

# Глава 4. АЛГОРИТМЫ И СТРУКТУРНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

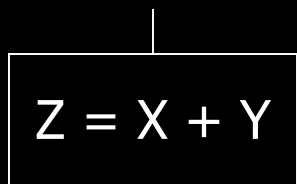
- Понятие и свойства алгоритма
- Язык блок-схем
- Простая программа, структурный подход к разработке алгоритмов
- Основные структуры алгоритмов
- Язык проектирования программ (псевдокод)
- Рекурсивные алгоритмы
- Алгоритмы поиска
- Алгоритмы сортировки
- Принципы объектно-ориентированного программирования

**Алгоритм** - формальное описание последовательности действий, которое необходимо выполнить для решения задачи.

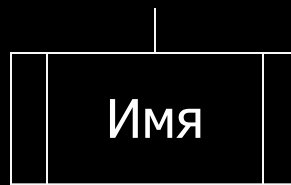
### Свойства алгоритма

- 1. Дискретность.** Алгоритм представляет процесс решения задачи как последовательность выполнения шагов-этапов. Для выполнения каждого этапа требуется определенное время, т.е. преобразование исходных данных в результат происходит дискретно во времени.
- 2. Определенность (детерминированность).** Каждое правило алгоритма должно быть четким и однозначным. Отсюда выполнение алгоритма носит механический характер.
- 3. Результативность (финитность, конечность).** Алгоритм должен приводить к решению задачи за конечное число шагов.
- 4. Массовость.** Алгоритм решения задачи разрабатывается в общем виде, т.е. он должен быть применим для некоторого класса задач, различающихся исходными данными (*область применимости алгоритма*).

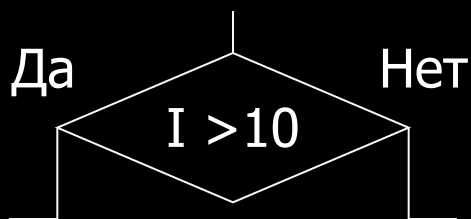
Язык **блок-схем** – способ формального описания алгоритмов



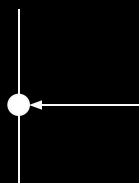
Обработка данных (вычисление, пересылка и т.п.)



Вызов процедуры



Проверка условия



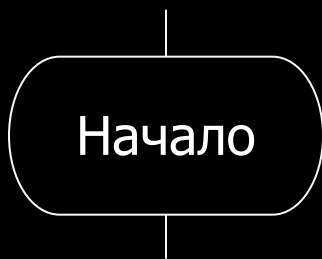
Соединительные линии и их объединение.



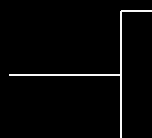
Ввод-вывод данных



Точки связи или соединители



Начало, завершение программы или подпрограммы



Комментарий

**Основные (базовые) структуры алгоритмов** – это ограниченный набор стандартных способов соединения отдельных блоков или структур блоков для выполнения типичных последовательностей действий.

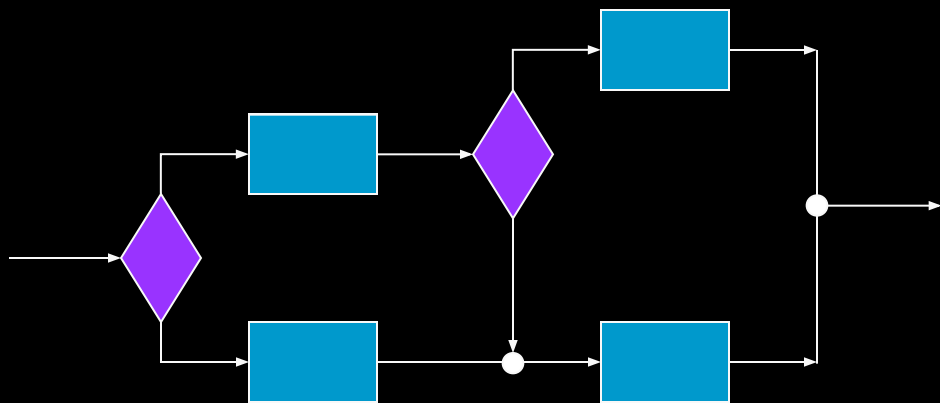
Доказано, что программу для любой простой логической задачи можно составить из структур *следование*, *разветвление* и *повторение (цикл)*.

Эти базовые структуры были положены в основу технологии **структурного программирования**. Эта технология для разработки сложных программ рекомендует разбивать (декомпозировать) программу на подпрограммы (процедуры), решающие отдельные подзадачи, т.е. базируется на *процедурной декомпозиции*.

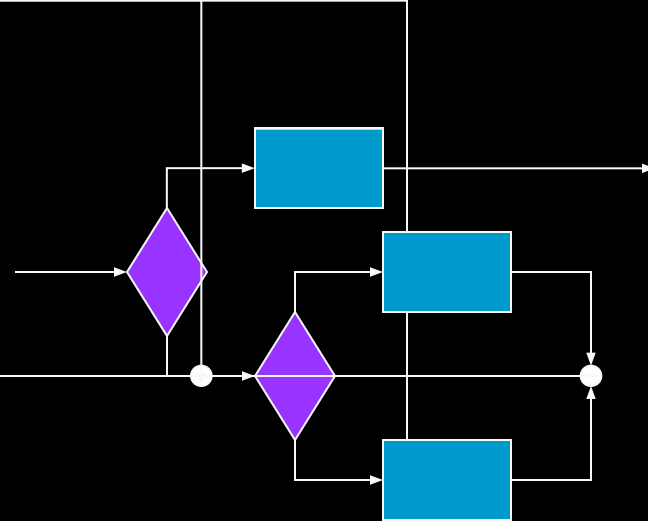
**Простая программа** - алгоритм, для которого:

- Существует единственный вход и единственный выход.
- Для каждого элемента алгоритма существует путь от входа к выходу через этот элемент (т.е. алгоритм не содержит бесконечных циклов и не содержит бесполезных (недостижимых) фрагментов).

