

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**факультет радиофизики и компьютерных технологий**  
**кафедра информатики и компьютерных систем**

**Н.В. Серикова**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**

**к лабораторному практикуму**

**КЛАССЫ. НАСЛЕДОВАНИЕ. ПОЛИМОРФИЗМ**

**по курсу**  
**«ПРОГРАММИРОВАНИЕ»**

**2020**  
**МИНСК**

Практическое руководство к лабораторному практикуму «КЛАССЫ. НАСЛЕДОВАНИЕ. ПОЛИМОРФИЗМ» по курсу «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» предназначено для студентов, изучающих базовый курс программирования на языке C++, специальностей «Радиофизика», «Физическая электроника», «Компьютерная безопасность».

Руководство содержит некоторый справочный материал, примеры решения типовых задач с комментариями.

Все примеры протестированы в среде Microsoft Visual Studio 2005.

Автор будет признателен всем, кто поделится своими соображениями по совершенствованию данного пособия.

Возможные предложения и замечания можно присылать по адресу:

*E-mail:* [Serikova@bsu.by](mailto:Serikova@bsu.by),

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Наследование .....	4
Синтаксис объявления производного класса .....	5
Доступ к элементам базового класса в классе-наследнике .....	6
Механизм наследования .....	7
Конструктор и деструктор производного класса .....	9
Полиморфизм .....	10
Виртуальные функции .....	11
Правила описания и создания виртуальных функций .....	12
Абстрактные и конкретные классы .....	13
ПРИМЕР 1. Синтаксис объявления производного класса .....	14
ПРИМЕР 2. Спецификатор наследования PUBLIC .....	15
ПРИМЕР 3. Спецификатор наследования PRIVATE .....	16
ПРИМЕР 4. Спецификатор наследования PRIVATE .....	17
ПРИМЕР 5. Спецификатор доступа PROTECTED .....	18
ПРИМЕР 6. Спецификатор доступа PROTECTED .....	19
ПРИМЕР 7. Спецификатор наследования PROTECTED .....	20
ПРИМЕР 8. Простое наследование. Конструктор, деструктор в базовом классе .....	21
ПРИМЕР 9. Конструктор и деструктор при наследовании .....	22
ПРИМЕР 10. Передача аргумента конструктору производного класса .....	23
ПРИМЕР 11. Синтаксис вызова конструктора базового класса из конструктора производного класса .....	24
ПРИМЕР 12. Передача аргументов в конструктор базового класса из конструктора производного класса .....	25
ПРИМЕР 13. Множественное наследование .....	26
ПРИМЕР 14. Множественное наследование .....	28
ПРИМЕР 15. Конструктор и деструктор при множественном наследовании .....	30
ПРИМЕР 16. Множественное наследование. Неопределенность .....	31
ПРИМЕР 17. Множественное наследование. Неопределенность .....	33
ПРИМЕР 18. Виртуальный базовый класс .....	35
ПРИМЕР 19. Полиморфизм. Переопределение метода .....	36
ПРИМЕР 20. Указатель на объект производного класса .....	37
ПРИМЕР 21. Виртуальная функция .....	38
ПРИМЕР 22. Виртуальная функция .....	39
ПРИМЕР 23. Иерархический порядок наследования виртуальных функций .....	41
ПРИМЕР 24. Виртуальный базовый класс .....	43
ПРИМЕР 25. Позднее связывание .....	45
ПРИМЕР 26. Абстрактный класс .....	47
ПРИМЕР 27. Вызов метода производного класса из метода базового класса .....	49
ПРИМЕР 28. Вызов методов производных классов из метода базового класса виртуальные функции .....	51

# НАСЛЕДОВАНИЕ

**Наследование** – принцип ООП, который позволяет на основе одного класса объявить другой класс. Наследование используется для поддержки ООП.

При наследовании:

- **класс-предок** (родитель, порождающий класс);
- **класс-наследник** (потомок, порожденный класс).

В С++ порождающий класс называется **базовым**, а порожденный – **производным**.

Каждый производный класс может выступать базовым классом.

Отношения между родительским классом и его потомками называются **иерархией наследования**. Глубина наследования не ограничена.

**Простым** называется наследование, при котором производный класс имеет только одного родителя.

**Множественное** наследование – способность класса наследовать характеристики более чем одного базового класса.

**Объекту базового класса** можно присвоить значение **другого объекта** этого же класса, а также **любого объекта-потомка**.

**Указатель и ссылка на базовый класс** совместимы по типам соответственно с указателем и ссылкой на производный класс.

## СИНТАКСИС ОБЪЯВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДНОГО КЛАССА

Простое наследование:

```
class имя_производного_Класса:
    [спецификатор наследования] имя_базового класса
    {
        тело класса
    };
```

Множественное наследование:

```
class   имя_производного_Класса:
    [спецификатор наследования1] имя_базового класса1,
    [спецификатор наследования2] имя_базового класса2,
    ...
    {   тело класса   };
```

Спецификатор наследования определяет доступность элементов базового класса в производном классе.

Если спецификатор наследования не указан, то по умолчанию базовый класс наследуется как закрытый.

