

Список литературы

1. [И. А. Волкова, А. В. Иванов, Л. Е. Карпов. Основы объектно-ориентированного программирования. Язык программирования С++. Учебное пособие для студентов 2 курса \(969.27 Кбайт\).](#) — М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ, 2011.
2. [И. А. Волкова, А. А. Вылиток, Т. В. Руденко. Формальные грамматики и языки. Элементы теории трансляции \(3-е издание\) \(1.59 Мбайт\).](#) — М.: Изд-во МГУ, 2009 (версия от 06.02.2010).
3. [И. А. Волкова, И. Г. Головин, Л. Е. Карпов. Системы программирования \(Учебное пособие\) \(1.2 Мбайт\).](#) — М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ, 2009.
4. [И. А. Волкова, А. А. Вылиток, Л. Е. Карпов. Сборник задач и упражнений по языку С++ \(Учебное пособие для студентов 2 курса\).](#) — М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ, 2013.
5. Д. Грис. Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин. — М.: Мир, 1975.
6. Ф. Льюис, Д. Розенкранц, Р. Стирнз. Теоретические основы проектирования компиляторов. — М.: Мир, 1979.
7. А. Ахо, Дж. Ульман. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции, т.1,2 — М.: Мир, 1979.
8. Л. Бек. Введение в системное программирование. — М.: Мир, 1988.
9. А. Ахо, Р. Сети, Дж. Ульман. Компиляторы. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. (Шифр в библиотеке МГУ: 5ВГ66 А-955)
0. А. В. Гордеев, А. Ю. Молчанов. Системное программное обеспечение. — СПб.: Питер, 2001

1. [Г. Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++](#) Г. Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ ([zip](#)), 2-е издание. — М. СПб.: «Издательство Бином» — «Невский диалект», 1998.
2. А. Элиенс. Принципы объектно-ориентированной разработки программ, 2-е издание. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.
3. И. О. Одинцов. Профессиональное программирование. Системный подход. — СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
4. Н. Н. Мансуров, О. Л. Майлингова. Методы формальной спецификации программ: языки MSC и SDL. — М.: Изд-во «Диалог-МГУ», 1998.
5. [А. М. Вендров. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем.](#) — Электронная публикация на CITFORUM.RU
6. М. Фаулер, К. Скотт. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. — М.: Мир, 1999.
7. Г. Майерс. Искусство тестирования программ. — М.: «Финансы и статистика», 1982
8. С. Канер, Дж. Фолк, Е. К. Нгуен. Тестирование программного обеспечения. — М.: «DiaSoft», 2001
9. Дж. Макгрегор, Д. Сайкс. Тестирование объектно-ориентированного программного обеспечения. Практическое пособие. — М.: «DiaSoft», 2002.
10. Б. Страуструп. Язык программирования С++. Специальное издание. — М.: Издательство «БИНОМ», 2001.
11. Б. Страуструп. Программирование: принципы и практика использования С++.: Пер. с англ. — М. ООО «И.Д.Вильямс», 2011. — 1248 с.
12. Г. Шилдт. Самоучитель С++. 3-е изд. — СПб: БХВ-Петербург, 2002.

Электронные ссылки

Материалы по курсу можно найти на сайте:

<http://cmcmsu.no-ip.info/2course/>

Некоторые электронные ссылки на полезные книги:

<http://povt.zaural.ru/edocs/uml/content.htm> -

Г Буч, Д Рамбо, А Джекобсон «Язык UML. Руководство пользователя»

<http://vmk.ugatu.ac.ru/book/buch/index.htm> -

Гради Буч "Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++"

Язык C++

C++ позволяет справиться с возрастающей сложностью программ (в отличие от C).

Автор – Бьёрн Страуструп.

Стандарты (комитета по стандартизации ANSI) – 1998, 2011, 2014.

C++:

- лучше C,
- поддерживает абстракции данных,
- поддерживает объектно-ориентированное программирование (ООП).

Парадигмы программирования

Все программы состоят из кода и данных и каким-либо образом концептуально организованы вокруг своего кода и/или данных.

