



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:

«Создание модели детали на основе объектов с
использованием операций объединения и и вычитания»

Студент группы ИУ7-56Б

(Подпись, дата)

<П. А. Калашков>

(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы

(Подпись, дата)

<Н. В. Новик>

(И.О. Фамилия)

Нормоконтролер

(Подпись, дата)

<А. В. Куров>

(И.О. Фамилия)

2022 г.

РЕФЕРАТ

TODO Расчетно-пояснительная записка 26 с., 8 рис., 0 табл., X ист., X прил.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Аналитическая часть	10
1.1 Анализ методов создания сложных твердотельных моделей	10
1.1.1 Клонирование примитивов	10
1.1.2 Граничное представление	11
1.1.3 Нумерация пространственного заполнения (воксельный метод)	13
1.1.4 Октантное дерево	14
1.1.5 Выметание (Sweeping)	15
1.1.6 Конструктивная сплошная геометрия (CSG)	17
2 Конструкторская часть	21
3 Технологическая часть	22
4 Исследовательская часть	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	25
ПРИЛОЖЕНИЕ А	26

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем отчёте о практике применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Raymarching — алгоритм трассировки лучей

ПО — программное обеспечение

CSG — Constructive Solid Geometry — конструктивная сплошная геометрия

SDF — Signed Distance Field — поле расстояний со знаком

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня для повышения качества разрабатываемых продуктов, а также для увеличения эффективности труда, обычное двумерное проекционное черчение постепенно заменяется трёхмерным моделированием (также известным как твердотельное моделирование), которое работает с объектами, состоящими из замкнутого контура. Такой подход помогает обеспечить достаточно полное описание трёхмерной геометрической формы.

Моделирование твёрдых тел является важной частью проектирования и разработки различных изделий, например, инженерных деталей. Все тела можно разделить на базовые и составные. К базовым относят примитивы: параллелепипед, шар, цилиндр, конус и др. Тем не менее, в жизни можно редко встретить объекты, состоящие из одного базового тела, ведь обычно тела сложны по своей структуре и относятся к числу составных тел. Такие тела можно сформировать в результате операций над базовыми (используя булевы функции сложения, пересечения и вычитания). Существует несколько способов представления таких тел, из которых необходимо выбрать наиболее подходящий.

После окончания моделирования тела наступает этап визуализации, в котором необходимо предусмотреть возможность просмотра модели с разных ракурсов (камер). Для этой цели также существует несколько способов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Из них также необходимо выбрать оптимальный.

После создания тела его нужно отрисовать. Отрисовка может требовать больших вычислительных мощностей. Возложить процесс отрисовки можно на центральный процессор (CPU) или на графический (GPU). Следует выбрать подходящий вычислительный ресурс и отрендерить объект. Все приведённые выше действия наводят на мысль о создании специального программного обеспечения, которое объединит в себе решение озвученных задач и приведёт к конечному результату — созданию твердотельной модели.

Целью работы является проектирование программного обеспечения, позволяющего моделировать твердотельные модели на основе примитивов и логических операций. Таким образом, необходимо выбрать оптимальные алгоритмы представления твердотельной модели, её преобразований, визуализации, а также программной обработки, спроектировать процесс моделирования и предоставить схему для его реализации.

1 Аналитическая часть

В данном разделе проводится анализ и выбор методов создания и рендера сложных твердотельных моделей.

1.1 Анализ методов создания сложных твердотельных моделей

Моделирование твёрдого тела — это последовательный и непротиворечивый набор принципов математического и компьютерного моделирования трёхмерных твёрдых тел. На данном этапе рассмотрим существующие методы представления твёрдых тел.

1.1.1 Клонирование примитивов

Данный метод представления основан на понятии семейств объектов. Семейством называют группу объектов, отличающихся несколькими параметрами друг от друга. Например, с помощью операций поворота и масштабирования из исходного объекта можно получить семейство (рисунок 1).

