VOID МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2
по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование»
Тема: «Наследование»

Студент гр. 7381 Минуллин М. А.
Преподаватель Жангиров Т. Р.

Санкт-Петербург
2019

Цель работы.

Ознакомиться с понятиями наследование, полиморфизм, абстрактный класс, изучить виртуальные функции, принцип их работы, способ организации в памяти, раннее и позднее связывания в языке C++. В соответствии с индивидуальным заданием разработать систему классов для представления геометрических фигур.

Задание.

Необходимо спроектировать систему классов для моделирования геометрических фигур (в соответствии с полученным индивидуальным заданием). Задание предполагает использование виртуальных функций в иерархии наследования, проектирование и использование абстрактного базового класса. Разработанные классы должны быть наследниками абстрактного класса Shape, содержащего методы для перемещения в указанные координаты, поворота на заданный угол, масштабирования на заданный коэффициент, установки и получения цвета, а также оператор вывода в поток.

Необходимо также обеспечить однозначную идентификацию каждого объекта.

Решение должно содержать:

1. Условие задания;
2. UML диаграмму разработанных классов;
3. Текстовое обоснование проектных решений;
4. Реализацию классов на языке C++.

Индивидуализация.

Вариант 13 – реализовать систему классов для фигур:

1. Треугольник;
2. Эллипс;
3. Прямоугольный треугольник.

Обоснование проектных решений.

Для представления цвета написан отдельный класс ColorRGBA, представляющий из себя класс для представления 4-байтного цвета палитры RGBA (красная, зелёная, синяя компоненты и прозрачность – альфа-канал).

Базовым классом для всех фигур является класс Shape2D, используемый для представления плоских геометрических фигур. Хранит в себе координаты центра фигуры (для разных классов центр может определяться по-разному) – абсциссу и ординату. Перемещение фигуры представляет из себя смену координат центра фигуры, поэтому метод перемещения фигуры объявлен в этом классе, необходимости переопределять этот метод в классах-наследниках нет, поэтому он не виртуальный.

Так же этот класс содержит в себе угол поворота (в радианах, по умолчанию 0) от оси Oy. Для поворота фигуры достаточно прибавить к этому углу необходимую величину поворота, поэтому поворот так же не виртуальный метод.

Здесь же хранится цвет фигуры, к которому так же есть доступ, потребность в виртуализации отсутствует.

Метод масштабирования сделан чисто виртуальным, поскольку его реализация уже зависит от способа организации фигуры в памяти (при ленивых вычислениях можно было бы использовать переменную для хранения масштаба объекта (по умолчанию 1), но любые манипуляции связанные с вычислением каких-то метрик фигуры будут приводить к постоянному домножению на масштабный коэффициент, что может, вероятно, привести к ошибкам).

Поскольку одной виртуальной функции мне показалось мало, добавлены чисто виртуальные функции вычисления периметра и площадь фигуры, поскольку данные метрики свойственны любой плоской геометрической фигуры. Виртуальны эти функции, поскольку требуют перегрузки в классах наследниках в целях поддержки парадигмы полиморфизма, а чисто

виртуальны, так же как операция масштабирования, поскольку их реализация в базовом классе не представляется возможной.

Для однозначной идентификации объекта базовый класс содержит две переменные: первая статическая (по умолчанию 0), увеличивающаяся при каждом вызове конструктора базового класса на единицу, находящаяся в приватной зоне класса, чтобы классы наследники не могли изменить это значение, вторая – константная, поскольку её значение однозначно определяется при создании объекта (по значению счётчика объектов). Такой метод организации идентификации используется для того, чтобы точно избежать коллизий (вследствие умышленного вмешательства в значения счётчика или идентификатора объекта).

Для перегрузки оператора вывода фигуры в поток оператор ≪ объявлен во всех классах дружественной функцией, чтобы можно было вывести значения защищённых и приватных полей.

Класс Triangle, используемый для представления разностороннего треугольника, наследуется от Shape2D, содержит в себе защищённые (чтобы иметь к ним доступ из классов-наследников) поля для хранения длин сторон треугольника. Центр разностороннего треугольника при этом считается центром описанной окружности.

