

**Секция «Актуальные проблемы инженерно-технических и естественных наук: от образования к производству»,
научный руководитель – Ечмаева Г.А., канд. пед. наук, доцент**

УДК 004.94

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ СОЗДАНИИ
3D МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ OPENSCAD**

Ахмедова А.А., Бережная В.А., Миннахметова Р.Д.

*Тобольский педагогический институт им. Д.И. Менделеева, филиал ТюмГУ, Тобольск,
e-mail: echmaeva@mail.ru*

Идеи использования параметрического подхода в моделировании, в том числе и трехмерном, появились еще на ранних этапах развития систем автоматизированного проектирования (САПР), но долгое время оставались не реализованными из-за недостаточной производительности имеющейся компьютерной техники. Одним из сильных сторон среды трехмерного моделирования OpenSCAD является возможность при написании скрипта модели использовать параметрические конструкции. Использование данного подхода позволяет оптимизировать процесс моделирования, минимизировать принципиальные ошибки в описании модели, придает большую гибкость создаваемой модели. Любые изменения параметров приводят к изменению конфигурации моделируемого объекта, что значительным образом упрощает повторное использование скрипта. В работе представлен базовый инструментарий параметрического моделирования в среде OpenSCAD и показаны возможности его применения.

Ключевые слова: 3D моделирование, OpenSCAD, параметрические модели

**IMPLEMENTATION OF THE PARAMETRIC APPROACH AT THE CREATION OF
3D MODELS IN THE OPENSCAD MEDIUM**

Akhmedova A.A., Berezhnaya V.A., Minayakhmetova R.D.

*Tobolsk pedagogical Institute D.I. Mendeleev, branch of University of Tyumen, Tobolsk,
e-mail: echmaeva@mail.ru*

Ideas of the use of self-reactance approach are in a design, including three-dimensional, appeared yet on the early stages of development of computer-aided (CAD) designs, but long time remained not realized from the insufficient productivity of present computer technique. One of strong parties of environment of three-dimensional design of OpenSCAD is possibility at writing of script to the model to use self-reactance constructions. The use of this approach allows to optimize a design process, minimize fundamental errors in description of model, gives large flexibility of the created model. Any changes of parameters cause the change of configuration of the designed object, that the repeated use of script simplifies considerable character. The base tool of self-reactance design is in-process presented in the environment of OpenSCAD and possibilities of his application are shown.

Keywords: 3D modeling, OpenSCAD, parametric models

За последнее десятилетие цифровые технологии шагнули далеко вперед. Сегодня изготовление различных промышленных предметов стало возможным не только на заводских условиях, но и дома, благодаря трехмерной печати, которая активно входит в обычную жизнь. Не смотря на то, что 3D принтеры появились совсем недавно, они находят все более широкую сферу применения: техника, быт, получение композитных материалов, медицина и т.д. Такое активное развитие технологии трехмерной печати получили не только благодаря появлению доступных для персонального использования 3D принтеров, но и в связи с появлением легких в освоении сред трехмерного моделирования, позволяю-

щих получать на экране модели объектов любого уровня сложности [2].

В рамках исследования был проведён сравнительный анализ популярных сред для создания 3D моделей. Практически все широко распространенные 3D редакторы используют метод полигонального моделирования (рис. 1). Суть метода заключается в том, что создание модели происходит путем изменения количества, форм и размера полигонов (плоских выпуклых многоугольников). Данный метод позволяет быстро получать требуемую модель, но при этом пользователь не задумывается над тем, по каким закономерностям происходит ее формирование, а также нет возможности получать модели, обладающие определенными визуальными эффектами.

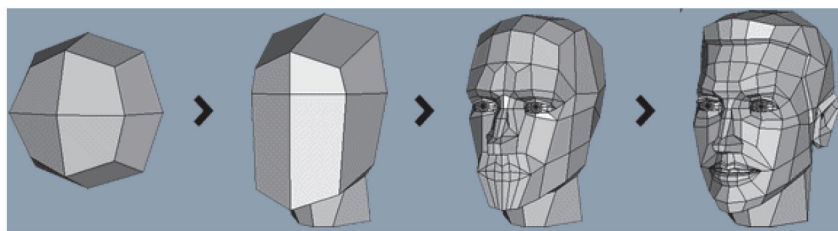
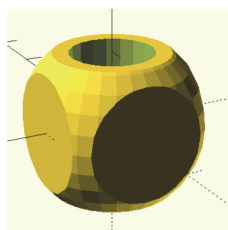


