ФГОБУ ВПО "СибГУТИ"
Кафедра вычислительных систем

Дисциплины
"ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ"
"ПРОГРАММИРОВАНИЕ"

Массивы

Преподаватель:

Доцент Кафедры ВС, к.т.н.

Поляков Артем Юрьевич

Численное вычисление e^x (аккумуляция результата)

$$e^x \approx 1+\frac{x}{1!}+\frac{x^2}{2!}+\frac{x^3}{3!}+\ldots+\frac{x^n}{n!}+\ldots$$

$$e^2 = 7{,}389056099$$

$$1+\frac{2}{1}+\frac{4}{1\cdot 2}+\frac{8}{1\cdot 2\cdot 3}+\frac{16}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}+\frac{32}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5}+\frac{64}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5\cdot 6}+\ldots =$$

$$1+2+2+1{,}3(3)+0{,}6(6)+0{,}26(6)+0{,}08(8)+\ldots =$$

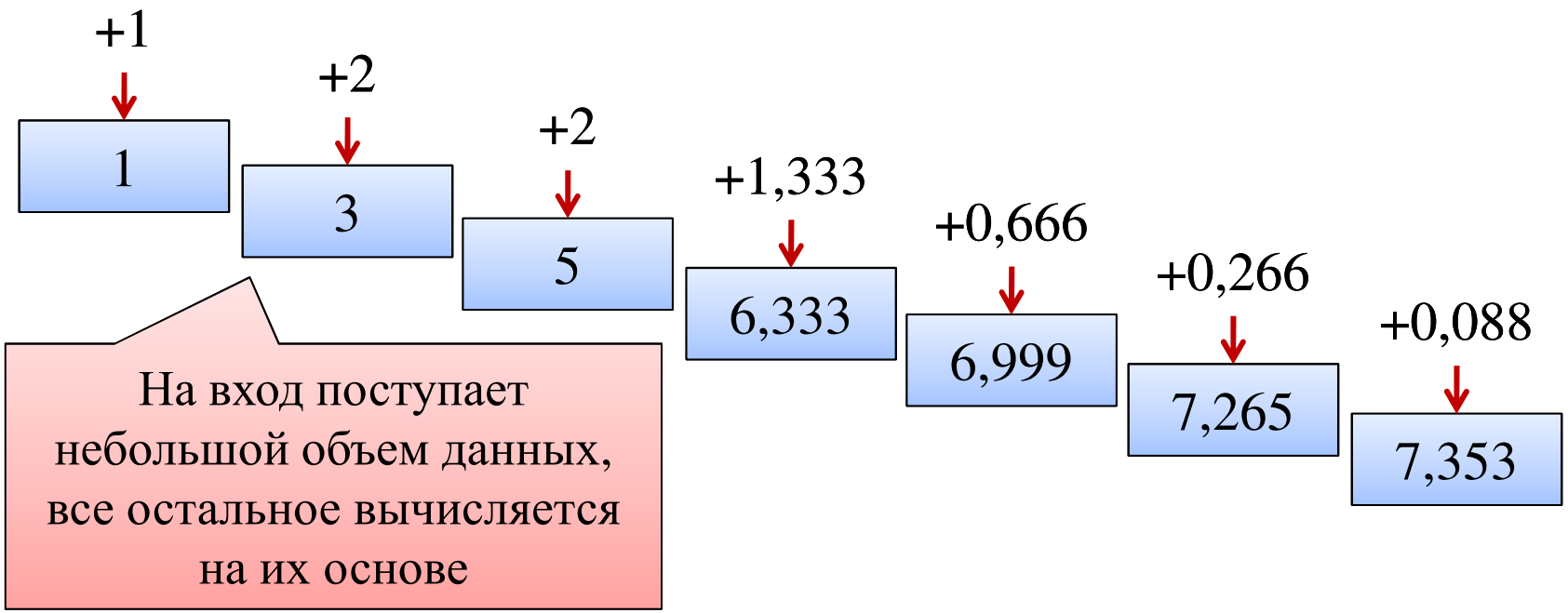
$$7{,}355555554+\ldots.$$

Численное вычисление e^x (аккумуляция результата) (2)