Для нахождения периметра треугольника используется тривиальная формула $P = a + b + c$. Для нахождения площади используется формула Герона: $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$, где $p = \frac{P}{2}$ – полупериметр треугольника. Для масштабирования длины сторон треугольника умножаются на масштабный коэффициент. Для нахождения координат углов треугольника используются формулы:

$$\begin{cases} x_i = x_c + R\cos(\varphi_i) \\ y_i = y_c + R\sin(\varphi_i) \end{cases}$$

, где $(x_i; y_i)$ – координаты соответствующего угла треугольника ($i = 0; 1; 2$), $(x_c; y_c)$ – координаты центра треугольника, $R = \frac{abc}{4S}$ – радиус

описанной окружности, φ_i – угол поворота соответствующего угла вокруг центра треугольника, определяемый следующим образом:

$$\varphi_i = \begin{cases} \varphi, & i = 0 \\ \varphi_{i-1} + \frac{2\pi b}{P}, & i = 1 \\ \varphi_{i-1} + \frac{2\pi c}{P}, & i = 2 \end{cases}$$

Класс RightTriangle является наследником класса Triangle, используется для представления прямоугольного треугольника. Поскольку все формулы, в общем-то справедливы и для прямоугольного треугольника, то изменена только функция нахождения площади, поскольку площадь прямоугольного треугольника можно вычислить быстрее по формуле $S = \frac{1}{2}ab$, где a и b – катеты. Так же данный класс отличается от класса-родителя конструктором: данный класс принимает всего 2 аргумента – катеты (гипотенуза вычисляется очевидным образом $c = \sqrt{a^2 + b^2}$).

Класс Ellipse используется для представления эллипса, наследуется от Shape2D, хранит в себе 2 размера полуосей: мажорную и минорную. Периметр определяется по формуле $P = \pi\sqrt{2(a^2 + b^2)}$, площадь $S = \pi ab$.

UML диаграмма разработанных классов.

UML диаграмма разработанных классов представлена в приложении А и в соседнем документе (UML.png).

Реализация классов на языке C++.

Реализация классов представлена в приложении Б.

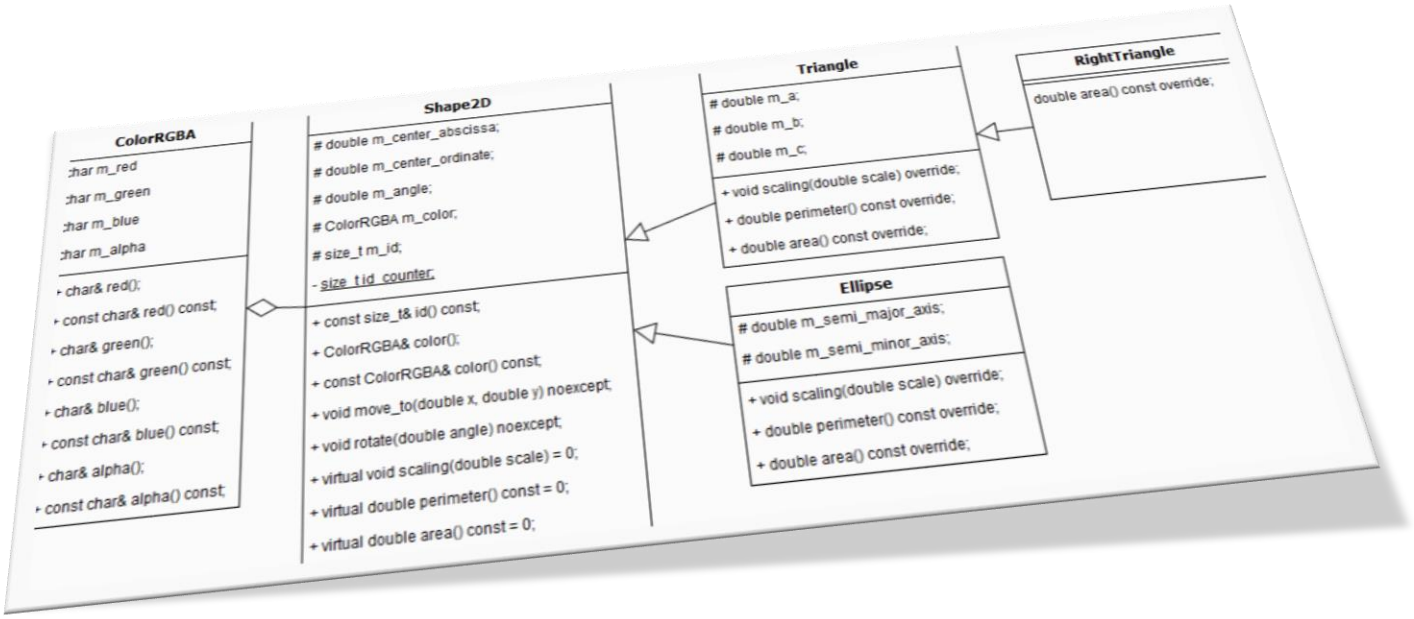
Выводы.