Основные парадигмы (технологии) программирования определяют способ построения программ:

- **процедурно-ориентированная** (при кот. программа – это ряд последовательно выполняемых операций, причём код воздействует на данные, например в программах на С),
- **объектно-ориентированная** (при кот. программа состоит из объектов – программных сущностей, объединяющих в себе код и данные, взаимодействующих друг с другом через определенные интерфейсы, при этом доступ к коду и данным объекта осуществляется только через сам объект, т.е. данные определяют выполняемый код),
- функциональная,
- логическая.

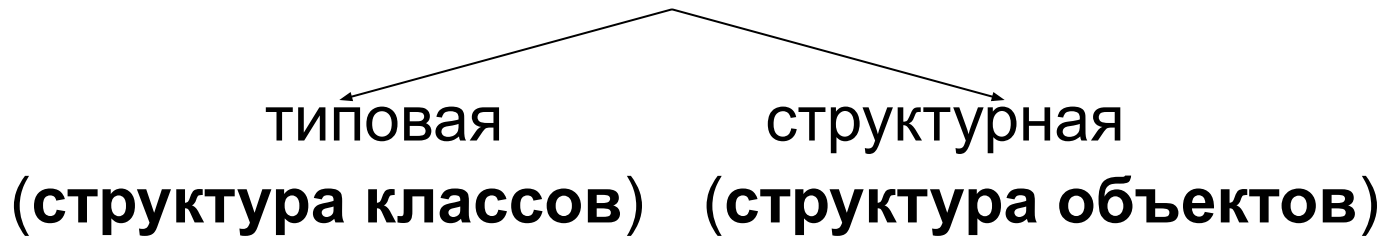
Постулаты ООП.

Абстракция - центральное понятие ООП.

Абстракция позволяет программисту справиться со сложностями решаемых им задач.

Мощный способ создания абстракций –

иерархическая классификация



Основные механизмы (постулаты) ООП:

- **инкапсуляция,**
- **наследование,**
- **полиморфизм.**

ИНКАПСУЛЯЦИЯ

Инкапсуляция - механизм,

- связывающий вместе код и данные, которыми он манипулирует;
- защищающий их от произвольного доступа со стороны другого кода, внешнего по отношению к рассматриваемому.

Доступ к коду и данным жестко контролируется интерфейсом.

Основой инкапсуляции является **класс**.

Класс - это механизм (пользовательский тип данных) для создания объектов.

Объект класса - переменная типа класс или экземпляр класса.

Любой объект характеризуется **состоянием** (значениями полей данных) и **поведением** (операциями над объектами, задаваемыми определенными в классе функциями, которые называют **методами** класса).

НАСЛЕДОВАНИЕ

Наследование - механизм, с помощью которого один объект (**производного класса**) приобретает свойства другого объекта (**родительского, базового класса**).

Наследование позволяет объекту производного класса наследовать от своего родителя общие атрибуты, а для себя определять только те характеристики, которые делают его уникальным внутри класса.

Производный класс конкретизирует, в общем случае **расширяет** базовый класс.

Наследование поддерживает концепцию иерархической классификации.

Новый класс не обязательно описывать, начиная с нуля, что существенно упрощает работу программиста.

ПОЛИМОРФИЗМ

Полиморфизм - механизм, позволяющий использовать один и тот же интерфейс для общего класса действий.

В общем случае концепция полиморфизма выражается с помощью фразы "один интерфейс - много методов".

Выбор конкретного действия (метода) применительно к конкретной ситуации возлагается на компилятор. Программисту же достаточно запомнить и применять один интерфейс, вместо нескольких, что также упрощает его работу.

Различаются следующие виды полиморфизма:

- **статический** (на этапе компиляции, с помощью перегрузки функций),
- **динамический** (во время выполнения программы, реализуется с помощью виртуальных функций) и
- **параметрический** (на этапе компиляции, с использованием механизма шаблонов).

Декомпозиция задачи

При программировании в объектно-ориентированном стиле на первое место выходит **проектирование** решения задачи, т.е. определение того, какие классы и объекты будут использоваться в программе, каковы их свойства и способы взаимодействия.

Как правило, при этом необходимо произвести декомпозицию задачи.

Декомпозиция – научный метод, использующий структуру задачи и позволяющий разбить решение одной большой задачи на решения серии меньших задач, возможно взаимосвязанных, но более простых.

