Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Калужский филиал
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ *ИУК "Информатика и управление"*

КАФЕДРА *ИУК4 "Программная инженерия"*

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«ВВЕДЕНИЕ В OPENGL»

ДИСЦИПЛИНА: «Компьютерная графика»

Выполнил: студент гр.ИУК5-41Б _____ (____Шиндин А.О.____)
(Подпись) (Ф.И.О.)

Проверил: _____ (____Широкова Е.В.___)
(Подпись) (Ф.И.О.)

Дата сдачи (защиты):

Результаты сдачи (защиты):

- Балльная оценка:
- Оценка:

Калуга, 2024

Целью выполнения лабораторной работы является формирование практических навыков по работе с проекционной матрицей средствами OpenGL.

Основными задачами выполнения лабораторной работы являются: сформировать представление о методах и секторе решаемых OpenGL задач, изучить основные принципы работы OpenGL, представлять и понимать основные реализации OpenGL, уметь создавать типовой проект в различных средах разработки (Visual Studio), иметь представление о двойной буферизации.

Ход работы:

Задание №1: Настроить перерисовку главного окна синим цветом.

Листинг программы:

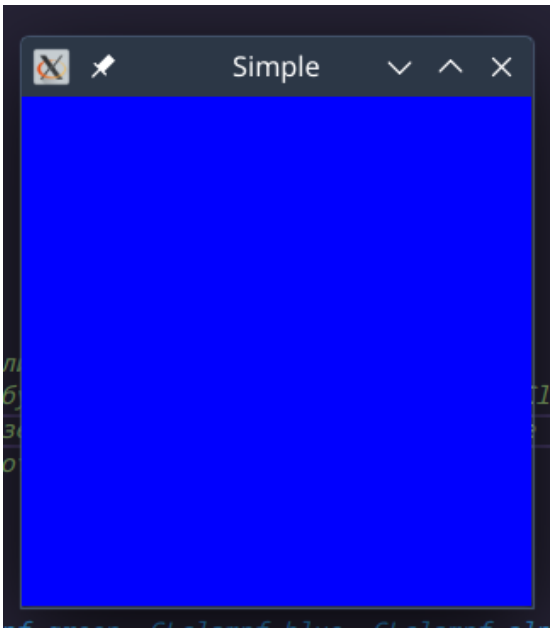
```
#include "GL/glut.h"

void RenderScene(void)
{
   // Окно очищается текущим цветом очистки
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
   // В буфер вводятся команды рисования
   glFlush();
}

// Устанавливается состояние визуализации
void SetupRC(void)
{
   /*
    * Функция `glClearColor` используется в библиотеке OpenGL для установки цвета,
      * который будет использоваться для очистки буфера цвета при вызове функции `glClear`.
      * Этот цвет задается в виде RGBA (красный, зеленый, синий, альфа) значений, где каждая
   * компонента цвета указывается в диапазоне от 0 до 1.

   * Прототип функции выглядит так:

   ?  ```c
    ?   void glClearColor(GLclampf red, GLclampf green, GLclampf blue, GLclampf alpha);
   ?  ```

    ! - `red`, `green`, `blue` - значения компонент красного, зеленого и синего цвета соответственно.
```

! - `alpha` - значение компоненты альфа, которое указывает на прозрачность цвета
! (обычно используется для смешивания цветов и управления прозрачностью).

? ```c
? glClearColor(0.0f, 0.0f, 1.0f, 1.0f);
* Устанавливаем цвет очистки в синий (R=0, G=0, B=1) и полную непрозрачность (A=1)
? ```
*/
glClearColor(0.0f, 0.0f, 1.0f, 1.0f); //Этот код устанавливает цвет очистки в синий цвет без прозрачности.
}

// Точка входа основной программы
int main(int argc, char** argv)
{
glutInit(&argc, argv); // Инициализация GLUT
glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB); // устанавливает режим отображения окна с использованием одиночного буфера рисования и цветовой модели RGB.
glutCreateWindow("Simple"); // создает окно с заголовком "Simple". Это окно будет использоваться для отображения графики
glutDisplayFunc(RenderScene); /* устанавливает функцию RenderScene в качестве функции обратного вызова
для перерисовки содержимого окна. Таким образом, когда окно требуется перерисовать, будет вызываться
функция RenderScene, которая, как правило, содержит команды для рисования объектов сцены */
SetupRC(); // устанавливает цвет очистки экрана в синий цвет. Это происходит с помощью вызова функции glClearColor.
glutMainLoop(); // является последней функцией в вашей программе, так как она запускает бесконечный цикл обработки событий
return 0;
}

Результат:



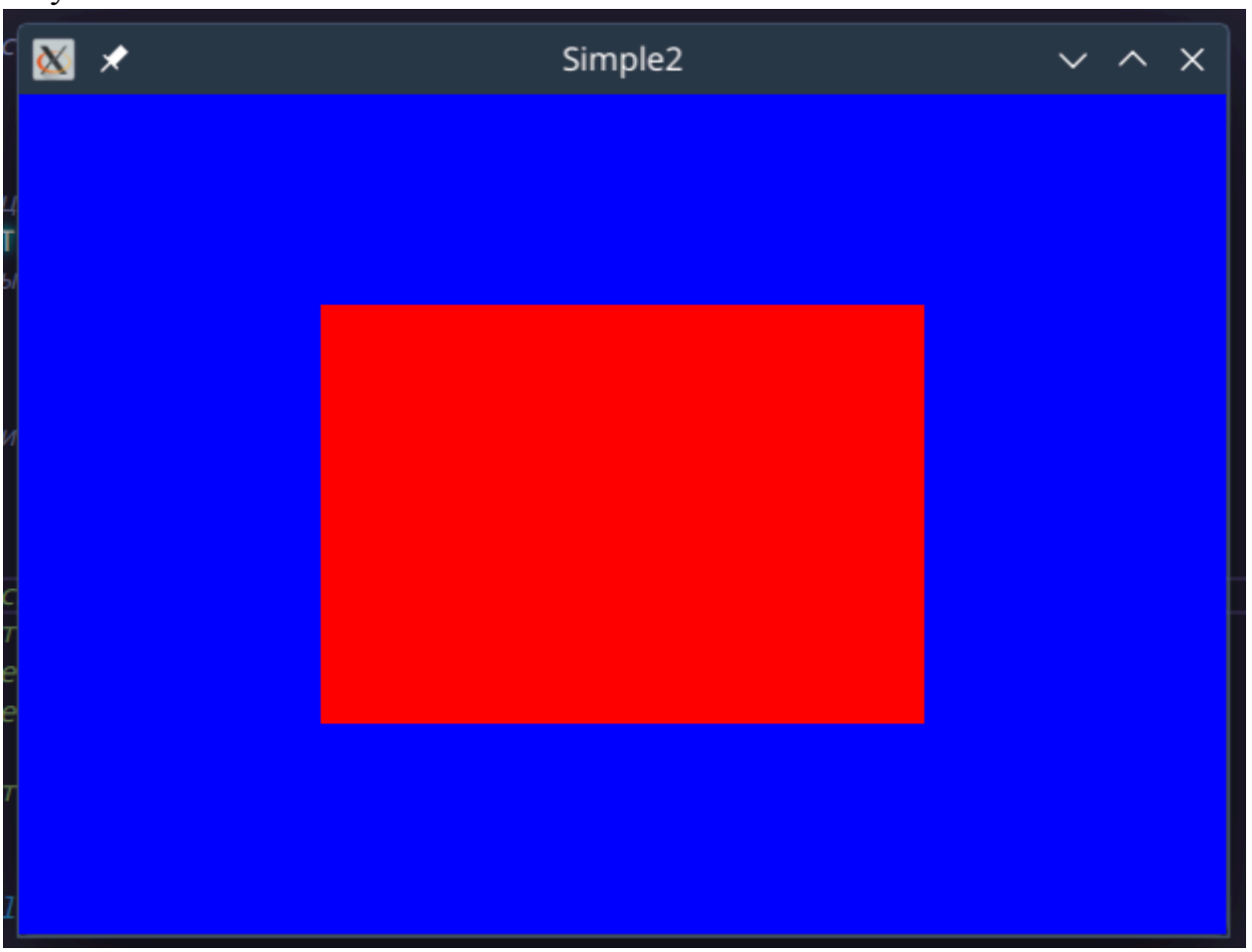
Задание №1: Преобразуем программу. В центре окна с размерами 400 × 400 изобразим красный прямоугольник.