**Имеются 3 спецификатора наследования:**

- **Public** (открытый)
- **Private** (закрытый)
- **Protected** (защищенный )

Если спецификатор наследования *public*, все открытые компоненты и функции-члены интерфейса базового класса открыты и в производном классе, а закрытые – закрыты и недоступны.

Если спецификатор наследования *private*, все открытые компоненты и функции-члены интерфейса базового класса закрыты в производном классе, также как и закрытые – закрыты и недоступны. Личные (private) члены базового класса доступны в производном классе только через вызов соответствующих функций-членов базового класса.

Спецификатор наследования *protected* эквивалентен спецификатору *private* с единственным исключением: защищенные члены базового класса доступны для членов всех производных классов этого базового класса, вне базового или производных классов защищенные члены недоступны.

## ДОСТУП К ЭЛЕМЕНТАМ БАЗОВОГО КЛАССА В КЛАССЕ-НАСЛЕДНИКЕ

Доступность элементов базового класса из классов-наследников изменяется в зависимости от спецификаторов доступа в базовом классе и спецификатора наследования.

Спецификатор доступа в базовом классе	Спецификатор наследования	Доступ в производном классе
public	отсутствует	private
public	private	private
public	public	public
public	protected	protected
protected	отсутствует	private
protected	private	private
protected	public	protected
protected	protected	protected
private	отсутствует	недоступны
private	private	недоступны
private	public	недоступны
private	protected	недоступны

# МЕХАНИЗМ НАСЛЕДОВАНИЯ

**Класс-потомок наследует структуру (элементы данных) и поведение (все методы) базового класса.**

## **Возможности, предоставляемые механизмом наследования:**

- Добавлять в производном классе данные, которые представляет базовый класс
- Дополнять в производном классе функциональные возможности базового класса
- Модифицировать в производном классе методы базового класса

## **Возможности, которых нет:**

- Модифицировать в производном классе данные, представленные базовым классом (сохранив их идентификаторы)

## **Что происходит в порожденном классе:**

- Поля данных и методы – **члены класса наследуются от базового класса.** Можно считать, что они описаны в порожденном классе. Однако, возможность доступа к ним из методов производного класса и извне этого класса определяется спецификатором доступа (private, protected, public) к членам в базовом классе и спецификатором доступа к базовому классу, задаваемому при описании производного класса.
- В производном классе **можно добавлять свои поля – члены класса.**
- В производном классе **можно добавлять свои методы – члены класса.**
- В производном классе **можно переопределять методы** базового класса (сохраняя точное совпадение с исходным прототипом, то есть количество и типы аргументов и возвращаемый тип). Исключение: если возвращаемый тип является указателем или ссылкой на базовый класс, он может быть заменен указателем или ссылкой на порождаемый класс.
- Если Вы в производном классе переопределили метод, **доступ** из него к **родительскому методу** можно получить, используя оператор ::
- Если в классе-наследнике имя метода и его прототип совпадают с именем метода базового класса, то метод производного класса **скрывает** метод базового класса.
- **Статические поля** наследуются. Все потомки разделяют единственную копию статического поля. **Статические методы** наследуются.
- Ограничений в наследовании вложенных классов нет: внешний класс может наследовать от вложенного и наоборот.

## Типы

Указатель базового класса может указывать на объект любого класса, производного от этого базового. Обратное неверно.



## КОНСТРУКТОР И ДЕКТРУКТОР ПРОИЗВОДНОГО КЛАССА

**Конструкторы и деструктор базового класса в производном классе не наследуются.**

## Конструкторы.

1. Если в базовом классе нет конструкторов или есть конструктор без аргументов (или аргументы присваиваются по умолчанию), то в производном классе конструктор можно не писать – будет создан конструктор копирования и конструктор по умолчанию.
2. Если в базовом классе все конструкторы с аргументами, производный класс обязан иметь конструктор, в котором явно должен быть вызван конструктор базового класса.
3. При создании объекта производного класса сначала вызывается конструктор базового класса – потом производного.

## Деструкторы.

1. При отсутствии деструктора в производном классе система создает деструктор по умолчанию.
2. Деструктор базового класса вызывается в деструкторе производного класса автоматически.
3. Деструкторы вызываются в порядке, обратном вызову конструкторов.

## Расширенный синтаксис объявления конструктора производного класса

```

Конструктор_производного_класса(список_фргументов) :
    базовый_класс(список_аргументов)
{ тело конструктора производного класса}

```

## ПОЛИМОРФИЗМ

**Полиморфизм** (многообразие форм) – принцип ООП.

**Полиморфизм** – свойство различных объектов выполнять одно и то же действие (с одним и тем же названием) по-своему.

**Полиморфизм** – возможность для объектов разных классов, связанных с помощью наследования, реагировать различным образом при обращении к одной и той же функции-члену.

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Связывание – сопоставление вызова функции с телом функции. Для обычных методов связывание выполняется на этапе трансляции до запуска программы. Такое связывание называется «**ранним**» или **статическим**.

При наследовании обычного метода его поведение не меняется в наследнике. Чтобы добиться разного поведения методов базового класса и классов–наследников необходимо объявить функцию-метод **виртуальной (virtual)**.

**Виртуальной** называется функция-член класса, вызов (и выполняемый код) которой зависит от типа объекта, для которого она вызывается.