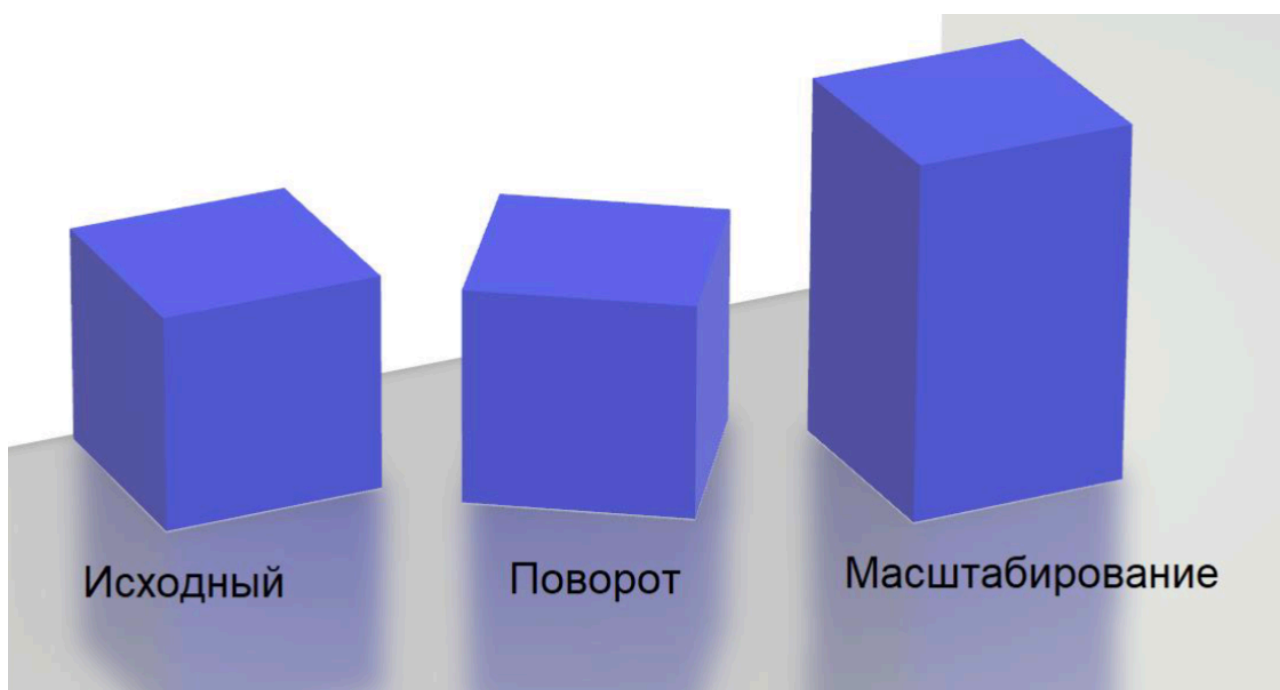


Рисунок 1 – Пример семейства объектов.

При этом каждое семейство объектов называется общим примитивом, а отдельные объекты называются примитивными экземплярами. Так, семейство гаек является общим примитивом, а конкретная гайка, определённая набором

характеристик, является примитивным экземпляром. Особенностью данного метода является невозможность создать сложный объект сочетанием экземпляров. Рассмотрим плюсы и минусы.

Минусом данного метода является сложность написания алгоритмов для вычисления свойств представленных тел — отсутствие возможности написать общий алгоритм из-за уникальности примитивов ;

К плюсам можно отнести простоту реализации алгоритма, если требуется представление только конкретного семейства моделей.

Для решения поставленной задачи необходим метод, который позволит не зависеть от типа модели, её формы и параметров.

Изучив данный метод, можно заключить, что он не подходит для решения поставленной задачи, так как возникает необходимость в подробном описании всех свойств определённого семейства, что будет проблематично осуществить для составных тел.

1.1.2 Граничное представление

В граничном представлении (*англ.* Brep — Boundary Representation) твердотельные модели представляются как совокупность двумерных границ, которые описывают трёхмерную модель. Твёрдое тело описывается как замкнутая пространственная область, ограниченная набором элементарных поверхностей (граней), имеющих образующие контуры (рёбра) на границе и признак внешней или внутренней стороны поверхности (см. рисунок 2).

