Технология программирования задач с циклами.

Виды циклов

1. Общая характеристика операторов цикла
2. Счётный оператор цикла for
3. Оператор цикла с предусловием
4. Оператор цикла с постусловием
5. Типовые приемы программирования циклических процессов

В языке C++ имеется три вида операторов цикла:

- for - оператор цикла
  с параметром - счетчиком
  (счетный оператор цикла)
  (или арифметический оператор цикла).
- while - оператор цикла
  с предварительным условием (с предусловием);
- do-while - оператор цикла
  с последующим условием
  (с постусловием);

Оператор цикла for

применяется при заранее известном количестве повторений.

При этом некоторая переменная, называемая параметром цикла, должна последовательно принимать значения от начального до конечного.

Операторы цикла while и do -while

применяются в тех случаях, когда известно

условие выполнения цикла,

а количество повторений может быть заранее не известно.

Счетный (арифметический) оператор цикла и массивы.

1. Краткие теоретические сведения и программы с оператором for.

- Цикл ***for*** организуется с помощью специальной переменной, которая называется *параметром цикла*.
- *Параметр цикла* - это числовая переменная, которая управляет работой цикла. Она изменяется по закону арифметической прогрессии, что обеспечивает повторение цикла нужное количество раз.

Параметры цикла

- Для определения количества повторений заранее должны быть известны:
- начальное значение параметра - $t_{нач}$;
- конечное значение параметра - $t_{кон}$;
- шаг изменения параметра - Δt.
- Тогда *количество повторений цикла* определится по формуле:

$$n = \left[\frac{t_{кон} - t_{нач}}{\Delta t} \right] + 1$$

Структура цикла *for* на C++

имеет 4 блока, выполняющиеся в следующей последовательности:

1. - *блок инициализации* параметру цикла присваивается начальное значение;
2. - *условие* выхода из цикла (или, напротив - условие повторения цикла) - проверка параметра на конечное значение
3. - *тело цикла* основные действия, которые повторяются каждый раз, на каждом витке цикла;
4. - *блок изменения* параметра цикла на величину шага.

Блок-схема арифметического цикла и общий вид и работа цикла for

Параметр цикла

Начальное значение

Изменение параметра цикла

for(<*п.цк.*> = <н.з.>; <*условие выполнения цикла*>; <*изм. п.цк.*>)

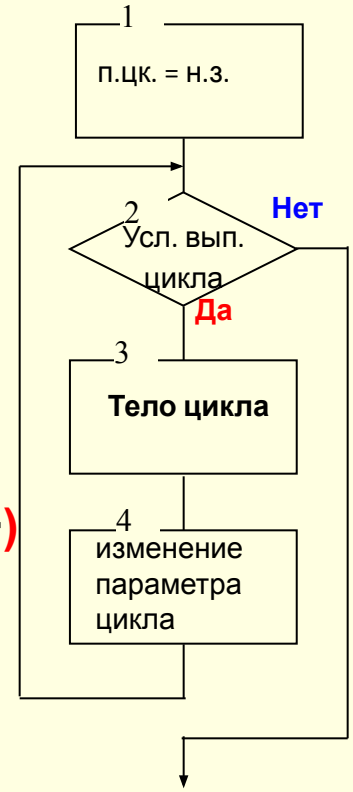
<*оператор*>; ← ***тело цикла***

Любой оператор

Блок инициализации

for(<*п.цк.*> = <н.з.>; <*условие выполнения цикла*>; <*изм. п.цк.*>)
{<*оператор1*>; <*оператор2*>; … <*операторn*>; }

тело цикла



Пример 1. **Допустим, что в группе из N человек собираются профсоюзные взносы по m рублей. Рассчитать, какую сумму группа перечислит в профсоюзный фонд.**

Метод накопления суммы

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main()
{int N=20,m=100,s=0;
for(int i=1; i<=N; i++)
s+=m;
cout<< "Summa = "<<s<<endl;
system("pause");
   return 0;
}
```

2. Программа для определения максимального элемента в массиве

Дано: массив (x_1, x_2, x_3, … x_{10}), x_i = [± xx,xx].

Найти: номер и значение максимального элемента массива.

Константа:

размер массива (кол-во эл-тов): n;

Входные величины:

массив x;

Параметр цикла: i;

Выходные величины:

номер максимального элемента: im

значение максимального элемента: x[im]

ФРАГМЕНТ ПРОГРАММЫ: **поиск минимакса по индексу**

```
const int n=10;
double x[n];
cout << "enter  " << n << "   numbers\n";
for ( int  i  = 0; i < n;  i++)
{
  cout << "x[" << setw(2) << i << "]: ";
  cin >> x[i];
}
cout  <<  endl  <<  "Massiv   x "  <<  endl;
for(int  i  = 0; i < n;  i++)
  cout << setw(4) << x[i];
cout  <<  endl;
int  im = 0;
for(int  i  = 1;  i < n;  i++)
  if(x[i] > x[im])
        im = i;

cout << "im = "  <<  im  <<  "   x[im]= " <<  x[im] <<  endl;
```

```
enter 10 numbers
x[ 0]: 3
x[ 1]: 2
x[ 2]: 5
x[ 3]: 7
x[ 4]: 6
x[ 5]: 9
x[ 6]: 8
x[ 7]: 1
x[ 8]: 4
x[ 9]: 6
```

```
Massiv x
```

```
   3    2    5    7    6    9    8    1    4    6
```

1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	+	+	-	+	-	-	-	-
-	2	3	-	5	-	-	-	-

```
im = 5   x[im]= 9
```

3. Программа для определения первого по порядку следования элемента массива, значение которого равно заданной величине

Дано: целочисленный массив (f_1, f_2, f_3, … f_5),
заданное значение: h.

Найти: номер первого по порядку следования элемента со значением h.

Константа:

размер массива (кол-во эл-тов): n;

Входные величины:

массив f;

значение h.

Параметр цикла: i;

Выходные величины: номер искомого элемента: ih;

значение найденного элемента: f[ih].

Метод применения «флага»