Виртуальные функции обеспечивают механизм «**позднего**» или **динамического** связывания, которое работает во время выполнения программы.

Класс, в котором определены виртуальные функции (хотя бы одна), называется **полиморфным**.

Ключевое слово **virtual** можно писать только в базовом классе.

Описание виртуальной функции (обычно в базовом классе) имеет вид:

**virtual** тип имя-функции (список\_формальных\_параметров);

# ПРАВИЛА ОПИСАНИЯ И СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

## Правила описания и создания виртуальных функций:

- Виртуальная функция может быть **только методом** класса.
- **Любую перегружаемую операцию-метод** класса можно сделать виртуальной.
- Виртуальная функция **наследуется**.
- Виртуальная функция **может быть константной**.
- Если в базовом классе определена виртуальная функция, то метод производного класса с таким же именем и прототипом **автоматически** является виртуальным и замещает функцию-метод базового класса.
- **Статические методы не могут быть виртуальными**.
- **Конструкторы не могут быть виртуальными**.
- **Деструкторы могут (чаще - должны) быть виртуальными**.

**Внутри конструкторов и деструкторов** динамическое связывание не работает, хотя вызов виртуальных функций не запрещен. В конструкторах и деструкторах всегда вызывается «родная» функция класса.

Виртуальные методы **можно перегружать и переопределять** в наследниках с другим списком аргументов. Если виртуальная функция переопределена, она замещает (скрывает) родительские методы.

## АБСТРАКТНЫЕ И КОНКРЕТНЫЕ КЛАССЫ

**Чистой виртуальной функцией** является виртуальная функция, у которой в ее объявлении тело определено как 0 (инициализатор =0).

**virtual** тип имя-функции (список\_формальных\_параметров) = 0;

Класс, в котором есть хотя бы одна чистая виртуальная функция, называется **абстрактным**.

Они применяются **в качестве базовых** в процессе наследования.

Их назначение – возможность другим классам унаследовать от них интерфейс и реализацию.

Классы, объекты которых могут быть реализованы, называются **конкретными**.

Попытка создать объект абстрактного класса даст синтаксическую ошибку.

## ПРИМЕР 1. Синтаксис объявления производного класса

Простейшее объявление открытого класса наследника без новых полей и методов.

```
#include <iostream> // for cin cout
using namespace std;

class Base          // объявление базового класса
{
    double x, y;
public:
    void set_xy(double bx = 0, double by = 0)
    {x = bx; y = by; }

    void Print()
    {cout <<" x="<<x<<" y="<<y<<endl;}
};

        // объявление класса наследника
        // без новых полей и методов
class Derived: public Base{};

void main()
{
    Base P1;
    P1.set_xy();
    P1.Print();           // 0 0

    P1.set_xy(1,2);
    P1.Print();           // 1 2

    Derived P2;           // объект-наследник
    P2.set_xy();           // доступен метод базового класса
    P2.Print();           // 0 0

    P2.set_xy(1,2);       // доступен метод базового класса
    P2.Print();           // 1 2
}
```

## ПРИМЕР 2. Спецификатор наследования `public`

Базовый класс наследуется в производном классе как открытый. В программе доступны методы базового класса.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Base
{
    int x;
public:
    void setx(int n) { x = n; }
    void showx()      { cout << x << endl; }
};

// Класс наследуется как открытый
class Derived : public Base
{
    int y;
public:
    void sety(int n) { y = n; }
    void showy()      { cout << y << endl; }
    // void showxy(){ cout << x << y << endl; }
    // ОШИБКА - поле x недоступно
    // но можно так
    void showxy()      { showx(); showy(); }
};

int main()
{
    Derived ob;

    // доступ к членам базового класса через методы
    ob.setx(10);
    ob.showx();

    // доступ к членам производного класса через методы
    ob.sety(20);
    ob.showy();
    ob.showxy();
    return 0;
}
```

### ПРИМЕР 3. Спецификатор наследования `private`

Базовый класс наследуется в производном классе как закрытый. В программе недоступны методы базового класса.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Base
{
    int x;
public:
    void setx(int n) { x = n; }
    void showx()     { cout << x << endl; }
};

// Класс наследуется как закрытый
class Derived : private Base
{
    int y;
public:
    void sety(int n) { y = n; }
    void showy()     { cout << y << endl; }
};

int main()
{
    Derived ob;

    // ОШИБКА - закрыто для производного класса
    // ob.setx(10);
    // правильный доступ к члену производного класса
    ob.sety(20);

    // ОШИБКА - закрыто для производного класса
    // ob.showx();
    // правильный доступ к члену производного класса
    ob.showy();

    return 0;
}
```



#### ПРИМЕР 4. Спецификатор наследования `private`

Исправленная версия программы. Базовый класс наследуется в производном классе как закрытый. В программе недоступны методы базового класса. В производном классе доступны методы базового класса.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Base
{
    int x;
public:
    void setx(int n) { x = n; }
    void showx()      { cout << x << endl; }
};

// Класс наследуется как закрытый
class Derived : private Base
{
    int y;
public:
    // метод setx доступен внутри класса derived
    void setxy(int n, int m)
    { setx(n);
      y = m;
    }
    // метод showx доступен внутри класса derived
    void showxy()
    { showx();
      cout << y << endl;
    }
};

int main()
{
    Derived ob;

    ob.setxy(10, 20);

    ob.showxy();