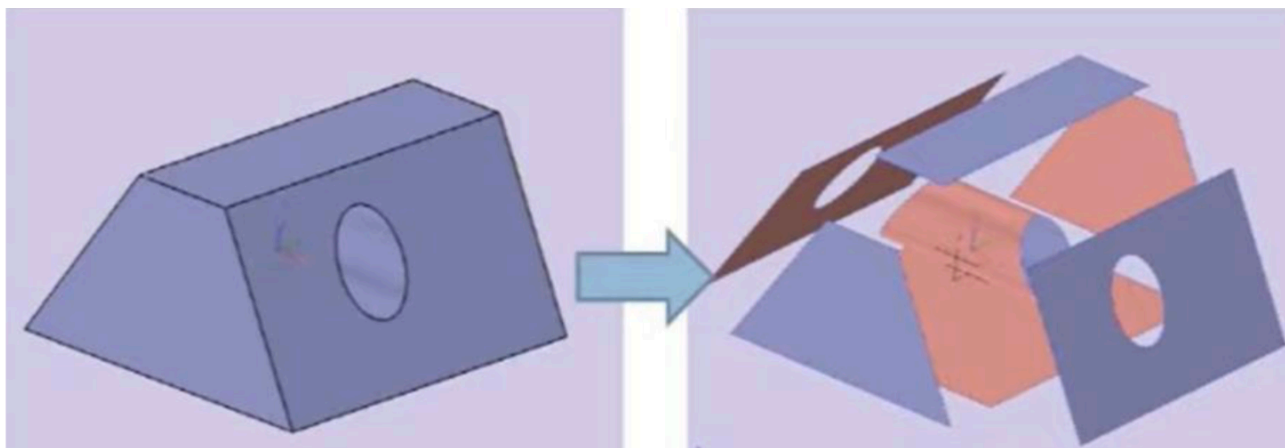


Рисунок 2 – Пример представления твёрдого тела как замкнутой области и набором поверхностей.

Такая схема проектирования крайне распространена в приложениях САПР, но, несмотря на это, она также имеет ряд недостатков, которые могут привести к проблемам визуализации результата.

Минусы:

- большие затраты памяти;
- проблемы получения описывающих формул в случае сложных объектов;
- потребность в большой вычислительной мощности в момент рендера.

Плюсы:

- метод подходит не только для твёрдых тел с плоскими гранями, но и для тел с криволинейными гранями или краями;
- благодаря хранению информации о всех составляющих модели, метод обеспечивает высокую точность;
- метод позволяет эффективно хранить информацию о свойствах материалов получаемого тела.

Таким образом, данный метод не подходит для решения поставленной задачи, так как он требует значительное количество памяти для хранения необходимой информации, а также вычислительных мощностей в момент рендера.

1.1.3 Нумерация пространственного заполнения (воксельный метод)

Данный метод получил своё название благодаря работе с пространственными ячейками (вокселями), который заполняют моделируемое тело. Данные ячейки представляют собой кубы фиксированного размера и расположены в заданной пространственной сетке. Полученный в результате 3D объект является совокупностью закрашенных вокселей (рис. 3).

