Компьютерная графика

Шлеймович Михаил Петрович

Темы

1. Введение в компьютерную графику
2. Преобразования модели
3. Преобразования координат
4. Преобразования проецирования
5. Растровая графика
6. Трехмерное моделирование
7. Модели освещения
8. Текстура

Литература

1. Баяковский Ю.М., Игнатенко А.В. Начальный курс OpenGL. – М.: «Планета знаний», 2007
2. Божко А.Н., Жук Д.М., Маничев В.Б. Компьютерная графика: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.
3. Боресков А.В. Графика трехмерной компьютерной игры на основе OpenGL. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2004.
4. Ву М., Девис Т., Нейдер Дж., Шрайнер Д. OpenGL. Руководство по программированию. Библиотека программиста. 4-е издание. – СПб.: Питер, 2006.
5. Евченко А.И. OpenGL и DirectX: программирование графики. Для профессионалов (+CD). – СПб.: Питер, 2006.
6. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
7. Райт Р.С., Липчак Б. OpenGL. Суперкнига, 3-издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.

Литература

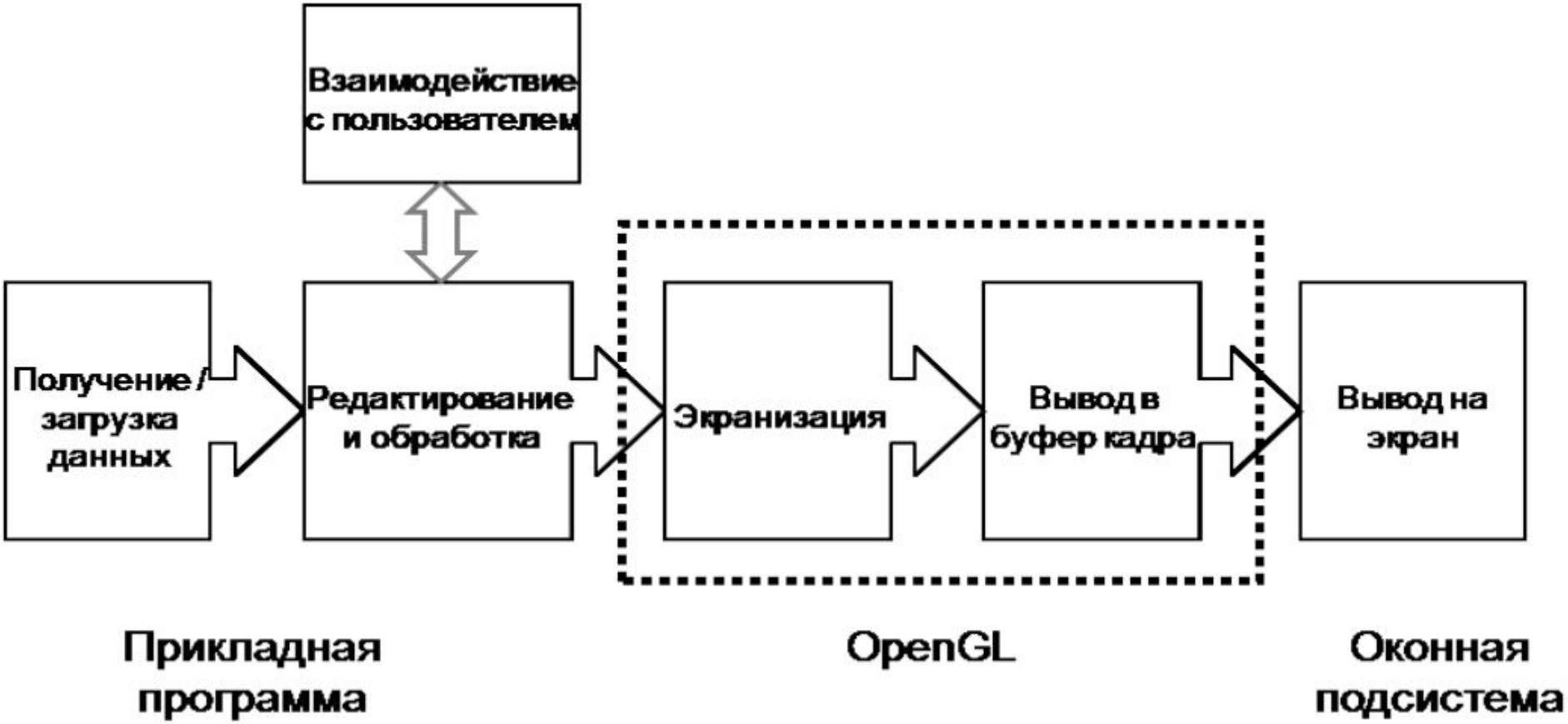
8. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989.
9. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001.
0. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Машиностроение, 1980.
1. Сиденко Л.А. Компьютерная графика и геометрическое моделирование: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2009.
2. Херн Д., Бейкер М. Паулин. Компьютерная графика и стандарт OpenGL, 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.
3. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2002.
4. Эйнджел Э. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.

Учебное пособие

Набережнов Г.М., Максимов Н.Н. Компьютерная геометрия и графика: Учебное пособие / Под ред. канд. техн. наук Г.М. Набережнова. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2009.