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 5. Спецификатор доступа `protected`

В программе недоступно поле класса со спецификатором *protected*.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class samp
{
    int a;                // члены класса, закрытые по умолчанию
    protected:           // тоже закрытые члены класса samp
        int b;
    public:
        int c;

        samp(int n, int m) { a = n; b = m; }
        int geta() { return a; }
        int getb() { return b; }
};

int main()
{
    samp ob(10, 20);

    // Ошибка! Переменная b защищена и поэтому закрыта
    // ob.b = 99;

    // Правильно! Переменная c является открытым членом
    ob.c = 30;

    cout << ob.geta() << ' ' << ' ';
    cout << ob.getb() << ' ' << ob.c << endl;

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 6. Спецификатор доступа protected

Базовый класс наследуется в производном классе как открытый. В программе недоступны методы базового класса. В производном классе доступны методы базового класса.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Base
{
protected:    // закрытые члены класса base,
    int a,b;    // но для производного класса они доступны
public:
    void setab(int n, int m)
        { a = n; b = m; }
};

class Derived : public Base
{
    int c;
public:
    void setc(int n) { c = n; }

    // эта функция имеет доступ к переменным a и b класса base
    void showabc()
    {
        cout << a << ' ' << b << ' ' << c << '\n';
    }
};

int main()
{
    Derived ob;
    /* Переменные a и b здесь недоступны, поскольку являются
       закрытыми членами классов base и derived */

    ob.setab(1, 2);
    ob.setc(3);

    ob.showabc();

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 7. Спецификатор наследования protected

Базовый класс наследуется в производном классе как защищенный. В производном классе доступны методы базового класса. В программе недоступен метод базового класса.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Base
{
protected:    // закрытые члены класса base,
    int a,b;    // но для производного класса они доступны
public:
    void setab(int n, int m) { a = n; b = m; }
};

    // класс base наследуется как защищенный
class Derived : protected Base
{
    int c;
public:
    void setc(int n) { c = n; }

    // эта функция имеет доступ к переменным a и b класса base
    void showabc()
    {
        cout << a << ' ' << b << ' ' << c << '\n';
    }
};

int main()
{
    Derived ob;
    // ОШИБКА: теперь функция setab()
    // является защищенным членом класса base
    // ob.setab(1, 2);
    // функция setab() здесь недоступна

    ob.setc(3);
    ob.showabc();

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 8. Простое наследование. Конструктор, деструктор в базовом классе

Объявление класса наследника без конструктора.

```
#include <iostream> // for cin cout
using namespace std;

class Base // объявление класса
{
    double x, y;
public:
    Base(double bx = 0, double by = 0) // конструктор
    {x = bx; y = by; }

    ~Base() // деструктор
    { cout << "destructor base class " << endl; }

    void Print()
    {cout << " x=" << x << " y=" << y << endl; }
};

// объявление класса наследника без конструктора
class Derived: public Base{};

void main()
{
    Base P1;
    P1.Print(); // 0 0

    Base P2(1,2);
    P2.Print(); // 1 2

    Derived P3;
    P3.Print(); // 0 0

    //Point2 P4(1,2); // !!! невозможно
    //P4.Print ();

} // вызов деструкторов
```

## ПРИМЕР 9. Конструктор и деструктор при наследовании

Порядок вызова конструкторов и деструкторов при наследовании. Конструкторы вызываются в порядке наследования. Деструкторы – в обратном порядке.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
public:
    base()
        { cout << "Constructor base class \n"; }
    ~base()
        { cout << "Destructor base class\n"; }
};

class derived : public base
{
public:
    derived()
        { cout << "Constructor derived class\n"; }
    ~derived()
        { cout << "Destructor derived class \n"; }
};

int main()
{
    derived o;

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 10. Передача аргумента конструктору производного класса

Передача аргумента конструктору производного класса. Конструкторы вызываются в порядке наследования. Деструкторы – в обратном порядке.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
public:
    base()
        { cout << "Constructor base class\n"; }
    ~base()
        { cout << "Destructor base class\n"; }
};

class derived : public base
{
    int j;
public:
    derived(int n)
        { cout << "Constructor derived class\n";
          j = n;
        }
    ~derived()
        { cout << "Destructor derived class\n"; }
    void showj ()
        { cout << j << '\n'; }
};

int main()
{
    derived o(10);

    o.showj ();

    return 0;
}
```

### ПРИМЕР 11. Синтаксис вызова конструктора базового класса из конструктора производного класса

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
    int i;
public:
    base(int n)
    {
        cout << "Constructor base class\n";
        i = n;
    }
    ~base()
    { cout << "Destructor base class\n"; }
    void showi()
    { cout << i << '\n'; }
};

class derived : public base
{
    int j;
public:
    derived(int n) : base(n)
    {
        // передача аргумента в базовый класс
        cout << "Constructor derived class\n";
        j = n;
    }
    ~derived()
    { cout << "Destructor derived class\n"; }
    void showj()
    { cout << j << '\n'; }
};

int main()
{
    derived o(10);

    o.showi();
    o.showj();

    return 0;
}
```



