

Программирование на языке Паскаль

1. [Введение](#)
2. [Ветвления](#)
3. [Сложные условия](#)
4. [Циклы](#)
5. [Циклы с условием](#)
6. [Оператор выбора](#)
7. [Графика](#)
8. [Графики функций](#)
9. [Процедуры](#)
10. [Рекурсия](#)
11. [Анимация](#)
12. [Случайные числа](#)
13. [Функции](#)

Программирование на языке Паскаль

Тема 1. Введение

Алгоритм

Алгоритм – это четко определенный план действий для исполнителя.

Свойства алгоритма

- **дискретность**: состоит из отдельных шагов (команд)
- **понятность**: должен включать только команды, известные исполнителю (входящие в СКИ)
- **определенность**: при одинаковых исходных данных всегда выдает один и тот же результат
- **конечность**: заканчивается за конечное число шагов
- **массовость**: может применяться многократно при различных исходных данных
- **корректность**: дает верное решение при любых допустимых исходных данных

Программа

Программа – это

- алгоритм, записанный на каком-либо языке программирования
- набор команд для компьютера

Команда – это описание действий, которые должен выполнить компьютер.

- откуда взять исходные данные?
- что нужно с ними сделать?

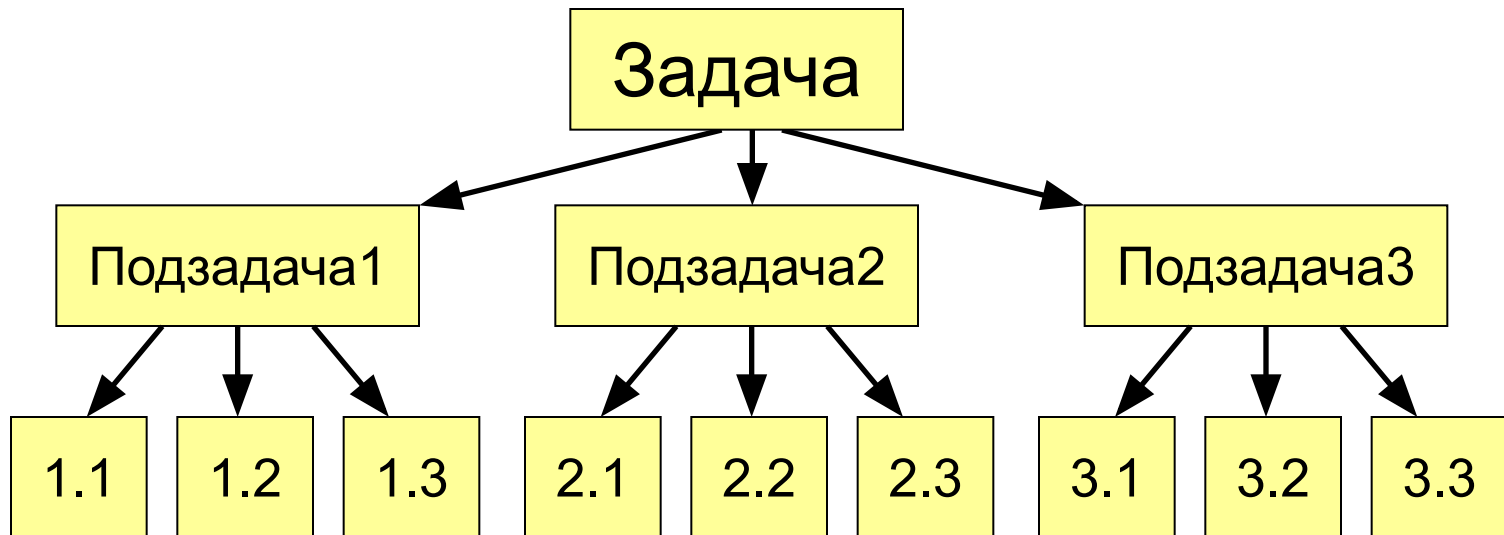
Языки программирования

- **Машинно-ориентированные (низкого уровня)** - каждая команда соответствует одной команде процессора (ассемблер)
- **Языки высокого уровня** – приближены к естественному (английскому) языку, легче воспринимаются человеком, **не зависят от конкретного компьютера**
 - *для обучения*: Бейсик, ЛОГО, Паскаль
 - *профессиональные*: Си, Фортран, Паскаль
 - *для задач искусственного интеллекта*: Пролог, ЛИСП
 - *для Интернета*: JavaScript, Java, Perl, PHP, ASP

Язык Паскаль

1970 – Никлаус Вирт (Швейцария)

- язык для обучения студентов
- разработка программ «сверху вниз»



- разнообразные структуры данных (массивы, структуры, множества)

Из чего состоит программа?

```
program <имя программы>;  
const ...; {константы}  
var ...; {переменные}  
  
{ процедуры и функции }  
begin  
    ... {основная программа}  
end.
```

комментарии в фигурных скобках
не обрабатываются

Из чего состоит программа?