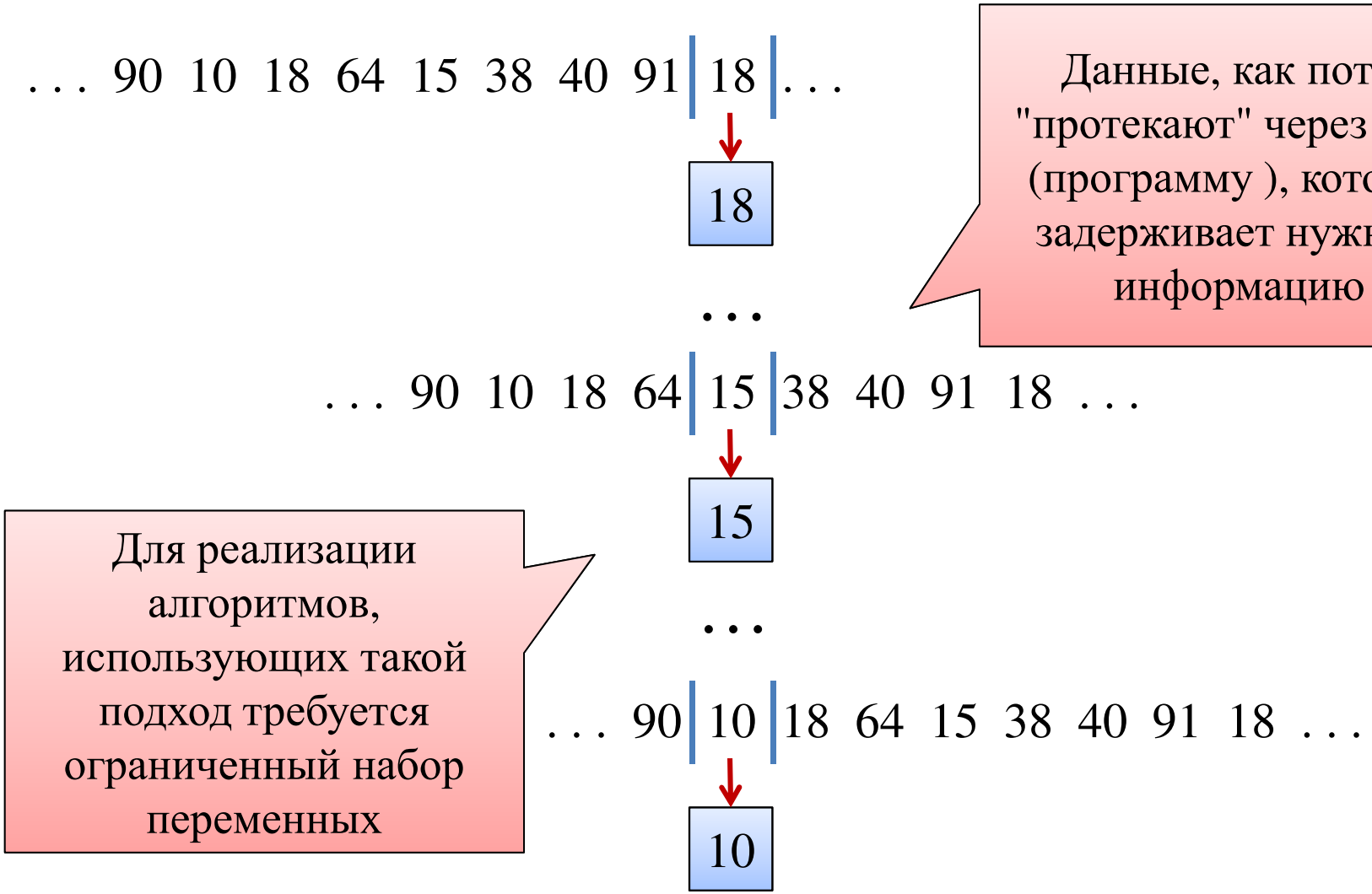
$$1+\frac{2}{1}+\frac{4}{1\cdot 2}+\frac{8}{1\cdot 2\cdot 3}+\frac{16}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}+\frac{32}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5}+\frac{64}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5\cdot 6}+\ldots=$$