```
const int n=5;
int f[n];      int h, ih=-1; //ih – это флаг
cout << "enter  " << n << "   numbers\n";
for ( int i=0; i<n; i++)
{       cout << "f[" << setw(2) << i << "]: ";
  cin >> f[i];     }
  cout << endl << "Massiv f " << endl;
for(int i=0; i<n; i++)
  cout << setw(4) << f[i];
cout << endl;
cout << "h: "; cin >> h;
for(int i=0; i<n; i++)
  if(f[i] == h)
  {     ih = i;
        break;   }
if(ih != -1)
      cout << "ih = " << ih << "   h = " << h ;
else
      cout << " No " ;
cout << endl;
```

```
enter  5   numbers
f[ 0]: 3
f[ 1]: 2
f[ 2]: 5
f[ 3]: 7
f[ 4]: 5
```

```
Massiv f
```

```
   3   2   5   7   5
```

```
h: 5
```

0 1 2
- - +
- - 2

```
ih = 2    h = 5
```

4. Программа для определения среднего арифметического положительных элементов массива

Дано: массив (b_1, b_2, b_3, … b_6), b_i = [± x,x].

Найти: среднее арифметическое положительных элементов массива.

Константа:

размер массива (кол-во эл-тов): n;

Входные величины:

массив b;

Параметр цикла: i;

Выходные величины:

кол-во полож. эл-тов: k;

ср. арифм. полож. эл-тов : s.

Метод включения счётчика

```
const int n=6;
double b[n];
cout << "enter  " << n << "   numbers\n";
for ( int i=0; i<n; i++)
{    cout << "b[" << setw(2) << i << "]: ";  cin >> b[i];  }
cout << endl << "Massiv b " << endl;
for(int  i = 0;  i < n;  i++)  cout  <<  setw(8)  << b[i];
cout << endl;
```

```
enter  6   numbers
b[ 0]: -1
b[ 1]: 2
b[ 2]: -3
b[ 3]: 4
b[ 4]: -5
b[ 5]: 6
```

```
Massiv b
```

```
   -1     2    -3     4    -5     6
```

```
int   k=0;   double  s = 0;   //счётчик k и накопитель суммы s
for(int i = 0; i < n; i++)
  if(b[i] > 0)
  {    s +=b[i];
       k++;   }
if(k != 0)
{ s = s / k;
  cout  <<  "k = "  <<  k  <<  "   s = "  <<  s ;   }
else
  cout  <<  " No " ;
cout << endl;
```

0	1	2	3	4	5
-	+	-	+	-	+
-	2	-	6	-	12
-	1	-	2	-	3

```
k = 3    s = 4
```

5. Пример программы с использованием счетного оператора цикла

$y = e^{ax}$, $x \in [0{,}25; 0{,}75]$, $\Delta x = 0{,}05$

Кол-во циклов

$$n = \frac{\text{к.з.} - \text{н.з.}}{\text{шаг}} + 1 = \frac{0.75 - 0.25}{0.05} + 1 = 10 + 1 = 11$$

```
a: 0.5
0.25    1.13315
0.3     1.16183
0.35    1.19125
0.4     1.2214
0.45    1.25232
0.5     1.28403
0.55    1.31653
0.6     1.34986
0.65    1.38403
0.7     1.41907
0.75    1.45499
```

Программа с использованием счетного оператора цикла

$y = e^{ax}$, $x \in [0{,}25; 0{,}75]$, $\Delta x = 0{,}05$

```
int main( )
{
   double a, y; int n, i;
   cout << "a: ";  cin >> a;
   double x,  xn = 0.25, xk = 0.75, dx = 0.05;
    n = (xk - xn) / dx+1;
   cout <<  "\ni" << setw(5) << "x" << "          y\n\n";

   for (x=xn, i = 1 ; i < =n  ; i++, x += dx)
   {
      y = exp(a * x);

     cout << left <<  setw(5) << i << setw(7) << x << y << endl;

      x += dx;
   }
  return 0;
}
```

```
a: 0.5

i     x       y

1     0.25    1.13315
2     0.3     1.16183
3     0.35    1.19125
4     0.4     1.2214
5     0.45    1.25232
6     0.5     1.28403
7     0.55    1.31653
8     0.6     1.34986
9     0.65    1.38403
10    0.7     1.41907
11    0.75    1.45499
```

6. Параметр цикла вещественного типа

$y = e^{ax}$, $x \in [0{,}25; 0{,}75]$, $\Delta x = 0{,}05$

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <cmath>

using namespace std;

int main( )
{
    double a, y;
    cout << "a: ";  cin >> a;
 double xn = 0.25, xk=0.75, dx=0.05;

for(double x = xn; x < = xk; x += dx)
    {
      y = exp(a * x);
      cout << left << setw(7) << x << y << endl;
     }
  return 0;
}
```

```
a: 0.5
0.25   1.13315
0.3    1.16183
0.35   1.19125
0.4    1.2214
0.45   1.25232
0.5    1.28403
0.55   1.31653
0.6    1.34986
0.65   1.38403
0.7    1.41907
Для продолжения нажм
```

Вещественные значения НЕЛЬЗЯ сравнивать на «равно»: в силу **приближённого** представления в цифровом ПК вещественных чисел.

$X_N = 0.25_{10} = 0.01_2 = 0.1 \cdot 2^{-1}$

$dX = 0.05_{10} = 0.0000\ \underline{1100}\ \underline{1100}_2 = 0.(1100) \cdot 2^{-4}$

$X_k = 0.75_{10} = 0.11_2 = 0.11 \cdot 2^0$

Нормализованный экспоненциальный формат

									2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144	524288	1048576	2097152	4194304	8388608	16772216
X_N	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dX	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
X_k	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{512} + \frac{1}{1024} + \frac{1}{8192} + \frac{1}{16384} + \frac{1}{131072} + \frac{1}{262144} + \frac{1}{2097152} + \frac{1}{4194304} = 0{,}049999758601189$$

Абсолютная погрешность 0,000000241398811 ~ $2.4 \cdot 10^{-7}$

X_n		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
$_dX$					1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1		1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
2		1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
3		1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
4		1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
6	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
7	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
8	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
9	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
10	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
11	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
X_k	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

Кол-во циклов

$$n = \frac{\text{к.з.} - \text{н.з.}}{\text{шаг}} + 1 = \frac{0.75 - 0.25}{0.05} + 1 = 10 + 1 = 11$$