1. Введение в компьютерную графику

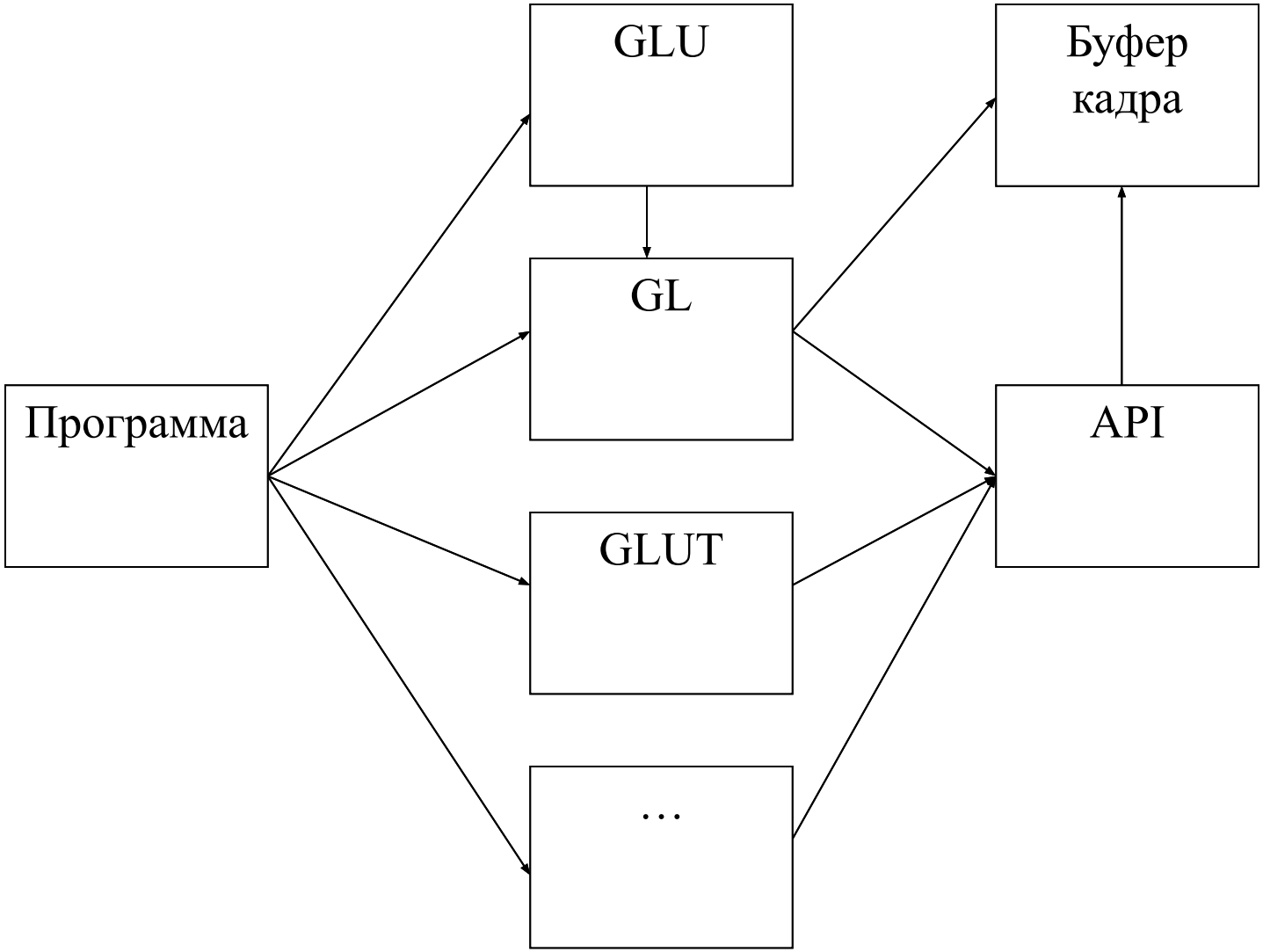
Графический процесс



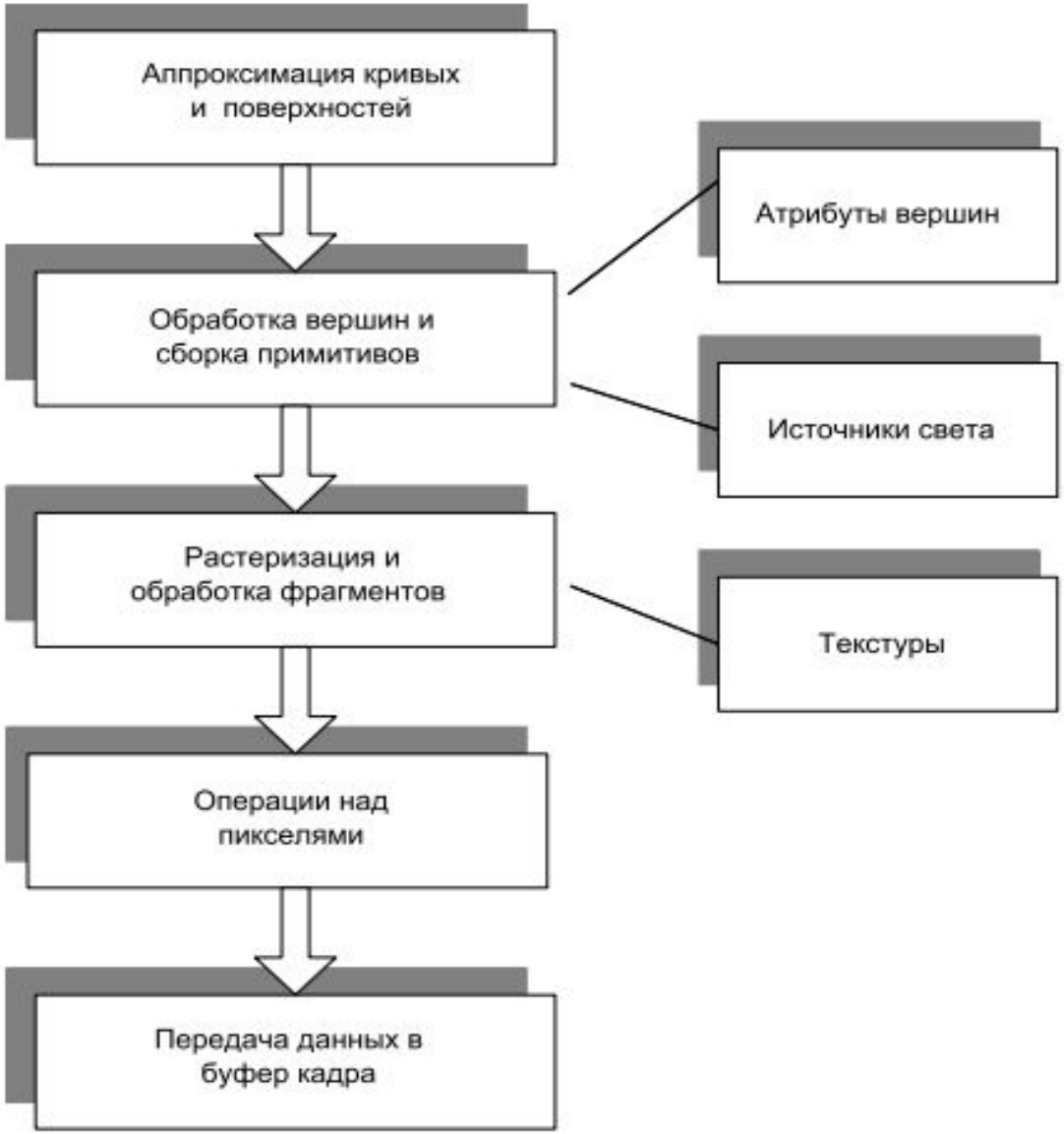
OpenGL

http://www.opengl.org

OpenGL



Конвейер OpenGL



Пример программы 1

```
#include <GL/glut.h>
void init();
void draw();
void main(int argc, char **argv)
{
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(640, 480);
    glutInitWindowPosition(50, 50);
    glutCreateWindow("My program");
    init();
    glutDisplayFunc(draw);
    glutMainLoop();
}
```