Листинг программы:

```
#include "GL/glut.h"

// Преобразуем программу. В центре окна с размерами 400 × 400 изобразим красный прямоугольник.//

// Функция для отрисовки сцены
void RenderScene(void) {
    // Очищаем буфер цвета текущим цветом очистки
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    // Устанавливаем красный цвет для прямоугольника
    glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f);
    // Рисуем прямоугольник в центре окна
    glRectf(-0.5f, -0.5f, 0.5f, 0.5f);
    // Принудительно выводим все команды в буфер OpenGL
    glFlush();
}

// Устанавливаем состояние визуализации
void SetupRC(void) {
    // Устанавливаем цвет очистки в синий
    glClearColor(0.0f, 0.0f, 1.0f, 1.0f);
}

// Точка входа основной программы
int main(int argc, char** argv) {
```

```
    // Инициализация GLUT и создание окна
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(400, 400);
    glutCreateWindow("Simple2");

    // Устанавливаем функцию обратного вызова для отрисовки сцены
    glutDisplayFunc(RenderScene);
    // Устанавливаем начальное состояние визуализации
    SetupRC();
    // Запускаем главный цикл GLUT
    glutMainLoop();

    return 0;
}
```

Результат:

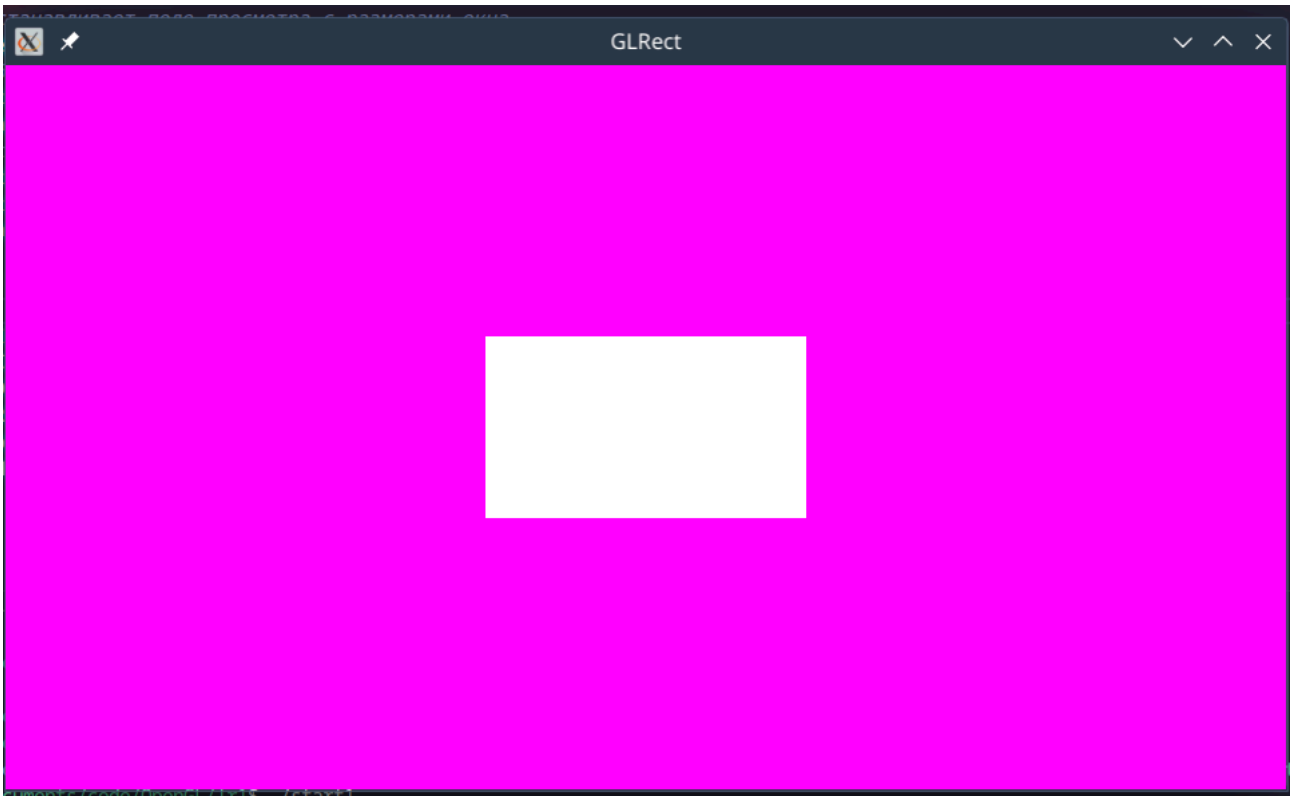


Задание №3: Преобразовать программу так, чтобы прямоугольник всегда находился по центру окна (при любых растяжениях и сжатиях окна).