6. Параметр цикла вещественного типа

$y = e^{ax}$, $x \in [0{,}25; 0{,}75]$, $\Delta x = 0{,}05$

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <cmath>

using namespace std;

int main( )
{
    double a, y;
    cout << "a: ";  cin >> a;
 double xn = 0.25, xk=0.75, dx=0.05;

for(double x = xn; x < xk + dx/2; x += dx)
    {
      y = exp(a * x);
      cout << left << setw(7) << x << y << endl;
     }
  return 0;
}
```

```
a: 0.5
0.25    1.13315
0.3     1.16183
0.35    1.19125
0.4     1.2214
0.45    1.25232
0.5     1.28403
0.55    1.31653
0.6     1.34986
0.65    1.38403
0.7     1.41907
0.75    1.45499
```

7. Использование нескольких переменных управления циклом

Цикл for является одним из наиболее гибких операторов, т. к. допускает большое кол-во разнообразных вариантов.

Например, допустимо использовать несколько переменных управления.

Пример:

```
for (x = 0, y = 10;   x <= y;   ++x, --y)
cout << x << ' ' << y <<'\n';
```

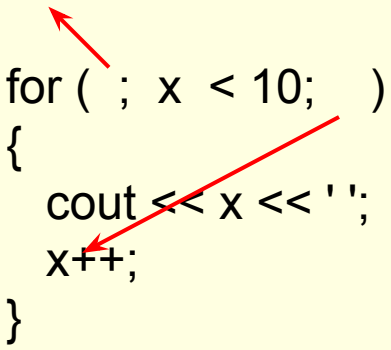
8. Пропущенные секции в операторе for

Пример (отсутствует секция приращения):
Цикл, который должен выполняться до тех пор, пока с клавиатуры не будет введено число 123.

```
int   x;

for (x = 0;  x != 123;    )
{
   cout << "enter number: ";
   cin  >> x;
}
```

Пример (отсутствуют секции инициализации и приращения):



```
x = 0;

for (  ;  x  < 10;    )
{
   cout << x << ' ';
   x++;
}
```

Пример (отсутствуют все секции – бесконечный цикл):

```
for (   ;    ;    )
{
   // …
}
```

Например: кроты запасли в своей норке **S** штук зерен. С определенной периодичностью они обновляют запасы своих норок **ds1= a | sin (3t+2) |** и поедают их с величиной **ds2 = 5·10^3**. Хитрые же мыши с другой периодичностью иногда обворовывают, а иногда и возвращают награбленное у кротов на величину **ds3 = b (sin (5t-4))**. Запустить процесс заполнения/опустошения норки.

Для выхода из такого цикла необходимо в теле цикла использовать оператор break, размещенный внутри условного оператора if.

```
double s=2.3e20; int t=0; float a=35,b=52;
for (   ;    ;    )
{t++; ds1 = a*abs(sin(3*t)+2;  ds2=5e3 ; ds3 = b *(sin (5t-4));
s+=ds1-ds2- ds3;
If (s<=0) break;
}
```

Пример (отсутствует тело цикла):
(бестелесые циклы весьма полезны)

```
int i;
int sum = 0;

// суммирование чисел от 1 до 10
for ( i = 1  ; i <= 10  ;  sum += i++  ) ;  // цикл без тела цикла
```

Чтобы понять смысл оператора sum += i++ (это обычная запись для C++)
необходимо разобрать его на составные части:

```
sum = sum + i;
i = i + 1;
```

2.3 Табулирование функции счетным оператором

Написать программу печати таблицы значений функции

$$y = \begin{cases} t, & x < 0 \\ tx, & 0 \le x < 10 \\ 2t, & x \ge 10 \end{cases}$$

для аргумента, изменяющегося в заданных пределах с заданным шагом. Если $t > 100$, *должны выводиться целые значения функции.*

Исходными данными являются начальное значение аргумента Xn, конечное значение аргумента Xk, шаг изменения агрумента dX и параметр t. Все величины – вещественные. Программа должна выводить таблицу, состоящую из двух столбцов – значений аргумента и соответствующих им значений функции.

Словесный алгоритм задачи

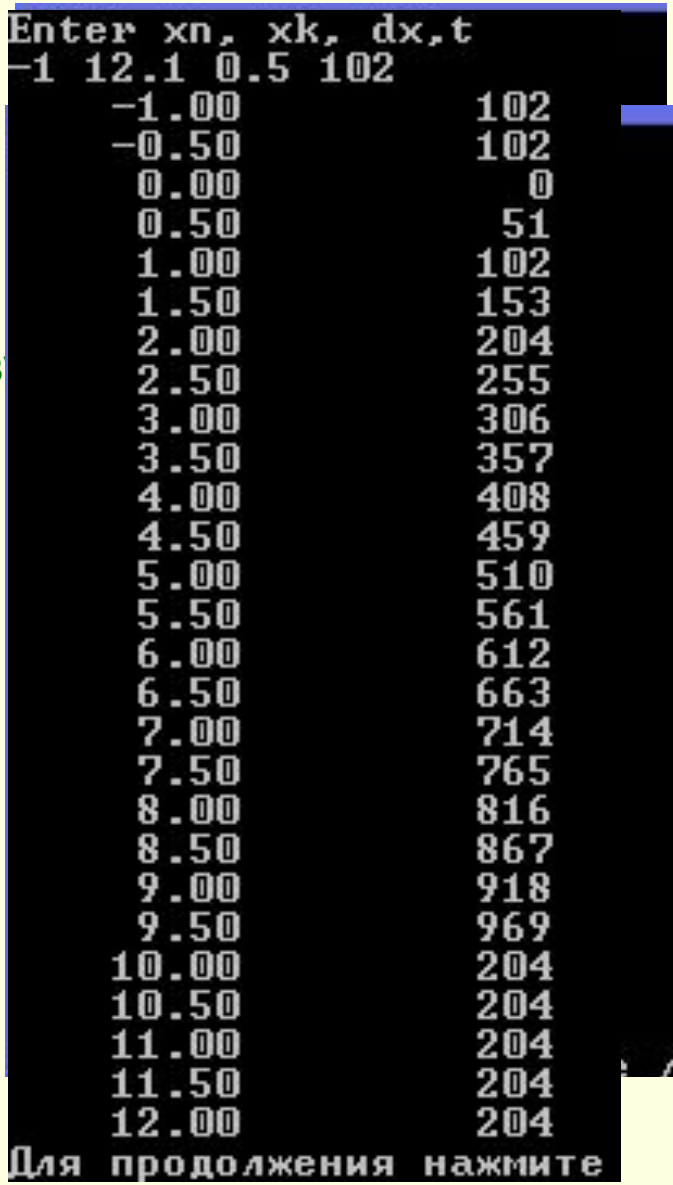
В словесной форме алгоритм можно сформулировать так:

1. Ввести исходные данные.
2. Взять первое из значений аргумента.
3. Определить, какому из интервалов оно принадлежит.
4. Вычислить значение функции y по соответствующей формуле.
5. Если t > 100, преобразовать значение y в целое.
6. Вывести строку таблицы.
7. Перейти к следующему значению аргумента.
8. Если оно не превышает конечное значение, повторить шаги 3–7, иначе закончить выполнение.

В каждый момент времени требуется хранить одно значение функции, поэтому для него достаточно завести одну переменную вещественного типа. Шаги 3–7 повторяются многократно, поэтому для их выполнения надо организовать цикл.

Решение задачи