В ходе выполнения лабораторной работы была спроектирована система классов для работы с геометрическими фигурами в соответствии с индивидуальным заданием. В иерархии наследования были использованы виртуальные функции, базовый класс при этом является виртуальным (класс

называется виртуальным, если содержит хотя бы одну виртуальную функцию). Были реализованы методы перемещения фигуры в заданные координаты, поворота на заданный угол, масштабирования на заданный коэффициент, была реализована однозначная идентификация объекта.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

UML ДИАГРАММА КЛАССОВ



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РЕАЛИЗАЦИЯ КЛАССОВ НА ЯЗЫКЕ C++

```
#include <iostream>
#include <cmath>

class ColorRGBA
{
public:
    ColorRGBA();
    ColorRGBA(char red, char green, char blue, char alpha);
    ColorRGBA(const ColorRGBA& color);

    char& red() noexcept;
    const char& red() const noexcept;

    char& green() noexcept;
    const char& green() const noexcept;

    char& blue() noexcept;
    const char& blue() const noexcept;

    char& alpha() noexcept;
    const char& alpha() const noexcept;

    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const
ColorRGBA& color);
private:
    char m_red;
    char m_green;
    char m_blue;
    char m_alpha;
};

ColorRGBA::ColorRGBA()
: m_red(0), m_green(0), m_blue(0), m_alpha(0)
{
}

ColorRGBA::ColorRGBA(char red, char green, char blue, char alpha)
: m_red(red), m_green(green), m_blue(blue), m_alpha(alpha)
{
}

ColorRGBA::ColorRGBA(const ColorRGBA& color)
: m_red(color.m_red), m_green(color.m_green), m_blue(color.m_blue),
m_alpha(color.m_alpha)
{
```

```
}

char& ColorRGBA::red() noexcept
{
    return m_red;
}

const char& ColorRGBA::red() const noexcept
{
    return m_red;
}

char& ColorRGBA::green() noexcept
{
    return m_green;
}

const char& ColorRGBA::green() const noexcept
{
    return m_green;
}

char& ColorRGBA::blue() noexcept
{
    return m_blue;
}

const char& ColorRGBA::blue() const noexcept
{
    return m_blue;
}

char& ColorRGBA::alpha() noexcept
{
    return m_alpha;
}

const char& ColorRGBA::alpha() const noexcept
{
    return m_alpha;
}

std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const ColorRGBA& color)
{
    std::cout << "[" << size_t(color.m_red) << ", " <<
size_t(color.m_green) << ", " << size_t(color.m_blue) << ", " <<
size_t(color.m_alpha) << "]" << std::endl;
    return stream;
}

// base abstact class for flat figures
```

```cpp
class Shape2D
{
public:
    Shape2D();
    Shape2D(double x, double y, const ColorRGBA& color);

    const size_t& id() const noexcept;

    // get-set color of shape
    ColorRGBA& color();
    const ColorRGBA& color() const;

    // move shape to coordinates (x; y)
    void move_to(double x, double y) noexcept;
    // rotate the figure at angle
    void rotate(double angle) noexcept;

    virtual void scaling(double scale) = 0;

    virtual double perimeter() const = 0;
    virtual double area() const = 0;
protected:
    // center coordinates
    double m_center_abscissa;
    double m_center_ordinate;
    // angel of rotation from the axis
    double m_angle;
    // shape color
    ColorRGBA m_color;
    const size_t m_id;
private:
    static size_t id_counter;
};