Листинг программы:

```
#include "GL/glut.h"
void RenderScene(void) {
   // Очищаем окно, используя текущий цвет очистки
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
   // В качестве текущего цвета рисования задает белый
   glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
   // Рисует прямоугольник, закрашенный текущим цветом
   glRectf(-25.0f, 25.0f, 25.0f, -25.0f);
   // Очищает очередь текущих команд
   glFlush();
}

void SetupRC(void) {
   // Устанавливает в качестве цвета очистки розовый
   glClearColor(1.0f, 0.0f, 1.0f, 1.0f);
}

void ChangeSize(GLsizei w, GLsizei h) {
   GLfloat aspectRatio;
   // Устанавливает поле просмотра с размерами окна
   glViewport(0, 0, w, h);
   // Обновляет систему координат
   glMatrixMode(GL_PROJECTION);
   glLoadIdentity();
   // Установка двумерной ортографической системы координат
   glOrtho(-100.0, 100.0, -100, 100.0, 1.0, -1.0);
   glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
   glLoadIdentity();
}
int main(int argc, char** argv) {
   glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
   glutCreateWindow("GLRect");
   glutDisplayFunc(RenderScene);
   glutReshapeFunc(ChangeSize);
   SetupRC();
   glutMainLoop();
}
```

Результат:



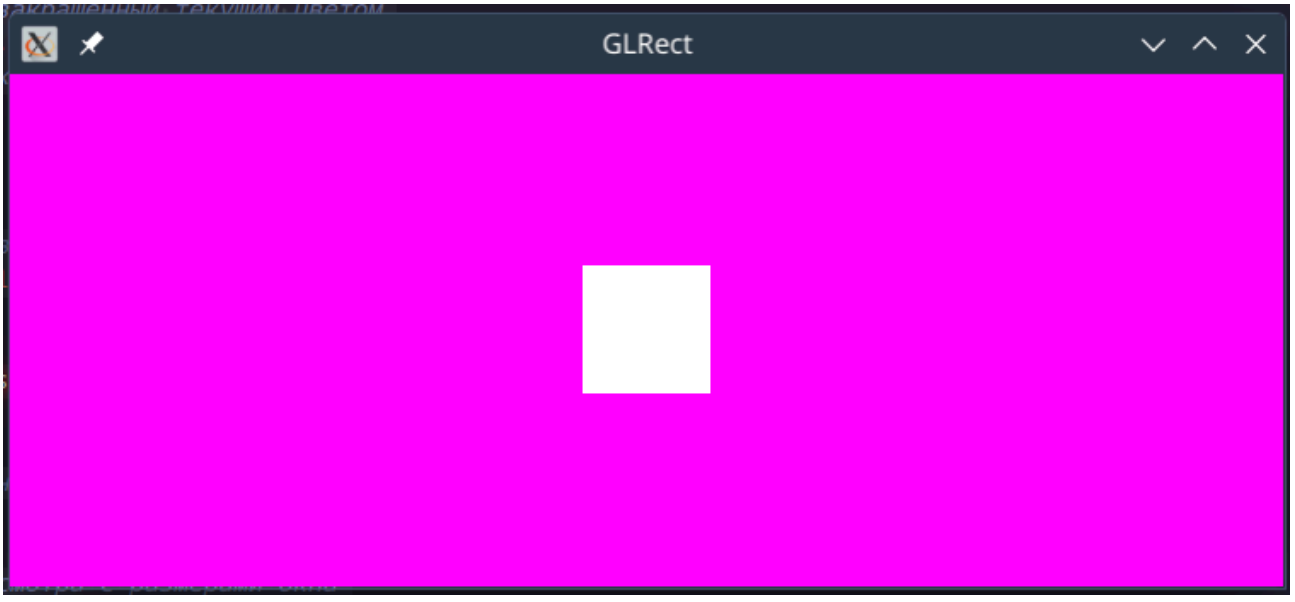
Задание №4: Преобразовать программу так, чтобы получить центрированный прямоугольник.

Листинг программы:

```
#include "GL/glut.h"

void RenderScene(void) {
   // Очищаем окно, используя текущий цвет очистки
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
   // В качестве текущего цвета рисования задает белый
   glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
   // Рисует прямоугольник, закрашенный текущим цветом
   glRectf(-25.0f, 25.0f, 25.0f, -25.0f);
   // Очищает очередь текущих команд
   glFlush();
}

void SetupRC(void) {
   // Устанавливает в качестве цвета очистки розовый
   glClearColor(1.0f, 0.0f, 1.0f, 1.0f);
}

void ChangeSize(GLsizei w, GLsizei h)
{
   GLfloat aspectRatio;
```

```
    // Предотвращает деление на нуль
    if (h == 0)
    h = 1;
    // Устанавливает поле просмотра с размерами окна
    glViewport(0, 0, w, h);
    // Обновляет систему координат
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    aspectRatio = (GLfloat)w / (GLfloat)h; if (w <= h)
    // Установка двумерной ортографической системы координат
    glOrtho(-100.0, 100.0, -100 / aspectRatio, 100.0 / aspectRatio,
    1.0, -1.0);
    else
    glOrtho(-100.0 * aspectRatio, 100.0 * aspectRatio, -100.0, 100.0,
    1.0, -1.0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}

int main(int argc, char** argv) {
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutCreateWindow("GLRect");
    glutDisplayFunc(RenderScene);
    glutReshapeFunc(ChangeSize);
    SetupRC();
    glutMainLoop();
}
```

Результат:



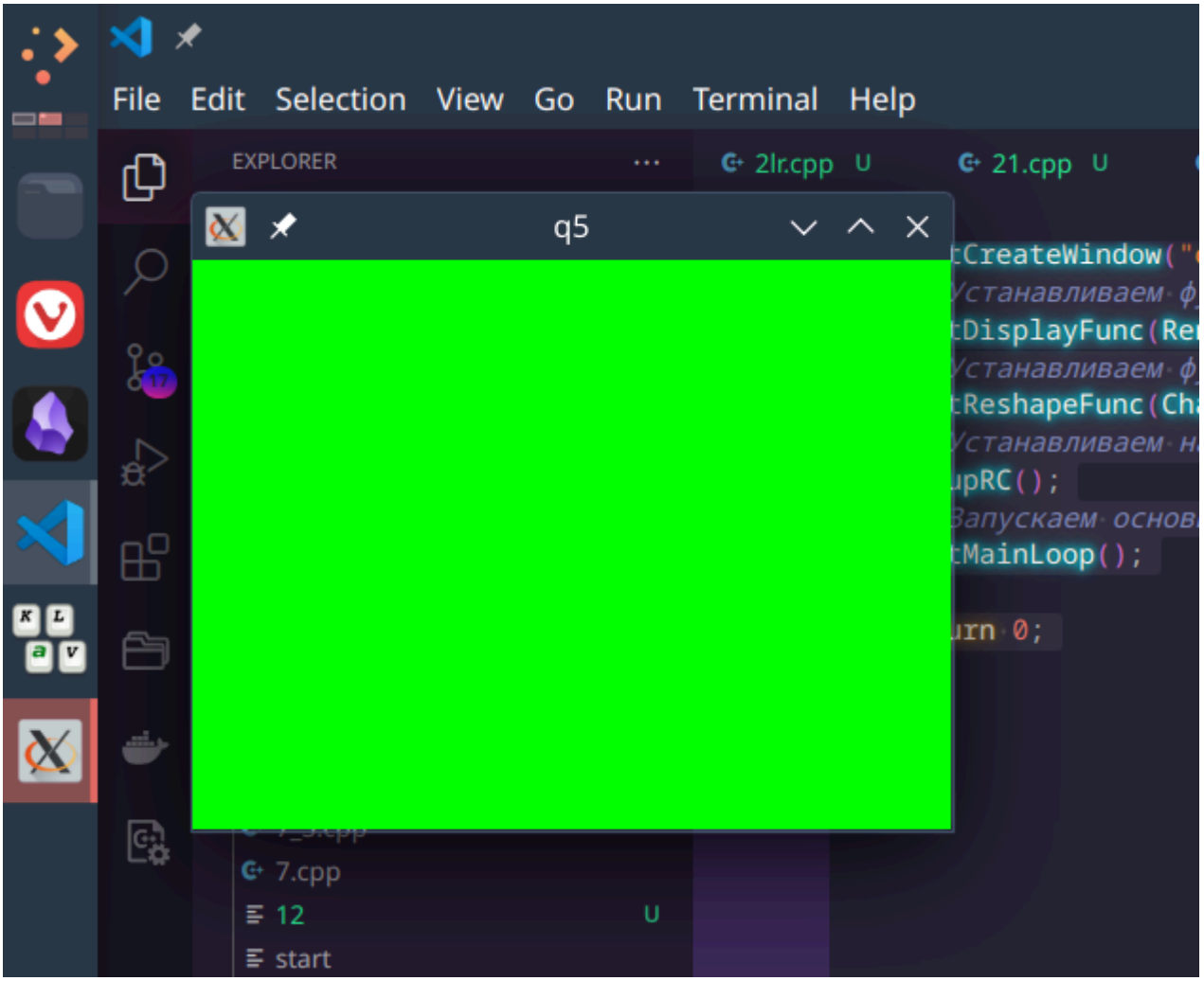
Задание №5: Создать окно в позиции (100,100) и размерами 400x300 с зеленым цветом перерисовки.

Листинг программы:

```
#include "GL/glut.h"

// Функция отрисовки сцены
void RenderScene(void) {
   // Очищаем окно зеленым цветом
   glClearColor(0.0f, 1.0f, 0.0f, 1.0f);
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
   // Принудительно выводим все команды в буфер OpenGL
   glFlush();
}

void SetupRC(void) {
   // Устанавливаем цвет очистки окна в зеленый
   glClearColor(0.0f, 1.0f, 0.0f, 1.0f);
}

void ChangeSize(GLsizei w, GLsizei h) {
   glMatrixMode(GL_PROJECTION);
   glLoadIdentity();
   // Устанавливаем ортографическую проекцию с учетом новых размеров окна
   glOrtho(0.0f, w, 0.0f, h, -1.0f, 1.0f);
   // Устанавливаем текущую матрицу в модельно-видовую
   glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
   glLoadIdentity();
}

int main(int argc, char** argv) {
   // Инициализация GLUT и создание окна
   glutInit(&argc, argv);
   glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
   // Устанавливаем позицию окна и его размеры
   glutInitWindowPosition(100, 100);
   glutInitWindowSize(400, 300);
   glutCreateWindow("q5");
   // Устанавливаем функцию отрисовки
   glutDisplayFunc(RenderScene);
   // Устанавливаем функцию изменения размеров окна
   glutReshapeFunc(ChangeSize);
   // Устанавливаем начальное состояние OpenGL
   SetupRC();
   // Запускаем основной цикл GLUT
```

```
    glutMainLoop();

    return 0;
}
```

Результат:



Задание №6: Создать окно, в зависимости от размеров которого менялся бы его цвет (минимум 3 раза).

Листинг программы:

1) код реагирует на положение мыши:

```
#include "GL/glut.h"

// Переменные для хранения текущих координат курсора мыши
int mouseX = 0;
int mouseY = 0;

// Функция отрисовки сцены
void RenderScene(void) {
```

```
    GLfloat r = (GLfloat)mouseX / glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH);
    GLfloat g = (GLfloat)mouseY / glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT);
    GLfloat b = 1.0f - r;

    // Очищаем окно новым цветом
    glClearColor(r, g, b, 1.0f);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    // Принудительно выводим все команды в буфер OpenGL
    glFlush();
}

// Функция для отслеживания перемещения курсора мыши
void OnMouseMove(int x, int y) {
    mouseX = x;
        mouseY = glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT) - y; // Инвертируем
координаты y
    glutPostRedisplay(); // Вызываем перерисовку окна
}

// Устанавливаем начальное состояние OpenGL
void SetupRC(void) {
    // Устанавливаем цвет очистки окна в черный
    glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
}

// Функция изменения размеров окна
void ChangeSize(GLsizei w, GLsizei h) {
    // Обновляем матрицу проекции
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    // Устанавливаем ортографическую проекцию с учетом новых размеров окна
    glOrtho(0.0f, w, 0.0f, h, -1.0f, 1.0f);
    // Устанавливаем текущую матрицу в модельно-видовую
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}

int main(int argc, char** argv) {
    // Инициализация GLUT и создание окна
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(800, 600); // Задаем размеры окна
    glutCreateWindow("Rainbow Window");
    // Устанавливаем функцию отрисовки
    glutDisplayFunc(RenderScene);
```

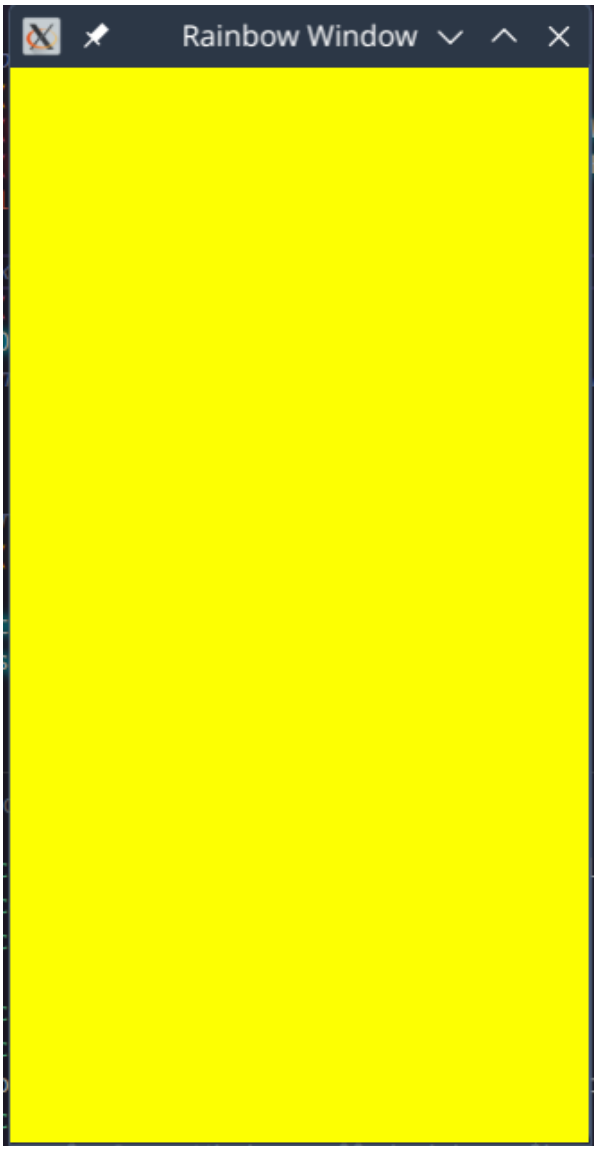
```
    // Устанавливаем функцию изменения размеров окна
    glutReshapeFunc(ChangeSize);
    // Устанавливаем функцию отслеживания перемещения курсора мыши
    glutPassiveMotionFunc(OnMouseMove);
    // Устанавливаем начальное состояние OpenGL
    SetupRC();
    // Запускаем основной цикл GLUT
    glutMainLoop();

    return 0;
}
```