```
#include<iostream>
#include<cmath>
using namespace std;
int main()
{
	float xn, xk, dx, t , y;
	printf("Enter xn, xk, dx,t \n");// \n -переход на нов
				// строку = endl
	cin>>xn>>xk>>dx>>t;
	for (float x=xn;x<=xk;x+=dx)
	{
		if(x<0) y=t;
		else if (x>=0 && x<10) y=t*x;
		else y=2*t;
	  if (t>100) printf("%9.2f   %9d    \n", x,(int)y);
	  else printf("%9.2f   %9.2f    \n", x, y);
	}
	system("pause");
	return 0;
}
```



Замечание о внутренних переменных

- Переменная x описана ВНУТРИ цикла, после его завершения, переменная x УДАЛЯЕТСЯ из памяти и мы не можем получить доступ к ее значению!!!
- Область видимости этой переменной – только тело оператора for.

В программу введена вспомогательная переменная x, которая последовательно принимает значения от Xn до Xk с шагом dX. Она определена непосредственно перед использованием. Это является хорошим стилем, поскольку снижает вероятность ошибок (например, таких, как использование неинициализированной переменной).

Операторы цикла while и do -while

применяются в тех случаях, когда известно

условие выполнения цикла,

а количество повторений может быть заранее не известно.

2. Оператор цикла с предусловием

2.1. Общий вид

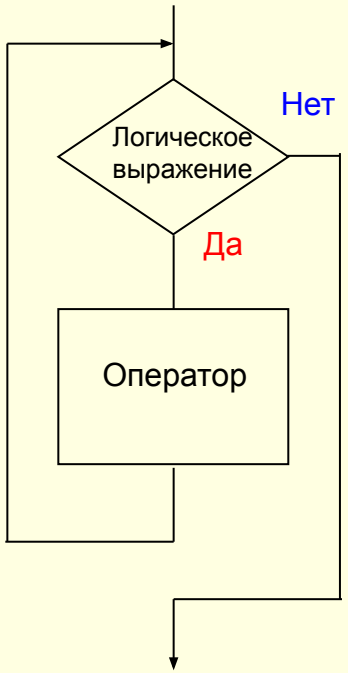
Пока

Условие выполнения цикла

while (<*логическое выражение*>)

<*оператор*>**;** ← *тело цикла*

Любой оператор



- ***Пример 1***. Автомобиль движется со скоростью 5 км/ч и начинает наращивать скорость с ускорением 10 км/ч^2 до тех пор пока не будет достигнута скорость 60 км/час. Определить, за какое время эта скорость будет достигнута.

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main()
{int speed = 5, time = 0, count=0;
    while ( speed < 60 )
    {
        cout << count <<"-speed = " << speed
<< " time= "<<time<<endl;
     speed += 10; // приращение скорости
          count++; // подсчёт повторений цикла
     time++;// наращивание времени
    }
   cout<< "final speed "<<speed<<" was reached
in "<< time<< " h"<<endl;
    system("pause");    return 0;}
```

Анализ программы

- *инициализация* трёх переменных (скорости *speed*, времени *time* и счётчика цикла *count* реализуется до начала цикла;
- *условие* **speed < 60** определяет возможность выполнения цикла, и пока скорость остаётся меньше 60, условие истинно и скорость будет нарщиваться;
- *управление условием* реализуется оператором **speed += 10**;
- *тело цикла* составляют операторы вывода на консоль и операторы приращения счётчика и времени.

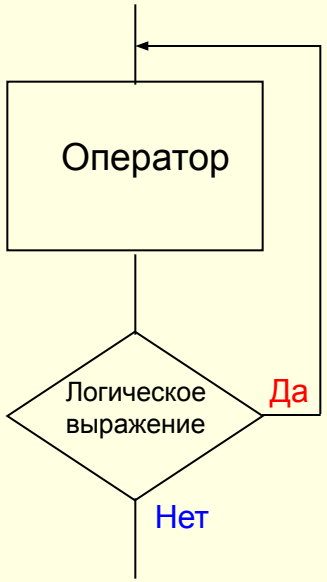
3. Оператор цикла с постусловием

3.1. Общий вид

Выполнять

Тело цикла

```
do
    <оператор> ;
while (<логическое выражение>);
```



До тех пор, пока

Условие повторения цикла

3.2. Технология программирования задачи с оператором цикла do-while

Составить программу:

Вычислить с заданной точностью сумму членов бесконечного ряда: $$S = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$$

Условие прекращения вычислений

$S_n - S_{n-1} = \frac{1}{n} < \delta$ – малое число больше нуля.