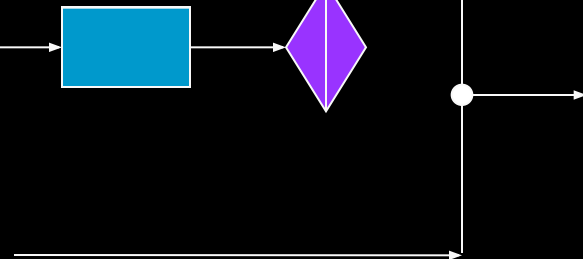
Примеры простой и непростых программ



Простая программа



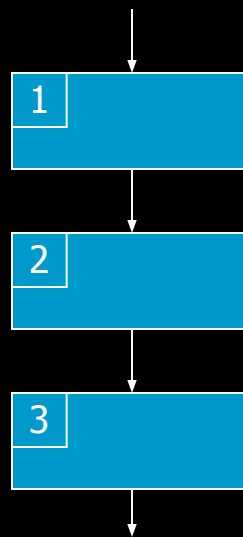
Бесконечный цикл



Недостижимый фрагмент

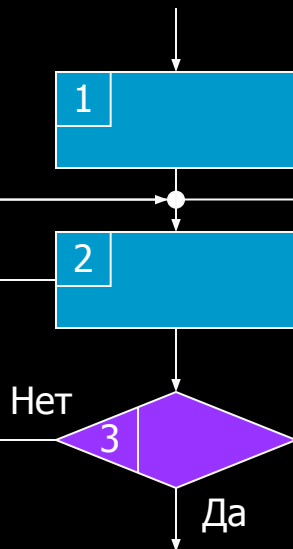
## Основные (базовые) структуры алгоритмов и их производные

**Следование** -  
последовательное  
выполнение  
действий (блоков).



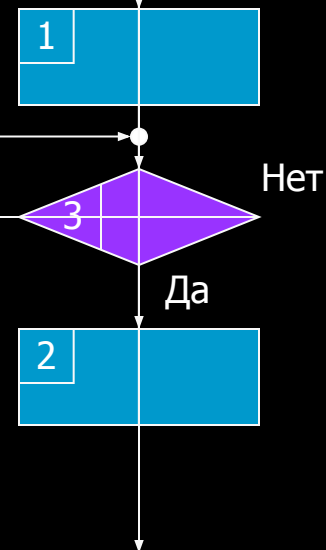
**Цикл «До» (с  
постусловием)** -

тело цикла (блок 2)  
выполняется до тех  
пор, пока условие  
(блок 3) не станет  
ИСТИННЫМ.

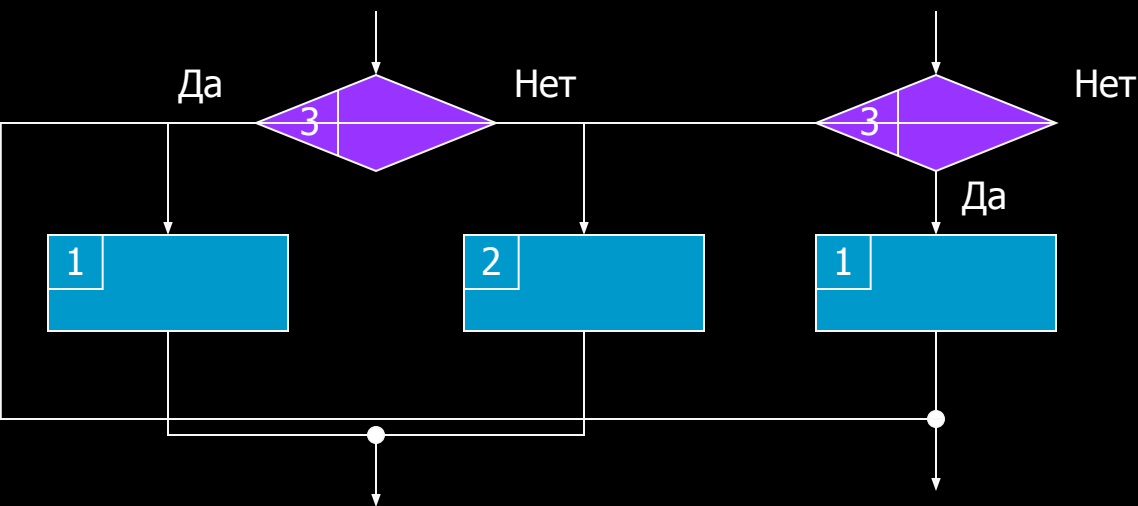


**Цикл «Пока» (с  
предусловием)** -

пока не будет нару-  
шено условие (блок  
3), осуществляется  
повторение тела  
цикла (блок 2).



Основные (базовые) структуры алгоритмов и их производные

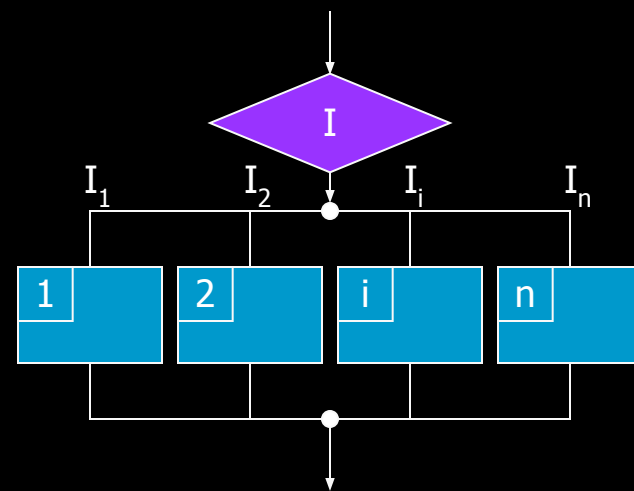


**Разветвление -**

применяется, когда в зависимости от условия требуется выполнить либо одно действие, либо другое.

**Обход -**

частный случай разветвления, когда одна ветвь не содержит ни каких действий.



**Множественный выбор -**

обобщение разветвления, когда в зависимости от значения переменной I выполняется одно из нескольких действий.

Альтернативный способ описания логики программы на этапе проектирования – использование *псевдокода* (или языка проектирования программ PDL – Process Design Language). Он занимает промежуточное положение между естественным языком и языком программирования и состоит из внешнего синтаксиса и внутреннего синтаксиса.

**Внешний синтаксис** – заданный набор операторов, построенных по образцу языков программирования и описывающий логику программы. Внешний синтаксис соответствует основным структурам алгоритмов. Кроме того, к внешнему синтаксису также относятся процедуры и модули. **Процедура** – это хранимые в памяти машины подпрограммы, которые могут вызываться для выполнения из различных мест основной программы, либо из других процедур. Она вызывается и выполняется до завершения без сохранения внутренних данных. **Модуль** – это несколько процедур, организованных в систему для удобства работы пользователя. Модуль имеет доступ к общим данным, которые сохраняются между последовательными вызовами модуля.