Константа – постоянная величина, имеющая ИМЯ.

Переменная – изменяющаяся величина, имеющая имя (ячейка памяти).

Процедура – вспомогательный алгоритм, описывающий некоторые действия (рисование окружности).

Функция – вспомогательный алгоритм для выполнения вычислений (вычисление квадратного корня, **sin**).

Имена программы, констант, переменных

Имена могут включать

- латинские буквы (A-Z)

заглавные и строчные буквы не различаются

- цифры

имя не может начинаться с цифры

- знак подчеркивания _

Имена **НЕ** могут включать

- русские буквы
- пробелы
- скобки, знаки +, =, !, ? и др.

Какие имена правильные??

Axby R&B 4Wheel Вася "PesBarbos"

TU154 [QuQu] _ABBA A+B

Константы

`const`

`i2 = 45; { целое число }`

`pi = 3.14; { вещественное число }`

целая и дробная часть отделяются точкой

`qq = 'Вася'; { строка символов }`

можно использовать русские буквы!

`L = True; { логическая величина }`

может принимать два значения:

- True (истина, «да»)
- False (ложь, «нет»)

Переменные

Переменная – это величина, имеющая имя, тип и значение. Значение переменной можно изменять во время работы программы.

Типы переменных:

- integer { целая }
- real { вещественная }
- char { один символ }
- string { символьная строка }
- boolean { логическая }

Объявление переменных (выделение памяти):

```
var a, b: integer;  
    Q: real;  
    s1, s2: string;
```

Как изменить значение переменной?

Оператор – это команда языка программирования высокого уровня.

Оператор присваивания служит для изменения значения переменной.

Пример:

```

program qq;
var a, b: integer;
begin
  a := 5;
  b := a + 2;
  a := (a + 2) * (b - 3);
end.

```

5
+
2
7
*
4

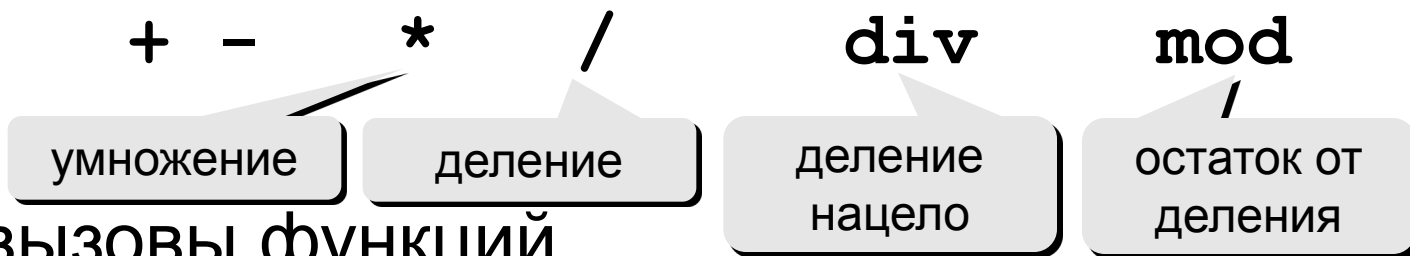
Оператор присваивания

Общая структура:

<имя переменной> := <выражение>;

Арифметическое выражение может включать

- КОНСТАНТЫ
- имена переменных
- знаки арифметических операций:



- ВЫЗОВЫ функций
- круглые скобки ()

Какие операторы неправильные?

```
program qq;  
var a, b: integer;  
    x, y: real;  
begin  
    a := 5;  
    10 := x;  
    y := 7,8;  
    b := 2.5;  
    x := 2*(a + y);  
    a := b + x;  
end.
```

имя переменной должно
быть слева от знака :=

целая и дробная часть
отделяются **точкой**

нельзя записывать
вещественное значение в
целую переменную

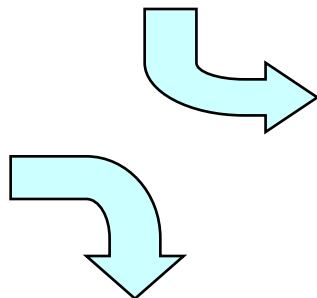
Порядок выполнения операций

- вычисление выражений в скобках
- умножение, деление, **div**, **mod** слева направо
- сложение и вычитание слева направо