size_t Shape2D::id_counter = 0;

Shape2D::Shape2D()
: m_center_abscissa(0.0), m_center_ordinate(0.0), m_angle(0.0),
m_color(), m_id(id_counter)
{
    ++id_counter;
}

Shape2D::Shape2D(double x, double y, const ColorRGBA& color)
: m_center_abscissa(x), m_center_ordinate(y), m_angle(0.0),
m_color(color), m_id(id_counter)
{
    ++id_counter;
}

const size_t& Shape2D::id() const noexcept
```

```
{
    return m_id;
}

ColorRGBA& Shape2D::color()
{
    return m_color;
}

const ColorRGBA& Shape2D::color() const
{
    return m_color;
}

void Shape2D::move_to(double x, double y) noexcept
{
    m_center_abscissa = x;
    m_center_ordinate = y;
}

void Shape2D::rotate(double angle) noexcept
{
    m_angle += angle;
}

class Triangle : public Shape2D
{
public:
    Triangle();
    Triangle(double x, double y, const ColorRGBA& color, double a,
double b, double c);

    void scaling(double scale) override;

    double perimeter() const override;
    double area() const override;

    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const
Triangle& triangle);
protected:
    // three sides of triangle
    double m_a;
    double m_b;
    double m_c;
};

Triangle::Triangle()
: Shape2D(), m_a(0.0), m_b(0.0), m_c(0.0)
{
}
```

```
Triangle::Triangle(double x, double y, const ColorRGBA& color, double
a, double b, double c)
: Shape2D(x, y, color), m_a(a), m_b(b), m_c(c)
{
}

void Triangle::scaling(double scale)
{
    m_a *= scale;
    m_b *= scale;
    m_c *= scale;
}

double Triangle::perimeter() const
{
    return (m_a + m_b + m_c);
}

double Triangle::area() const
{
    double p = perimeter() / 2.0;
    return (std::sqrt(p * (p - m_a) * (p - m_b) * (p - m_c)));
}

std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const Triangle&
triangle)
{
    stream << "triangle output" << std::endl;
    stream << "perimeter: " << triangle.perimeter() << std::endl;
    stream << "area: " << triangle.area() << std::endl;
    stream << "center abscissa: " << triangle.m_center_abscissa <<
std::endl;
    stream << "center ordinate: " << triangle.m_center_ordinate <<
std::endl;
    stream << "rotate angle: " << triangle.m_angle << std::endl;
    stream << "side 1: " << triangle.m_a << std::endl;
    stream << "side 2: " << triangle.m_b << std::endl;
    stream << "side 3: " << triangle.m_c << std::endl;
    stream << "triangle points: " << std::endl;
    double a = triangle.m_a;
    double b = triangle.m_b;
    double c = triangle.m_c;
    double P = triangle.perimeter();
    double S = triangle.area();
    double angle1 = triangle.m_angle;
    double angle2 = angle1 + 2.0 * M_PI * a / P;
    double angle3 = angle2 + 2.0 * M_PI * b / P;
    double xc = triangle.m_center_abscissa;
    double yc = triangle.m_center_ordinate;
    double R = a * b * c / 4.0 / S;
    double x1 = xc + R * std::cos(angle1);
```

```
    double y1 = xc + R * std::sin(angle1);
    double x2 = xc + R * std::cos(angle2);
    double y2 = xc + R * std::sin(angle2);
    double x3 = xc + R * std::cos(angle3);
    double y3 = xc + R * std::sin(angle3);
    stream << "1 point: " << "(" << x1 << ", " << y1 << ")" <<
std::endl;
    stream << "2 point: " << "(" << x2 << ", " << y2 << ")" <<
std::endl;
    stream << "3 point: " << "(" << x3 << ", " << y3 << ")" <<
std::endl;
    return stream;
}