$$1+2+2+1{,}3(3)+0{,}6(6)+0{,}26(6)+0{,}08(8)+\ldots=$$

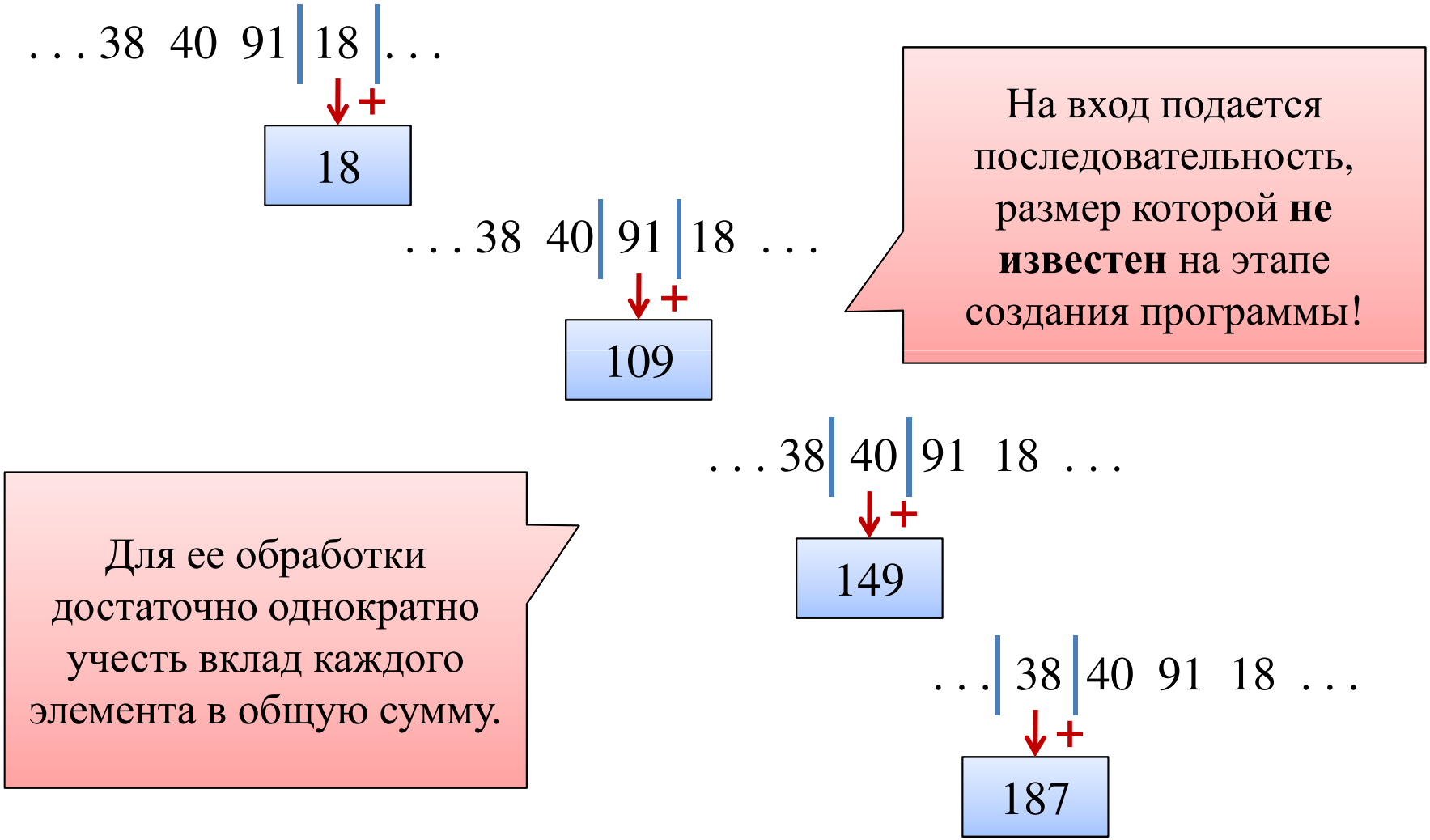
$$7{,}355555554+\ldots.$$



Поиск максимального элемента ("потоковая" обработка данных)



Вычисление суммы входных чисел ("потоковая" обработка + аккумуляция результата)



На вход подается последовательность, размер которой **не известен** на этапе создания программы!

Для ее обработки достаточно однократно учесть вклад каждого элемента в общую сумму.

Задача сортировки (sorting problem)

Дано: последовательность из n чисел $\langle a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n \rangle$

Необходимо: переставить элементы последовательности так, чтобы для любых элементов новой последовательности $\langle a'_1, a'_2, a'_3, \ldots, a'_n \rangle$ выполнялось соотношение:

$$a'_1 \le a'_2 \le a'_3 \le \ldots \le a'_n$$

Алгоритм сортировки выбором

5	3	8	9	4
5	3	8	4	**9**
5	3	4	**8**	**9**
4	3	**5**	**8**	**9**

3	**4**	**5**	**8**	**9**
3	**4**	**5**	**8**	**9**

Операции над векторами (vector operations)

Вектором a n-мерного пространства называется кортеж из n элементов $a = (a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n)$, описывающих координаты конечной точки вектора, считая, что его начало расположено в точке (0, 0, 0, …, 0).

В результате выполнения любой из операций формируется кортеж из n переменных

Для векторов определены:

1) операция сложения $a + b$:

$$a + b = (a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n) + (b_1, b_2, b_3, \ldots, b_n) =$$

$$(a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, \ldots, a_n + b_n)$$

2) операция умножения на скаляр:

$$c \cdot a = c \cdot (a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n) = (c \cdot a_1, c \cdot a_2, c \cdot a_3, \ldots, c \cdot a_n)$$

3) скалярное произведение (a, b) векторов:

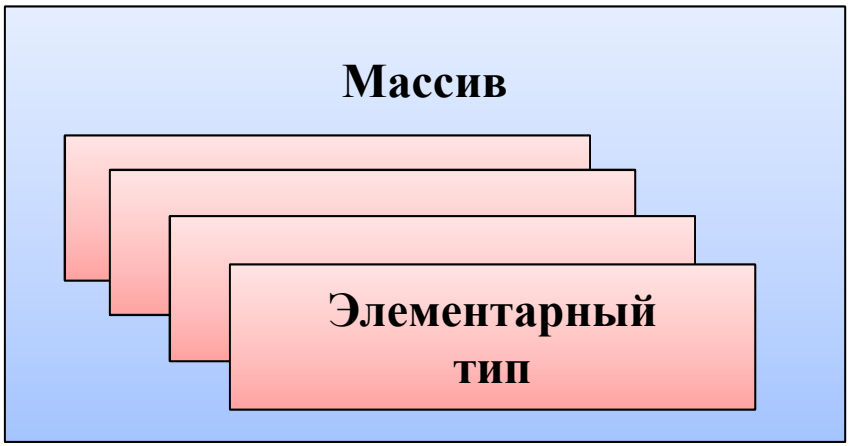
$$(a, b) = a_1 \cdot b_1 + a_2 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_3 + \ldots + a_n \cdot b_n$$

Необходима возможность обрабатывать элементы в цикле

Требования к типу данных для хранения последовательностей и векторов

1. Хранение заданного количества *n* однотипных элементов под одним именем.

2. Механизм доступа к отдельным элементам, допускающий возможность автоматизации с применением циклических конструкций.



Массив данных

- Массивы данных в языках программирования высокого уровня – это **сложные типы данных**, предназначенные для хранения **наборов однотипных данных** в памяти программы.
- Доступ к конкретному элементу производится с использованием его **целочисленного индекса**.
- Индексы задают порядок следования элементов в массиве, поэтому его можно рассматривать как упорядоченное множество.
- Технически это последовательность **однотипных переменных**.
- В памяти элементы массива располагаются друг за другом непрерывно. Для каждого элемента i справедливо, что в памяти между ним и элементами с индексами $(i - 1)$ и $(i + 1)$ (если они существуют) не может находиться никаких ячеек данных.

Объявление массива

При объявлении массива компилятору необходимо предоставить следующую информацию:

1. Элементарный тип – тип данного элементов, составляющих массив.
2. Имя массива.
3. Количество элементов в массиве.
4. [*Необязательно*] начальное содержимое массива (инициализация).

Пример – массив с именем *m* из *N* элементов типа int:

```
int m[N];
```

Инициализация массива

При объявлении массива компилятору необходимо предоставить следующую информацию:

1. Элементарный тип – тип данного элементов, составляющих массив.
2. Имя массива.
3. Количество элементов в массиве (**может отсутствовать, если массив инициализирован**).
4. Начальное содержимое массива (инициализация).

Например: массив с именем *mas* из 5 элементов типа float, со значениями 1.1, 2.0, 3.5, 6.7, 8.1 объявляется так:

```
int mas[5] = {1.1, 2.0, 3.5, 6.7, 8.1};
```

или

```
int mas[] = {1.1, 2.0, 3.5, 6.7, 8.1};
```

Операция индексации (array subscripting)

- Основная часть операций над массивом производится поэлементно.
- Доступ к конкретному элементу производится с использованием операции индексации – [ ]:

<имя-массива>[<индекс>].

Например, для массива:

	0	1	2	3	4	
float mas[] = {	1.1	2.0	3.5	6.7	8.1	}

доступ к элементу со значением 3.5, расположенному на 3-ей позиции в массиве осуществляется следующим образом:

```
x = mas[2];
```

Индексация элементов в языке СИ начинается с **НУЛЯ**!

Индексы

Важным достоинством операции индексации является то, что в качестве ее аргумента помимо констант:

```
int a[10]
a[0], a[1], a[2], a[3], a[4], …,
```

можно использовать также выражения:

```
i =0, j = 5, k = 2
a[i], a[j + k], a[i++], a[j – k]
```

Данное свойство дает массивам кардинальное преимущество перед простыми переменными, так как доступ к их элементам можно автоматизировать при помощи циклов

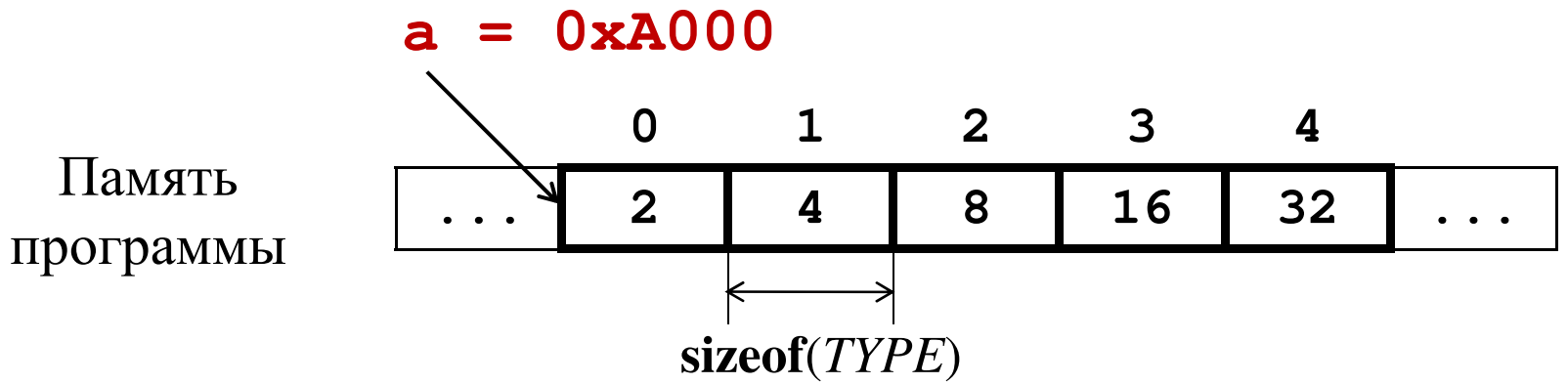
Индексы (2)