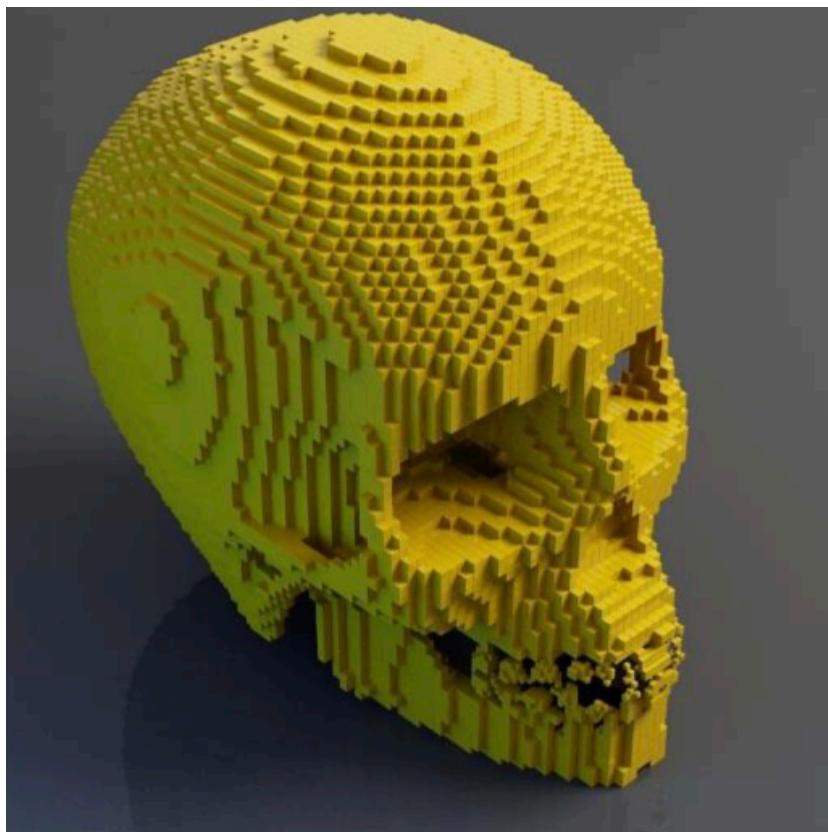


Рисунок 3 – Пример изображения, полученного в результате использования воксельного метода.

Каждая ячейка при этом должна быть представлена основной характеристикой — например, координатами центра. При сканировании обычно устанавливается определённый порядок обхода, а соответствующий упорядоченный набор координат называется пространственным массивом.

Такие пространственные массивы являются уникальными твёрдотельными представлениями, однако они слишком подробны для использования в качестве основного метода хранения модели.

Минусы:

- большие затраты памяти;
- каждая ячейка хранит информацию не только о своей координате, но и о цвете, плотности, оптических характеристиках и т. д.;
- разрешение итогового изображения зависит от размера и формы вокселей.

Плюсы:

- простота метода представления;
- однозначность представления.

Простота и однозначность построения способствуют использованию данного метода при построении представлений, однако структурно использование кубических вокселей приводит к тому, что для рендера, например, сферы, будет необходимо проводить сглаживание краёв, что является дополнительной вычислительной нагрузкой

В нашем случае недостатком является и избыточная информация о каждой ячейке. Таким образом, самостоятельное использование данного метода является неэффективным, однако в совокупности с другими методами можно использовать преимущества аппроксимации для повышения качества изображения тела.

1.1.4 Октантное дерево

Данная схема представления является улучшением воксельного метода. Строится октантное дерево, каждый узел которого соответствует некоторому кубу в трёхмерном пространстве, и для каждого куба определяется его принадлежность модели. У каждого корня дерева есть 8 потомков, т.е. куб делится на 8 равных частей (рис.4).