Выбор идентификаторов:

Входной *Параметр цикла* *Выходной*

δ → d, n → n, S → s

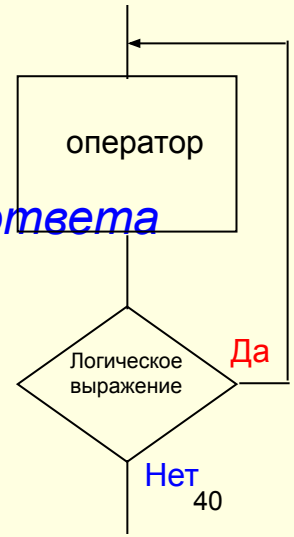
$$S = \boxed{1} + \boxed{\frac{1}{2}} + \boxed{\frac{1}{3}} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$$

$S_n - S_{n-1} = \frac{1}{n} < \delta$

```
int  main( )                          // Заголовок функции
{                                     // Начало кода функции
    cout   <<   "d: ";
    double d;
    cin >> d;                         0,3
   double s = 0;
   double n = 1;
   do
     {
       s +=  1 / n;                   0      +      +      +
                                            1/1    1/2    1/3
       n ++;                          1      + 1    + 1    + 1
     }  while (1 / n > d);
   cout << "n = " << n << "   s = " << s << endl;      // Вывод ответа
}
```

N	1/N	S
1	1	1.00
2	0.5	1.500
3	0.333	1.833
4	0.25	

1.8333



Применение рекуррентных соотношений для программирования рядов

- Вычислить *сумму бесконечного ряда* с заданной точностью (суммировать до тех пор, пока модуль текущего элемента ряда не станет меньше заданной точности) двумя способами:
- 1) по общей формуле ряда;
- 2) по *рекуррентной формуле*.

$$\sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k\frac{(k+1)!}{(2k+1)!};\ \text{точность}\ \varepsilon = 10^{-3} = 0{,}001.$$

Первый способ: применяем формулу общего члена

- Входные параметры:
- *eps* – точность вычислений ε
- *R* – значение первого элемента ряда при начальном значении *k* – номере 1-го элемента ряда
- Промежуточные параметры
- *P1* – интегратор для накопления произведения (*k*+1)!
- *P2* – интегратор для накопления произведения (2**k*+1)!
- *k* – номер итерации, совпадает с номером элемента ряда
  R – текущий (k-ый) элемент ряда.

- Выходные параметры
- *S* – сумма элементов ряда
- Определение начальных значений переменных
- Для переменной k начальное значение дано: *k* = 0 Подставим начальное значение *k* в формулу ряда

$$R_k = (-1)^k \frac{(k+1)!}{(2k+1)!}$$

- получим начальное значение переменной *R*:

$$R_0 = (-1)^0 \frac{(0+1)!}{(2 \cdot 0+1)!} = 1$$

- Принимаем начальное значение сумматора *S* = 0, начальные значения интеграторов *P*1 = 1, *P*2 = 1.

- **Контрольный пример:**
- пусть ε=0,1:

- $k = 1$; $P1 = 1 \cdot 2$; $P2 = 1 \cdot 2 \cdot 3$;
  $R = -0.333 > \varepsilon$; $S = 0.667$;
- $k = 2$; $P1 = 1 \cdot 2 \cdot 3$; $P2 = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5$;
  $R = +0.05 < \varepsilon$; $S = 0.687$;
- Выход из цикла.
- Ответ: S = 0.687

```
int main()
{int k=0,P1=1,P2=1;
```

```
Input accuracy eps:0.1
accuracy = 0.1
1 -0.333333 2 6

2 0.05 6 120
Sum = 0.666667 number of iterations = 2
Для продолжения нажмите любую клавишу . .
```

```
Input accuracy eps:0.001
accuracy = 0.001
Sum = 0.711905 number of iterations = 4
Для продолжения нажмите любую клавишу .
```

```
}while(abs(R)>eps);
cout << "Sum = "<<s<< " number of iterations =
"<<k<<endl;
system("pause");
return 0;
}
```

```
Input accuracy eps:1e-5
accuracy = 1e-05
1 -0.333333 2 6
k     R        P1 P2
2 0.05 6 120

3 -0.0047619 24 5040

4 0.000330688 120 362880

5 -1.80375e-05 720 39916800

6 2.60862e-06 5040 1932053504
Sum = 0.712217 number of iterations = 6
Time spent = 0.006
Для продолжения нажмите любую клавишу .
```

```
Input accuracy eps:1e-6
accuracy = 1e-06
1 -0.333333 2 6

2 0.05 6 120

3 -0.0047619 24 5040

4 0.000330688 120 362880

5 -1.80375e-05 720 39916800

6 2.60862e-06 5040 1932053504

7 -2.01166e-05 40320 2004310016
 k     R             P1          P2
8 -0.00125772 362880 -288522240
```

```
31 inf -2147483648 0

32 -inf -2147483648 0

33 -nan(ind) 0 0
Sum = -nan(ind) number of iterations = 33
Time spent = 0.055
Для продолжения нажмите любую клавишу . .
```

nan – not a number

```
15 -2.71498 2004189184 738197504

16 0.134354 -288522240 -2147483648

17 inf -898433024 0

18 inf 109641728 0
```

Анализ программы

- Анализ решения показывает, что программа работает верно, т.к. результаты программы совпадают с контрольным примером.

- Для проверки **полноты программы**, получено решение и для другого значения точности.
- Анализ программы позволяет выяснить **её неэффективность**:
- Возведение в степень -1 неоправданно при большом количестве итераций, т.к. результат всегда будет или +1 или -1.
- Накопление произведения для вычисления двух факториалов тоже неэффективно, поскольку при большом количестве итераций будет приводить к недопустимо большим числам в числителе и знаменателе.
- При вычислении *R* используются операторы приведения типа (от целого к вещественному) для того, чтобы, во-первых, избежать целочисленного деления, и, во-вторых, чтобы не было лишних предупреждений от транслятора.

Оценка времени выполнения процесса

Если нужно замерить время выполнения фрагмента кода на C++, используется clock() из модуля ctime — она *возвращает число таков*, измеряемое процессором от начала выполнения программы.

