Структура вычислительной системы

Система программирования (СП) — это комплекс программных инструментов и библиотек, который поддерживает **весь** технологический цикл создания программного продукта (ПП).

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. — 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). — М.: Изд-во МГУ, 2014
3. И. А. Волкова, И. Г. Головин, Л. Е. Карпов. Системы программирования (Учебное пособие). — М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ, 2009 (версия от 2014 года)
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)
10. А. В. Гордеев, А. Ю. Молчанов. Системное программное обеспечение. — СПб.: Питер, 2001

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

Электронные ссылки

Материалы по курсу можно найти на сайте:

http://cmcmsu.info/2course/

Некоторые электронные ссылки на полезные книги:

http://www.stolyarov.info/books/pdf/progintro_vol4.pdf

А.В.Столяров. Программирование. Введение в профессию. Том 4. Парадигмы, М., 2020.

http://www.stolyarov.info/books/pdf/cppintro5.pdf

А.В,Столяров. Введение в язык С++. М.: Изд-во МАКС Пресс, 2020

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 С++"

Язык С++

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

Автор – Бьёрн Страуструп.

Стандарты (комитета по стандартизации ISO) – 2003, 2011, 2014, 2017, 2020, … .

С++:

- лучше С,
- 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:

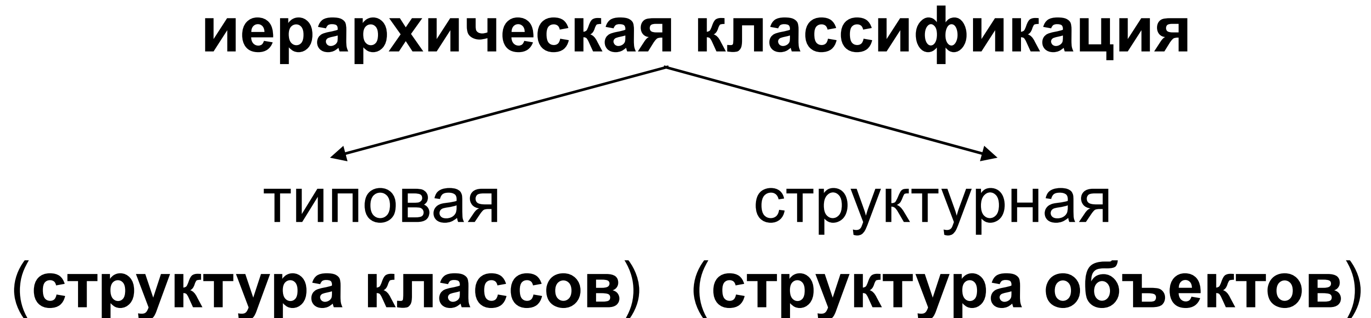
- **процедурно-ориентированная** (при кот. программа – это ряд последовательно выполняемых операций, причём код воздействует на данные, например в программах на С),
- **объектно-ориентированная** (при кот. программа состоит из объектов – программных сущностей, объединяющих в себе код и данные, взаимодействующих 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 —



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.

Процедурно- и объектно-ориентированная декомпозиция задачи

Процедурно-ориентированная декомпозиция — вычленение из алгоритма решения задачи модулей, выполняющих некоторое самостоятельное действие (оформление некоторых действий в виде отдельных функций и процедур).

Объектно-ориентированная декомпозиция – выделение элементов, принадлежащих различным абстракциям проблемной области (вычленение объектов проблемной области и определение их свойств).

Пример: студент, ВУЗ, стек.

Принципы объектно-ориентированной декомпозиции задачи

1. Выделяемые элементы не следует делать слишком мелкими — это усложнит процедуры их координации и взаимодействия.
2. Удобно при выделении элементов представлять их в виде черного ящика, внутренне устройство которого неизвестно, но определены выполняемые им действия и важные для внешнего использования «входы» и «выходы» (набор функций для получения/выдачи информации или изменения состояния элемента , т. н. ***интерфейс*** выделенного элемента).
3. Компоненты, в рамках одного выделенного элемента должны быть концептуально взаимосвязаны.
4. Для удобства и простоты использования выделенных элементов их интерфейс следует стремиться минимизировать.