**Внутренний синтаксис** – общий, обычно специально не определяемый синтаксис, пригодный для описания задач в данной области. Практически любое предложение, написанное на естественном языке, либо на специализированном языке (например, математические формулы) может быть использовано.



## Операторы внешнего синтаксиса псевдокода

**Следование.** Записываются последовательно операции одна под другой. Для отделения части последовательности операторов используются операторы – do...end-do.

**Индексная последовательность** (цикл по счетчику). Цикл с заранее определенным числом шагов (среднее между обычными последовательностью и классическим циклом).

**Цикл-До.** Операции структуры, включая модификацию until-теста, выполняются один или более раз до тех пор, пока until-тест не примет значение истина;

```
первая операция
вторая операция
do
    третья операция
end-do
```

```
for
    индексный список
do
    do-часть
end-do
```

```
do
    do-часть
until
    until-тест
end-do
```

Операторы внешнего синтаксиса псевдокода

**Цикл-Пока.** До-часть выполняется пока while-тест имеет значение истина. До-часть модифицирует условие while-теста для того, чтобы окончить вычисления.

```
while
    while-тест
do
    do-часть
end-do
```

```
if
    if-тест
then
    then-часть
else
    else-часть
end-if
```

**Разветвление.**  
Если...то...иначе.

```
case
список 1
    case-часть 1
список 2
    case-часть 2
...
список n
    case-часть n
else
    else-часть
end-case
```

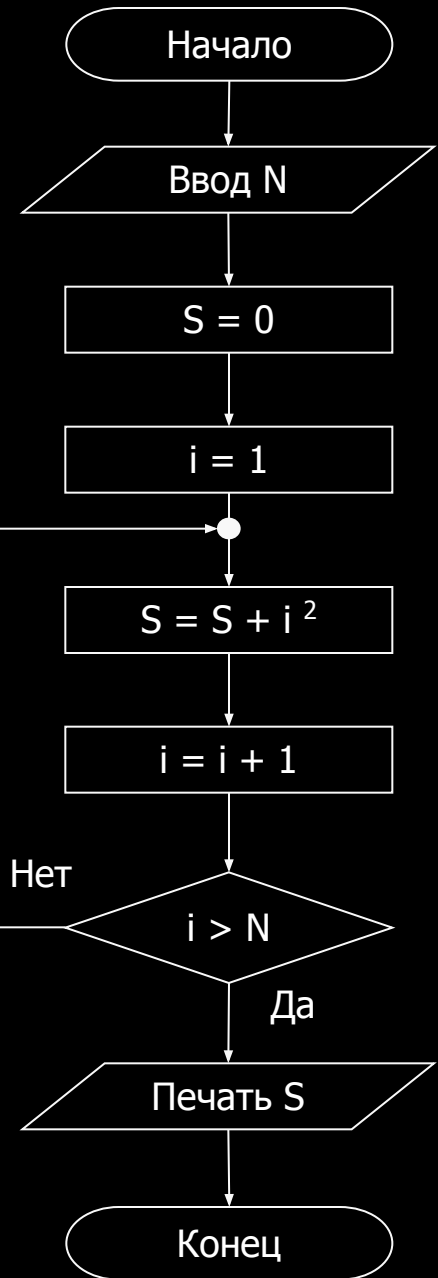
**Множественный выбор.**

Алгоритмы вычисления суммы квадратов первых N целых чисел с использованием псевдокода и языка блок-схем

$$S = \sum_{i=1}^N i^2 = 1^2 + 2^2 + \dots + N^2,$$

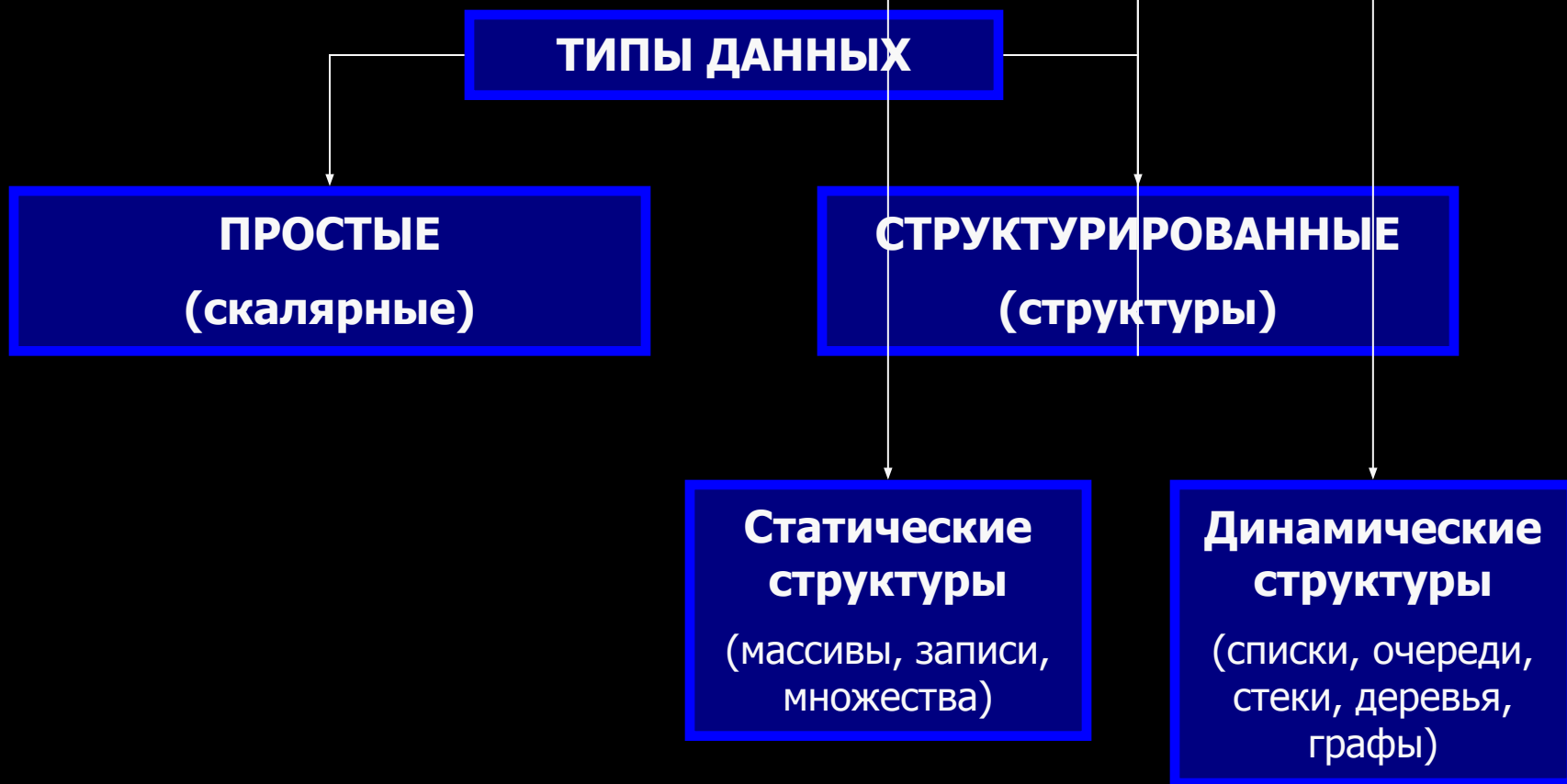
```

Ввести Число слагаемых
Сумма = 0
Номер = 1
do
    Сумма = Сумма + Номер2
    Увеличить Номер на единицу
until
    Номер > Число слагаемых
end-do
Напечатать Сумму
    
```