Глобальная константа CLOCKS_PER_SEC хранит число тактов, выполняемое процессором в секунду. Соответственно, чтобы получить время работы программы в секундах достаточно результат работы функции разделить на эту константу:

```
clock() / CLOCKS_PER_SEC;
```

Для определения времени работы фрагмента программы нужно определить моменты времени до фрагмента и после него, а затем — посчитать разницу.

```
#include <ctime>
//        ...
    unsigned int start_time =  clock(); // начальное время
    // здесь должен быть фрагмент кода, время выполнения которого нужно измерить
    unsigned int end_time = clock(); // конечное время
    unsigned int search_time = (end_time - start_time)/CLOCKS_PER_SEC; // искомое время
```

Код с операторами оценки времени

Переменная begin класса clock_t

```
clock_t begin = clock();
/* here, do your time-consuming job */
do
{
s += R;
k = k + 1;
P1 *= (k + 1);
P2 *= (2 * k)*(2 * k + 1);
R = pow(-1., k)*(float)P1 / float(P2);
cout <<  k << ' ' << R << ' ' << P1 << ' ' << P2 << endl;
} while (abs(R) > eps);
cout << "Sum = " << s << " number of iterations = " << k << endl

clock_t end = clock();
double time_spent = (double)(end - begin) / CLOCKS_PER_SEC;
cout << "Time spent = " << time_spent << endl;
```

Второй способ

- Для начала *выведем* *рекуррентную формулу*, т. е. соотношение, которое позволяет получать любой *k*-й член через (*k*-1)-й:

$$R_k = Q \cdot R_{k-1}$$

- Вычислим значение коэффициента Q для нашего ряда:

$$Q = \frac{R_k}{R_{k-1}} = \frac{(-1)^k}{(-1)^{k-1}} \cdot \frac{(k+1)!}{k!} \cdot \frac{(2k-1)!}{(2k+1)!} = -\frac{k!(k+1)}{k!} \cdot \frac{(2k-1)!}{(2k-1)! \cdot 2k \cdot (2k+1)} =$$

$$= -\frac{k+1}{2k \cdot (2k+1)}.$$

ТАКОЙ СПОСОБ НЕОБХОДИМ ТОЛЬКО В СЛУЧАЯХ НЕОЧЕВИДНОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ n-м И (n-1)-м членами. ОБЫЧНО РЕКУРРЕНТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ НАХОДЯТСЯ БОЛЕЕ ПРОСТЫМ МЕТОДОМ ПОДБОРА

```
Input accuracy eps:0.1
accuracy = 0.1
 k=1  -0.333333  -0.333333

 k=2  -0.15  0.05

Sum = 0.666667 number of iterations = 2
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

```
cout<< "accuracy = "<<eps; cin>>eps;
do
{s+=R;
k=k+1;
Q=-float(k+1)/float((2*k)*(2*k+1));
R*=Q;
cout<<"\n k="<<k<<"   " <<Q<< "   "<<R<<endl;
}while(abs(R)>eps);
cout << "\nSum = "<<s<< " number of iterations
= "<<k<<endl;
system("pause");
return 0;
}
```

```
Input accuracy eps:1e-5
accuracy = 1e-05
 k=1   -0.333333   -0.333333

 k=2   -0.15   0.05

 k=3   -0.0952381   -0.00476191

 k=4   -0.0694444   0.000330688

 k=5   -0.0545455   -1.80375e-05

 k=6   -0.0448718   8.09376e-07

Sum = 0.712217 number of iterations = 6
Time spent = 0.005
Для продолжения нажмите любую клавишу .
```

```
Input accuracy eps:1e-7
accuracy = 1e-07
 k=1   -0.333333   -0.333333

 k=2   -0.15   0.05

 k=3   -0.0952381   -0.00476191

 k=4   -0.0694444   0.000330688

 k=5   -0.0545455   -1.80375e-05

 k=6   -0.0448718   8.09376e-07

 k=7   -0.0380952   -3.08334e-08

Sum = 0.712218 number of iterations = 7
Time spent = 0.007
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Анализ программы

- Преимущества этого метода очевидны: нет необходимости в неоправданно больших умножениях, бессмысленном возведении в степень (-1), этот алгоритм требует меньше процессорного времени.

Генерация псевдослучайных чисел средствами языка C++

Функции работы со случайными числами

- *Случайные числа на языке программирования C++* могут быть сгенерированы функцией rand() из стандартной библиотеки **cstdlib.**
- Функция **rand()** генерирует числа в диапазоне от **0** до **RAND_MAX**.
- **RAND_MAX** — ***это константа***, определённая в библиотеке <cstdlib>.
- Для Microsoft Visual Studio: **RAND_MAX = 32767,** но оно может быть и больше, в зависимости от компилятора.

Функции работы со случайными числами

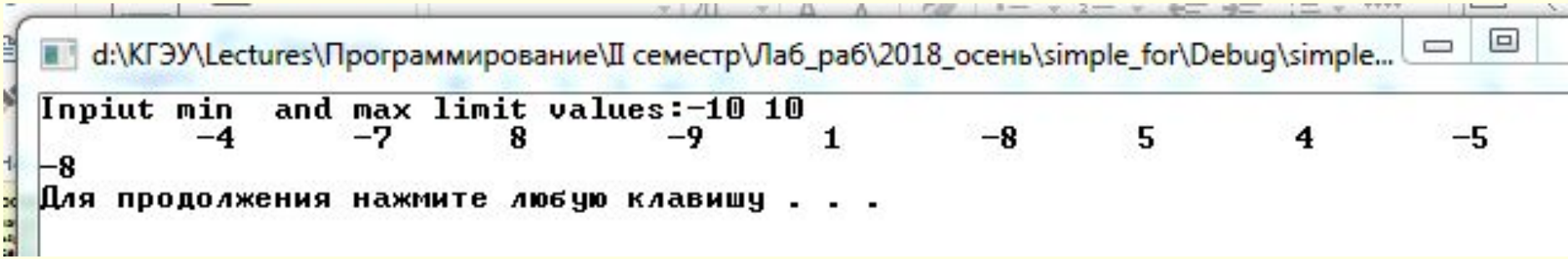
- Чтобы функция **rand()** всегда возвращала ***разные числа***, её нужно использовать в паре с функцией **srand(unsigned int арг).** Аргумент **арг** задаёт то стартовое число, на базе которого и создаётся база случайных чисел.
- Для того, чтобы автоматически всегда брать разные стартовые числа, рекомендуется использовать функцию
  (unsigned int) time(NULL)
  которая возвращает ***число секунд, прошедших с 00:00:00 UTC 1 января 1970 года*** (Unix-время равно нулю).