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 C++ отличаются от структур C++ **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 С++ от С

- Введен логический тип ***bool*** и константы логического типа ***true*** и ***false*.**

- В С++ 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 С++ переменная, описанная внутри цикла for, локализуется в теле этого цикла.

- В С++ переработана стандартная библиотека.

  В частности, в стандартной библиотеке С++ файл заголовков ввода/вывода назвается **<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 (nothrow) 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;
```

Ссылочный тип данных_1

Ссылочный тип данных задается так: <тип> &

Ссылка (reference) – переменная ссылочного типа.

Единственная **операция над ссылками** – **инициализация** (установление связи с инициализатором) при создании (описании) ссылки, 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 С++ 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
```

Ссылочный тип данных_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();
```

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

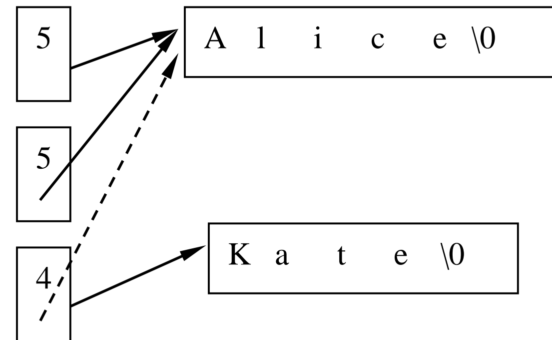
string s2 = s1;   s2

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 ~ 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 – члены класса

Ссылки могут быть членами-данными 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;
        ...
}
```

Константные ссылки

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;
        ...
}
```

Константные ссылки — Пример 1

```
struct Cl {
    int a;
    Cl ( int  t = 0) { a = t; }
   ~Cl() { a = 0; cout << "Destr\n";}
};
const Cl & gg (const Cl & ob)  {
    return ob;
}
int main () {
    const Cl & n = gg(3);
    const Cl * p = &gg(5);
    cout << n.a << endl;
    cout << p -> a << endl;
    return 0;
}
```

На печать:

```
Destr
Destr
0 ?????
0 ?????
```

Но!!! В строках, выводящих на экран, мы работаем с разрушенным объектом и имеем ситуацию **undefined behavior**.

Константные ссылки — Пример 2

```
struct Cl {
    int a;
    Cl ( int  t = 0) { a = t; }
   ~Cl() { a = 0; cout << "Destr\n";}
};
const Cl & gg (const Cl & ob)  {
    return ob;
}
int main () {
    const Cl & n = Cl(3);
    const Cl * p = &gg(5);
    cout << n.a << endl;
    cout << p -> a << endl;
    return 0;
}
```

На печать:

Destr
3
0 — ??? — **undefined behavior**.
Destr

Временные объекты (ВО)

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

«Живут» **ВО** до окончания вычисления соответствующих выражений.

НО! Если инициализировать ссылку на константу **ВО-ом** (в частности, передавать **ВО** в качестве фактического параметра для формального параметра–ссылки на константу), время его жизни продлевается до конца жизни соответствующей ссылочной переменной.

НЕЛЬЗЯ инициализировать неконстантную ссылку ВО-ом (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 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

* явно,
* в случае:
  Box a (1, 2, 3);
  Box b = a; // a – параметр конструктора копирования,

* в случае: Box c = Box (3, 4, 5);
  // сначала создается временный объект и вызывается
  // обычный конструктор, а затем работает конструктор
  // копирования при создании объекта c; если компилятор
  // оптимизирующий, вызывается только обычный
  // конструктор с указанными параметрами;

* при передаче параметров функции по значению (при создании локального объекта);

* при возвращении результата работы функции в виде объекта,

* 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

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

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