- В качестве индекса может использоваться **любое выражение, целого типа**: char, short, int, long.
- Индексы элементов массива языка СИ **начинаются с 0.**
- Индексы могут быть:
  - положительными, тогда обращение производится к ячейке, располагающейся **после первой**.
  - отрицательными, тогда обращение производится к ячейке, располагающейся **перед первой**.

...	a[-2]	a[-1]	a[0]	a[1]	a[2]	...

Принцип работы операции индексации

```
int a[] = {2, 4, 8, 16, 32}
```



Имя массива – указатель константа на первый элемент массива. В примере на рисунке адрес первой ячейки со значением "2" – 0xA000 (0x – признак шестнадцатеричной константы).

Зная адрес **addr**(a) первого элемента, размер элементов и учитывая свойство непрерывного расположения элементов массива, можно определить адрес любого элемента по формуле:

$$\mathbf{addr}(a[i]) = \mathbf{addr}(a) + i \cdot \mathbf{sizeof}(TYPE)$$

Обработка массивов

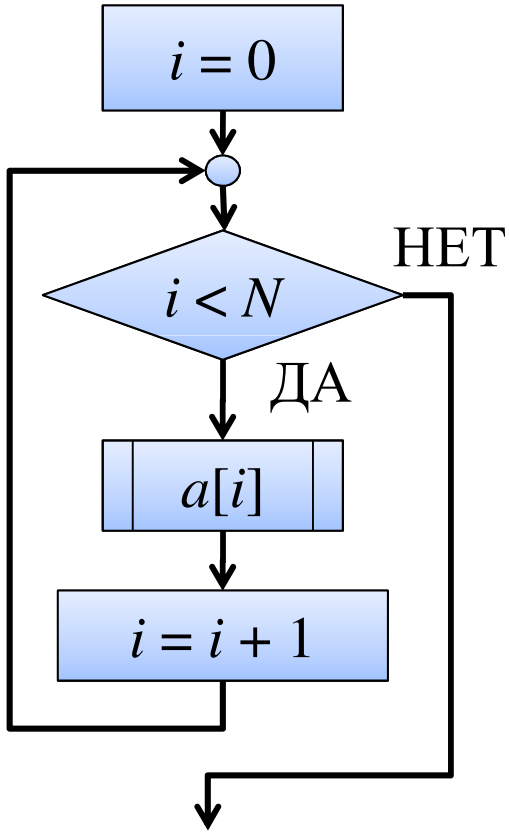
К массиву как единому целому может быть применена только операция индексации [ ] и оператор sizeof.

Любые другие действия требуют **поэлементной обработки**!

Например:

- ввод-вывод массива;
- присваивание массивов;
- сложение массивов по правилу векторов;
- поиск минимального/максимального элемента;
- сортировка массива;
- т.д.

Обработка массивов (циклы)



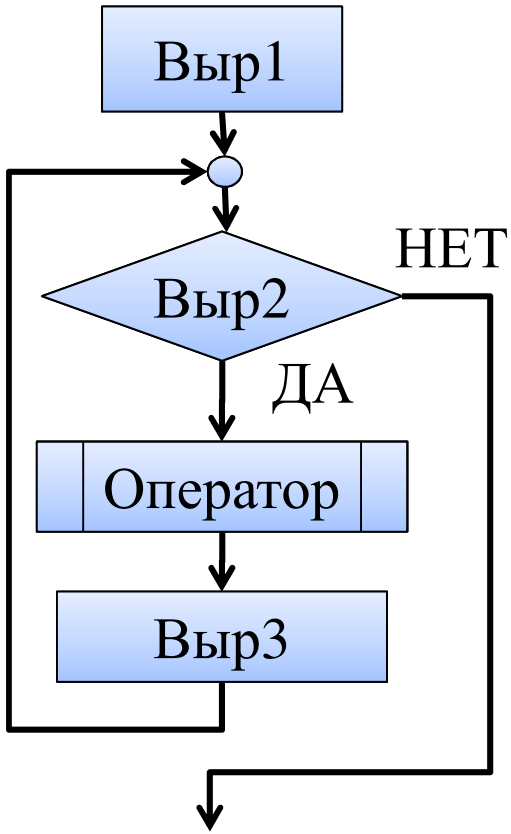
Большинство операций над массивами осуществляются **поэлементно.**