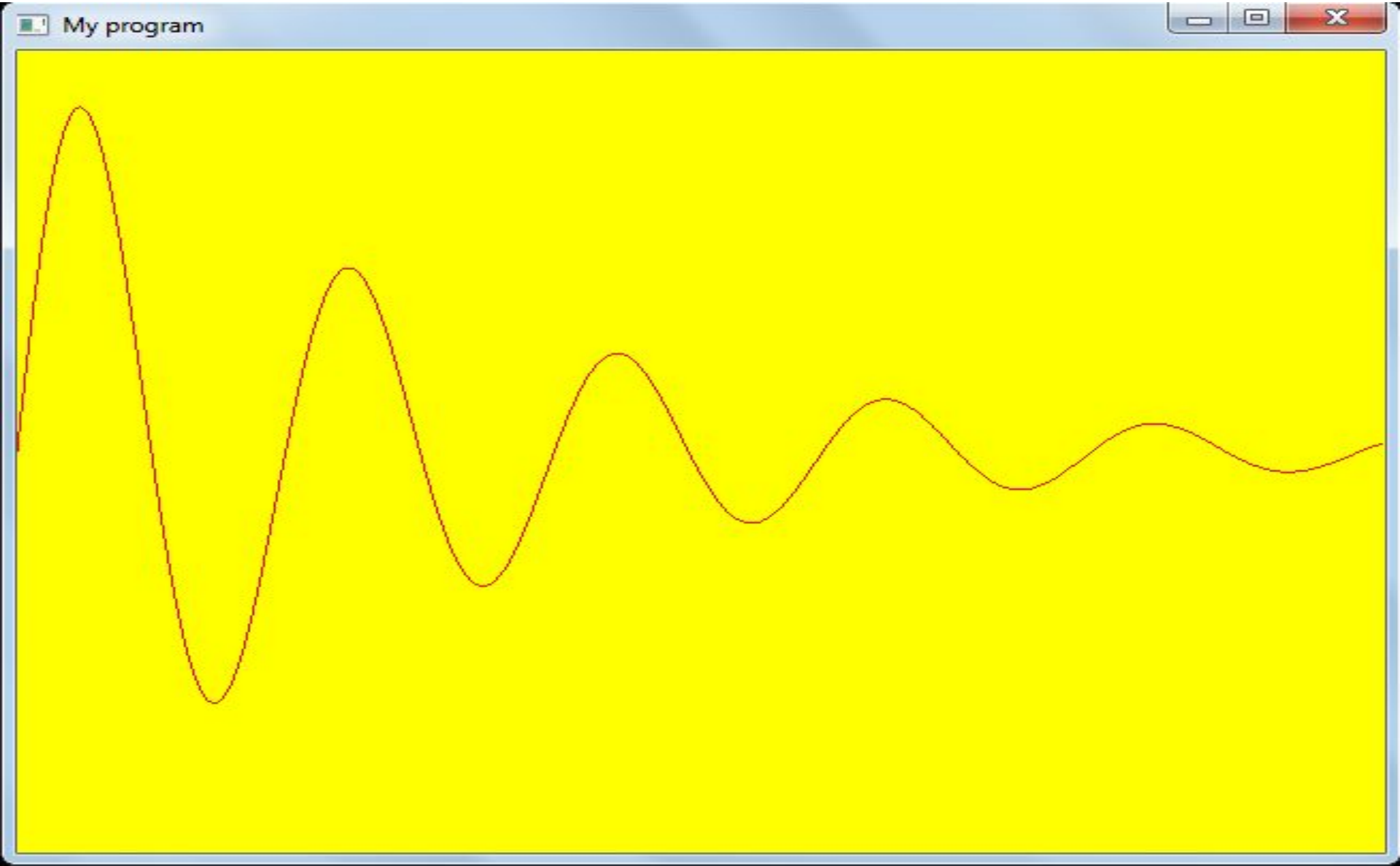
Пример программы 1

```
void init(void)
{
    glClearColor(1.0,1.0,0.0,0.0);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluOrtho2D(0, 640, 0, 480);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}
```

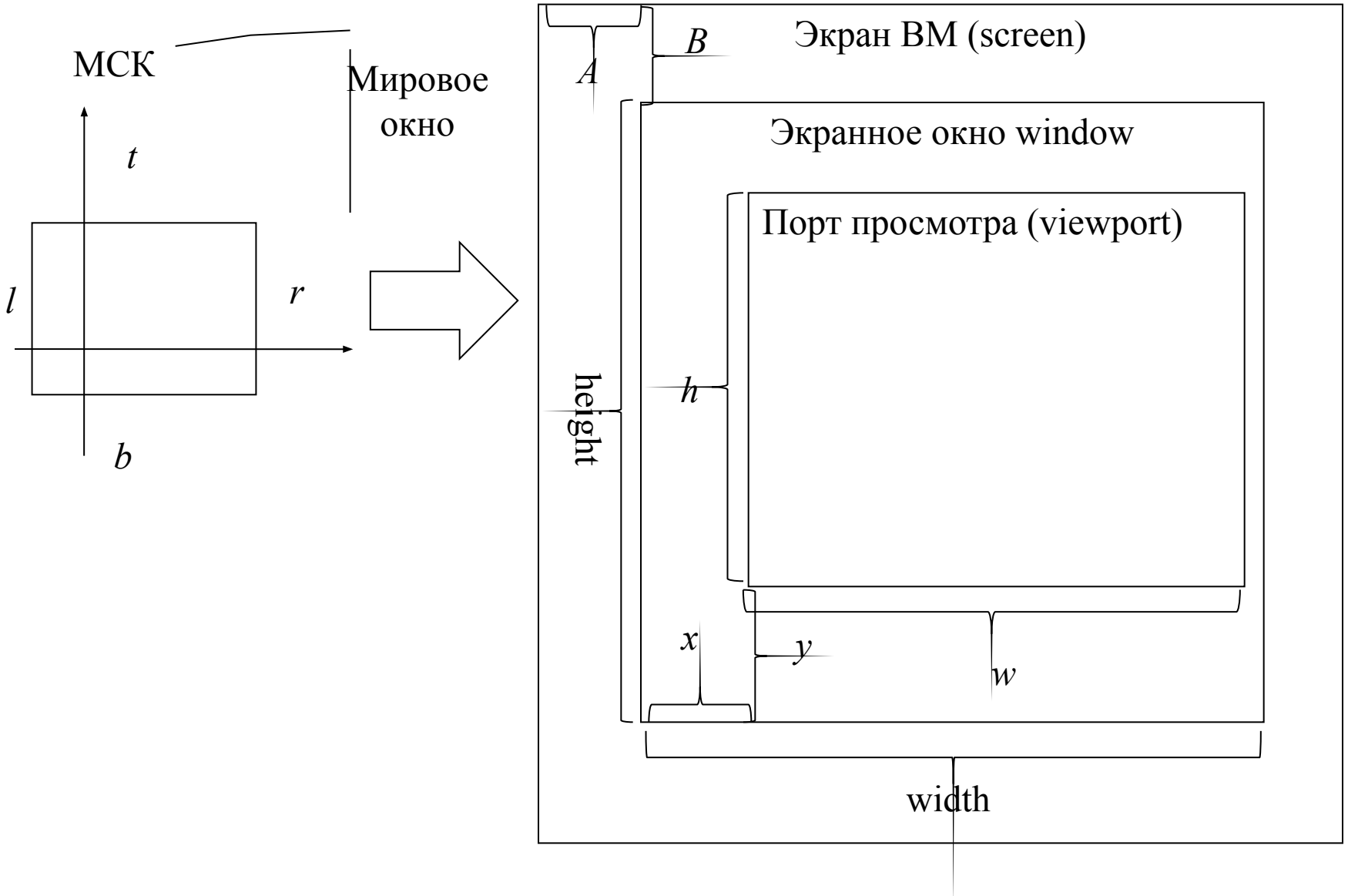
Пример программы 1

```
void draw(void)
{
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glViewport(0, 0, 640, 480);
    glColor3f(1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_LINE_STRIP);
    GLfloat x, y;
    for(x = 0; x < 640; x++)
    {
      y = 240 * (1 + sin(0.05 * x) * exp(-0.005 * x);
      glVertex2f(x, y);
    }
    glEnd();
    glFlush();
}
```

Пример программы 1



OpenGL


МСК
Мировое
окно
t
l
r
b
A
B
Экран ВМ (screen)
Экранное окно window
Порт просмотра (viewport)
height
h
x
y
w
width

Типы OpenGL

Суффикс	Тип	Имя
b	8 – бит, целое	GLbyte
s	16 – бит, целое	GLshort
i	32 – бит, целое	GLint, GLsizei
f	32 – бит, вещественное	GLfloat, GLclampf
d	64 – бит, вещественное	GLdouble, GLclampd
ub	8 – бит, целое, без знака	GLubyte, GLboolean
us	16 – бит, целое, без знака	GLushort
ui	32 – бит, целое, без знака	GLuint, GLenum, GLbitfield

Примитивы

GL_POINTS	Обрабатывает каждую вершину как отдельную точку. Вершина *n* определяет точку *n*.
GL_LINES	Обрабатывает каждую пару вершин как независимый линейный сегмент. Вершины 2*n*-1 и 2*n* определяют прямую *n*. Рисуется *N*/2 прямых.
GL_LINE_STRIP	Рисует связанную группу линейных сегментов от первой вершины до последней. Вершины *n* и *n*+1 определяют прямую *n*. Рисуется *N*–1 прямых.
GL_LINE_LOOP	Рисует связанную группу линейных сегментов от первой вершины до последней, а затем назад к первой. Вершины *n* и *n*+1 определяют прямую *n*. Последняя прямая определена вершинами 1 и *N*. Рисуется *N* прямых.
GL_TRIANGLES	Обрабатывает тройку вершин как независимый треугольник. Вершины 3*n*–2, 3*n*–1и 3*n* определяют треугольник *n*. Рисуется *N*/3 треугольников.