2 3 5 4 1 7 8 6

```
z := (5*a*c+3*(c-d)) / a*(b-c) / b;
```

$$x = \frac{a^2 + 5c^2 - d(a+b)}{(c+d)(d-2a)}$$



$$z = \frac{5ac + 3(c-d)}{ab} (b-c)$$

2 6 3 4 7 5 1 12 8 11 10

```
x := (a*a+5*c*c-d*(a+b)) / ((c+d)*(d-2*a));
```


Сложение двух чисел

Задача. Ввести два целых числа и вывести на экран их сумму.

Простейшее решение:

```
program qq;  
var a, b, c: integer;  
begin  
    read ( a, b );  
    c := a + b;  
    writeln ( c );  
end.
```

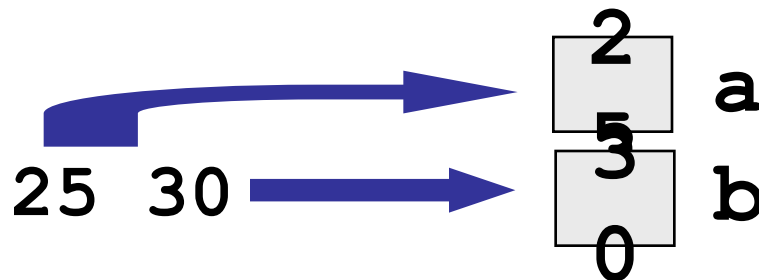
Оператор ввода

```
read ( a );      { ввод значения  
                  переменной a }
```

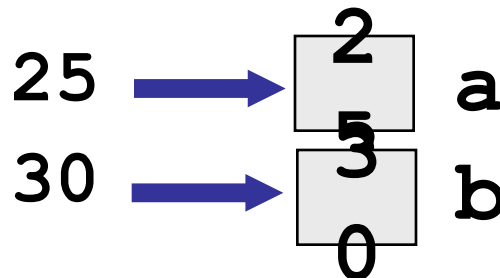
```
read ( a , b ); { ввод значений  
                  переменных a и b }
```

Как вводить два числа?

через пробел:



через *Enter*:



Оператор вывода

```
write ( a );      { вывод значения  
                  переменной a }
```

```
writeln ( a );   { вывод значения  
                  переменной a и переход  
                  на новую строку }
```

```
writeln ( 'Привет!' ); { вывод текста }
```

```
writeln ( 'Ответ: ', c ); { вывод  
                          текста и значения переменной c }
```

```
writeln ( a, '+', b, '=', c );
```

Форматы вывода

```

program qq;
var i: integer;
    x: real;
begin
  i := 15;
  writeln ( '>', i, ' <' );
  writeln ( '>', i:5, '<' );
  x := 12.345678;
  writeln ( '>', x, '<' );
  writeln ( '>', x:10, '<' );
  writeln ( '>', x:7:2, '<' );
end.

```

ВСЕГО
СИМВОЛОВ

```

>15<
>  15<
>1.234568E+001<
> 1.23E+001<
> 12.35<

```

ВСЕГО
СИМВОЛОВ

в дробной
части

Полное решение

```
program qq;  
var a, b, c: integer;  
begin  
  writeln('Введите два целых числа');  
  read ( a, b );  
  c := a + b;  
  writeln ( a, '+', b, '=', c );  
end.
```

Протокол:

это выводит компьютер

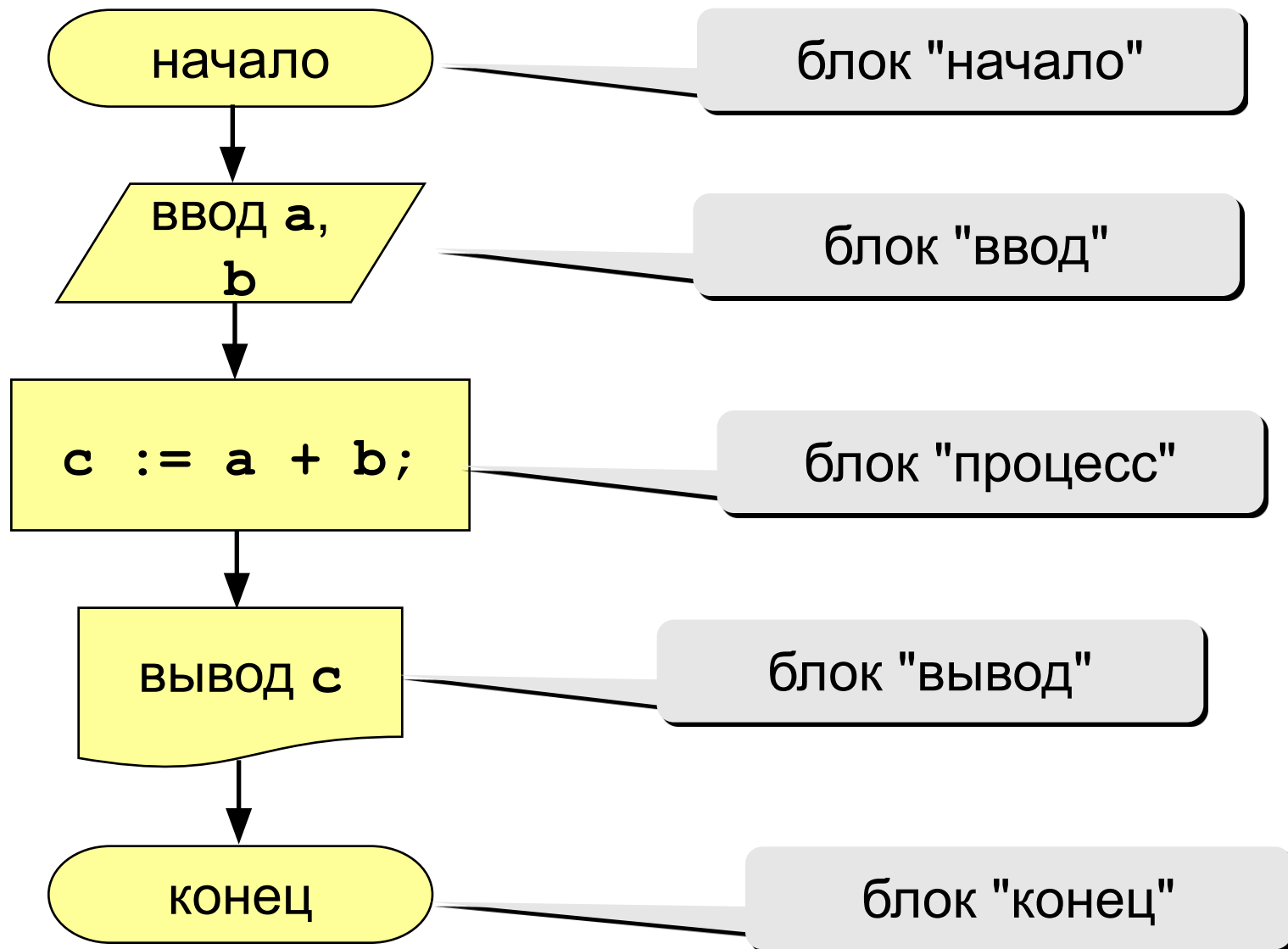
Введите два целых числа

25 30

это вводит пользователь

25+30=55

Блок-схема линейного алгоритма



Задания

"4": Ввести три числа, найти их сумму и произведение.

Пример:

Введите три числа:

4 5 7

$$4+5+7=16$$

$$4*5*7=140$$

"5": Ввести три числа, найти их сумму, произведение и среднее арифметическое.

Пример:

Введите три числа:

4 5 7

$$4+5+7=16$$

$$4*5*7=140$$

$$(4+5+7) / 3 = 5.33$$

Программирование на языке Паскаль

Тема 2. Ветвления

Разветвляющиеся алгоритмы

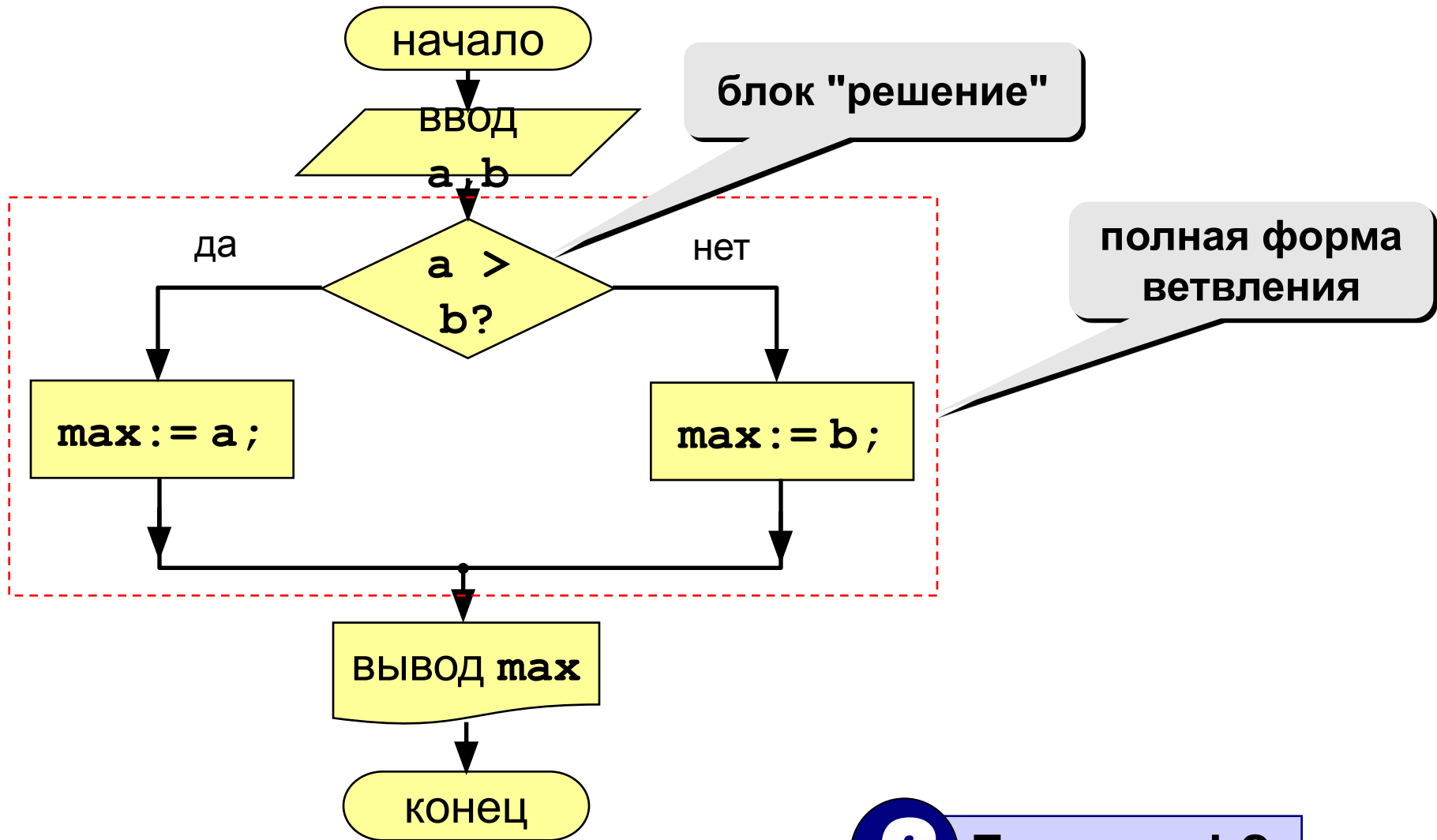
Задача. Ввести два целых числа и вывести на экран наибольшее из них.

Идея решения: надо вывести на экран первое число, если оно больше второго, или второе, если оно больше первого.

Особенность: действия исполнителя зависят от некоторых условий (*если ... иначе ...*).

Алгоритмы, в которых последовательность шагов зависит от выполнения некоторых условий, называются **разветвляющимися.**

Вариант 1. Блок-схема



Вариант 1. Программа

```
program qq;  
var a, b, max: integer;  
begin  
  writeln('Введите два целых числа');  
  read ( a, b );  
  if a > b then begin  
    max := a;  
  end  
  else begin  
    max := b;  
  end;  
  writeln ('Наибольшее число ', max);  
end.
```

полная форма
условного
оператора

Условный оператор

```
if <условие> then begin
    {что делать, если условие верно}
end
else begin
    {что делать, если условие неверно}
end;
```

Особенности:

- перед ***else*** **НЕ** ставится точка с запятой
- вторая часть (***else*** ...) может отсутствовать (неполная форма)
- если в блоке один оператор, можно убрать слова ***begin*** и ***end***

Что неправильно?