class RightTriangle : public Triangle
{
public:
    RightTriangle();
    RightTriangle(double x, double y, const ColorRGBA& color, double
cathetus_1, double cathetus_2);
    // overloading area() method, because we can compute area faster
than Heron
    double area() const override;

    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const
RightTriangle& rightTriangle);
protected:

};

RightTriangle::RightTriangle()
: Triangle()
{
}

RightTriangle::RightTriangle(double x, double y, const ColorRGBA&
color, double cathetus_1, double cathetus_2)
: Triangle(x, y, color, cathetus_1, cathetus_2, std::hypot(cathetus_1,
cathetus_2))
{
}

double RightTriangle::area() const
{
    return (m_a * m_b / 2.0);
}

std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const RightTriangle&
rightTriangle)
{
    stream << "right triangle output: " << std::endl;
```

```
    stream << "perimeter: " << rightTriangle.perimeter() << std::endl;
    stream << "area: " << rightTriangle.area() << std::endl;
    stream << "center abscissa: " << rightTriangle.m_center_abscissa
<< std::endl;
    stream << "center ordinate: " << rightTriangle.m_center_ordinate
<< std::endl;
    stream << "rotate angle: " << rightTriangle.m_angle << std::endl;
    stream << "catet 1: " << rightTriangle.m_a << std::endl;
    stream << "catet 2: " << rightTriangle.m_b << std::endl;
    stream << "hypotenuse: " << rightTriangle.m_c << std::endl;
    stream << "triangle points: " << std::endl;
    double a = rightTriangle.m_a;
    double b = rightTriangle.m_b;
    double c = rightTriangle.m_c;
    double P = rightTriangle.perimeter();
    double S = rightTriangle.area();
    double angle1 = rightTriangle.m_angle;
    double angle2 = angle1 + 2.0 * M_PI * a / P;
    double angle3 = angle2 + 2.0 * M_PI * b / P;
    double xc = rightTriangle.m_center_abscissa;
    double yc = rightTriangle.m_center_ordinate;
    double R = a * b * c / 4.0 / S;
    double x1 = xc + R * std::cos(angle1);
    double y1 = xc + R * std::sin(angle1);
    double x2 = xc + R * std::cos(angle2);
    double y2 = xc + R * std::sin(angle2);
    double x3 = xc + R * std::cos(angle3);
    double y3 = xc + R * std::sin(angle3);
    stream << "1 point: " << "(" << x1 << ", " << y1 << ")" <<
std::endl;
    stream << "2 point: " << "(" << x2 << ", " << y2 << ")" <<
std::endl;
    stream << "3 point: " << "(" << x3 << ", " << y3 << ")" <<
std::endl;
    return stream;
}

class Ellipse : public Shape2D
{
public:
    Ellipse();
    Ellipse(double x, double y, const ColorRGBA& color, double a,
double b);

    void scaling(double scale) override;

    double perimeter() const override;
    double area() const override;

    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const
Ellipse& ellipse);
```

```
protected:
    double m_semi_major_axis;
    double m_semi_minor_axis;
};

Ellipse::Ellipse()
: Shape2D(), m_semi_major_axis(0.0), m_semi_minor_axis(0.0)
{
}

Ellipse::Ellipse(double x, double y, const ColorRGBA& color, double a,
double b)
: Shape2D(x, y, color), m_semi_major_axis(a), m_semi_minor_axis(b)
{
}

void Ellipse::scaling(double scale)
{
    m_semi_major_axis *= scale;
    m_semi_minor_axis *= scale;
}

double Ellipse::perimeter() const
{
    return (std::sqrt(2.0) * M_PI * std::hypot(m_semi_major_axis,