Примитивы

GL_TRIANGLE_STRIP	Рисует связанную группу треугольников. Для нечетного значения n вершины *n*, *n*+1 и *n*+2 определяют треугольник *n*. Для четного значения n вершины *n*+1, *n* и *n*+2 определяют треугольник *n*. Рисуется *N*–2 треугольников.
GL_TRIANGLE_FAN	Рисует связанную группу треугольников. Вершины 1, *n*+1 и *n*+2 определяют треугольник n. Рисуется *N*–2 треугольников.
GL_QUADS	Обрабатывает каждую группу из четырех вершин в качестве независимого четырехугольника. Вершины 4*n*–3, 4*n*–2, 4*n*–1 и 4*n* определяют четырехугольник *n*. Рисуется *N*/4 четырехугольников.
GL_QUAD_STRIP	Рисует связанную группу четырехугольников. Вершины 2*n*–1, 2*n*, 2*n*+2 и 2*n*+1 определяют четырехугольник *n*. Рисуется *N*/2–1 четырехугольников.
GL_POLYGON	Рисует отдельный выпуклый многоугольник.

Пример программы 2

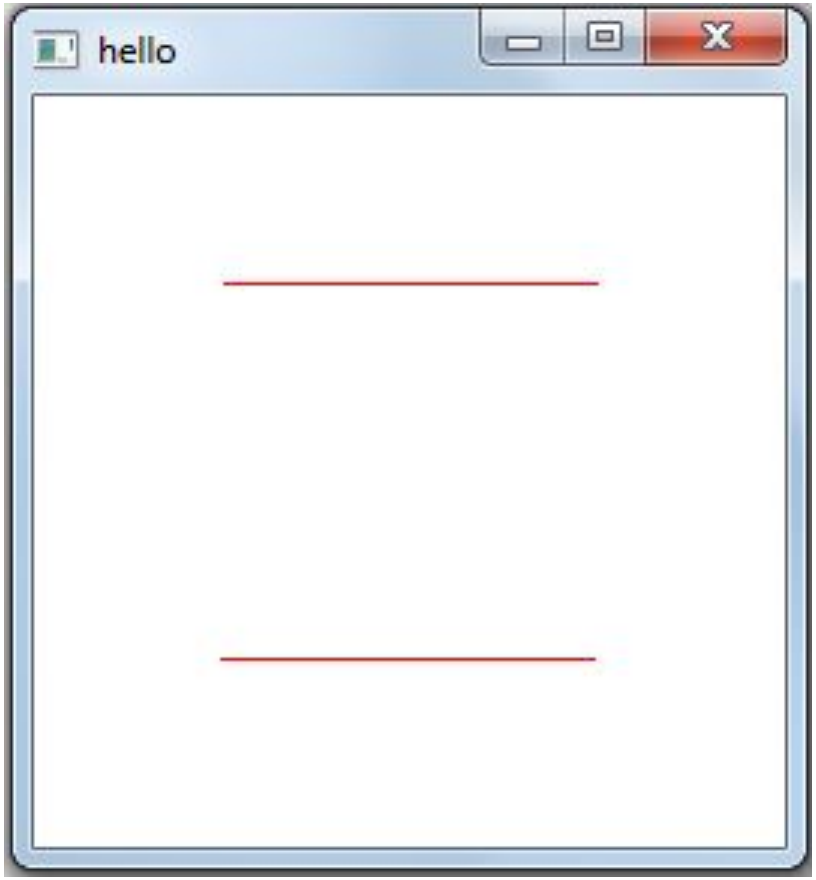
```
#include <GL/glut.h>
void init (void);
void display(void);
int main(int argc, char** argv)
{
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode (GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize (250, 250);
    glutInitWindowPosition (100, 100);
    glutCreateWindow ("hello");
    init ();
    glutDisplayFunc(display);
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

Пример программы 2