Помимо совокупности управляющих структур, важным аспектом структурного программирования является организация данных, участвующих в решении проблемы. Структура программы и строение данных неразрывно связаны.

*«Программа – это конкретное, основанное на некотором реальном представлении и строении данных, воплощение абстрактного алгоритма».* (Н. Вирт).



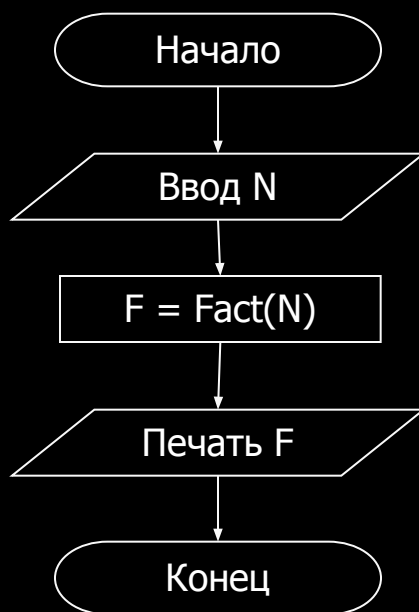
## Рекурсия

Задача имеет *рекурсивное* решение, если его возможно сформулировать как известное преобразование другого, более простого решения той же задачи, хотя само решение (более простое) может быть неизвестно. Многократное повторение такого преобразования должно сходиться к *базисному утверждению*.

Функция  $F$  является **рекурсивной**, если

1.  $F(N) = G(N, F(N-1))$ , где  $G$  известная функция;
2.  $F(1)$  – известно (базисное утверждение).

Алгоритм  
вычисления  
факториала N с  
использованием  
рекурсивной  
функции



## Поиск

**Поиск** - обнаружение нужного элемента в некотором наборе (структуре) данных.

Элемент данных - это запись, состоящая из *ключа* (целое положительное число) и *тела*, содержащего некоторую информацию. Задача состоит в том, чтобы обнаружить запись с нужным ключом.

### **Линейный поиск.**

Элементы проверяются последовательно, по одному, до тех пор, пока нужный элемент не будет найден. Для массива из  $N$  элементов требуется, в среднем,  $(N+1)/2$  сравнений (вычислительная сложность  $O_{\text{cp}}(N)$ ). Легко программируется, подходит для коротких массивов.

### **Двоичный (бинарный) поиск.**

Применим, если массив заранее отсортирован (по возрастанию ключей). Ключ поиска сравнивается с ключом среднего элемента в массиве. Если значение ключа поиска больше, то та же самая операция повторяется для второй половины массива, если меньше - то для первой. Операция повторяется до нахождения нужного элемента. На каждом шаге диапазон элементов в поиске уменьшается вдвое. Требуется, в среднем,  $(\log_2 N + 1)/2$  сравнений (выч. сложность  $O_{\text{cp}}(\log_2 N)$ ). Применяется для поиска (многократного) в больших массивах.

## Сортировка

**Сортировка (упорядочение)** - перемещение элементов данных в возрастающем или убывающем порядке. При выборе метода сортировки необходимо учитывать число сортируемых элементов (N) и до какой степени элементы уже отсортированы.

*Критерии* оценки метода сортировки:

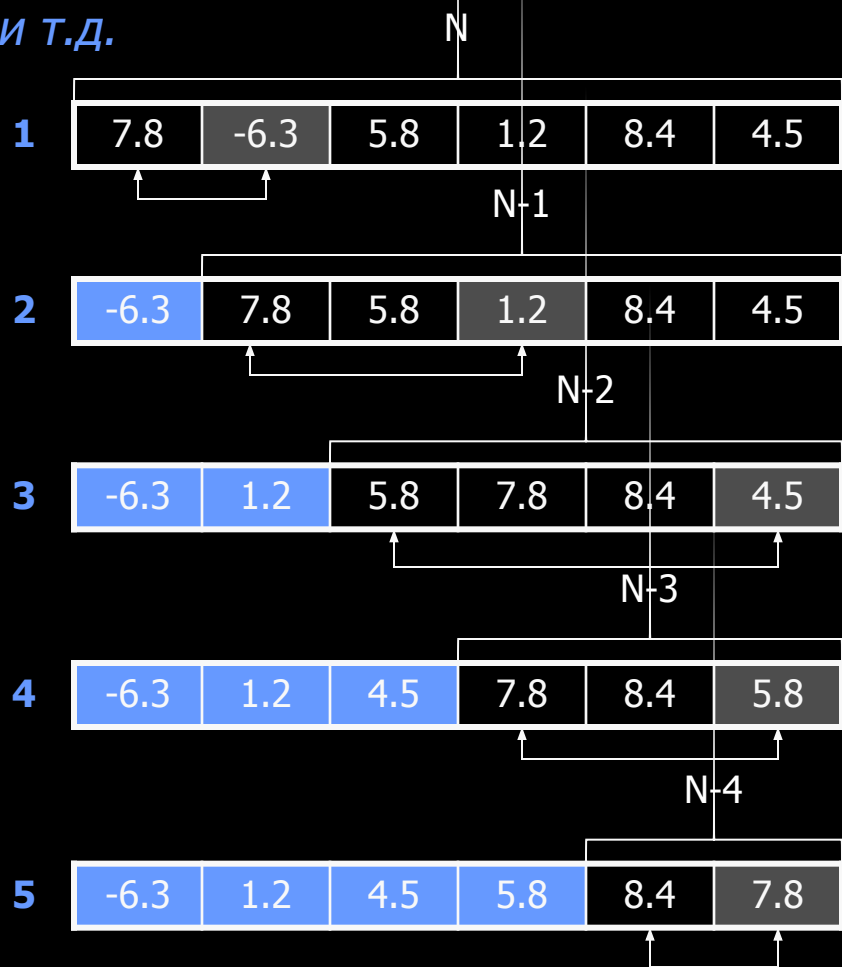
- количество необходимых операций сравнения в зависимости от числа элементов N, вычислительная сложность алгоритма характеризуется с помощью O-функции, аргументом которой является другая функция от N;
- эффективность использования памяти