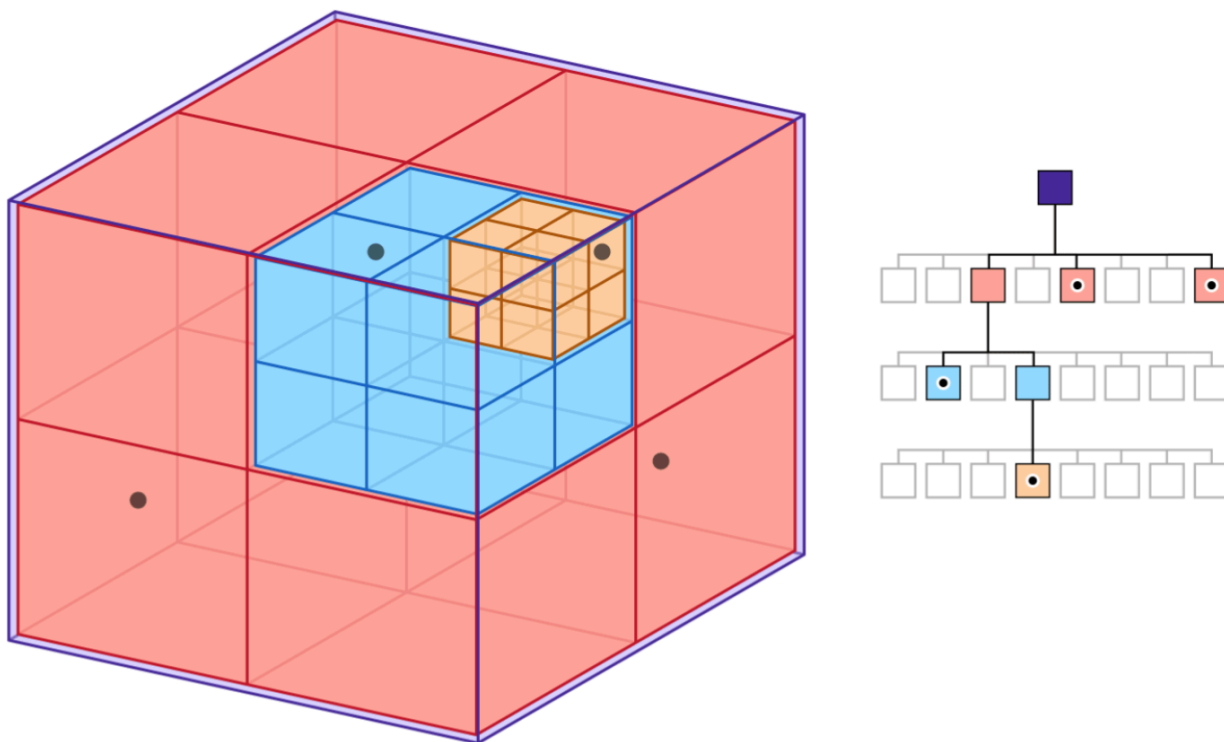


Рисунок 4 – Разделение куба на 8 равных частей и получение октантного дерева.

Метод позволяет устранить недостаток метода 1.1.3, связанного затратами памяти из-за хранения большого количества данных. И хотя, сохраняя данные только об используемых частях модели, данный метод экономит память в сравнении с воксельным, по отношению к другим методам, памяти расходуется много.

Минусы:

- деление примитива рёбрами кубов дерева может снижать эффективность;
- возможное выведение на экран невидимых объектов.

Плюсы:

- простота метода представления;
- однозначность представления.

1.1.5 Выметание (Sweeping)

Данный метод позволяет получить трёхмерную модель из двумерной посредством движения по заданной траектории (sweep), например, движения во-

круг заданной оси или относительно грани (рис. 5)

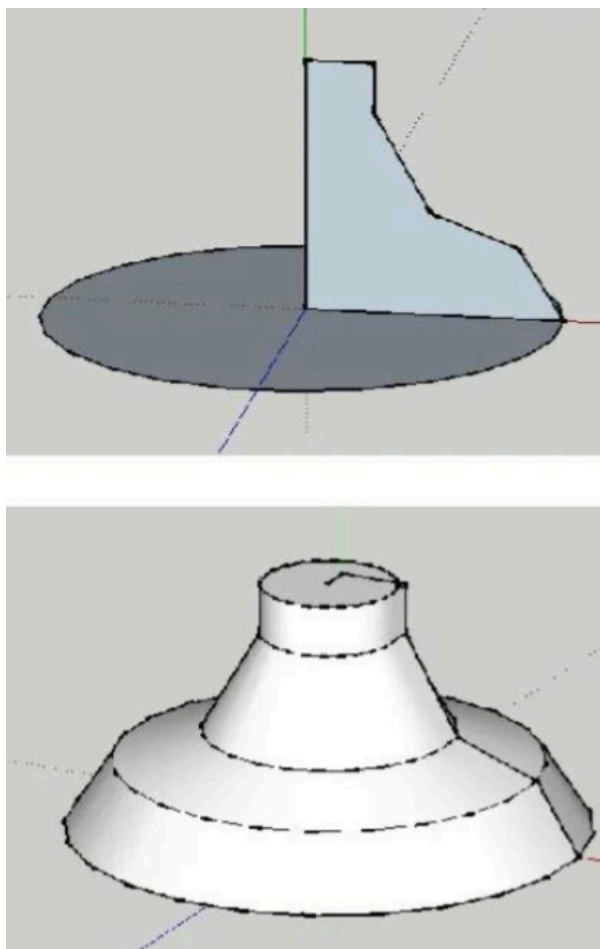


Рисунок 5 – Пример получения трёхмерного изображения посредством вращения фигуры вокруг заданной оси.

Недостатком данного метода является необходимость задавать траектории движения 2D объектов, что может быть проблематично для тел, имеющих сложную форму.

К преимуществам выметания можно отнести удобство определения простых форм через простые плоские фигуры, а также возможность использования метода для быстрого удаления материала внутри тела (рис. 6).