```
void init (void)
{
    glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 0.0);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    glOrtho(0.0, 1.0, 0.0, 1.0, -1.0, 1.0);
}
```

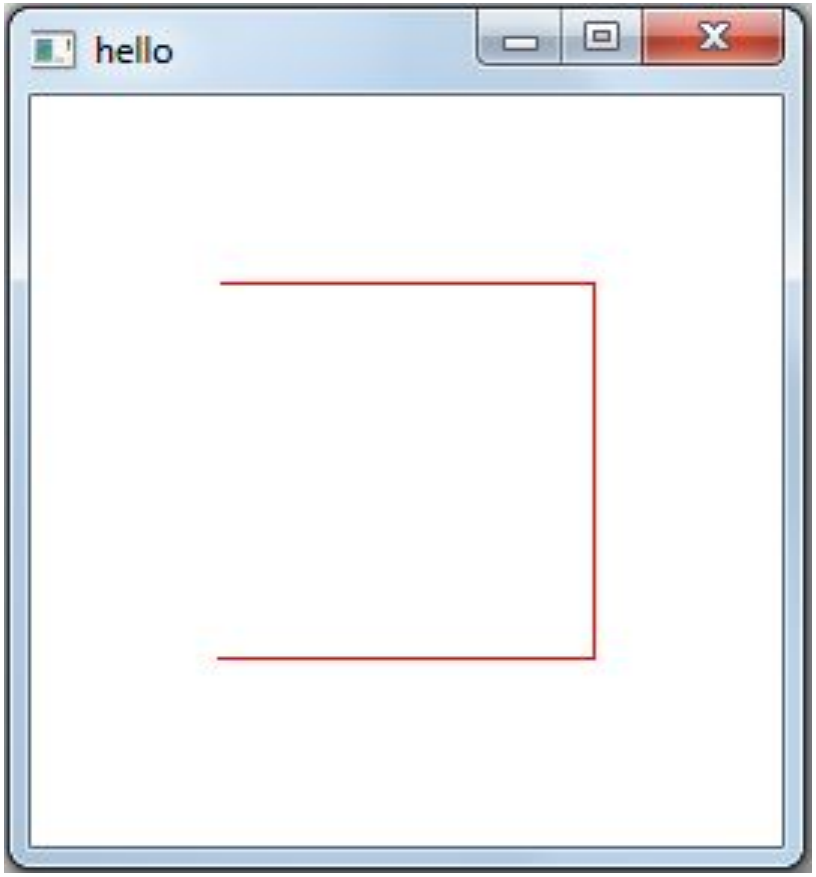
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_LINES);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



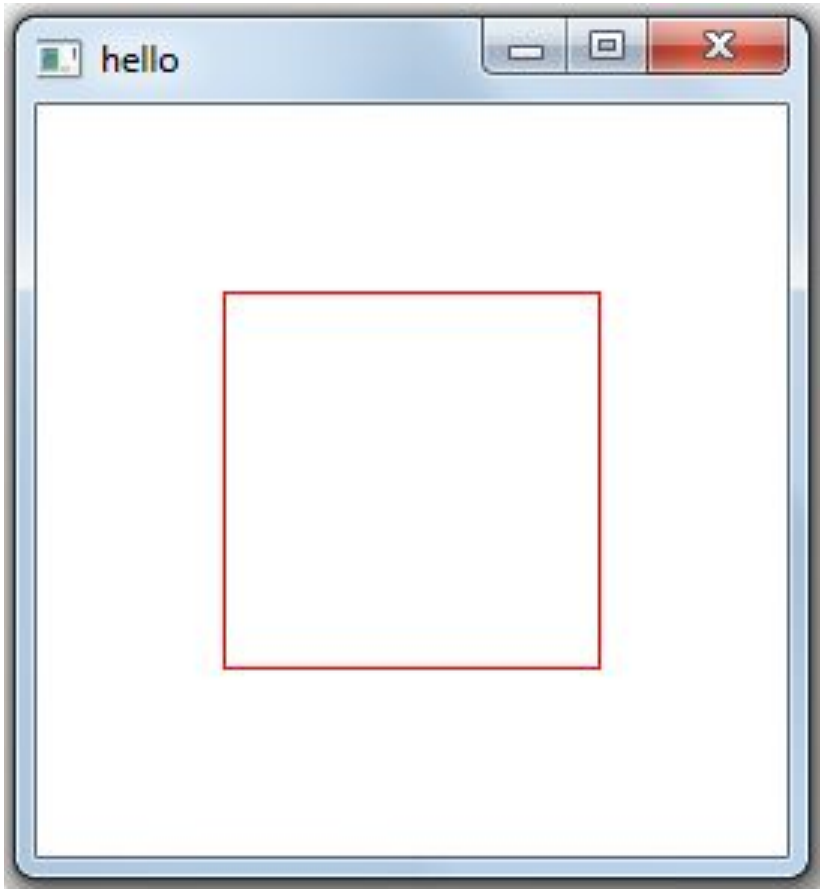
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_LINE_STRIP);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



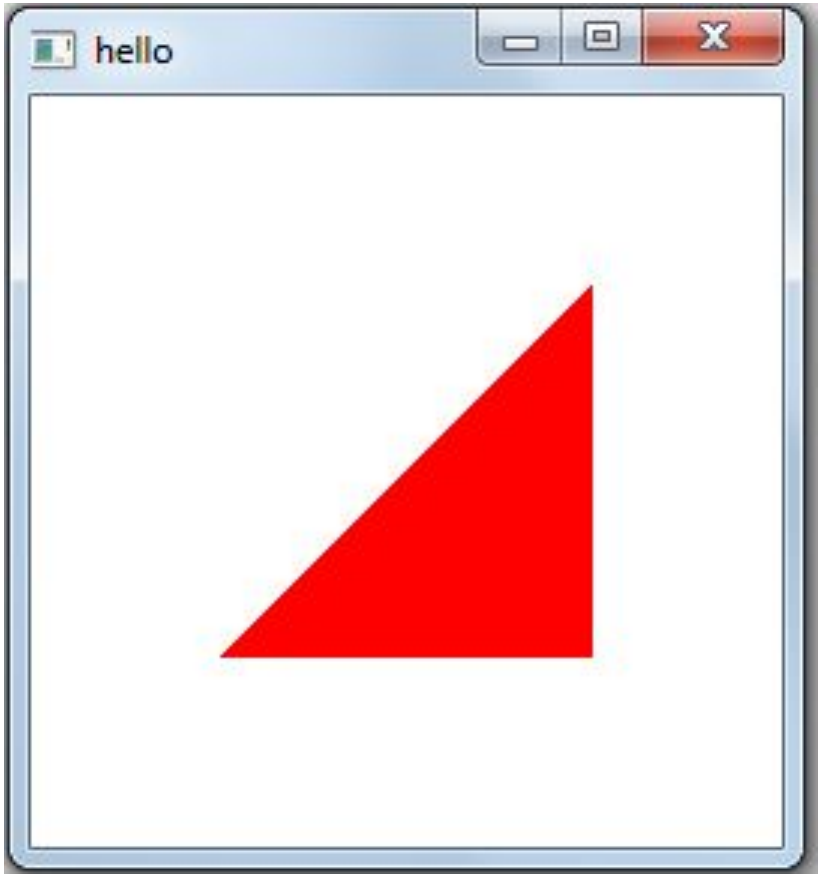
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_LINE_LOOP);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



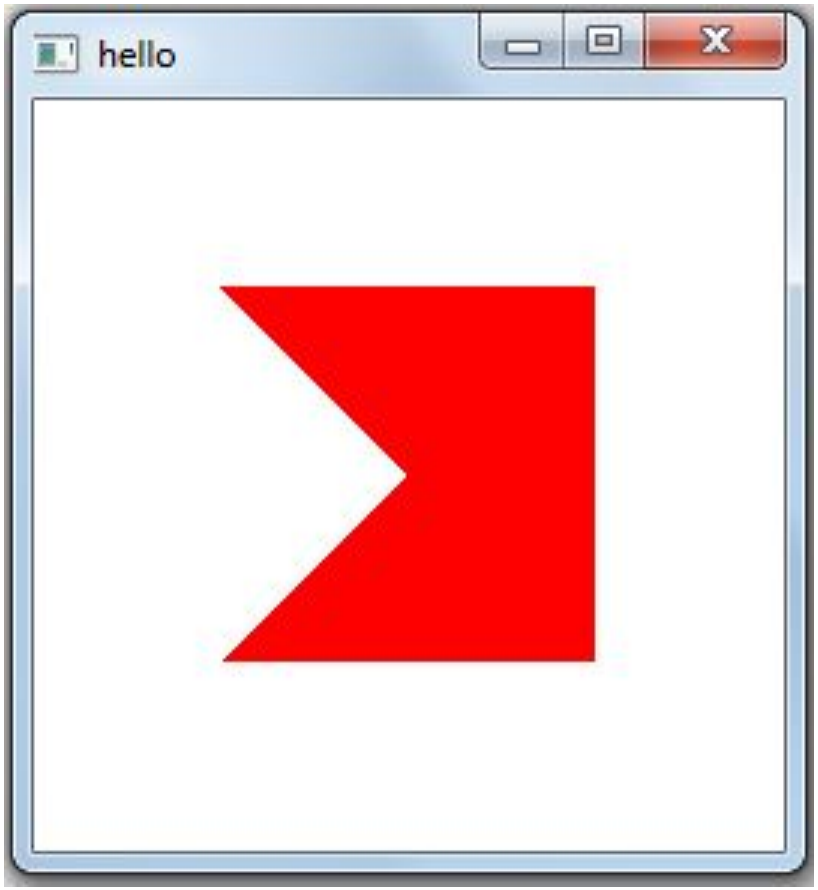
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_TRIANGLES);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



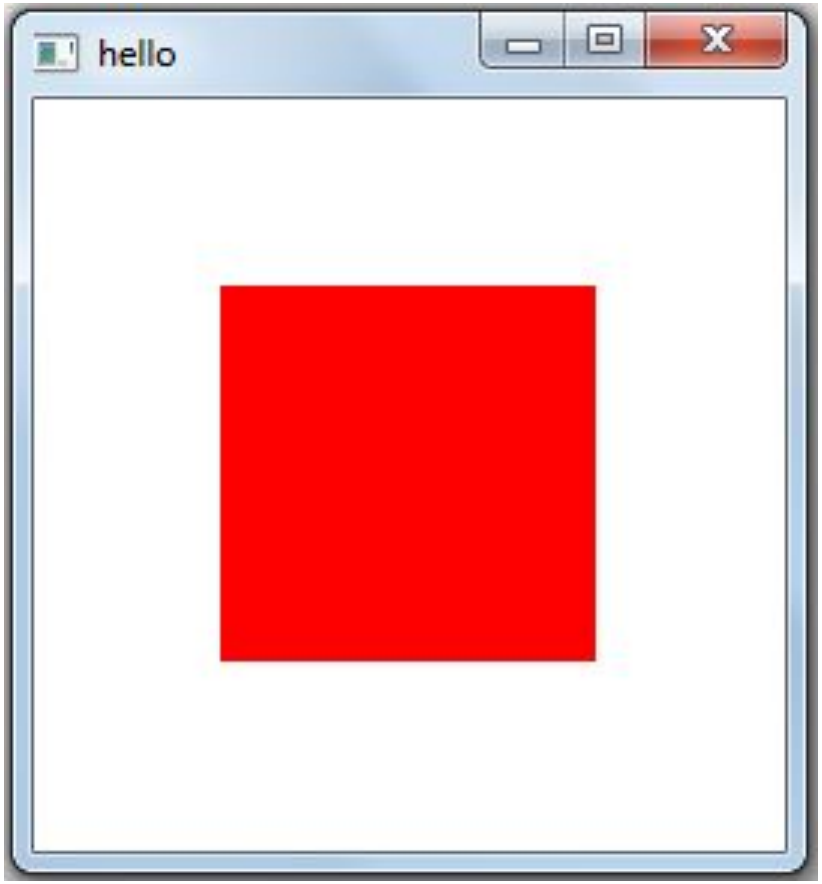
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_TRIANGLE_STRIP);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



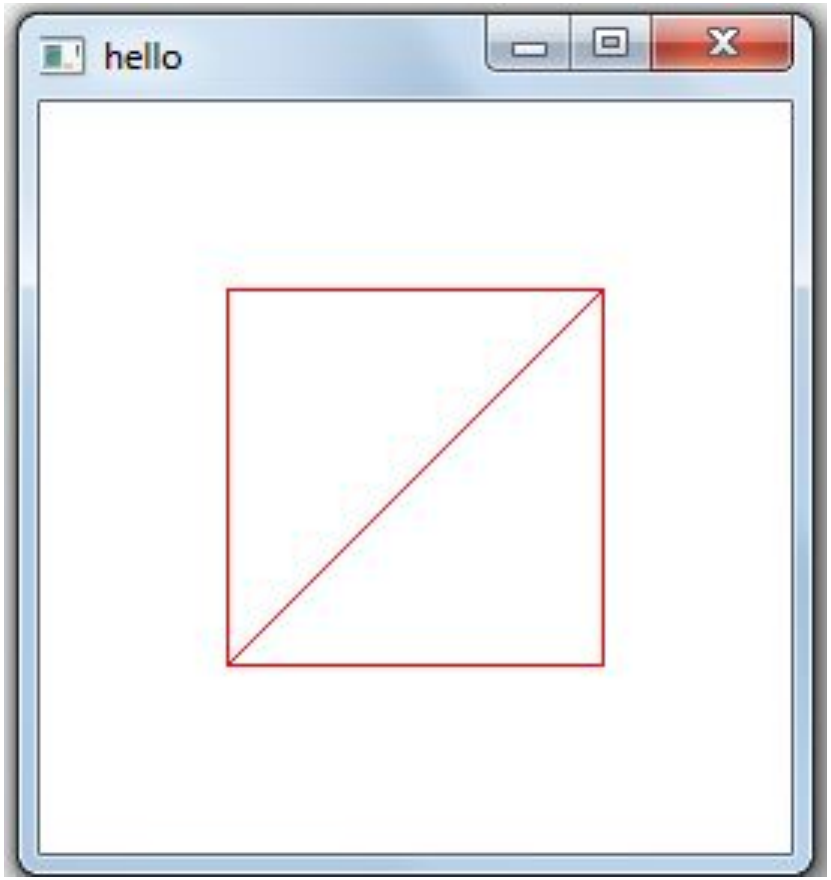
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



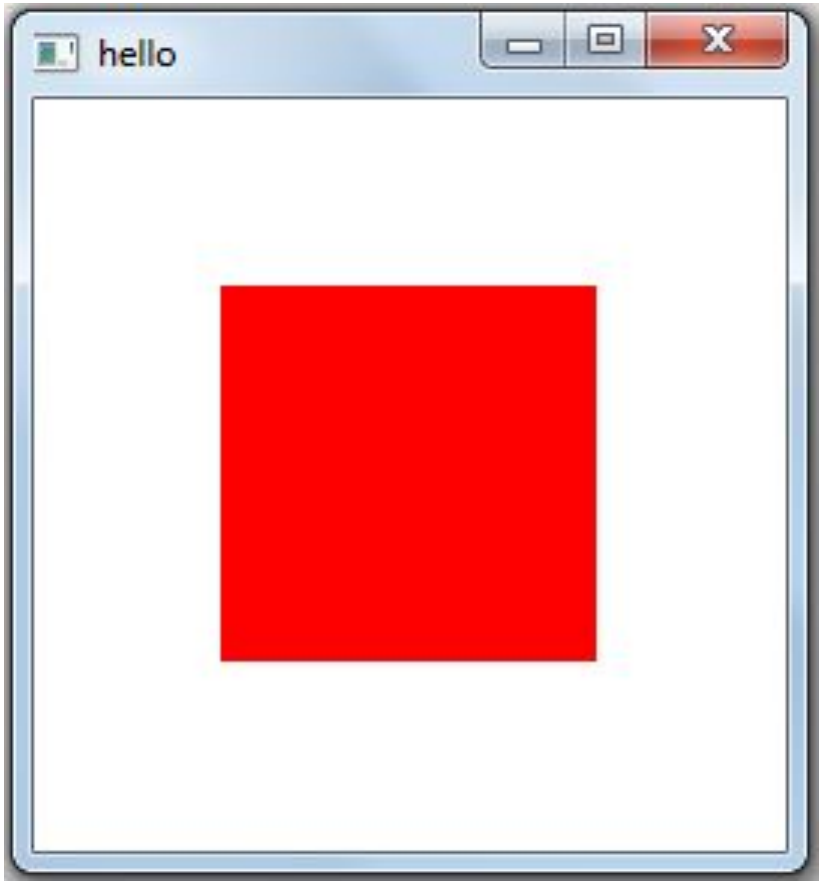
Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glPolygonMode(GL_FRONT, GL_LINE);
    glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



Пример программы 2