## ПРИМЕР 12. Передача аргументов в конструктор базового класса из конструктора производного класса

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base // объявление базового класса
{
    int i;
public:
    base(int n) // конструктор
    {
        cout << "Constructor base class\n";
        i = n;
    }
    ~base() // деструктор
    { cout << "Destructor base class\n"; }
    void showi()
    { cout << i << '\n'; }
};

class derived : public base //объявление класса наследника
{
    int j;
public:
    derived(int n, int m) : base(m) // конструктор
    {
        // передача аргумента в базовый класс
        cout << "Constructor derived class\n";
        j = n;
    }
    ~derived() // деструктор
    { cout << "Destructor derived class\n"; }
    void showj()
    { cout << j << '\n'; }
};

int main()
{
    derived o(10, 20);

    o.showi();
    o.showj();

    return 0;
}
```

### ПРИМЕР 13. Множественное наследование

Пример иерархии вида:

B1      ←   D1      ←   D2

Конструкторы вызываются в порядке наследования. Деструкторы – в обратном порядке.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class B1 // объявление базового класса
{
    int a;
public:
    B1(int x) { a = x; } // конструктор
    int geta() { return a; }
};

// Прямое наследование базового класса
class D1 : public B1
{
    int b;
public:
    // передача переменной y классу B1
    D1(int x, int y) : B1(y) // конструктор
    {
        b = x;
    }
    int getb() { return b; }
};

// Прямое наследование производного класса
// и косвенное наследование базового класса
class D2 : public D1
{
    int c;
public:
    // передача аргументов классу D1
    D2(int x, int y, int z) : D1(y, z) // конструктор
    {
        c = x;
    }
};
```

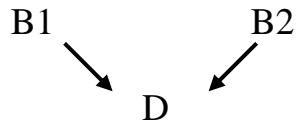
```
/* Поскольку базовые классы наследуются как открытые, класс D2 имеет доступ к открытым элементам классов B1 и D1 */
```

```
void show()  
{  
    cout << geta() << ' ' << getb() << ' ' ;  
    cout << c << '\n';  
}  
};
```

```
int main()  
{  
    D2 ob(1, 2, 3);  
  
    ob.show();  
  
    // функции geta() и getb() здесь тоже открыты  
    cout << ob.geta() << ' ' << ob.getb() << endl;  
  
    return 0;  
}
```

## ПРИМЕР 14. Множественное наследование

Пример множественного наследования вида:



```
#include <iostream>
using namespace std;

// Создание первого базового класса
class B1
{
    int a;
public:
    B1(int x) { a = x; } // конструктор
    int geta() { return a; }
};

// Создание второго базового класса
class B2
{
    int b;
public:
    B2(int x) // конструктор
    {
        b = x;
    }
    int getb() { return b; }
};

// Прямое наследование двух базовых классов
class D : public B1, public B2
{
    int c;
public:
    // здесь переменные z и y
    // напрямую передаются классам B1 и B2
    D(int x, int y, int z) : B1(z), B2(y) // конструктор
    {
        c = x;
    }
};
```

```
/* Поскольку базовые классы наследуются как открытые, класс
D имеет доступ к открытым элементам классов B1 и B2
*/
```

```
void show()
{
    cout << geta() << ' ' << getb() << ' ';
    cout << c << '\n';
}
};
```

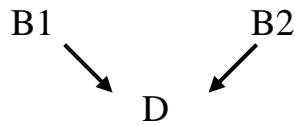
```
int main()
{
    D ob(1, 2, 3);

    ob.show();

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 15. Конструктор и деструктор при множественном наследовании

Порядок вызова конструкторов и деструкторов при множественном наследовании:



```
#include <iostream>
using namespace std;

class B1
{
    public:
        B1() { cout << "Constructor classa B1\n"; }
        ~B1() { cout << "Destructor classa B1\n"; }
};

class B2
{
    int b;
    public:
        B2() { cout << "Constructor classa B2\n"; }
        ~B2() { cout << "Destructor classa B2\n"; }
};

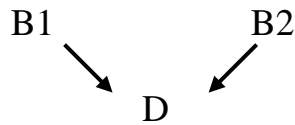
// Наследование двух базовых классов
class D : public B1, public B2
{
    public:
        D() { cout << "Constructor classa D\n"; }
        ~D() { cout << "Destructor classa D\n"; }
};

int main()
{
    D ob;

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 16. Множественное наследование. Неопределенность

Пример множественного наследования вида:



В каждом базовом классе есть свой метод Print. В производном классе такой метод отсутствует. При вызове метода Print из производного класса возникает неопределенность!

```
#include <iostream> // for cin cout
using namespace std;

class B1 // объявление 1 базового класса
{
protected:
    double x;
public:
    B1(double bx = 0) // конструктор
    {x = bx; }
    ~B1 () // деструктор
    { cout << "destructor Point1 done"<<endl;}
    void Print ()
    {cout <<" x="<<x<<endl;}
};

class B2 // объявление 2 базового класса
{
protected:
    double y;
public:
    B2(double by) // конструктор
    {y = by;}
    ~B2 () // деструктор
    { cout << "destructor Point2 done"<<endl;}
    void Print ()
    {cout <<" y="<<y<<endl;}
};
```

```

class D: public B1, public B2
{
    double z;
public:
    // конструктор вызывает конструкторы 2 базовых классов
    D(double bx, double by, double bz) : B1(bx), B2(by)
    {z = bz;}
    ~D () // деструктор
    { cout << "destructor Point3 done"<<endl;}
    void PrintD ()
    { cout<<" z="<<z<<endl;}
};

void main()
{
    D P(1,2,3);
    // P.Print(); // !!! неопределенность

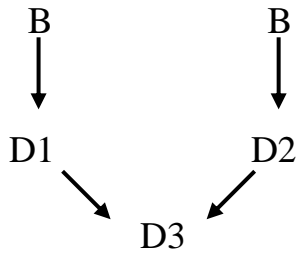
    P.B1::Print(); // 1
    P.B2::Print(); // 2
    P.PrintD(); // 3
}