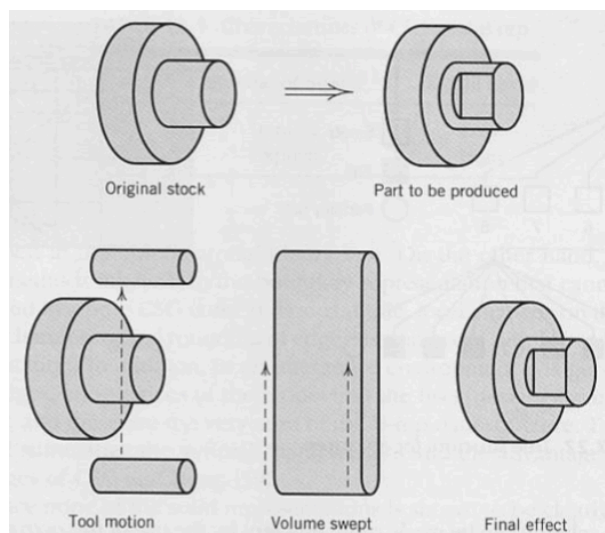


Рисунок 6 – Пример удаления материала внутри тела посредством алгоритма выметания.

1.1.6 Конструктивная сплошная геометрия (CSG)

Метод конструктивной сплошной геометрии основан на комбинировании примитивов посредством логических операций (объединения, пересечения, вычитания). Любое составное тело может быть описано в виде традиционного уравнения из булевых функций, аргументами которого могут быть как примитивы, так и другие составные тела. Такое представление ещё называют деревом построений (рис. 7).

Формула:

$$c^2 = a^2 + b^2 \quad (1)$$

Ссылаемся на рисунок 8. Информация из источника [1].

Листинг 1: Пример кода

```

1 package main
2
3 import (
4     "bufio"
5     "fmt"

```

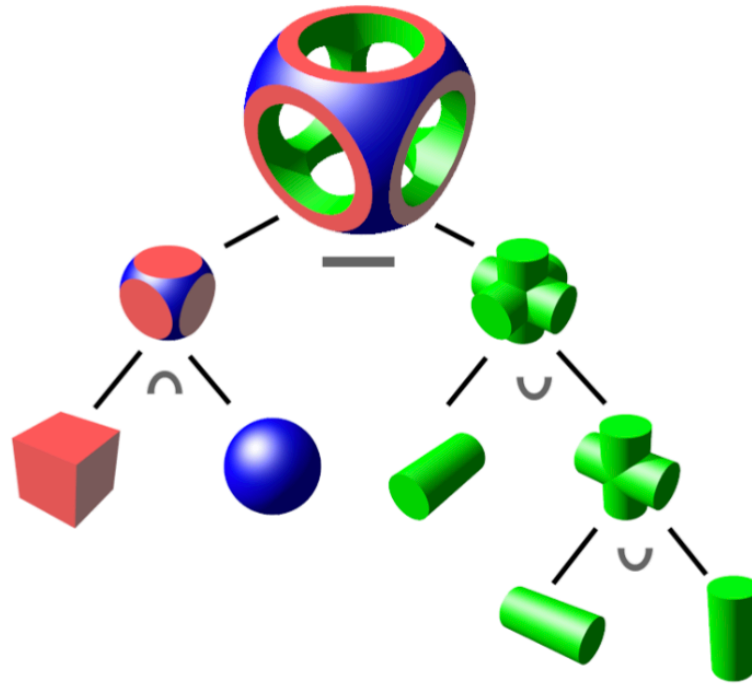


Рисунок 7 – Дерево построений при использовании CSG.

```

6      "net/http"
7  )
8
9  func main() {
10     resp, err := http.Get("http://gobyexample.com")
11     if err != nil {
12         panic(err)
13     }
14     defer resp.Body.Close()
15
16     fmt.Println("Response status:", resp.Status)
17
18     scanner := bufio.NewScanner(resp.Body)
19     for i := 0; scanner.Scan() && i < 5; i++ {
20         fmt.Println(scanner.Text())
21     }
22
23     if err := scanner.Err(); err != nil {