```
void display(void)
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_POLYGON);
    glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
    glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
    glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
    glEnd();
    glFlush ();
}
```



События

void glutDisplayFunc(void (*func)(void));
void glutPostRedisplay(void);
void glutIdleFunc(void (*func)(void));
void glutReshapeFunc(void (*func)(int width, int height));
void glutKeyboardFunc(void (*func)(unsigned char key, int x, int y));
void glutSpecialFunc(void (*func)(int key, int x, int y));

GLUT_KEY_F1
…
GLUT_KEY_F12
GLUT_KEY_LEFT
GLUT_KEY_UP,
GLUT_KEY_RIGHT
GLUT_KEY_DOWN
GLUT_KEY_PAGE_UP
GLUT_KEY_PAGE_DOWN
GLUT_KEY_HOME
GLUT_KEY_END
GLUT_KEY_INSERT

События

void glutMouseFunc(void (*_func_)(int _button_, int _state_, int _x_, int _y_));

button:

GLUT_LEFT_BUTTON

GLUT_MIDDLE_BUTTON

GLUT_RIGHT_BUTTON

state:

GLUT_UP

GLUT_DOWN

void glutMotionFunc(void (*_func_)(int _x_, int _y_));

void glutPassiveMotionFunc(void (*_func_)(int _x_, int _y_));

Пример программы 3