m_semi_minor_axis));
}

double Ellipse::area() const
{
    return (M_PI * m_semi_major_axis * m_semi_minor_axis);
}

std::ostream& operator<<(std::ostream& stream, const Ellipse& ellipse)
{
    stream << "ellipse output" << std::endl;
    stream << "perimeter: " << ellipse.perimeter() << std::endl;
    stream << "area: " << ellipse.area() << std::endl;
    stream << "center abscissa: " << ellipse.m_center_abscissa <<
std::endl;
    stream << "center ordinate: " << ellipse.m_center_ordinate <<
std::endl;
    stream << "rotate angle: " << ellipse.m_angle << std::endl;
    stream << "ellipse points: " << std::endl;
    double P = ellipse.perimeter();
    double S = ellipse.area();
    double R1 = ellipse.m_semi_minor_axis;
    double R2 = ellipse.m_semi_major_axis;
    double angle1 = ellipse.m_angle;
    double angle2 = angle1 + M_PI / 2.0;
    double angle3 = angle2 + M_PI / 2.0;
```

```
    double angle4 = angle3 + M_PI / 2.0;
    double xc = ellipse.m_center_abscissa;
    double yc = ellipse.m_center_ordinate;
    double x1 = xc + R1 * std::cos(angle1);
    double y1 = xc + R1 * std::sin(angle1);
    double x2 = xc + R2 * std::cos(angle2);
    double y2 = xc + R2 * std::sin(angle2);
    double x3 = xc + R1 * std::cos(angle3);
    double y3 = xc + R1 * std::sin(angle3);
    double x4 = xc + R2 * std::cos(angle4);
    double y4 = xc + R2 * std::sin(angle4);
    stream << "1 point: " << "(" << x1 << ", " << y1 << ")" <<
std::endl;
    stream << "2 point: " << "(" << x2 << ", " << y2 << ")" <<
std::endl;
    stream << "3 point: " << "(" << x3 << ", " << y3 << ")" <<
std::endl;
    stream << "4 point: " << "(" << x4 << ", " << y4 << ")" <<
std::endl;
    return stream;
}

int main()
{
    // default Triangle constructor
    Triangle triangle;
    std::cout << triangle.id() << ": " << triangle;

    // default RightTriangle constructor
    RightTriangle rightTriangle;
    std::cout << rightTriangle.id() << ": " << rightTriangle;

    // default Ellipse constructor
    Ellipse ellipse;
    std::cout << ellipse.id() << ": " << ellipse;

    Triangle triangle2(42.0, 42.0, ColorRGBA(), 3.0, 4.0, 5.0);
    std::cout << "triangle perimeter: " << triangle2.perimeter() <<
std::endl;
    std::cout << "triangle area: " << triangle2.area() << std::endl;
    std::cout << triangle2;

    RightTriangle rightTriangle2(42.0, 42.0, ColorRGBA(), 3.0, 4.0);
    std::cout << "right triangle perimeter: " <<
rightTriangle2.perimeter() << std::endl;
    std::cout << "right triangle area: " << rightTriangle2.area() <<
std::endl;

    std::cout << "right triangle scaling (x5)..." << std::endl;
    rightTriangle2.scaling(5.0);
```

```
    std::cout << "right triangle perimeter: " <<
rightTriangle2.perimeter() << std::endl;
    std::cout << "right triangle area: " << rightTriangle2.area() <<
std::endl;

    Ellipse ellipse2(42.0, 42.0, ColorRGBA(4, 8, 15, 16), 4.0, 2.0);
    std::cout << "ellipse color: " << ellipse2.color();
    std::cout << "ellipse color modification..." << std::endl;
    ellipse2.color() = ColorRGBA(15, 16, 23, 42);
    std::cout << "ellipse color: " << ellipse2.color();

    std::cout << triangle2 << std::endl;
    std::cout << rightTriangle2 << std::endl;
    std::cout << ellipse2 << std::endl;

    return EXIT_SUCCESS;
}
```