2) код реагирует на изменение размера окна:

```
#include "GL/glut.h"

// Переменные для хранения текущих координат курсора мыши
int mouseX = 0;
int mouseY = 0;

// Функция отрисовки сцены
void RenderScene(void) {
    // Вычисляем компоненты цвета радуги в зависимости от положения курсора мыши
    // GLfloat r = (GLfloat)mouseX / glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH);
    // GLfloat g = (GLfloat)mouseY / glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT);
    // GLfloat b = 1.0f - r;

    // Добавляем размеры окна в формулу цвета
    GLfloat windowWidth = glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH);
    GLfloat windowHeight = glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT);

    GLfloat r = windowWidth / 800.0f; // Нормализуем цвет по ширине окна
    GLfloat g = windowHeight / 600.0f; // Нормализуем цвет по высоте окна
    GLfloat b = (windowWidth + windowHeight) / ((800.f + 600.f)*100.f);

    // Очищаем окно новым цветом
    glClearColor(r, g, b, 1.0f);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    // Принудительно выводим все команды в буфер OpenGL
    glFlush();
}

// Функция для отслеживания перемещения курсора мыши
void OnMouseMove(int x, int y) {
    mouseX = x;
```

```
        mouseY = glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT) - y; // Инвертируем координаты y
    glutPostRedisplay(); // Вызываем перерисовку окна
}

// Устанавливаем начальное состояние OpenGL
void SetupRC(void) {
    // Устанавливаем цвет очистки окна в черный
    glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
}

// Функция изменения размеров окна
void ChangeSize(GLsizei w, GLsizei h) {
    // Обновляем матрицу проекции
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    // Устанавливаем ортографическую проекцию с учетом новых размеров окна
    glOrtho(0.0f, w, 0.0f, h, -1.0f, 1.0f);
    // Устанавливаем текущую матрицу в модельно-видовую
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}

int main(int argc, char** argv) {
    // Инициализация GLUT и создание окна
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(800, 600); // Задаем размеры окна
    glutCreateWindow("Rainbow Window");
    // Устанавливаем функцию отрисовки
    glutDisplayFunc(RenderScene);
    // Устанавливаем функцию изменения размеров окна
    glutReshapeFunc(ChangeSize);
    // Устанавливаем функцию отслеживания перемещения курсора мыши
    glutPassiveMotionFunc(OnMouseMove);
    // Устанавливаем начальное состояние OpenGL
    SetupRC();
    // Запускаем основной цикл GLUT
    glutMainLoop();

    return 0;
}
```

Результат:



Задание №7: Отобразить в окне рисунок, составленный из прямоугольников согласно образцу своего варианта. Пропорции окна, расположения фигур и их цвета должны соответствовать рисунку. При изменении размеров окна рисунок должен быть устойчив к растяжению (т.е. пропорции рисунка не должны меняться)

Листинг программы:

1)

```
#include "GL/glut.h"
#include <iostream>

const int rows = 7; // Количество строк
const int cols = 5; // Количество столбцов

const int cellSize = 100; // Размер клетки
```

```
// Перечисление для цветов
enum CellColor {
    WHITE,
    RED,
    GREEN,
    BLUE,
    YELLOW
};

// Структура для представления клетки
struct Cell {
    int x; // Координата x левого верхнего угла клетки
    int y; // Координата y левого верхнего угла клетки
    int width; // Ширина клетки
    int height; // Высота клетки
    CellColor color; // Цвет клетки
};

Cell cells[rows][cols]; // Двумерный массив клеток

// Функция отрисовки сцены
void RenderScene(void) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glLoadIdentity();

    // Отрисовываем клетки
    for (int i = 0; i < rows; ++i) {
        for (int j = 0; j < cols; ++j) {
            Cell cell = cells[i][j];
            switch (cell.color) {
                case WHITE:
                    glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f); // Белый цвет
                    break;
                case RED:
                    glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f); // Красный цвет
                    break;
                case GREEN:
                    glColor3f(0.0f, 1.0f, 0.0f); // Зеленый цвет
                    break;
                case BLUE:
                    glColor3f(0.0f, 0.0f, 1.0f); // Синий цвет
                    break;
                case YELLOW:
                    glColor3f(1.0f, 1.0f, 0.0f); // Желтый цвет
```

```
                break;
            }
            glBegin(GL_QUADS);
            glVertex2i(cell.x, cell.y);
            glVertex2i(cell.x + cell.width, cell.y);
            glVertex2i(cell.x + cell.width, cell.y - cell.height);
            glVertex2i(cell.x, cell.y - cell.height);
            glEnd();
        }
    }

    glFlush();
}

// Устанавливаем начальное состояние OpenGL
void SetupRC(void) {
    glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f); // Черный цвет фона
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
                    gluOrtho2D(0.0,      glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH),      0.0,
glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT));
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();

    // Инициализируем координаты и размеры каждой клетки
    for (int i = 0; i < rows; ++i) {
        for (int j = 0; j < cols; ++j) {
            cells[i][j].x = j * cellSize;
            cells[i][j].y = glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT) - i * cellSize;
            cells[i][j].width = cellSize;
            cells[i][j].height = cellSize;
            cells[i][j].color = WHITE; // По умолчанию клетка белая
        }
    }
}

// Функция обработки событий мыши
void MouseFunc(int button, int state, int x, int y) {
    if (button == GLUT_LEFT_BUTTON && state == GLUT_DOWN) {
        // Преобразуем координаты экрана в координаты окна
        y = glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT) - y;
        // Проверяем, на какую клетку кликнули
        for (int i = 0; i < rows; ++i) {
            for (int j = 0; j < cols; ++j) {
                if (x >= cells[i][j].x && x <= cells[i][j].x + cells[i][j].width &&
```

```
                y >= cells[i][j].y - cells[i][j].height && y <= cells[i][j].y) {
                // Меняем цвет клетки
                switch (cells[i][j].color) {
                    case WHITE:
                        cells[i][j].color = RED;
                        break;
                    case RED:
                        cells[i][j].color = GREEN;
                        break;
                    case GREEN:
                        cells[i][j].color = BLUE;
                        break;
                    case BLUE:
                        cells[i][j].color = YELLOW;
                        break;
                    case YELLOW:
                        cells[i][j].color = WHITE;
                        break;
                }
                glutPostRedisplay(); // Перерисовываем сцену
                return;
            }
        }
    }
}

int main(int argc, char** argv) {
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(cols * cellSize, rows * cellSize);
    glutInitWindowPosition(100, 100); // Позиция окна
    glutCreateWindow("Clickable Grid");
    glutDisplayFunc(RenderScene);
    glutMouseFunc(MouseFunc);
    SetupRC();
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

2)