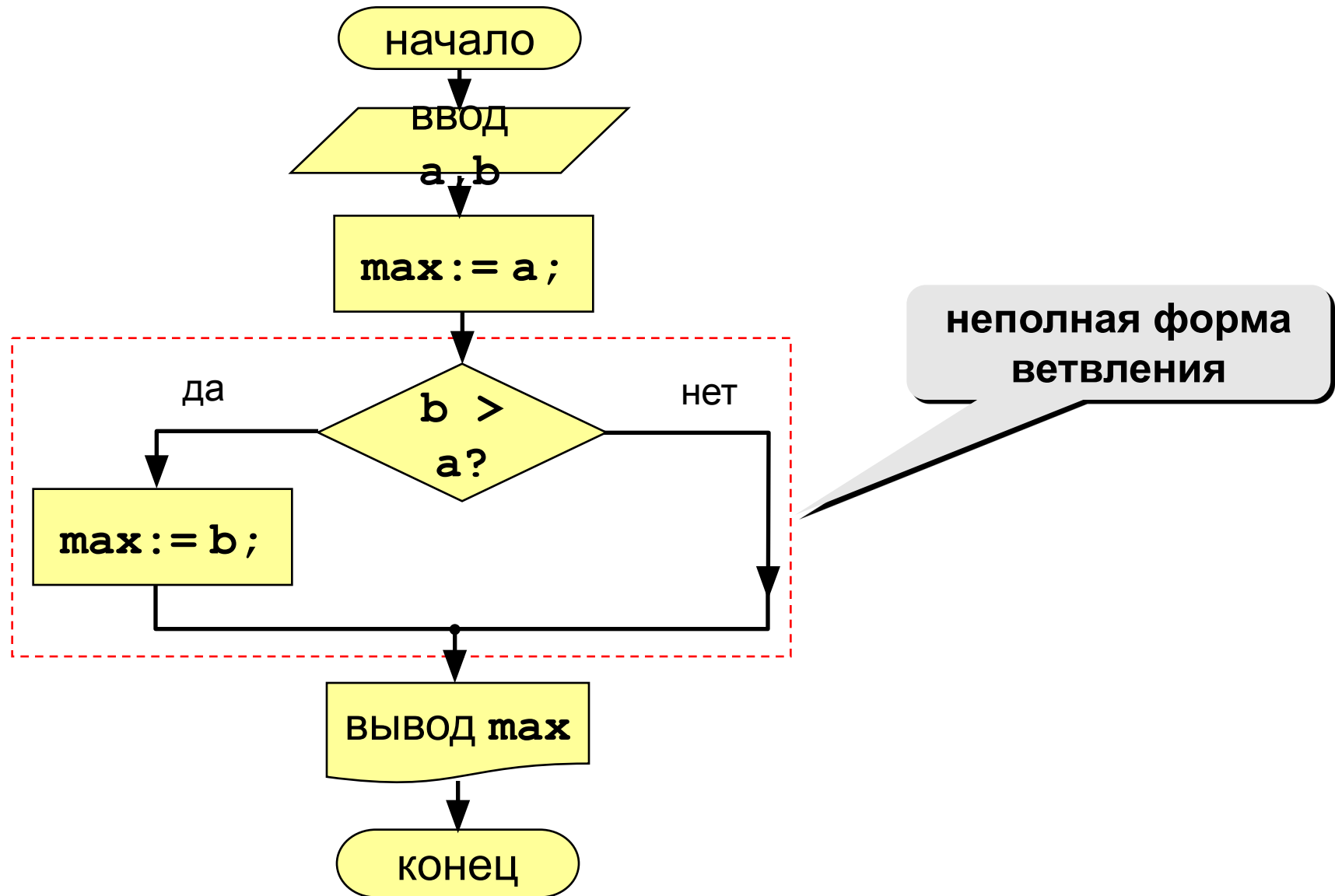
```
if a > b then begin
  a := b;
end
else begin
  b := a;
end;
```

```
if a > b then begin
  a := b; end
else begin
  b := a;
end;
```

```
if a > b then begin
  a := b;
end
else begin
  b := a;
end;
```

```
if a > b then begin
  a := b;
end
else begin
  b := a;
end;
```

Вариант 2. Блок-схема



Вариант 2. Программа

```
program qq;  
var a, b, max: integer;  
begin  
  writeln('Введите два целых числа');  
  read ( a, b );  
  max := a;  
  if b > a then  
    max := b;  
  writeln ('Наибольшее число ', max);  
end.
```

неполная форма
условного
оператора

Вариант 2Б. Программа

```
program qq;  
var a, b, max: integer;  
begin  
  writeln('Введите два целых числа');  
  read ( a, b );  
  max := b;  
  if a > b then  
    max := a;  
  writeln ('Наибольшее число ', max);  
end.
```


Что неправильно?

```
if a > b then  
    a := b  
else b := a;
```

```
if a > b then begin  
    a := b;  
end  
else b := a;
```

```
if a > b then  
    a := b  
else b := a;
```

```
if b >= a then  
    b := a;
```

Задания

"4": Ввести три числа и найти наибольшее из них.