$$f = \frac{S(N)}{S(N) + \Delta S(N)},$$

где  $S(N)$  - объем памяти, занимаемый элементами данных до сортировки,  $\Delta S(N)$  - объем дополнительной памяти, требуемой в процессе сортировки.

## Сортировка методом выборки

Принцип: Из массива выбирается наименьший элемент и помещается на место первого элемента массива, затем выбирается наименьший элемент из оставшихся и помещается во второй элемент массива и т.д.



```

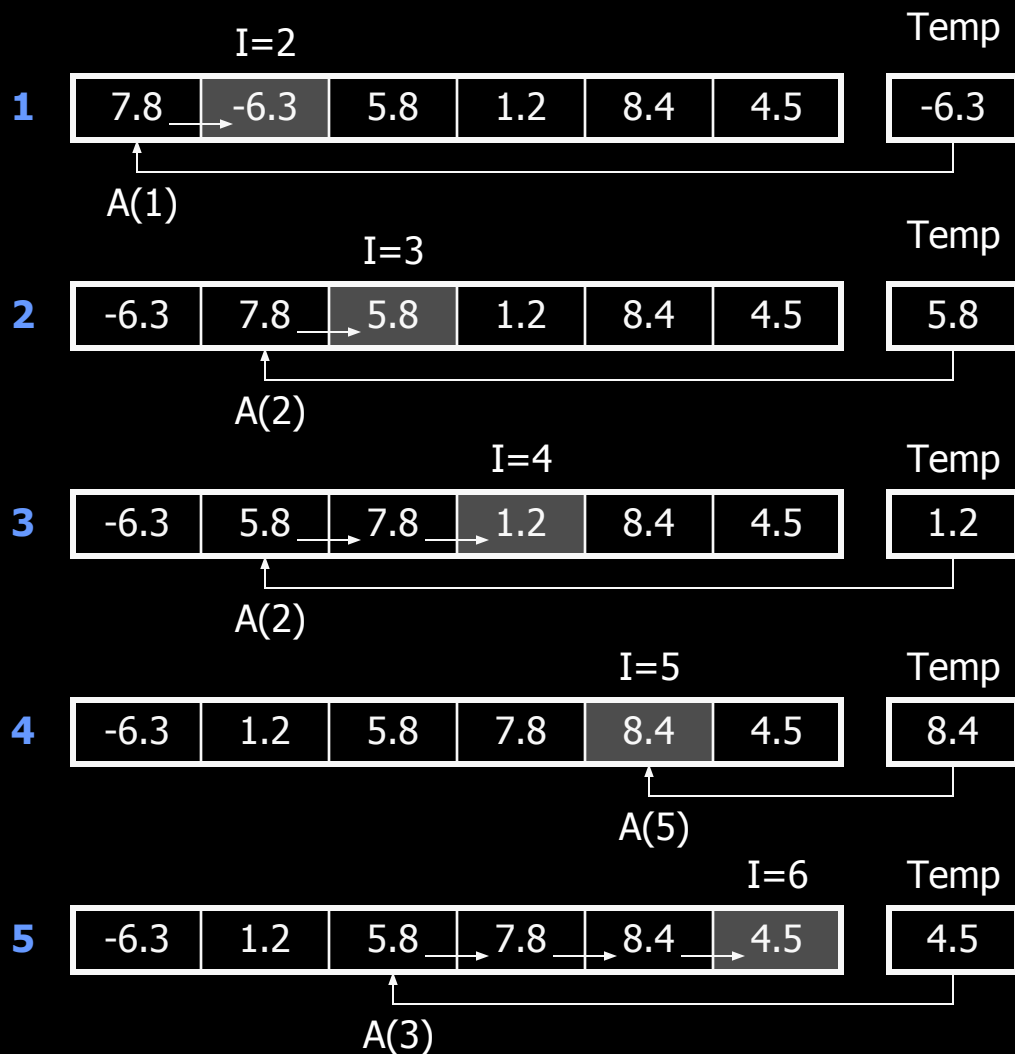
Ввести массив A(1..N)
for J = 1,N-1,1
do
    Мин.Эл. = A(J)
    Индекс Мин.Эл. = J
    for I = J+1,N,1
    do
        if A(I) < Мин.Эл.
        then
            Мин.Эл. = A(I)
            Индекс Мин.Эл. = I
        end-if
    end-do
    A(Индекс Мин.Эл.) = A(J)
    A(J) = Мин.Эл.
end-do
Вывести A(1..N)
    
```

Требуется, в среднем,  $N(N+1)/2$  сравнений (выч. сложность  $O(N^2)$ , не зависит от начальной упорядоченности).  
Дополнительная память не нужна.



## Сортировка включением

Принцип: Элементы выбираются по очереди и помещаются в нужное место.