```
#include <GL/glut.h>
void init (void);
void display(void);
void keyboard(unsigned char, int, int);
void reshape (int, int);
int main(int argc, char** argv)
{
   glutInit(&argc, argv);
   glutInitDisplayMode (GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
   glutInitWindowSize (250, 250);
   glutInitWindowPosition (100, 100);
   glutCreateWindow ("hello");
   init ();
   glutDisplayFunc(display);
   glutReshapeFunc(reshape);
   glutKeyboardFunc(keyboard);
   glutMainLoop();
   return 0;
}
```

Пример программы 3

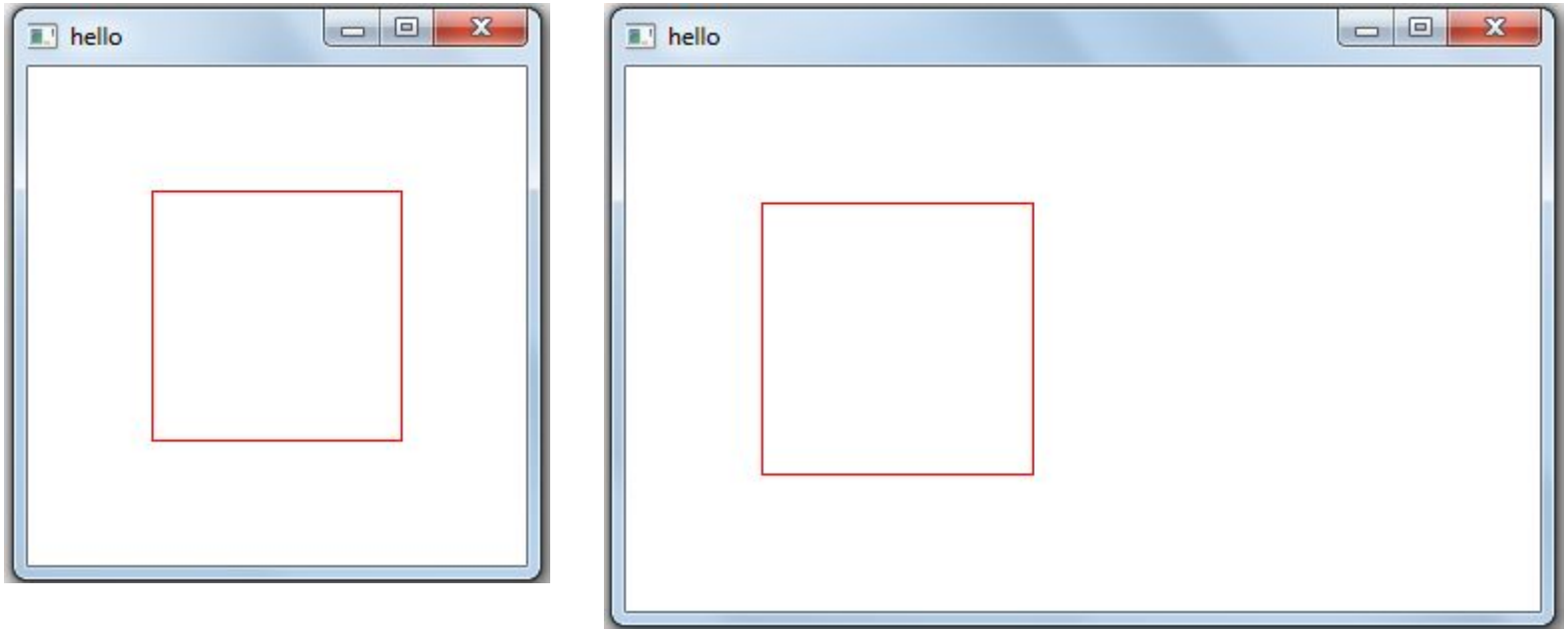
```
void init (void)
{
   glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 0.0);
   glMatrixMode(GL_PROJECTION);
   glLoadIdentity();
   glOrtho(0.0, 1.0, 0.0, 1.0, -1.0, 1.0);
}
void display(void)
{
      glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
      glColor3f (1.0, 0.0, 0.0);
      glPolygonMode(GL_FRONT, GL_LINE);
      glBegin(GL_POLYGON);
      glVertex3f (0.25, 0.25, 0.0);
      glVertex3f (0.75, 0.25, 0.0);
      glVertex3f (0.75, 0.75, 0.0);
      glVertex3f (0.25, 0.75, 0.0);
      glEnd();
      glFlush ();
}
```

Пример программы 3

```
void keyboard(unsigned char key, int x, int y)
{
    switch (key)
    {
      case 27:
            exit(0);
            break;
    }
}

void reshape (int w, int h)
{
    if (w / h < 1) glViewport(0, 0, w, w);
    else glViewport(0, 0, h, h);
}
```

Пример программы 3



Пример программы 4

```
#include <GL/glut.h>
include <windows.h>
#include <Gl/glut.h>
#define _USE_MATH_DEFINES
#include <math.h>
float R     = 150.0;
float angle = 0.0;
float X0    = 0.0;
float Y0    = 0.0;
int   n     = 3;
int   width = 640;
int   height= 480;
```

Пример программы 4

```
void figure(void)
{
    glBegin(GL_LINE_LOOP);
    for(int i = 0; i < n; i++)
    {
      float x = X0 + R * cos(2 * M_PI * i / n + angle);
      float y = Y0 + R * sin(2 * M_PI * i / n + angle);
      glVertex2f(x, y);
    }
    glEnd();
}
void init(void)
{
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluOrtho2D(-320, 320, -240, 240);
}
```

Пример программы 4

```
void display(void)
{
    glClearColor(1.0, 1.0, 1.0, 0.0);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f(0.0, 0.0, 0.0);
    figure();
    glFlush();
}

void keyboard(unsigned char key, int x, int y)
{
    float min = ((width < height) ? width : height) / 2;
    if(key == '+' && R < min) R++;
    if(key == '-' && R > 0) R--;
    glutPostRedisplay();
}
```

Пример программы 4