Пример:

Введите три числа:

4 15 9

Наибольшее число 15

"5": Ввести пять чисел и найти наибольшее из них.

Пример:

Введите пять чисел:

4 15 9 56 4

Наибольшее число 56

Программирование на языке Паскаль

Тема 3. Сложные условия

Сложные условия

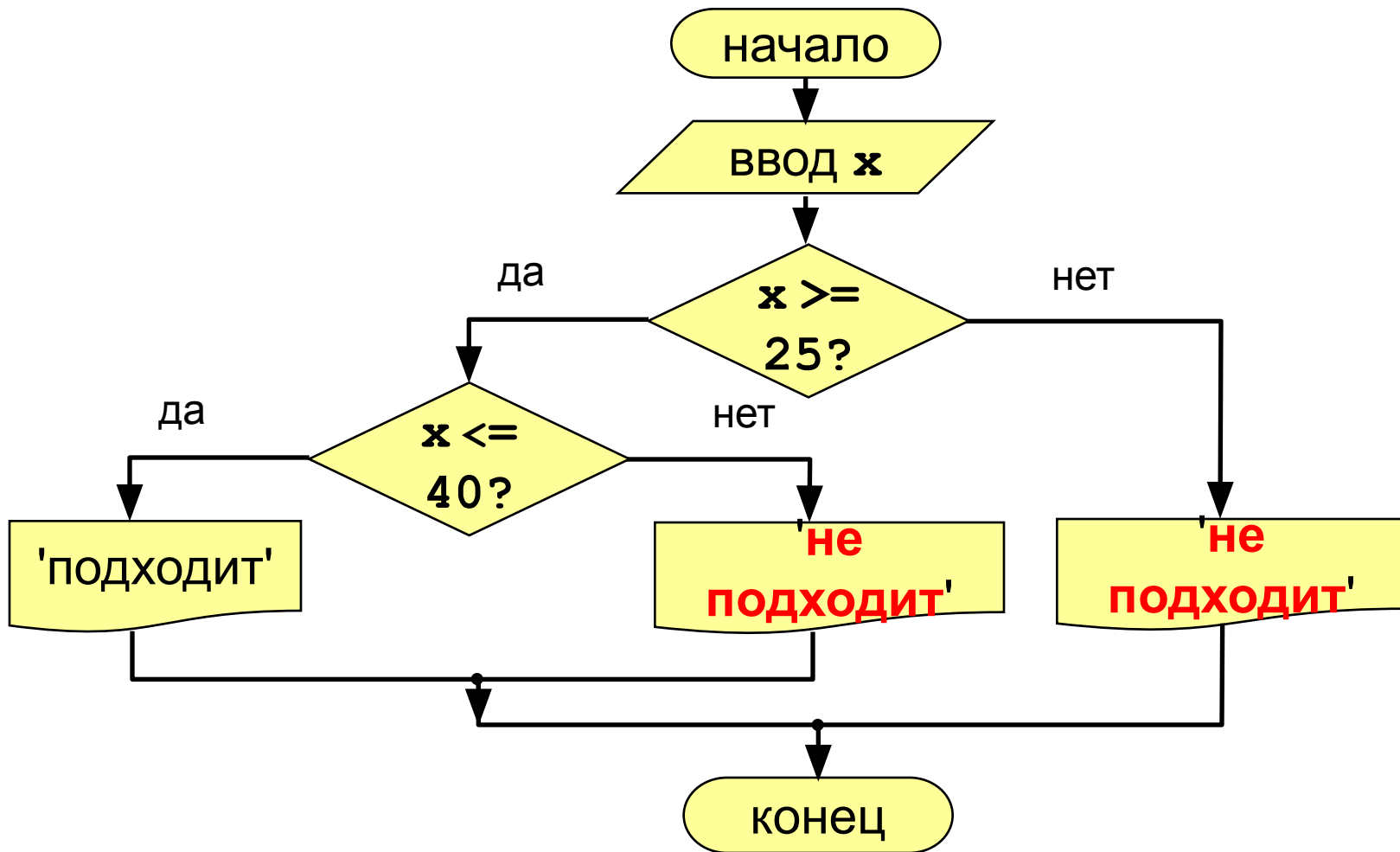
Задача. Фирма набирает сотрудников от 25 до 40 лет включительно. Ввести возраст человека и определить, подходит ли он фирме (вывести ответ "подходит" или "не подходит").

