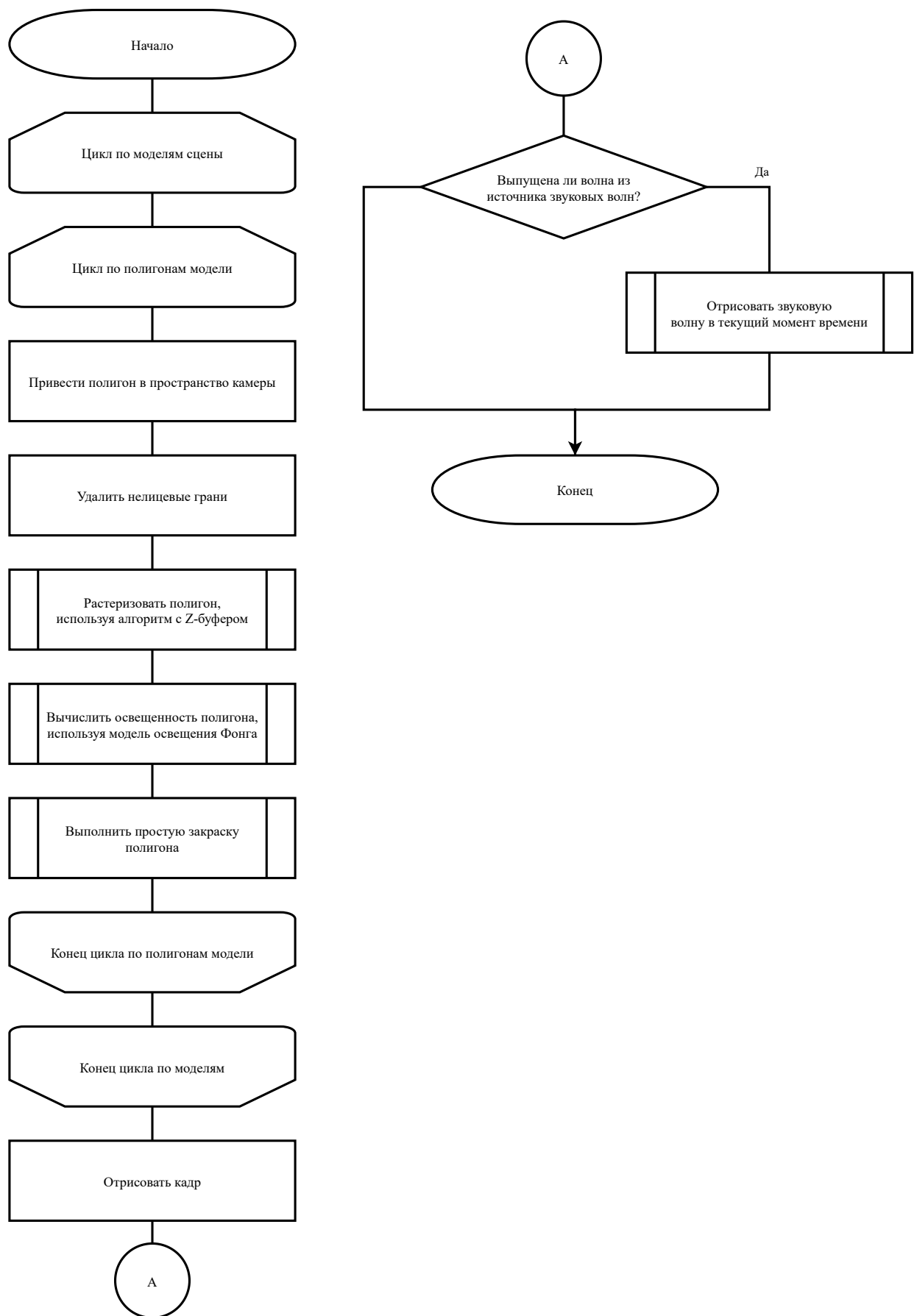


Рисунок 2.1 – Схема общего алгоритма решения поставленной задачи

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Е. Ю. Цыбина.* КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА. СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ. // . — 2022. — С. 4.
2. *А. Г. Волобой.* Автореферат на тему «Программные технологии автоматизации построения реалистичных изображений». // . — 2012. — С. 35.
3. *Ю. Д. Кишиневская, Д. К. Иеронов.* ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗВУКА И ЕГО ДЕЙСТВИЕ НА СТРУЮ ЖИДКОСТИ. // . — 2018. — С. 8.
4. *Ю. Н. Косников.* Поверхностные модели в системах трехмерной компьютерной графики. // . — 2007. — С. 60.
5. *«ЛЭТИ» С.-П. государственный электротехнический университет.* Конспект лекций по компьютерной графике. // . — 2014. — С. 6.
6. *С. А. Роменский, С. И. Ротков.* Формирование трехмерной каркасной модели в проблеме преобразования чертежноконструкторской документации на бумажном носителе в электронную модель объекта. // . — 2020. — С. 16.
7. Удаление скрытых линий и поверхностей. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://algolist.ru/graphics/delinvis.php> (дата обращения: 29.09.23).
8. Сравнительный анализ алгоритмов удаления невидимых линий и поверхностей, работающих в пространстве изображения. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/3958> (дата обращения: 05.10.23).
9. *А. А. Головин.* БАЗОВЫЕ АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ. // . — 2016. — С. 18.
10. *Н. И. Витиска, Н. А. Гуляев, И. Г. Данилов В. В. С.* ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЯМОЙ ОБЪЕМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ КАЧЕСТВА. // . — 2020. — С. 82.
11. *А. Г. Задорожный.* МОДЕЛИ ОСВЕЩЕНИЯ И АЛГОРИТМЫ ЗАТЕНЕНИЯ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ. // . — 2020. — С. 80.
12. *Ю. А. Иванова.* Лекция на тему «Методы закраски». // . — 2019. — С. 51.