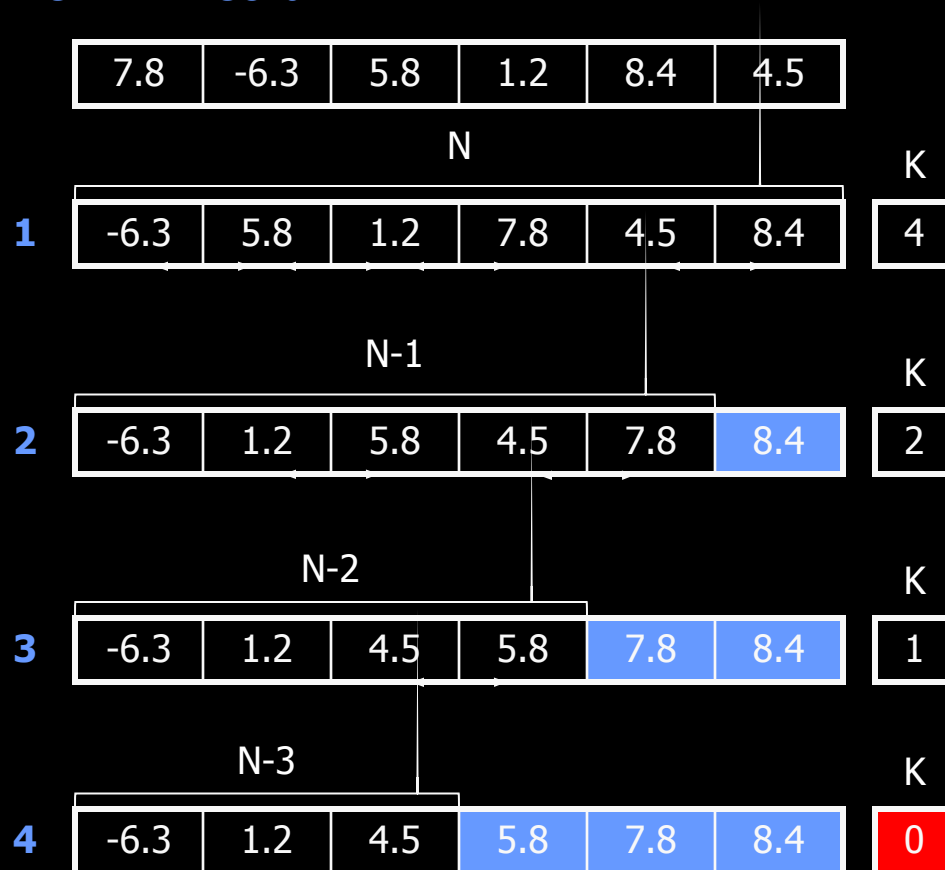
```

Ввести массив A(1..N)
for I = 2, N, 1
do
    Temp = A(I)
    A(0) = Temp
    J = I-1
    while A(J) > Temp
    do
        A(J+1) = A(J)
        J = J-1
    end-do
    A(J+1) = Temp
end-do
Вывести A(1..N)
    
```

Требуется, в среднем,  $(N-1)(N/2+1)/2$  сравнений (вычислительная сложность  $O_{\text{ср}}(N^2)$ ). Скорость данного метода зависит от начальной упорядоченности массива. Не требуется дополнительной памяти.

Сортировка обменами

Принцип: Выбираются два элемента, и если друг по отношению к другу они не находятся нужном порядке, то меняются местами. Процесс продолжается пока никакие два элемента не нужно менять местами.



```

Ввести массив A(1..N)
K = 1, I = 1
while K <> 0
do
  K = 0
  for J = 1, N-I, 1
  do
    if A(J) > A(J+1)
    then
      T = A(J),
      A(J) = A(J+1),
      A(J+1) = T, K = K+1
    end-if
  end-do
  I = I + 1
end-do
Вывести A(1..N)

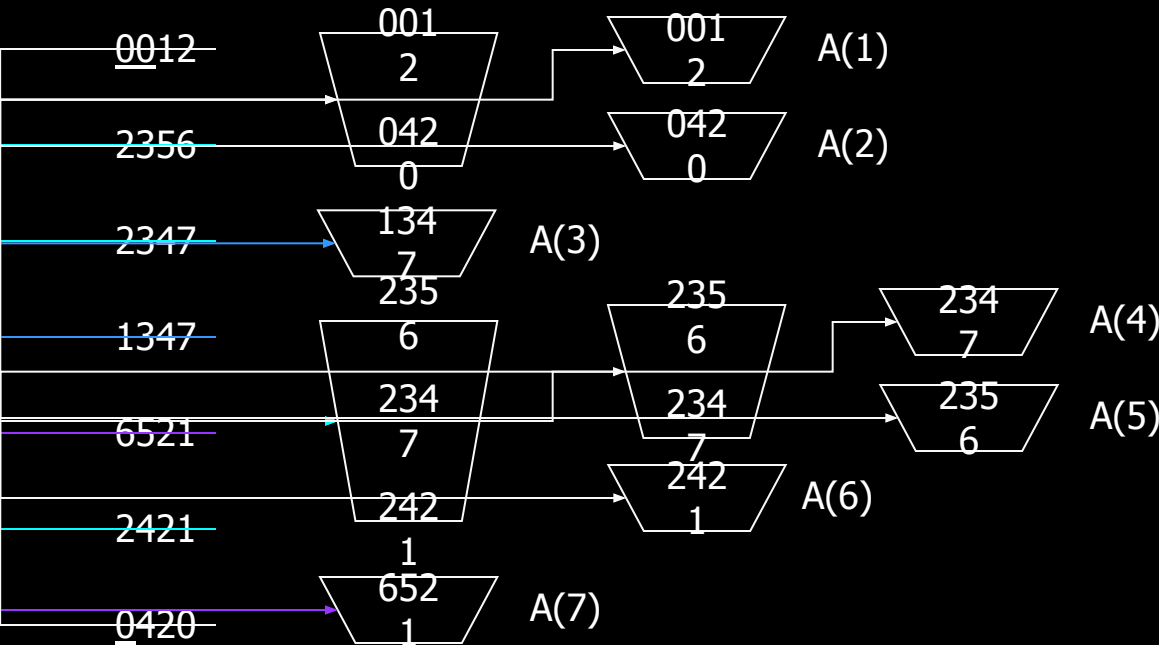
```

Вычислительная сложность данного метода сильно зависит от исходного расположения элементов. Минимальное значение числа сравнений –  $N-1$  в полностью отсортированном массиве, максимальное –  $(N^2-N)/2$  при начальной сортировке в обратном порядке. Средняя вычислительная сложность  $O_{cp}(N^2)$ . Доп. память не требуется.

## Сортировка распределением (метод корзин)

**Принцип:** Элементы массива рассматриваются как совокупность цифр (символов), первый шаг - сортировка по значению старшей цифры, затем полученные подмножества (группы) сортируются по значению следующей цифры и т.д.