Рис. 1

В противовес полигональному разработан метод параметрического моделирования, позволяющий с помощью математической модели наилучшим образом создать объект идеальной формы и размера, на основе технологии CSG или экструзии. Параметрическое моделирование, несмотря на кажущуюся сложность находит все большее распространение среди инженеров, специалистов и дизайнеров. Вместе с тем, следует отметить, практически полное отсутствие литературных и электронных ресурсов по вопросам параметрического моделирования. Это и определяет актуальность данного исследования.

На общем фоне 3D редакторов выделяется среда OpenSCAD, процесс создания модели в которой кардинально отличается от остальных. Она обладает хорошей математической базой что позволяет применять метод параметрического моделирования. Параметрическое моделирование – это процесс построения модели, основанный на принципах структурированного программирования, когда построение модели выполняется на основе математических закономерностей, при использовании одной или нескольких базовых параметров. Использование параметров при моделировании, делает модель более гибкой и универсальной, что дает возможность менять лишь значения параметра изменить геометрию или размеры модели не нарушая ее пропорции [1].

Пример скрипта модели:



```
a=20;
difference()
{
  intersection()
  {
    cube([a,a,a], center=true);
    sphere(r=a/2*1.3);
  };
  cylinder(r=a/2-4,h=a+2, center=true);
};
```

Рис. 2

Кроме переменных, параметрическое моделирование предполагает возможность использования функций. Функция в данном случае – это вычислительный оператор. Для ее создания необходимо описать сигнатуру. Математические функции расширяют возможности моделирования, позволяют описывать сложные математические модели не большим по объему скриптом.

Следующая составляющая параметрического моделирования – модуль – это функционально законченный поименованный фрагмент программы, предназначенный для многократного использования. Модули позволяют разбивать сложные задачи на более мелкие, и простые. Если в модели есть повторяющиеся фрагменты, то вместо того, чтобы копировать/вставить текст скрипта каждого фрагмента, в OpenSCAD удобнее эти фрагменты представить один раз в виде модуля, и при необходимости многократно использовать. С точки зрения теории программирования Модуль представляет собой подпрограмму-процедуру [1]. Поэтому имя модуля работает как оператор, который можно вызвать в нужный момент.

Пример скрипта модели приведен на рис. 3.

При этом пользователь может значительно расширять возможности среды OpenSCAD, определяя свои собственные модули и функции. Это позволяет группировать части скрипта для легкого повторного использования с разными значениями.

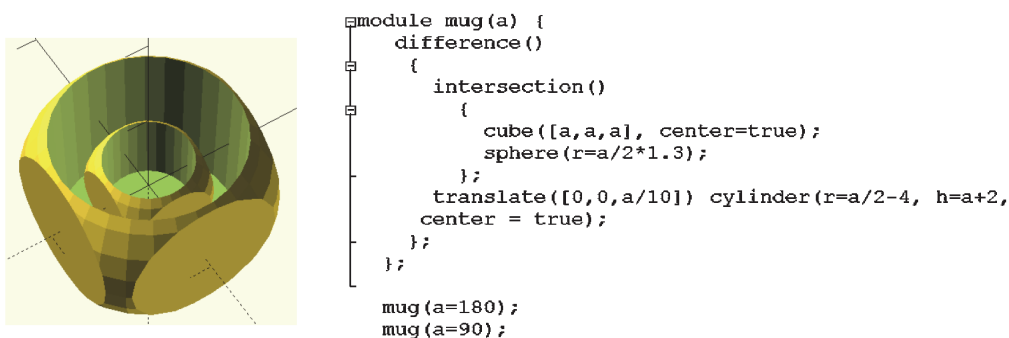


Рис. 3

Пример скрипта модели:

```

function rhomb (x=1, y=1, angle=90) = [ [0, 0], [x, 0],
    [x + x * cos (angle) / sin (angle), y],
    [x * cos (angle) / sin (angle), y] ];
polygon (rhomb (10, 10, 35));
    
```

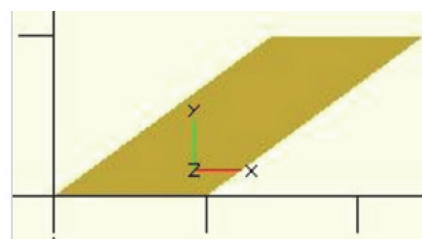


Рис. 4

Также в среде есть возможность использования и создания библиотек. Библиотека – это хранилище компонентов, которые могут быть использованы для построения модели. Они позволяют использовать ранее разработанные проекты для новых моделей [3].