```
void special(int key, int x, int y)
{    switch(key)
     {case GLUT_KEY_F1:    n = 3;  break;
      case GLUT_KEY_F2:    n = 4;  break;
      case GLUT_KEY_F3:    n = 5;  break;
      case GLUT_KEY_F4:    n = 6;  break;
      case GLUT_KEY_F5:    n = 7;  break;
      case GLUT_KEY_F6:    n = 8;  break;
      case GLUT_KEY_F7:    n = 9;  break;
      case GLUT_KEY_F8:    n = 10; break;
      case GLUT_KEY_F9:    n = 11; break;
      case GLUT_KEY_F10:   n = 12; break;
      case GLUT_KEY_F11:   n = 13; break;
      case GLUT_KEY_F12:   n = 14; break;
      case GLUT_KEY_LEFT:  if(X0 > -width / 2) X0--; break;
      case GLUT_KEY_RIGHT: if(X0 <  width / 2)  X0++; break;
      case GLUT_KEY_UP:    if(Y0 <  height / 2) Y0++; break;
      case GLUT_KEY_DOWN:  if(Y0 > -height / 2) Y0--; break;
     }
     glutPostRedisplay();
}
```

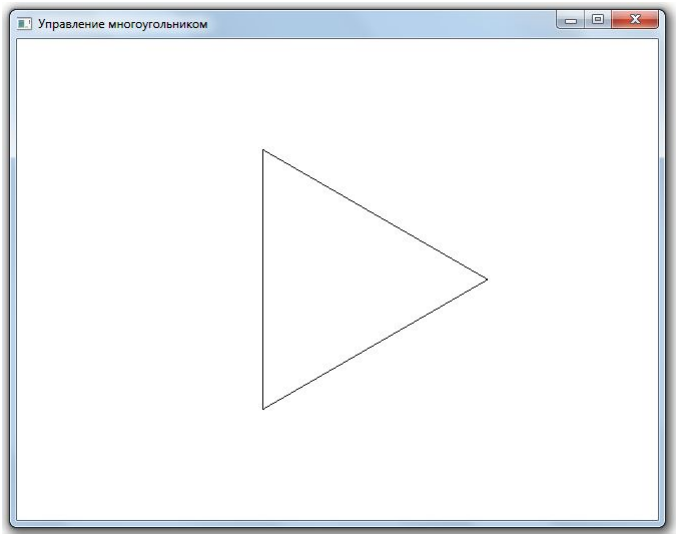
Пример программы 4

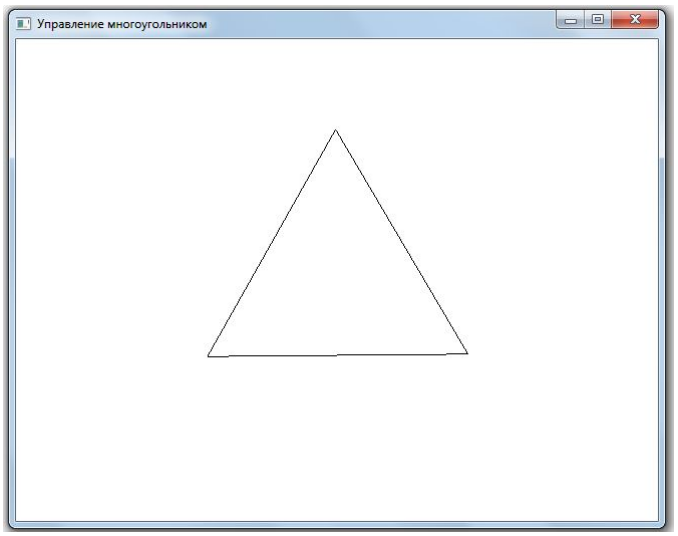
```
void reshape(int w, int h)
{
    width  = w;
    height = h;
    glViewport(0, 0, w, h);
    glutPostRedisplay();
}
void mouse(int button, int state, int x, int y)
{
    if(button == GLUT_LEFT_BUTTON && state == GLUT_UP)
    {
      X0 = 640.0 / width  * ( x - width  / 2);
      Y0 = 480.0 / height * (-y + height / 2);
    }
    if(button == GLUT_RIGHT_BUTTON && state == GLUT_UP)
    {
      angle += 0.01;
      if(angle >= 360.0) angle = 0.0;
    }
    glutPostRedisplay();
}
```

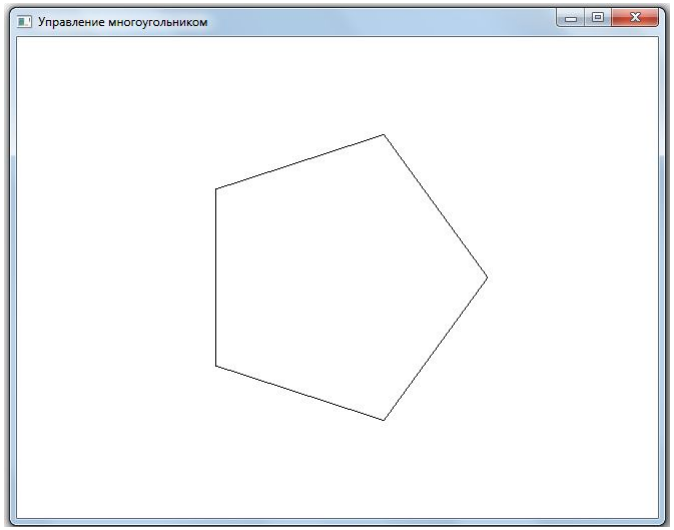
Пример программы 4

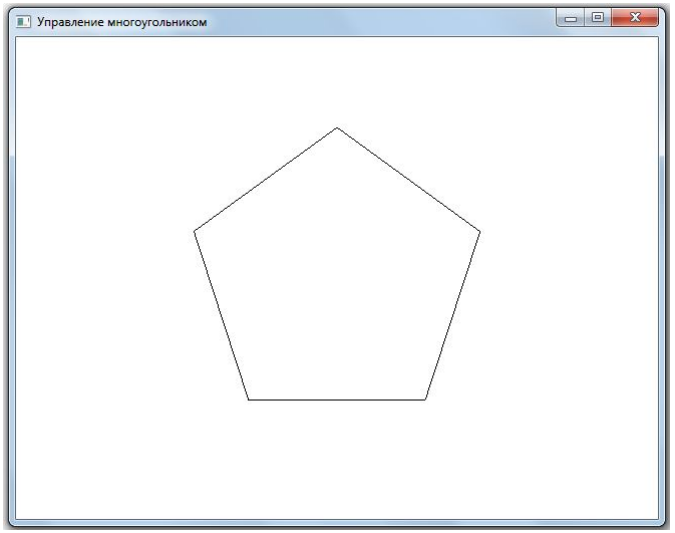
```
void main(int argc, char **argv)
{
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(640, 480);
    glutInitWindowPosition(0,0);
    glutCreateWindow("Управление многоугольником");
    glutDisplayFunc(display);
    glutKeyboardFunc(keyboard);
    glutSpecialFunc(special);
    glutMouseFunc(mouse);
    glutReshapeFunc(reshape);
    init();
    glutMainLoop();
}
```

Пример программы 3









OpenTK

http://www.opentk.com

Windows.Form

Пример программы 5

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

using OpenTK.Graphics;
using OpenTK.Graphics.OpenGL;
```

Пример программы 5

```
namespace ExampleOpenTK
{
    public partial class OpenTK_Form : Form
    {
        public OpenTK_Form()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void glControl1_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            GL.ClearColor(1.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
            GL.MatrixMode(MatrixMode.Projection);
            GL.LoadIdentity();
            GL.Ortho(0, this.ClientSize.Width, 0, this.ClientSize.Height, -1, 1);
            GL.MatrixMode(MatrixMode.Modelview);
            GL.LoadIdentity();
        }
```

Пример программы 5

```
private void glControl1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
{
    GL.Clear(ClearBufferMask.ColorBufferBit);
    GL.Viewport(0, 0, this.ClientSize.Width, this.ClientSize.Height);
    GL.Color3(1.0, 0.0, 0.0);
    GL.Begin(BeginMode.LineStrip);
    float x, y;
    for (x = 0; x < this.Width; x++)
    {
      y = this.ClientSize.Height / 2 * (1 + (float)Math.Sin(0.05 * x) *
            (float)Math.Exp(-0.005 * x));
      GL.Vertex2(x, y);
    }
    GL.End();
    glControl1.SwapBuffers();
}
```

Пример программы 5

```
    private void glControl1_Resize(object sender, EventArgs e)
    {
      GL.ClearColor(1.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
      GL.MatrixMode(MatrixMode.Projection);
      GL.LoadIdentity();
      GL.Ortho(0, this.ClientSize.Width, 0, this.ClientSize.Height, -1, 1);
      GL.MatrixMode(MatrixMode.Modelview);
      GL.LoadIdentity();
    }
}
```

Пример программы 5