Такой тип обработки предусматривает перебор всех допустимых индексов массива и применение однотипной операции к каждому элементу. Данная операция наиболее эффективно реализуется с применением циклов:

```
int a[10] = {1, 2, 3, 4, 5, 6};
int i  = 0;
while( i < 6 ){
    обработать a[i];
    i  = i + 1;
}
```

Цикл for

```
"for" "(" [Выр1] ";" [Выр2] ";" [Выр3] ")"
    Оператор.
```



Выр1 – выражение-инициализация. Выполняется **один раз** перед циклом.

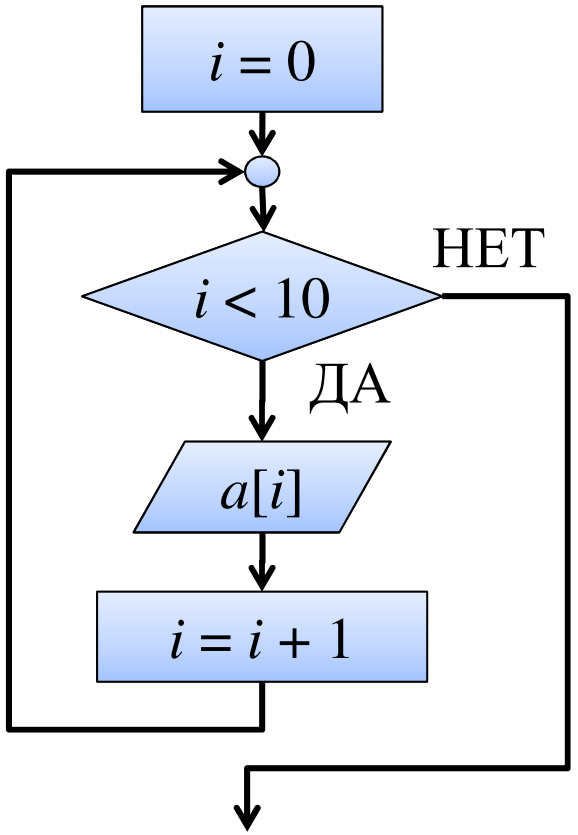
Выр2 – логическое выражение. Условие продолжения цикла (аналогично циклу while).

Выр3 – выражение-последействие. Выполняется **после каждой** итерации.

Оператор выполняется до тех пор, пока **Выр2** является ИСТИННЫМ.

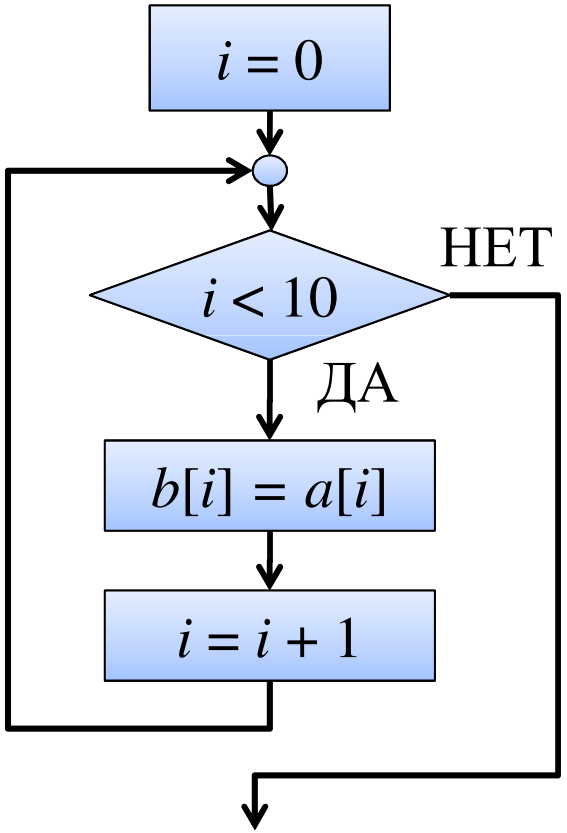
Ввод-вывод массивов

- В функции scanf не предусмотрено спецификатора для ввода или вывода массива как единого целого. Это сделано из соображений универсальности и сохранения относительной простоты использования данной функции.
- Ввод-вывод массивов осуществляется поэлементно. Пример ввода:




```
int mas[10], i;
for(i=0;i<10;i++){
    scanf("%d",&mas[i]);
}
```

Присваивание массивов



Для того, чтобы присвоить одному массиву значение другого необходимо, чтобы были выполнены следующие условия:

1. Совместимость типов данных элементов (как и для переменных).
2. Совместимость по размеру (массив-приемник должен быть не меньше массива-источника).

```
int a[10], b[10], i;

... // ввод a
for(i=0;i<10;i++){
    b[i] = a[i];
}
```

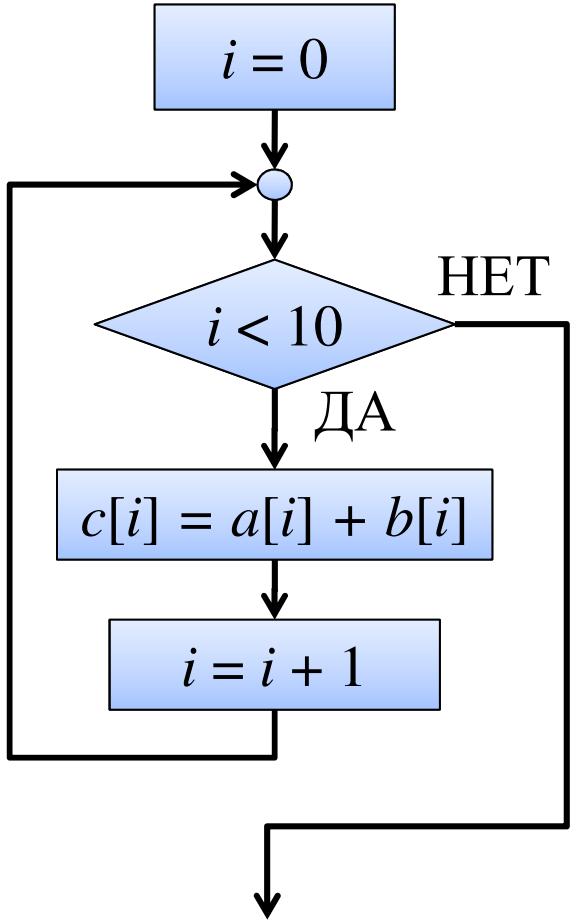
Сложение массивов по правилу векторов

Для выполнения операции сложения двух массивов требуется выполнение следующих условий:

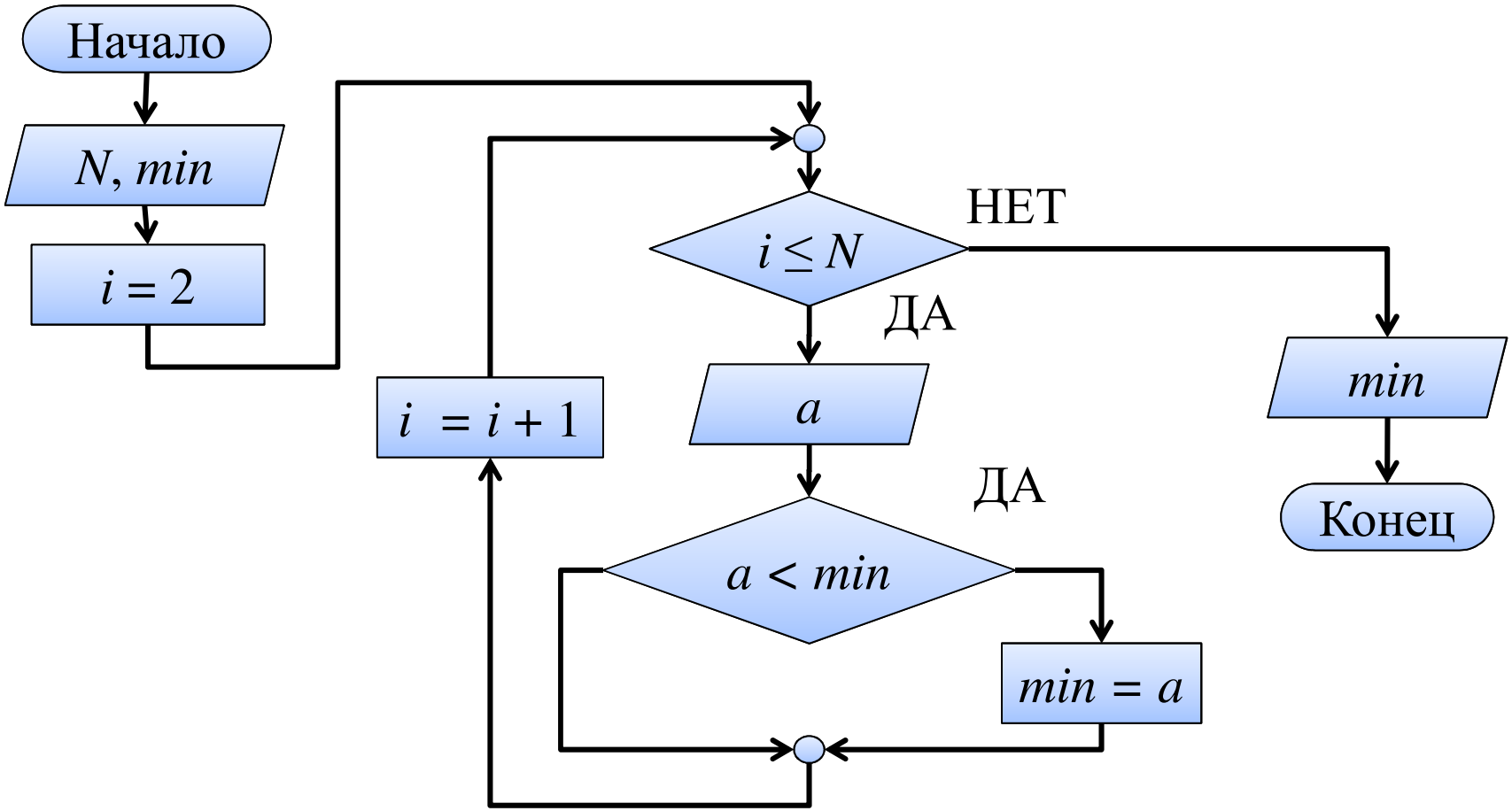
1. Совместимость типов данных элементов (как и для переменных).