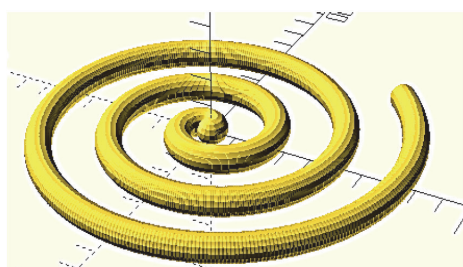
Самой известной встроенной библиотекой в OpenSCAD является библиотека MCAD. Она содержит компоненты, используемые при проектировании механических конструкций. Библиотека является открытой, распространяется под лицензией LGPL 2.1, поэтому может пополняться всеми желающими. Для ее использования при проектировании своих моделей достаточно в скрипте указать:

```

use <MCAD/filename.scad>;
или
include <MCAD/filename.scad>;
    
```

Кроме этого, при построении моделей можно использовать стандартные алгоритмические конструкции: ветвления и циклы. Как показывает практика, при моделировании наиболее часто используются повторяющиеся (циклические) компоненты. Используемые при моделировании циклы бывают регулярными и итеративными [3]. В среде OpenSCAD базовой алгоритмической конструкцией является регулярный цикл, позволяющий создавать 3D модели с регулярными структурами.

Пример скрипта модели:



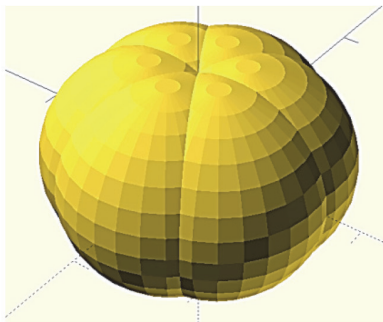
```

for (i=[0:1:1080]) {
    rotate ([0,0,i])
    translate ([i*0.05,i*0.05,0])
    sphere (5);
}
    
```

Рис. 5

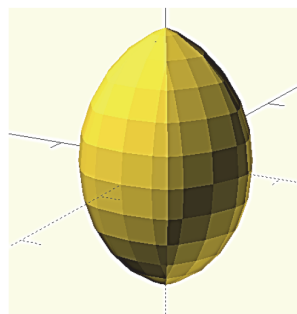
Помимо создания отдельных экземпляров для каждого повторения цикла, OpenSCAD позволяет получить объект, который представляет собой общую часть всех объектов, полученных в цикле. Ниже представлены иллюстрации вариантов использования циклов (рис. 6, 7).

Таким образом, использование параметрического подхода в моделировании 3D объектов значительно сокращает процесс их построения и позволяет легко модифицировать, а также многократно повторно использовать имеющиеся наработки.



```
for(n = [1 : 6]) {
    rotate([0, 0, n * 60])
    translate([5,0,0])
    sphere(r=12);
};
```

Рис. 6



```
intersection_for(n = [1 : 6]) {
    rotate([0, 0, n * 60])
    translate([5,0,0])
    sphere(r=12);
};
```

Рис. 7

Таким образом, небольшие по объему скрипты при использовании параметрического подхода позволяют моделировать геометрически сложные объекты, а так же их легко модифицировать, получая целое семейство подобных моделей.

Список литературы

1. Буслова Н.С. НИР бакалавров педвуза в области информатики: от идеи к итогам (учебно-методическое пособие) / Н.С. Буслова, Г.А. Ечмаева, Е.В. Клименко // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 3–2. – С. 188–190.
2. Ечмаева Г.А. Теоретический аспект формирования инженерного мышления школьников: коллективная монография Теория, практика и перспективы развития современной школы / Г.А. Ечмаева, Е.Н. Малышева; отв. ред. А.Ю. Нагорнова. – Ульяновск, 2017. – С. 173–182.
3. Ечмаева Г.А. Концепция организации центра инновационного творчества школьников в области информатики и кибернетики / Г.А. Ечмаева, Н.М. Косолапова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–2. – С. 459–463.