Синтаксис класса

```
class имя_класса {  
[private:]  
    закрытые члены класса (функции, типы и поля-данные)  
public:  
    открытые члены класса (функции, типы и поля-данные)  
protected:  
    защищенные члены класса  
} список_объектов;
```

Описание объектов – экземпляров класса:

```
имя_класса    список_объектов;  
                // служ. слово class не требуется
```

Классы С++ отличаются от структур С++ **только** правилами определения **по умолчанию**

- **прав доступа** к первой области доступа членов класса и
- **типа наследования:**
 - для **структур** – **public**,
 - для **классов** – **private**.

Члены класса

- Члены-данные;
- Члены-функции (методы);
- Члены-типы – вложенные пользовательские типы, Правила доступа к членам класса и поиска их имен единообразны для всех членов класса и не зависят от их вида.

```
Ex.: class X {  
    double t; // Данное  
    public:  
        void f ( ); // метод  
        int a; // данное  
        enum { e1, e2, e3 } g;  
    private:  
        struct inner { // вложенный класс  
            int i, j;  
            void g ( );  
        };  
        inner c;  
};
```

...

```
X x; x.a = 0; x.g = X::e1;
```

Действия над объектами классов

Над объектами класса можно производить следующие действия:

- присваивать объекты одного и того же класса (при этом производится почленное копирование членов данных),
- получать адрес объекта с помощью операции `&`,
- передавать объект в качестве формального параметра в функцию,
- возвращать объект в качестве результата работы функции.
- осуществлять доступ к элементам объекта с помощью операции `.`, а если используется указатель на объект, то с помощью операции `->`.
- вызывать методы класса, определяющие поведение объекта.

Пример класса

```
...  
class A {  
    int a;  
public:  
    void set_a (int n);  
    int get_a ( ) const { return a; } // Константные методы класса  
                                     // не изменяют состояние своего объекта  
};  
  
void A::set_a (int n) {  
    a = n;  
}  
  
int main () {  
    A obj1, obj2;  
    obj1.set_a(5);  
    obj2.set_a(10);  
    cout << obj1.get_a ( ) << '\n';  
    cout << obj2.get_a ( ) << endl;  
    return 0;  
}
```

АТД (абстрактный тип данных)

АТД называют тип данных с полностью скрытой (инкапсулированной) структурой, а работа с переменными такого типа происходит только через специальные, предназначенные для этого функции.

В С++ АТД реализуется с помощью классов (структур), в которых нет открытых членов-данных.

Класс А из предыдущего примера является абстрактным типом данных.

О терминологии

Оператор (statement) – действие, задаваемое некоторой конструкцией языка.

Операция (operator, для обозначения операций языка: +, *, =, и др.) – используются в выражениях.

Определение (описание) переменной (definition) - при этом отводится память, производится инициализация, определение возможно только 1 раз.

Объявление переменной (declaration) - дает информацию компилятору о том, что эта переменная где-то в программе описана.

Для преобразования типов используются два термина – **преобразование** (conversion) и **приведение** (cast).

Некоторые отличия C++ от C

- Введен логический тип **bool** и константы логического типа **true** и **false**.
- В C++ отсутствуют типы по умолчанию (например, обязательно `int main () {...}`).
- Локальные переменные можно описывать в любом месте программы, в частности внутри цикла `for`. Главное, чтобы они были описаны до их первого использования.
По стандарту C++ переменная, описанная внутри цикла `for`, локализуется в теле этого цикла.
- В C++ переработана стандартная библиотека.
В частности, в стандартной библиотеке C++ файл заголовков ввода/вывода называется **<iostream>**, введены классы, соответствующие стандартным (консольным) потокам ввода – класс **istream** – и вывода – класс **ostream**, а также объекты **cin** (класса **istream**) и **cout** и **cerr** (класса **ostream**).
Через эти объекты доступны операции ввода **>>** из стандартного потока ввода (например, `cin >> x ;`), и вывода **<<** в стандартный поток вывода (например, `cout << "string" << S << "\n";`), при использовании которых не надо указывать никакие форматирующие элементы.