```



## ПРИМЕР 17. Множественное наследование. Неопределенность

Пример множественного наследования вида:



В этом случае класс В фактически наследуется классом D3 дважды – через класс В1 и В2. Если в классе D3 необходимо использовать член класса В, это вызовет неоднозначность, поскольку в классе D3 имеется две копии класса В.

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
class base
{ public:
    int i;
};
```

```
// Наследование класса base как виртуального
class derived1 : public base
{ public:
    int j;
};
```

```
// Здесь класс base тоже наследуется как виртуальный
class derived2 : public base
{ public:
    int k;
};
```

```
/* Здесь класс derived3 наследует как класс derived1, так и
класс derived2 */
class derived3 : public derived1, public derived2
{
public:
    // Неоднозначность: две копии класса base
    int product() { return i * j * k; }
};
```

```
int main()
{
    derived3 ob;
    ob.i = 10;
    ob.j = 3;
    ob.k = 5;

    cout << "Rezult =  " << ob.product() << '\n';

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 18. Виртуальный базовый класс

Решение неопределенности в предыдущем примере – объявление базового класса виртуальным.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{ public:
    int i;
};

    // Наследование класса base как виртуального
class derived1 : virtual public base
{ public:
    int j;
};

    // Здесь класс base тоже наследуется как виртуальный
class derived2 : virtual public base
{ public:
    int k;
};

/* Здесь класс derived3 наследует как класс derived1, так и
класс derived2. Однако в классе derived3 создается только
одна копия класса base */
class derived3 : public derived1, public derived2
{
    public:
        int product() { return i * j * k; }
};

int main()
{
    derived3 ob;
    // Здесь нет неоднозначности, поскольку
    // представлена только одна копия класса base
    ob.i = 10;
    ob.j = 3;
    ob.k = 5;
    cout << "Rezult = " << ob.product() << '\n';

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 19. Полиморфизм. Переопределение метода

Базовый класс имеет метод `get`. Производный класс имеет свой метод `get`.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
    int x;
public:
    void setx(int i) { x = i; }
    int get() { return x; }
};

class derived : public base
{
    int y;
public:
    void sety(int i) { y = i; }
    int get() { return y; }
};

int main()
{
    base    b_ob;    // объект базового класса
    derived d_ob;    // объект производного класса

    b_ob.setx(10); // доступ к объекту базового класса
    cout << "Object of base class x:" << b_ob.get() << endl;

    d_ob.setx(99); // доступ к объекту производного класса
    d_ob.sety(88);

    cout << "Object of derived class y:" << d_ob.get() << endl;
    cout << "Object of derived class x:"
        << d_ob.base::get() << endl;

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 20. Указатель на объект производного класса

Демонстрация указателя на объект производного класса. Указатель, объявленный в качестве указателя на базовый класс, может использоваться как указатель на любой класс, производный от этого базового класса.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
    int x;
public:
    void setx(int i) { x = i; }
    int get () { return x; }
};

class derived : public base
{
    int y;
public:
    void sety(int i) { y = i; }
    int get() {return y; }
};

int main()
{
    base *p;          // указатель базового класса
    base b_ob;        // объект базового класса
    derived d_ob;     // объект производного класса

                        // использование указателя p для доступа к
                        // объекту базового класса
    p = &b_ob;
    p->setx(10); // доступ к объекту базового класса
    cout << "Object of base class x:" << p->get() << endl;

                        // использование указателя p для доступа к
                        // объекту производного класса
    p = &d_ob; // указывает на объект производного класса
    p->setx(99); // доступ к объекту производного класса
                // т.к. p нельзя использовать для
                // установки y, делаем это напрямую
    d_ob.sety(88);
    cout << "Object of derived class x:" << p->get() << endl;
    cout << "Object of derived class y:" << d_ob.get() << endl;
    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 21. Виртуальная функция

Пример тот же. Метод get() объявим как виртуальный.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
    int x;
public:
    void setx(int i) { x = i; }
    virtual int get () { return x; }
};

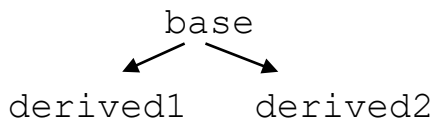
class derived : public base
{
    int y;
public:
    void sety(int i) { y = i; }
    int get() {return y; }
};

int main()
{
    base *p;          // указатель базового класса
    base b_ob;        // объект базового класса
    derived d_ob;     // объект производного класса

                        // использование указателя p для доступа к
                        // объекту базового класса
    p = &b_ob;
    p->setx(10); // доступ к объекту базового класса
    cout << "Object of base class x:" << p->get() << endl;

                        // использование указателя p для доступа к
                        // объекту производного класса
    p = &d_ob; // указывает на объект производного класса
    p->setx(99); // доступ к объекту производного класса
                // т.к. p нельзя использовать для
                // установки y, делаем это напрямую
    d_ob.sety(88);
    cout << "Object of derived class x:" << p->get() << endl;
    cout << "Object of derived class y:" << d_ob.get() << endl;
    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 22. Виртуальная функция



Простой пример использования виртуальной функции.