```

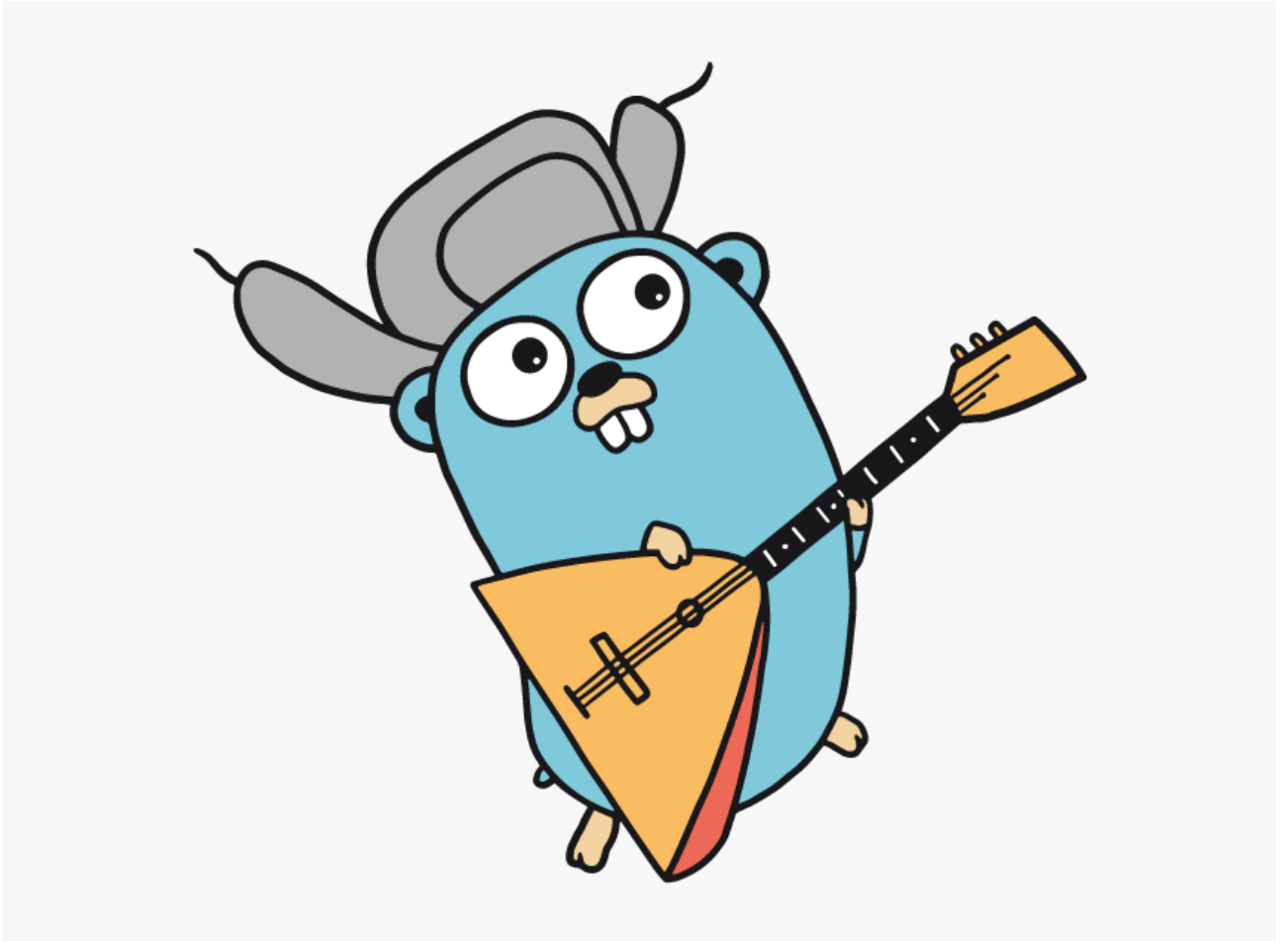


Рисунок 8 – Пример рисунка


```
24         panic(err)
25     }
26 }
```

2 Конструкторская часть

3 Технологическая часть

4 Исследовательская часть

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Golang [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://golang.org/>, свободный (дата обращения: 03.06.2021).

ПРИЛОЖЕНИЕ А