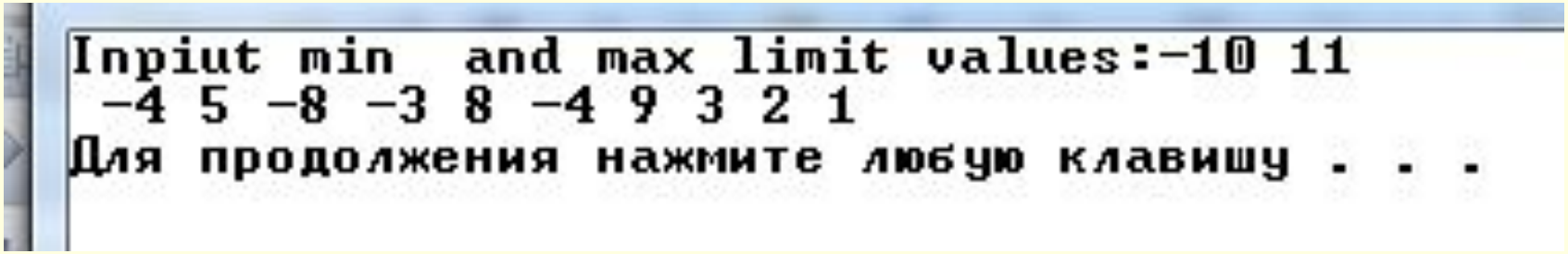
Особенности работы функции srand()

- Чаще всего в качестве передаваемой величины в функцию **srand()** используют системное время в секундах, т.к. это число будет всегда разным, а соответственно, мы будем получать на выходе из **rand()** разные случайные числа.
- Чтобы передать в функцию srand() текущее системное время, можно использовать библиотечную функцию **time(),** описанную в библиотеке <**ctime**>.
- Для того, чтобы эта функция возвращала текущее время в секундах (секунды отсчитываются от 00:00:00), нужно вызывать ее с параметром **NULL**: srand(time(NULL)); или **srand(time(0));.**
- Если нет необходимости в формировании всегда разных случайных чисел, то функцию **srand** можно задать с любой константой или вовсе не включать её в программу.

Пример 1. Инициализация массива случайными числами в заданном диапазоне значений: от -10 до 10.

tf[i] = rand( ) % (r_max - r_min+1) + r_min;





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

// функция инициализации массива случайными числами
int main()
{
int tf [10], nf, r_min, r_max;
nf = 10;
cout<< “Inpiut min  and max limit values:”; cin>>r_min>>r_max;
   srand( (unsigned int) time( NULL ) );   // рандомизация генератора
   for (int  i = 0;   i < nf;   i++ )  // n - количество чисел
     tf[i] = rand( ) % (r_max - r_min+1)  +  r_min;  // формирование
случайного числа
for (int  i = 0;
return 0;
}
```

Создание базы случайных чисел на основе Time (NULL)

Функция ***rand*** генерирует случайные числа, возвращает псевдослучайное целое число в диапазоне от 0 до ***RAND_MAX***.

RAND_MAX это константа, определенная в <cstdlib>. По умолчанию её значение может изменяться, в зависимости от реализации, но, как правило, макрос RAND_MAX меньше значения 32767 не бывает.

Пример 1. Определить количество цифр в числе *N*, заданным случайным образом.

```
#include<iostream>
#include<cmath>
#include<ctime>
using namespace std;
int main()
{int Number,M,N, count;
srand(10);
cout<< " What is the maximal value of the Number?";
cin>>M;
N=rand()%M;
Number=N;
```

```
// Метод - цикл с делением
count = (Number == 0) ? 1 : 0;
        while (Number != 0)
    {
            count++;
            Number /= 10;
        }
cout<<"\nCounts of digits in the number
"<<N<<" is equal "<<count<<endl;
```

```
// Метод - десятичный логарифм и округление
// хорош для очень больших чисел.
N=rand()%M;
Number=N;
count=(Number == 0) ? 1 :
(int)ceil(log10(abs(Number) + 0.5));
cout<<"\nCounts of digits in the number "<<N<<"
is equal "<<count<<endl;
system("pause");
return 0;
}
```

```
What is the maximal value of the Number?10000

Counts of digits in the number 71 is equal 2

Counts of digits in the number 6899 is equal 4
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Пример 2. Паук находится на плоскости в точке с координатами x=50 и y=50. Каждую секунду он делает шаг влево, вправо, вниз или вверх с равной вероятностью. Смоделируйте движение паука с помощью генератора случайных чисел.
Координаты x(t) и y(t) сохраните в одномерных массивах. Напечатайте траекторию паука в виде таблицы, которая содержит в клеточке с координатами x и y символ “.”, если там паук не был, “+”, если паук там побывал 1 раз, “*”- для двух раз, “#” - для трёх и символ “@” -, если он побывал больше раз.

Блок инициализации

```
#include<iostream>
#include<ctime>
#include<iomanip>
using namespace std;
int main()
{
cout << " Случайное блужданиепо плоскости." << endl;
const int N=61, K=1550, J=1;
char buf[N+1]; ];// массив символов ~ количество посещени
int xy[N][N];// массив для хранения количества посещений
клетки N,N
int x=N/2;// ставим курсор в середину консоли
int y=N/2;
```