Каждый элемент массива  $A(1..N)$  - совокупность цифр  $C_1C_2C_3...C_m$ , где  $m$  - количество цифр максимального элемента (если какой-то элемент содержит меньше цифр, то он слева дополняется нулями).



Средняя вычислительная сложность  $O_{cp}(N \log_2 N)$  и лучше, если  $m$  (число цифр) мало. Требуется дополнительный массив размером  $N$ , и еще массив размером 10, в котором подсчитывается число элементов с выделяемой цифрой 0,1,...9.

Быстрая сортировка

Принцип: *Определенным образом выделяется пороговый элемент. На первом этапе элементы обмениваются так, что новый массив оказывается разделенным пороговым элементом на две части: в левой все элементы меньше порогового, а в правой – больше или равны пороговому. Затем подобный способ используется для разделения каждого из новых массивов на две части и т.д.*

Алгоритм процедуры разбиения массива  $A(1..N)$  пороговым элементом, находящимся сначала на месте  $A(1)$ .

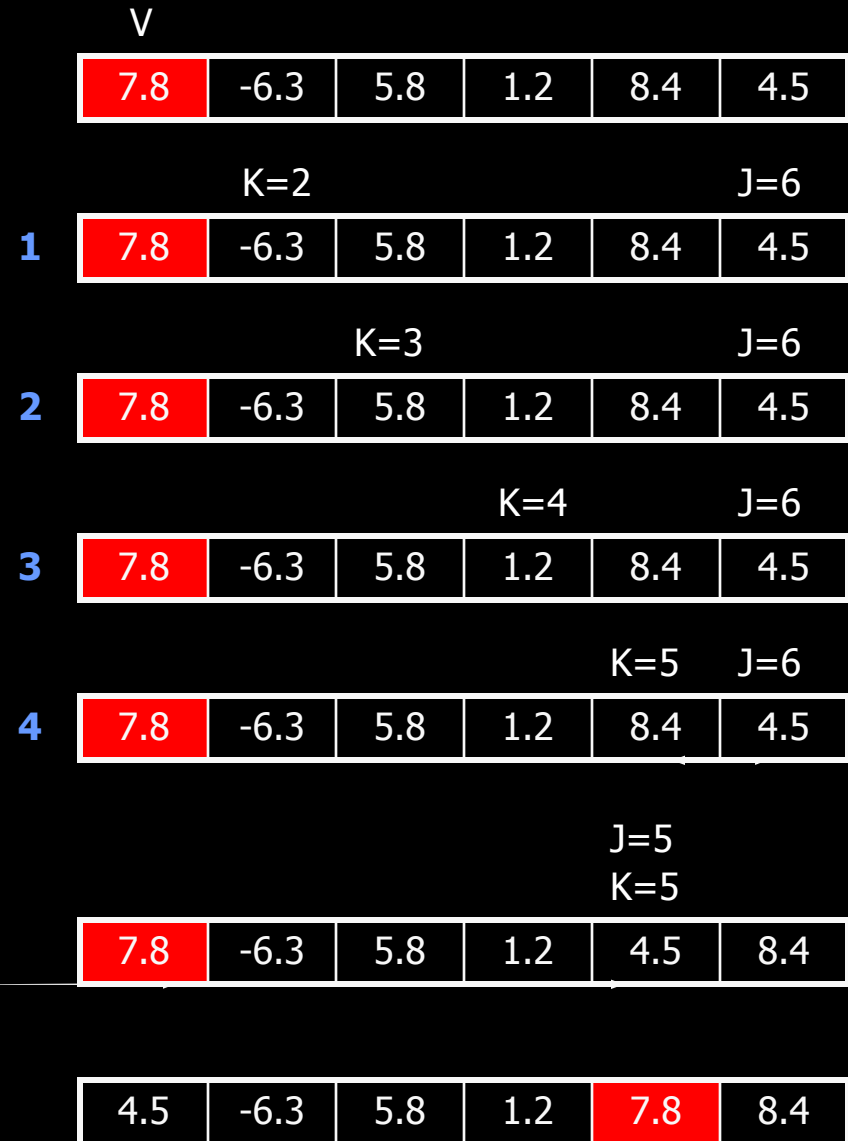
```

{Процедура разбиения массива
A(1..N) пороговым элементом V}
V = A(1), K = 2, J = N
while K < J
do
  if A(K) < V
  then
    K = K + 1
  else
    if A(J) < V
    then
      Temp = A(K), A(K) = A(J)
      A(J) = Temp
    end-if
    J = J - 1
  end-if
end-do
if A(K) >= V
then
  K = K - 1
end-if
Temp = A(1), A(1) = A(K), A(K) = Temp

```

## Быстрая сортировка

Средняя вычислительная сложность -  $O_{\text{ср}}(N \log_2 N)$ . Важное значение имеет выбор значения порогового элемента. В частности, если исходный массив близок к отсортированному, то при выборе пороговым элементом первого элемента (как в примере) вычислительная сложность алгоритма будет  $O(N^2)$ . Желательно, чтобы пороговый элемент в конечном итоге разделил массив приблизительно на две равные части.



Сортировка слиянием

Принцип: *Два отсортированных массива соединяются в один массив таким образом, чтобы и он стал отсортированным.*