```
#include <GL/glut.h>
#include <algorithm>
#include <vector>
#include <random>
```

```
constexpr int initialRows = 5;
constexpr int initialCols = 7;
constexpr int cellSize = 50;
int rows = initialRows;
int cols = initialCols;

enum CellColor {
    WHITE,
    RED,
    GREEN,
    BLUE,
    YELLOW,
    NUM_COLORS
};

struct Cell {
    int x;
    int y;
    int size;
    bool clicked;
    CellColor color;
};

std::vector<std::vector<Cell>> cells;

void SetupRC() {
    glClearColor(1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
gluOrtho2D(0,
glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH),
glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT), 0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}

void RenderScene() {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);

    for (int i = 0; i < rows; ++i) {
        for (int j = 0; j < cols; ++j) {
            switch (cells[i][j].color) {
                case WHITE:
                    glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
                    break;
```

```
            case RED:
                glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f);
                break;
            case GREEN:
                glColor3f(0.0f, 1.0f, 0.0f);
                break;
            case BLUE:
                glColor3f(0.0f, 0.0f, 1.0f);
                break;
            case YELLOW:
                glColor3f(1.0f, 1.0f, 0.0f);
                break;
        }
        glBegin(GL_QUADS);
        glVertex2i(cells[i][j].x, cells[i][j].y);
        glVertex2i(cells[i][j].x + cells[i][j].size, cells[i][j].y);
        glVertex2i(cells[i][j].x + cells[i][j].size, cells[i][j].y + cells[i][j].size);
        glVertex2i(cells[i][j].x, cells[i][j].y + cells[i][j].size);
        glEnd();
      }
    }

    glFlush();
}

void Resize(int width, int height) {
    glViewport(0, 0, width, height);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluOrtho2D(0, width, height, 0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();

    rows = height / cellSize;
    cols = width / cellSize;

    cells.resize(rows);
    for (int i = 0; i < rows; ++i) {
        cells[i].resize(cols);
        for (int j = 0; j < cols; ++j) {
            cells[i][j].x = j * cellSize;
            cells[i][j].y = i * cellSize;
            cells[i][j].size = cellSize;
            cells[i][j].clicked = false;
```

```
            // Генерируем случайный цвет для каждой клетки
            std::random_device rd;
            std::mt19937 gen(rd());
            std::uniform_int_distribution<int> dis(0, CellColor::NUM_COLORS - 1);
            cells[i][j].color = static_cast<CellColor>(dis(gen));
        }
    }
}

void MouseFunc(int button, int state, int x, int y) {
    if (button == GLUT_LEFT_BUTTON && state == GLUT_DOWN) {
        int row = y / cellSize;
        int col = x / cellSize;
        cells[row][col].clicked = !cells[row][col].clicked;
        glutPostRedisplay();
    }
}

int main(int argc, char** argv) {
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(400, 300);
    glutInitWindowPosition(100, 100);
    glutCreateWindow("Resizable Grid");
    glutDisplayFunc(RenderScene);
    glutReshapeFunc(Resize);
    glutMouseFunc(MouseFunc);
    SetupRC();
     Resize(400, 300); // Вызываем Resize в начале для создания сетки с размерами
окна по умолчанию
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

3)

```
#include <GL/glut.h>
#include <vector>

constexpr int initialRows = 5;
constexpr int initialCols = 7;
constexpr int cellSize = 75;
int rows = initialRows;
int cols = initialCols;

enum CellColor {
```