Работа с динамической памятью

*int *p, *m;*

p = new int ; или

p = new int (1); или

m = new int [10]; - для массива из 10 элементов;

массивы, создаваемые в динамической памяти
инициализировать нельзя;

.....

delete p; или

delete [] m; - для удаления всего массива;

Значения параметров функции по умолчанию

Пример:

```
void f (int a, int b = 0, int c =1);
```

Обращения к функции:

```
f(3) // a = 3, b = 0, c = 1;
```

```
f(3, 4) // a = 3, b = 4, c = 1;
```

```
f(3, 4, 5) // a = 3, b = 4, c = 5.
```

Пространства имен

Пространства имен вводятся только на уровне файла, но не внутри блока.

```
namespace std {  
    // объявления, определения  
}
```

Ex: `std::cout << std::endl;`

```
namespace NS {  
    char name [ 10 ];  
    namespace SP {  
        int var = 3;  
    }  
}
```

Ex: `... NS::name ...; NS::SP::var += 2;`

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

```
using NS::name;
```

Указатель **this**

Иногда для реализации того или иного метода возникает необходимость иметь указатель на «свой» объект, от имени которого производится вызов данного метода.

В C++ введено ключевое слово **this**, обозначающее «указатель на себя», которое можно трактовать как неявный параметр любого метода класса:

```
<имя класса> * const this;  
*this – сам объект.
```

Таким образом, любой метод класса имеет на один (первый) параметр больше, чем указано явно.

This, участвующий в описании функции, перегружающей **операцию**, всегда указывает на **самый левый** (в выражении с этой операцией) операнд операции.

В реальности поле **this** не существует (не расходуется память), и при сборке программы вместо **this** подставляется соответствующий адрес объекта.

Специальные методы класса

Конструктор – метод класса, который

- имеет имя, в точности совпадающее с именем самого класса;
- не имеет типа возвращаемого значения;
- **всегда** вызывается при создании объекта (сразу после отведения памяти под объект в соответствии с его описанием).

Деструктор – метод класса, который

- имеет имя, совпадающее с именем класса, перед первым символом которого приписывается символ ~ ;
- не имеет типа возвращаемого значения и параметров;
- **всегда** вызывается при уничтожении объекта (перед освобождением памяти, отведенной под объект).

Специальные методы класса

```
class A {  
    .....  
    public:  
        A ( );          // конструктор умолчания  
        A (A & y);     // A (const A & y); конструктор копирования (КК)  
[explicit] A (int x); // конструктор преобразования; explicit запрещает  
                // компилятору неявное преобразование int в A  
        A (int x, int y);  
        // A (int x = 0, int y = 0); // заменяет 1-ый, 3-ий и 4-ый  
                // конструкторы  
        ~A ();        // деструктор  
    .....  
};  
int main () {  
    A a1, a2 (10), a3 = a2;  
    A a4 = 5, a5 = A(7); // Err!, т.к. временный объект не может быть  
                        // параметром для неконстантной ссылки в КК  
                        // О.К., если будет A (const A & y)  
    A *a6 = new A (1);  
}
```

Правила автоматической генерации специальных методов класса

- ❖ Если в классе **явно не описан никакой конструктор**, то конструктор умолчания генерируется автоматически с пустым телом в **public** области.
- ❖ Если в классе явно не описан конструктор копирования, то он **всегда генерируется автоматически** в **public** области с телом, реализующим почленное копирование значений полей-данных параметра конструктора в значения соответствующих полей-данных создаваемого объекта
- ❖ Если в классе явно не описан деструктор, то он **всегда генерируется автоматически** с пустым телом в **public** области.

Класс Box

```
class Box {  
    int l;           // length – длина  
    int w;           // width – ширина  
    int h;           // height – высота  
public:  
    int volume () const { return l * w * h ; }  
    Box (int a, int b, int c ) { l = a; w = b; h = c; }  
    Box (int s) { l = w = h = s; }  
    Box ( ) { w = h = 1; l = 2; }  
    int get_l ( ) const { return l; }  
    int get_w ( ) const { return w; }  
    int get_h ( ) const { return h; }  
};
```

Автоматически сгенерированные конструктор копирования и операция присваивания:

```
Box (const Box & a) { l = a.l; w = a.w; h = a.h; }
```

```
Box & operator = ( const Box & a) { l = a.l; w = a.w; h = a.h; return * this; }
```

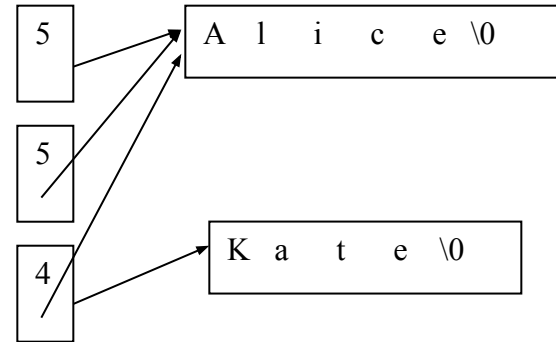
Конструктор копирования и операцию присваивания можно переопределить.