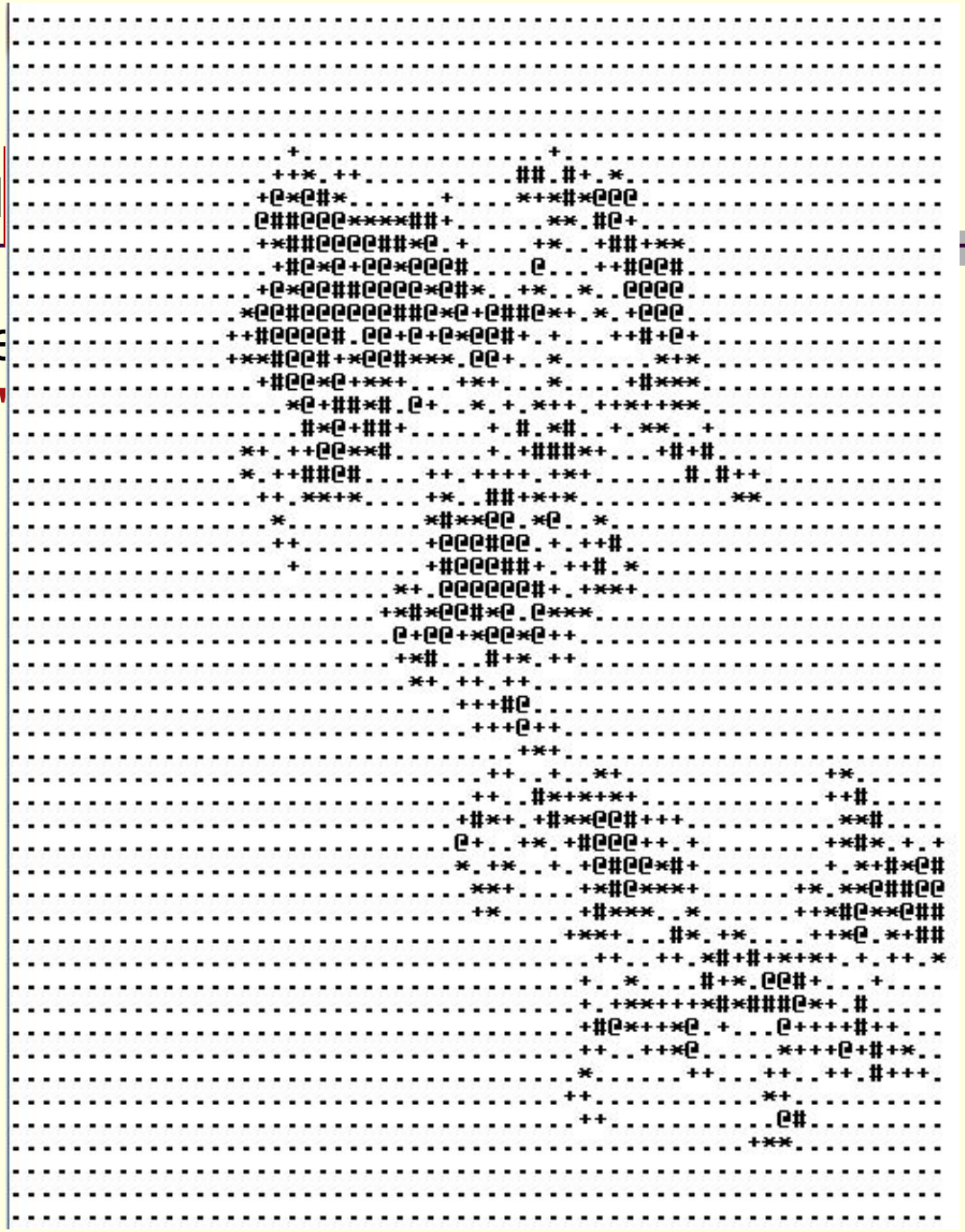
// Заполнение двумерного массива значениями при
// моделировании движения паука

```
for(int m=0; m<N; m++)
        for(int n=0; n<N; n++)
        xy[m][n]=0;
    xy[x][y]=1;
    // запись координат движения паука в массив
    for(int k=1; k<K; k++)
    {
       for(int j=0; j<J; j++)
     x+=rand()%3-1;//формирование сл.чисел от -1 до 1
       for(int j=0; j<J; j++)
          y+=rand()%3-1;
```

```
//проверка выхода к границам
    if(x<0)x=0;
    if(x>N-1)x=N-1;
    if(y<0)y=0;
    if(y>N-1)y=N-1;
    xy[x][y]+=1; // отметка о посещении точки в массиве
    }
```

```
// Заполнение символьного массива
   for(int m=0; m<N; m++)
   {
        for(int n=0; n<N; n++)
             switch(xy[m][n])
             {
             case 0: buf[n]='.'; break;
             case 1: buf[n]='+'; break;
             case 2: buf[n]='*'; break;
             case 3: buf[n]='#'; break;
             default: buf[n]='@';
             }
        buf[N]='\0';// ставим конец строки
```

```
// Выводим
        cou
        }
    cout<< e
    system("
return 0;
}
```



Краткие итоги

- **Оператор for на** C++ состоит из четырёх секций: инициализации, условия, тела цикла, приращение. Любая из секций может быть опущена с соблюдением синтаксиса, позволяя гибко строить алгоритм, используя этот компактный и многофункциональный оператор.
- **Условные операторы while и do-while** по эффективности эквиваленты оператору **for**, удобны при описании условных алгоритмов.
- **Оператор for** необходим при работе с элементами массивов, при вычислении сумм конечных рядов, при любых алгоритмах, где используется счётчик при заранее известном количестве итераций.
- **При алгоритмизации задач с бесконечными рядами** можно использовать любые типы циклов, однако **while** и **do-while** многими полагаются как более наглядные.
- **Рекуррентные формулы** при вычислении сумм длинных рядов не только позволяют избегать операций прерывания, но и существенно экономят процессорное время.
- **Для оценки времени** удобно пользоваться функций **clock.**
- **Формула для формирования числа в заданном диапазоне значений**

```
tf[i] = rand( ) % (r_max - r_min+1)  +  r_min;
```

Контрольные задания. Ответы обосновать.

1. Сколько итераций сделает данный цикл? :

for(int k = 9, s = -3; k > s; k /= 1.5; s *= -1,5);

Можно ли узнать значение **s** после завершения цикла?

2. Чему будет равно значение **c** после выполнения операторов:

c=044; while(~(0x7|0xc)^c) c << 2; cout << c << endl;

3. Проанализируйте фрагмент программы и напишите, что будет выведено на консоль:

int k=0,z=0xCAF; for(int m=5,k=2;m>2; m--)

{z << k; k++; cout << z << '\t' << k << endl;} cout << k;

4. Какой результат выведет этот оператор?

cout << sizeof(2.*35/7e0) << endl;

5. В каком диапазоне значений будет сформировано число по оператору **x+=rand()%5 - 2; ?**