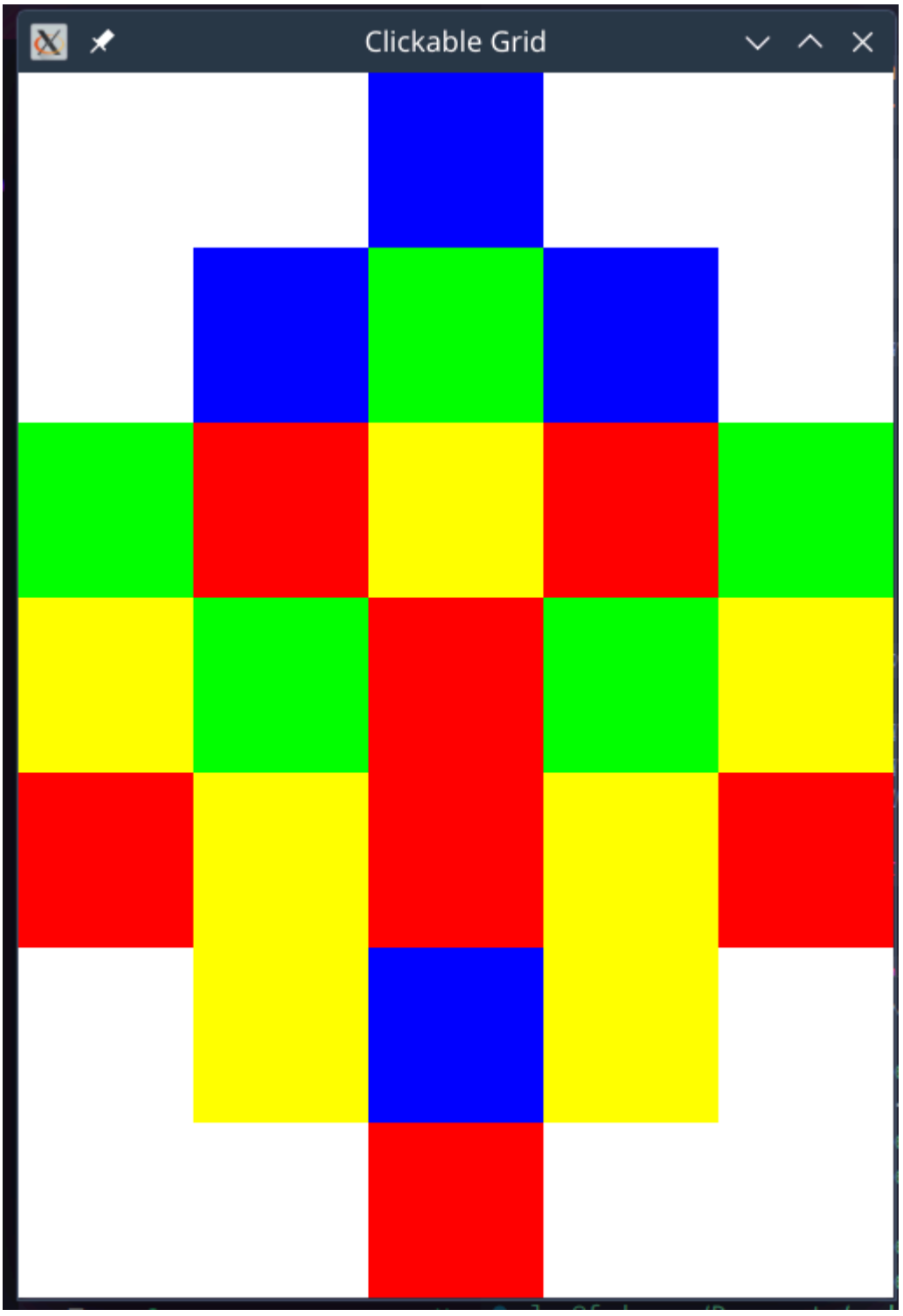
```
    WHITE,
    RED,
    GREEN,
    BLUE,
    YELLOW,
    VIOLET,
    NUM_COLORS
};

struct Cell {
    int x;
    int y;
    int size;
    CellColor color;
};

std::vector<std::vector<Cell>> cells;

void SetupRC() {
    glClearColor(1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
                                    gluOrtho2D(0,        glutGet(GLUT_WINDOW_WIDTH),
glutGet(GLUT_WINDOW_HEIGHT), 0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}

void RenderScene() {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);

    for (int i = 0; i < rows; ++i) {
        for (int j = 0; j < cols; ++j) {
            switch (cells[i][j].color) {
                case WHITE:
                    glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
                    break;
                case RED:
                    glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f);
                    break;
                case GREEN:
                    glColor3f(0.0f, 1.0f, 0.0f);
                    break;
                case BLUE:
                    glColor3f(0.0f, 0.0f, 1.0f);
                    break;
```

```
            case YELLOW:
                glColor3f(1.0f, 1.0f, 0.0f);
                break;
            case VIOLET:
                glColor3f(0.5f, 0.0f, 0.5f);
                break;
        }
        glBegin(GL_QUADS);
        glVertex2i(cells[i][j].x, cells[i][j].y);
        glVertex2i(cells[i][j].x + cells[i][j].size, cells[i][j].y);
        glVertex2i(cells[i][j].x + cells[i][j].size, cells[i][j].y + cells[i][j].size);
        glVertex2i(cells[i][j].x, cells[i][j].y + cells[i][j].size);
        glEnd();
      }
    }

    glFlush();
}

void Resize(int width, int height) {
    glViewport(0, 0, width, height);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluOrtho2D(0, width, height, 0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();

    rows = height / cellSize;
    cols = width / cellSize;

    cells.resize(rows);
    for (int i = 0; i < rows; ++i) {
        cells[i].resize(cols);
        for (int j = 0; j < cols; ++j) {
            cells[i][j].x = j * cellSize;
            cells[i][j].y = i * cellSize;
            cells[i][j].size = cellSize;
            cells[i][j].color = WHITE;
        }
    }
}

void MouseFunc(int button, int state, int x, int y) {
    if (button == GLUT_LEFT_BUTTON && state == GLUT_DOWN) {
        int row = y / cellSize;
```