Неплоский класс string

```
class string {  
    char * p;    // здесь потребуется динамическая память,  
    int size;  
public:  
    string (const char * str);  
    string (const string & a);  
    ~string ( ) { delete [ ] p; }  
    string & operator= (const string & a);  
    ...  
};  
  
string :: string (const char * str) {  
    p = new char [ ( size = strlen (str) ) + 1];  
    strcpy (p, str);  
}  
  
string :: string (const string & a) {  
    p = new char [ (size = a.size) + 1];  
    strcpy (p, a.p);  
}
```

Пример использования класса string

```
void f {  
    string s1 ("Alice"); s1  
  
    string s2 = s1; s2  
  
    string s3 ("Kate"); s3  
    ...  
    s3 = s1;  
}  
  
{... s1...s2 {...s3...}...s1...s2}
```



Переопределение операции присваивания

```
string & string :: operator = (const string & a) {  
  
    if (this == & a)  
        return * this;    // если a = a  
  
    delete [ ] p;  
    p = new char [ (size = a.size) + 1];  
    strcpy (p, a.p);  
    return * this;  
}
```

При этом: $s1 = s2 \sim s1.operator=(s2);$

Композиция (строгая агрегация) объектов

```
class Point {
    int x;
    int y;
public:
    Point ( );
    Point ( int, int );
    ...
};

class Z {
    Point p;
    int z;
public:
    Z ( int c ) { z = c; };
    ...
};
```

```
Z * z = new Z (1);    // Point ( ); Z(1);
delete z;            // ~Z(); ~Point();
```

Использование **списка инициализации** при **описании** конструктора:

```
Z :: Z ( int c ) : p ( 1, 2 ) { z = c; } или
Z :: Z ( int c ) : p ( 1, 2 ), z ( c ) { }
```

Ссылки 1

Ссылочный тип данных задается так: `<тип> &`

Ссылка (reference) – переменная ссылочного типа.

Единственная **операция над ссылками – инициализация** (установление связи с инициализатором) при создании, при этом ссылка обозначает (именует) тот же **адрес** памяти, что и ее инициализатор (L-value выражение).

После описания и обязательной инициализации ссылку можно использовать точно так же, как и соответствующий ей инициализатор.

Фактически ссылка является синонимом своего инициализатора.

Ссылочный тип данных в C++ используется в следующих случаях:

а). **Описание переменных-ссылок** (локальных или глобальных).

Например,

```
int i = 5;  
int &yeti = i; //ссылка обязательно должна быть инициализирована  
           // yeti – синоним имени i ; &i ≡ &yeti;  
i = yeti + 1;  
yeti = i + 1;  
cout << i << yeti; //напечатается 7 7
```

Ссылки 2

b). Передача параметров в функции по ссылке.

Инициализация формального параметра ссылки происходит в момент передачи фактического параметра (L-value выражения), и далее все действия, выполняемые с параметром-ссылкой, выполняются с соответствующим фактическим параметром.

```
Пример:      void swap (int & x, int & y) {  
              int t = x;  
              x = y;  
              y = t;  
            }
```

```
Пример обращения к функции swap:      int a = 5, b = 6;  
                                         swap (a, b);
```

c). **Возвращение результата работы функции в виде ссылки** - для более эффективной реализации функции - т.к. не надо создавать временную копию возвращаемого объекта – и в том случае, когда возвращаемое значение должно быть L-value-выражением.

Инициализация возвращаемой ссылки происходит при работе оператора **return**, операндом которого должно быть L-value выражение. **Не следует возвращать ссылку на локальный объект функции**, который перестает существовать при выходе из функции.

```
Пример:      int & f( ) {  
              int * p = new int(5);  
              return *p;  
            }
```

```
Пример обращения к функции f:  int & x = f();
```

Ссылки 3

d). Использование ссылок – членов-данных класса.