Алгоритм слияния отсортированных массивов  $B(1..M)$  и  $C(1..L)$  в массив  $A(1..M+L)$  заключается в следующем. В качестве  $A(1)$  выбираем наименьший из  $B(1)$  и  $C(1)$ . Если это  $B(1)$ , то в качестве  $A(2)$  - наименьший из  $B(2)$  и  $C(1)$  и т.д.

```

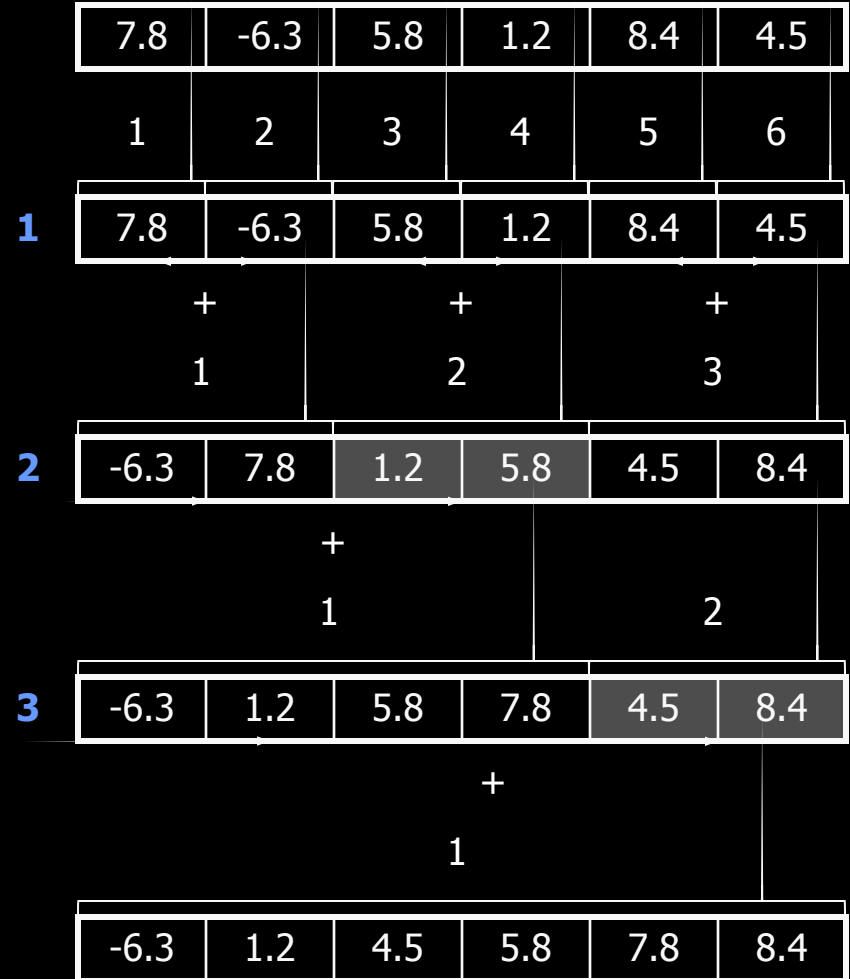
Ввести массивы B(1..M), C(1..L)
I = 1, J = 1
for K = 1, M+L, 1
do
  if I > M
  then
    A(K) = C(J), J = J + 1
  else
    if J > L
    then
      A(K) = B(I), I = I + 1
    else
      if B(I) < C(J)
      then
        A(K) = B(I), I = I + 1
      else
        A(K) = C(J), J = J + 1
      end-if
    end-if
  end-if
end-do
Вывести A(1..K)

```

## Сортировка слиянием

Если имеется один неотсортированный массив  $A(1..N)$ , то его можно рассматривать как совокупность  $N$  отсортированных массивов, каждый из которых состоит из одного элемента. Первый шаг - слияние массивов попарно, затем объединение пар в четверки и т.д.

Средняя вычислительная сложность алгоритма -  $O_{cp}(N \log_2 N)$ . Требуется дополнительный массив, содержащий  $N$  элементов.



## Особенности объектно-ориентированной программирования

Структурное программирование приспособлено для описания *действий*, а ООП - для описания *моделей*.

**Абстракция** – это суждение или представление о некотором объекте, которое содержит только свойства, являющиеся существенными в данном контексте. Абстракция – эффективное средство против сложности программирования, поскольку оно позволяет программисту сосредоточиться на существенных свойствах объекта и игнорировать менее важные свойства.

Объектный стиль программирования связан с воздействием на объекты (говорят, с передачей объекту *сообщений*). При этом проектирование системы базируется на том условии, что никакая подсистема данного уровня не должна зависеть от устройства любой другой подсистемы этого уровня (взаимодействуют, но не зависят).

**Инкапсуляция** – это процесс отделения друг от друга элементов объекта, определяющих его устройство и поведение; в частности, это скрывание переменных (полей) объекта с целью обеспечения доступа к ним только посредством методов класса. Идея инкапсуляции, в частности, реализована в модуле при его разделении на секции интерфейса и реализации.



Значительно упростить понимание сложных задач удастся за счет *усложнения иерархии*. Усложнение иерархии от уровня к уровню достигается за счет наследования. **Наследование** – это расширение свойств наследника за счет принятия всех свойств предка.

ООП использует также понятие "**полиморфизма**", состоящее в возможности переопределять методы класса-родителя. Иными словами, полиморфизм означает общий род действий, которые могут быть выполнены многими специфическими путями, в зависимости от того, какие объекты выполняют действия. Неразрывно с полиморфизмом связано понятие **динамического связывания** – возможность отложить подстановку реального адреса некоторой подпрограммы-метода с этапа компиляции (раннее связывание) до момента выполнения программы (позднее связывание), что используется для стандартизации работы с объектами.

Любой объект в ООП обладает определенным *поведением* и *состоянием*. Поведение объекта – это то, как он реагирует на воздействия. Состояние объекта представляет собой суммарный результат его поведения. Сообщение, посланное объекту, активизирует совокупность операций над объектом, которая называется **методом**. Задавая структуру обмена сообщениями между объектами, программист получает совокупность операций, которые и составляют программу.

Основные типы операций над объектами

| Название           | Содержание   |
|--------------------|--|
| <b>Конструктор</b> | Создает и инициализирует объект.   |
| <b>Деструктор</b>  | Освобождает объект, т.е. разрушает его.  |
| <b>Модификатор</b> | Изменяет состояние объекта.  |
| <b>Селектор</b>    | Считывает состояние объекта без изменения этого состояния.                         |
| <b>Итератор</b>    | Организует доступ ко всем частям объекта в строго определенной последовательности. |

## Внутренность объекта

### ОКРУЖНОСТЬ А

#### Переменные

- **Позиция 15,20**
- **Размер 5**

#### Методы

- **Форма**
  - **Маркер** ПероВверх
  - **Маркер** СдвигК : Позиция
  - **Маркер** СдвигНа : Размер
  - **Маркер** ПероВниз
  - **Маркер** ЧертитьДугу :

Размер,360

- **Высветить**
  - **Маркер** Черный
  - **Себе** Форма
- **Стереть**
  - **Маркер** Белый
  - **Себе** Форма

### МАРКЕР

#### Методы

- **ПероВверх**
- **ПероВниз**
- **Черный**
- **Белый**
- **СдвигК : X,Y**
- **СдвигНа : Z**
- **ЧертитьДугу : R,φ**
- ...

Сообщения (операции)  
объекту ОкружностьА:

ОкружностьА . Высветить

ОкружностьА . Стереть

## Иерархия классов