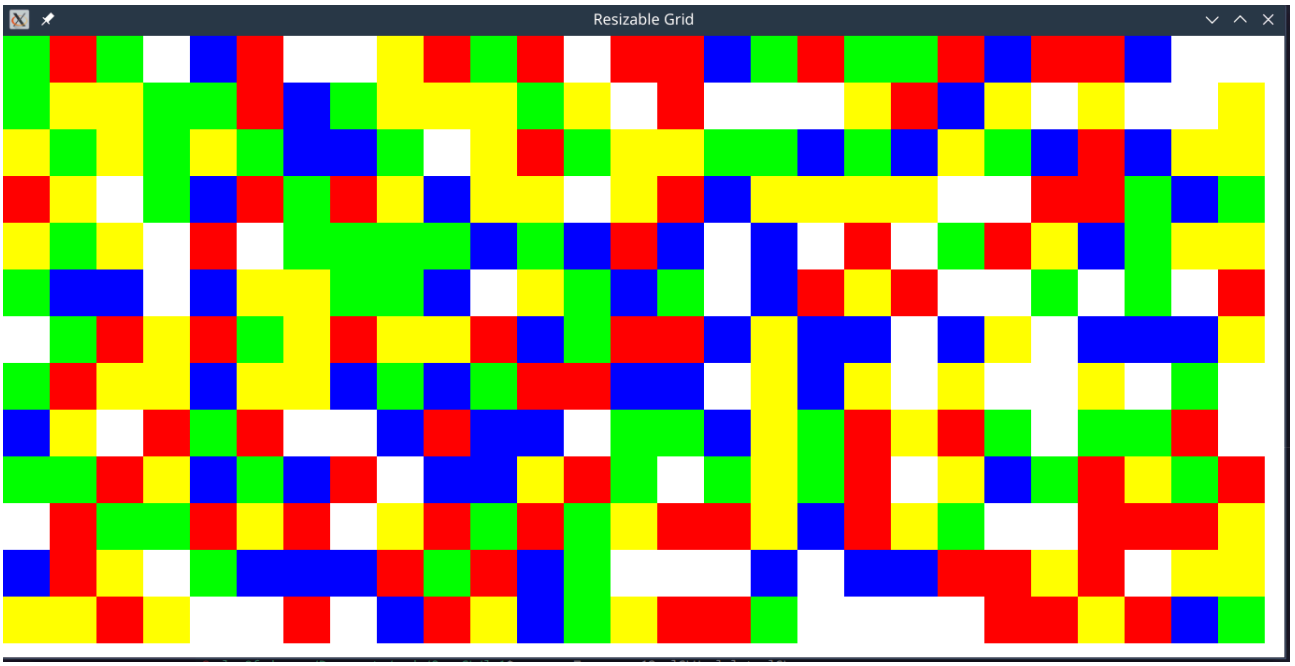
```
        int col = x / cellSize;
            cells[row][col].color = static_cast<CellColor>((cells[row][col].color + 1) %
NUM_COLORS);
        glutPostRedisplay();
    }
}

int main(int argc, char** argv) {
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(750*1.4, 750);
    glutInitWindowPosition(100, 100);
    glutCreateWindow("Resizable Grid");
    glutDisplayFunc(RenderScene);
    glutReshapeFunc(Resize);
    glutMouseFunc(MouseFunc);
    SetupRC();
    Resize(400, 300);
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

Результат:

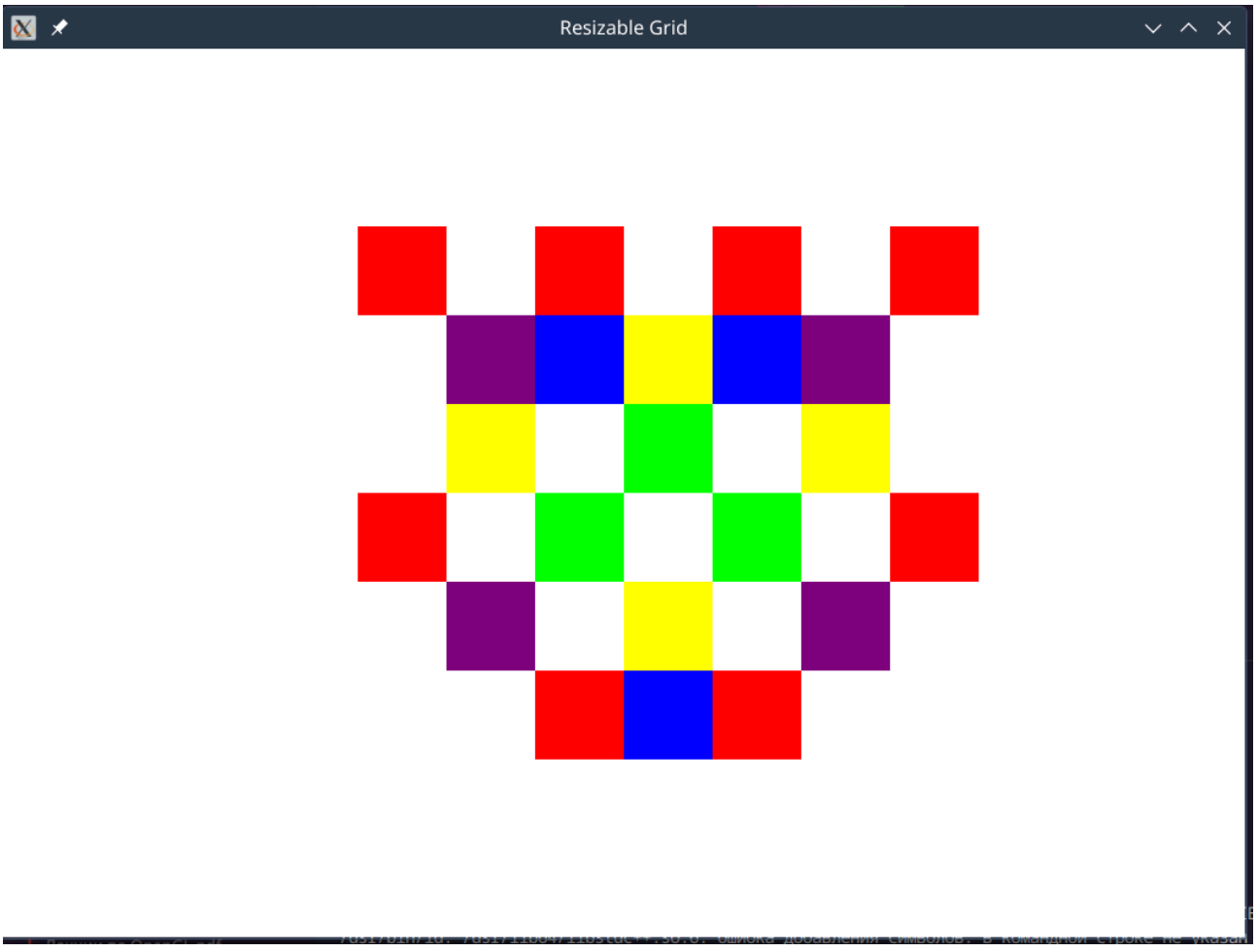
1) программа реагирует на действия пользователя, на клик пользователя меняет цвет:



2) программа не реагирует на действия пользователя, генерация происходит случайно:



3) программа реагирует на действия пользователя, на клик пользователя меняет цвет, предусмотрено расширение окна:



Вывод: в ходе выполнения лабораторной работы были сформированы практические навыки работы с проекционной матрицей средствами OpenGL. была изучена теория, а также выполнены задания согласно варианту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. OpenGL (Open Graphics Library) - это кроссплатформенная библиотека для разработки графических приложений. GLUT (OpenGL Utility Toolkit) - это набор инструментов, облегчающих создание оконных приложений с использованием OpenGL.

2. Виды проекций классифицируются на ортографическую и перспективную. В ортографической проекции параллельные линии остаются параллельными, а в перспективной проекции они сходятся к одной точке - центру проекции. В OpenGL ортографическая проекция реализуется функцией glOrtho(), а перспективная - функцией gluPerspective().

3. Для подключения библиотек OpenGL к проекту нужно добавить заголовочные файлы и библиотеки в проект, а также указать компилятору путь к этим файлам и библиотекам.

4. Декартово пространство в приложении к окну описывается с помощью координат x и y, где (0,0) находится в левом нижнем углу окна, положительное направление оси x направлена вправо, а положительное направление оси y - вверх.

5. Параметры в команде glViewport указывают на размеры окна, в котором будет отображаться изображение OpenGL.

6. Функция glutMainLoop() предназначена для запуска основного цикла обработки событий GLUT, в котором происходит обработка событий ввода, рисование и другие операции.

7. Поле просмотра (viewing frustum) - это объем в пространстве, который виден из точки зрения наблюдателя. Функция glFrustum() определяет поле просмотра.

8. Принцип работы функции очистки буфера заключается в том, что она очищает содержимое указанного буфера (например, цвета, глубины, шаблоны) перед началом нового кадра.

9. Двойная буферизация - это техника рендеринга, при которой используется два буфера: передний и задний. Во время рендеринга изображение отображается в заднем буфере, а когда рендеринг завершен, содержимое заднего буфера переключается в передний буфер, что предотвращает появление эффекта разрыва изображения (мерцание).

ЛИТЕРАТУРА:

1. "OpenGL Red Book"
http://pm.samgtu.ru/sites/pm.samgtu.ru/files/materials/comp_graph/RedBook_OpenGL.pdf
2. https://www.opengl.org/resources/libraries/glut/glut-3.spec.pdf
3. WebGL: Программирование трехмерной графики. Коичи Мацуда, Роджер Ли. Пер. с англ. Киселев А. Н. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 494 с.