Инициализация поля-ссылки класса обязательно происходит через список инициализации конструктора, вызываемого при создании объекта.

```
Пример:   class A {
           int x;
           public:
           int & r;
           A( ) : r (x) {
               x = 3;
           }
           A(const A &); // !!!
           A & operator= (const A&); // !!!
           ...
};
int main () {
    A a;
    ...
}
```


Ссылки 4

Константные ссылки

е). Использование **ссылок на константу** – формальных параметров функций (для эффективности реализации в случае объектов классов). Инициализация параметра – ссылки на константу происходит во время передачи фактического параметра, который, в частности, может быть **временным объектом**, сформированным компилятором для фактического параметра-**константы**.

Пример:

```
struct A {  
    int a;  
    A( int t = 0) { a = t; }  
};  
int f (const int & n, const A & ob) {  
    return n+ob.a;  
}  
int main () {  
    cout << f (3, 5) << endl;  
    ...  
}
```

Временные объекты

Временные объекты создаются в рамках выражений (в частности, инициализирующих), где их можно модифицировать (применять неконстантные методы, менять значения членов-данных).

В общем случае «живут» временные объекты до окончания вычисления соответствующих выражений.

НО! Если инициализировать ссылку на константу временным объектом (в частности, передавать временный объект в качестве параметра для формального параметра – ссылки на константу), время его жизни продлевается до конца жизни соответствующей ссылочной переменной.

НЕЛЬЗЯ инициализировать неконстантную ссылку временным объектом (в частности, неконстантные ссылки – формальные параметры).

```
Пример:  struct A {  
          A (int);  
          A (const A &);  
        };
```

```
...      const A & r = A (1);      // если здесь и в КК убрать const,  
        A a1 = A (2);             // все эти конструкции будут  
        A a2 = 3;   ...           // ошибочными
```

Важно! Компилятор ВСЕГДА сначала проверяет синтаксическую и семантическую (контекстные условия) правильность, а затем оптимизирует!!!

Порядок вызова конструкторов и деструкторов

При вызове **конструктора** класса выполняются:

1. конструкторы базовых классов (если есть наследование),
2. конструкторы умолчания всех вложенных объектов в порядке их описания в классе,
3. собственный конструктор (при его вызове все поля класса уже проинициализированы, следовательно, их можно использовать).

Деструкторы выполняются в обратном порядке:

1. собственный деструктор (при этом поля класса ещё не очищены, следовательно, доступны для использования),
2. автоматически вызываются деструкторы для всех вложенных объектов в порядке, обратном порядку их описания в классе,
3. деструкторы базовых классов (если есть наследование).

Вызов конструктора копирования

1. явно,
2. в случае:
Вох а (1, 2, 3);
Вох b = а; // а – параметр конструктора копирования,
3. в случае: Вох с = Вох (3, 4, 5);
// сначала создается временный объект и вызывается
// обычный конструктор, а затем работает конструктор
// копирования при создании объекта с; если компилятор
// оптимизирующий, вызывается только обычный
// конструктор с указанными параметрами;
4. при передаче параметров функции по значению (при создании локального объекта);
5. при возвращении результата работы функции в виде объекта,
6. при генерации исключения-объекта.

Вызов других конструкторов

- явно,
- при создании объекта (при обработке описания объекта),
- при создании объекта в динамической памяти (по new), при этом сначала в «куче» отводится необходимая память, а затем работает соответствующий конструктор,
- при композиции объектов наряду с собственным конструктором вызывается конструктор объекта – члена класса,
- при создании объекта производного класса также вызывается конструктор и базового класса,
- при автоматическом приведении типа с помощью конструктора преобразования.

Вызов деструктора

1. явно,
2. при свертке стека - при выходе из блока описания объекта, в частности при обработке исключений, завершении работы функции;
3. при уничтожении временных объектов - сразу, как только завершается конструкция, в которой они использовались;
4. при выполнении операции `delete` для указателя на объект (инициализация указателя - с помощью операции `new`), при этом сначала работает деструктор, а затем освобождается память.
5. при завершении работы программы при удалении глобальных/статических объектов.

Конструкторы вызываются в порядке определения объектов в блоке. При выходе из блока для всех автоматических объектов вызываются деструкторы, в порядке, противоположном порядку выполнения конструкторов.