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
class base
{
    public:
        int i;
        base(int x) { i = x; }
        virtual void func()
        {
            cout << "func() of base class: ";
            cout << i << '\n';
        }
};

class derived1 : public base
{
    public:
        derived1(int x) : base(x) { }
        void func()
        { cout << "func() derived1 class: ";
          cout << i * i << '\n';
        }
};

class derived2 : public base {
public:
    derived2(int x) : base(x) { }
    void func()
    {
        cout << "func() derived2 class: ";
        cout << i + i << '\n';
    }
};
```

```
int main()
{
    base *p;
    base ob(10);
    derived1 d_ob1(10);
    derived2 d_ob2(10);

    p = &ob;
    p->func();          // функция func() класса base

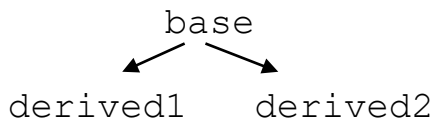
    p = &d_ob1;
    p->func();
        // функция func() производного класса derived1

    p = &d_ob2;
    p->func();
        // функция func() производного класса derived2

    return 0;
}
```



### ПРИМЕР 23. Иерархический порядок наследования виртуальных функций



Виртуальные функции имеют иерархический порядок наследования. Пример отличается от предыдущего отсутствием виртуальной функции в класса *derived2*. В этом случае для объекта класса *derived2* используется версия функции, определенная в базовом классе *base*.

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base {
public:
    int i;
    base(int x) { i = x; }
    virtual void func()
    {
        cout << "func() base class: ";
        cout << i << '\n';
    }
};

class derived1 : public base {
public:
    derived1(int x) : base(x) { }
    void func()
    {
        cout << "func() derived1 class: ";
        cout << i * i << '\n';
    }
};

class derived2 : public base {
public:
    derived2(int x) : base(x) { }
    // в классе derived2 функция func() не подменяется
};
```

```

int main()
{
    base *p;
    base ob(10);
    derived1 d_ob1(10);
    derived2 d_ob2(10);

    p = &ob;
    p->func();    // функция func() базового класса

    p = &d_ob1;
    p->func();
    // функция func() производного класса derived1

    p = &d_ob2;
    p->func();    // функция func() базового класса

    return 0;
}

```

## ПРИМЕР 24. Виртуальный базовый класс

base ← derived1 ← derived2

Виртуальная функция при наследовании сохраняет свою виртуальную природу

```
#include <iostream>
using namespace std;

class base
{
public:
    virtual void func()
    {
        cout << "func() base class \n";
    }
};

class derived1 : public base
{
public:
    void func()
    {
        cout << "func() derived1 class \n";
    }
};

// Класс derived1 наследуется классом derived2
class derived2 : public derived1 {
public:
    void func()
    {
        cout << " func() derived2 class \n";
    }
};
```

```
int main()
{
    base *p;
    base ob;
    derived1 d_ob1;
    derived2 d_ob2;

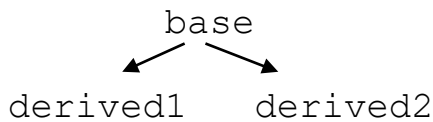
    p = &ob;
    p->func(); // функция func() базового класса

    p = &d_ob1;
    p->func();
    // функция func() производного класса derived1

    p = &d_ob2;
    p->func();
    // функция func() производного класса derived2

    return 0;
}
```

## ПРИМЕР 25. Позднее связывание



В этом примере показана работа виртуальной функции при наличии случайных событий во время выполнения программы.

```
#include <iostream>
#include <cstdlib>
using namespace std;

class base {
public:
    int i;
    base(int x) { i = x; }
    virtual void func()
    {
        cout << "func() base class: ";
        cout << i << '\n';
    }
};

class derived1 : public base {
public:
    derived1(int x) : base(x) { }
    void func()
    {
        cout << "func() derived1 class: ";
        cout << i * i << '\n';
    }
};

class derived2 : public base {
public:
    derived2(int x) : base(x) { }
    void func()
    {
        cout << "func() derived2 class: ";
        cout << i + i << '\n';
    }
};
```

```

int main()
{
    base *p;
    derived1 d_ob1(10);
    derived2 d_ob2(10);
    int i, j;

    for(i=0; i<10; i++) {
        j = rand();
        if((j%2)) p = &d_ob1; // если число нечетное
                                // использовать объект d_ob1
        else p = &d_ob2;      // если число четное
                                // использовать объект d_ob2
        p->func();             // вызов подходящей версии функции
    }

    return 0;
}