2. Эквивалентность по размеру (массив-приемник и массивы-источники должны иметь одинаковый размер).

```
int a[10], b[10], c[10] , i;
... // ввод a и b
for(i=0;i<10;i++){
    c[i] = a[i] + b[i]
}
```



Поиск минимального элемента в последовательности [потоковый]



Поиск минимального элемента

Алгоритм поиска минимального элемента в массиве аналогичен рассмотренному ранее "потоковому" алгоритму поиска минимального элемента последовательноси.

Важным отличием является то, что в массиве основной интерес представляет **индекс** искомого элемента, а не его значение. Информация о расположении элемента в массиве позволяет определить его значение, но не наоборот!

```
input n, a
imin ← 0
for i ← 1 to n do
    if a[imin] > a[i] then
        imin ← i
output imin, a[imin]
```

Особенности инициализации массива

- Статические массивы можно объявлять с инициализацией, перечисляя значения их элементов в {} через запятую. **Если задано меньше элементов, чем длина массива остальные элементы считаются нулями**:

```
int a[10] = { 1, 2, 3, 4 }; /* и 6 нулей */
```

- Если при описании массива с инициализацией не указать его размер, он будет подсчитан компилятором:

```
int b[] = { 1, 2, 3 };
```

Особенности реализации массивов в языке СИ

- «Си — инструмент, острый, как бритва: с его помощью можно создать и элегантную программу, и кровавое месиво», **Б. Керниган**.

- В связи со сравнительно низким уровнем языка многие случаи неправильного использования опасных элементов не обнаруживаются и не могут быть обнаружены ни при компиляции, ни во время исполнения.

- В Си **не предусмотрено средств проверки индексов** массивов (проверки выхода за границы массива).

- Например, возможна запись в шестой элемент массива из пяти элементов, что, естественно, приведёт к непредсказуемым результатам.

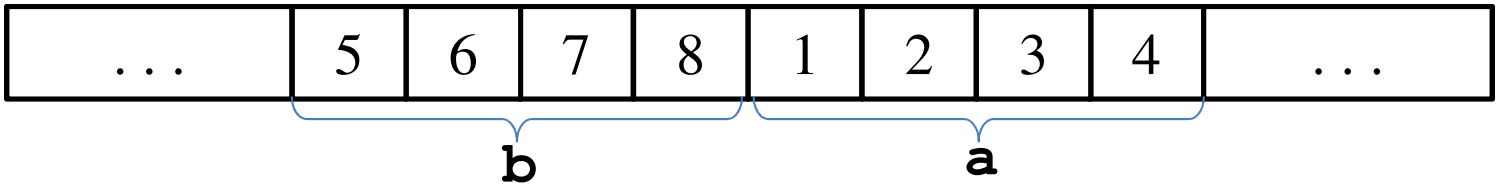
Демонстрация выхода за границы массива

```
#include <stdio.h>
int main()
{
  int i, a[4] = {1,2,3,4}, b[] = {5,6,7,8};
  for(i=0;i<=4;i++)
    b[i] = (i+1)*(i+1);
  printf("a: ");
  for(i=0;i<4;i++)
    printf("%d ",a[i]);
  printf(" b: ");
  for(i=0;i<4;i++)
    printf("%d ",b[i]);
  printf("\n");
}
```

```
$ ./array_borders
a: 25 2 3 4  b: 1 4 9 16
```

Выход за границы массива

```
int i, a[4] = {1,2,3,4}, b[4] = {5,6,7,8};
```




```
for(i=0; i<=4; i++){
    b[i] = (i+1)*(i+1);
}
```