```

## ПРИМЕР 26. Абстрактный класс

Базовый класс – абстрактный.

```
#include <iostream> // for cin cout
using namespace std;

class base // объявление абстрактного класса
{
public:
    base() {} // конструктор
    ~base () {} // деструктор
    virtual void get() =0; // чистая виртуальная функция
};

class derived1: public base //объявление производного класса
{
protected:
    double x;
public:
    derived1(double bx) // конструктор
    {x = bx;}
    ~derived1 () // деструктор
    { cout << "destructor Point1 done"<<endl;}
    void get ()
    { cout << " x = "<< x <<endl; }
};

class derived2: public derived1
//объявление производного класса
{
    double y;
public:
    derived2(double bx, double by):derived1(bx)
    // конструктор
    {y = by; }
    ~derived2 () // деструктор
    { cout << "destructor Point2 done"<<endl;}
    void get()
    { cout << " x = "<< x <<" y = "<< y <<endl; }
};
```

```

void main()
{
    base *P;
    // P = new Point();    // !!! нельзя создать объект
                           // абстрактного класса
    // P -> get();

    P = new derived1(1);
    P -> get();             // 1

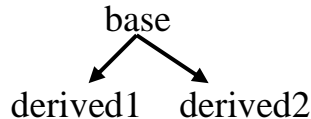
    P = new derived2(2,3);
    P -> get();             // 2 3
}

```



## ПРИМЕР 27. Вызов метода производного класса из метода базового класса

Вызов виртуальной функции из метода базового класса. Два производных класса от одного базового:



В каждом классе определим свой метод `get`, который должен вызываться из метода `get_base` базового класса. При вызове метода `get` для объектов производных классов, происходит вызов метода `get` базового (!) класса.

```
#include <iostream> // for cin cout
using namespace std;

class base // объявление базового класса
{ protected:
    double x,y;
public:
    base(double bx = 0, double by = 0) // конструктор
    {x = bx; y = by; }
    ~base () // деструктор
    { cout << "destructor base done"<<endl; }
    // вызов метода Print из метода Print_B
    void get_base()
    { cout <<" base class " <<endl;
      get();
    }
    void get ()
    { cout << " x = "<< x <<" y = "<< y <<endl; }
};

class derived1: public base //объявление класса наследника
{ double z; // новое поле
public: // конструктор
    derived1(double bx,double by, double bz):base(bx,by)
    {z = bz; }
    ~derived1 () // деструктор
    { cout << "destructor derived1 done"<<endl; }
    // метод переопределен
    void get ()
    { cout<<" x = "<< x <<" y = "<< y <<" z = "<< z <<endl; }
};
```

```

class derived2: public base //объявление класса наследника
{
    int a,b;                // новые поля
public:                    // конструктор
    derived2(double bx,double by, int ba,int bb)
                        :base(bx,by)

    {a = ba; b = bb; }
    ~derived2 ()          // деструктор
    { cout << "destructor derived2 done"<<endl; }
                                // метод переопределен
    void get ()
    { cout<<" x="<<x<<" y="<<y<<" a="<<a<<" b="<<b<<endl; }
};

void main()
{
    base      P1(1,2) ;
    derived1  P2(3,4,5) ;
    derived2  P3(6,7,8,9) ;

    P1.get_base();           // 1 2
    P2.get_base();           // 3 4      !!!
    P3.get_base();           // 6 7      !!!
}

```

## ПРИМЕР 28. Вызов методов производных классов из метода базового класса Виртуальные функции

Пример тот же. Добавляем слово **virtual** для метода *get* базового класса!

Для каждого объекта производных классов метод *get\_base* вызывает соответствующий (!) метод *get*.

```
#include <iostream> // for cin cout
using namespace std;

class base // объявление базового класса
{ protected:
    double x,y;
public:
    base(double bx = 0, double by = 0) // конструктор
    {x = bx; y = by; }
    ~base () // деструктор
    { cout << "destructor base done"<<endl; }
    // вызов метода Print из метода Print_B
    void get_base()
    { cout <<" base class " <<endl;
      get();
    }
    void get ()
    { cout << " x = " << x <<" y = " << y <<endl; }
};

class derived1: public base //объявление класса наследника
{ double z; // новое поле
public: // конструктор
    derived1(double bx,double by, double bz):base(bx,by)
    {z = bz; }
    ~derived1 () // деструктор
    { cout << "destructor derived1 done"<<endl; }
    // метод переопределен
    void get ()
    { cout<<" x = " << x <<" y = " << y <<" z = " << z <<endl; }
};

class derived2: public base //объявление класса наследника
{
    int a,b; // новые поля
public: // конструктор
```

```

derived2(double bx,double by, int ba,int bb)
        :base(bx,by)
{a = ba; b = bb; }
~derived2 () // деструктор
{ cout << "destructor derived2 done"<<endl;}
        // метод переопределен
void get ()
{ cout<<" x="<<x<<" y="<<y<<" a="<<a<<" b="<<b<<endl;}
};

void main()
{
    base    P1(1,2);
    derived1 P2(3,4,5);
    derived2 P3(6,7,8,9);

    P1.get_base(); // 1 2
    P2.get_base(); // 3 4 5      !!!
    P3.get_base(); // 6 7 8 9    !!!
}

```