Особенность: надо проверить, выполняются ли два условия одновременно.



Можно ли решить известными методами?

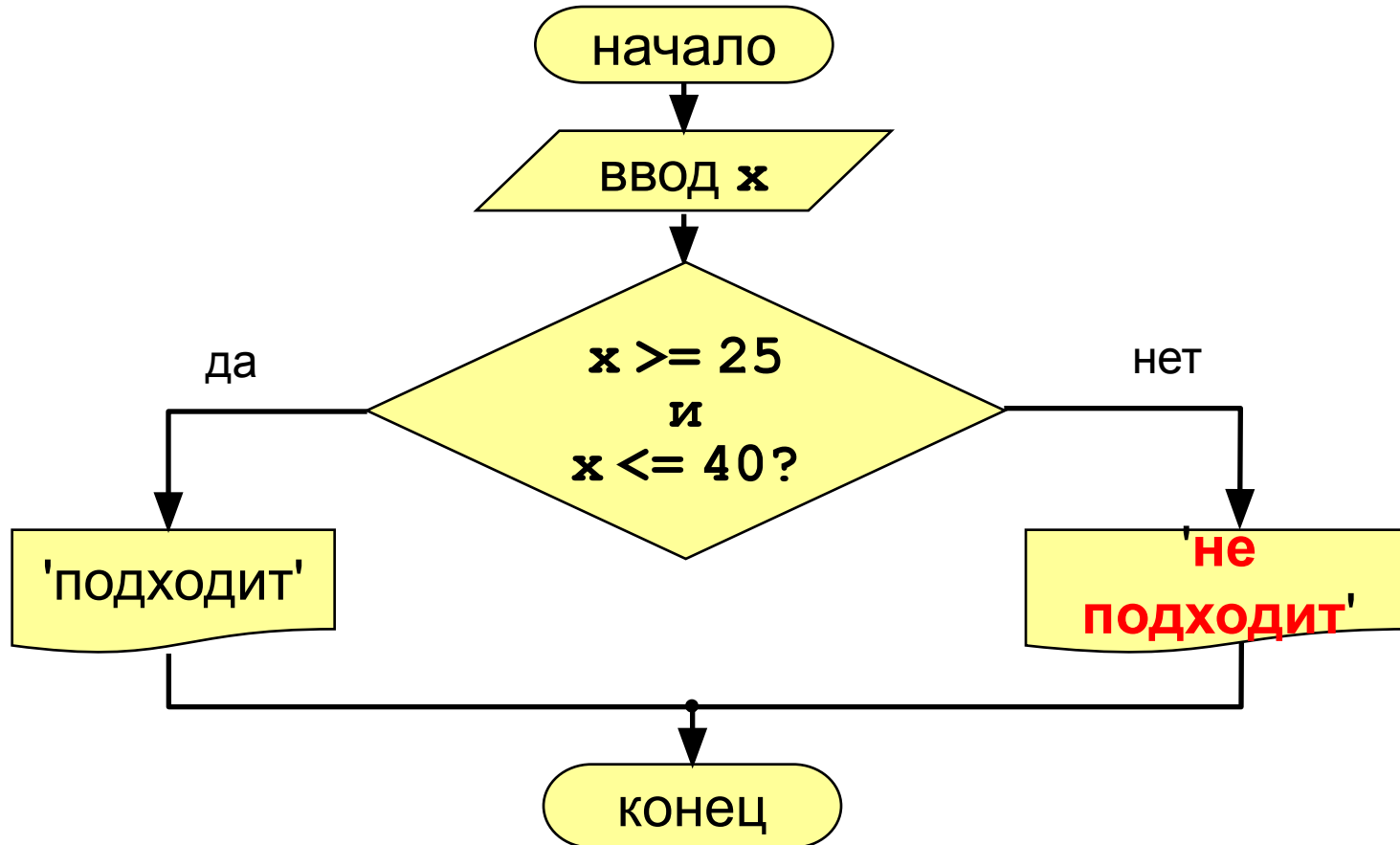
Вариант 1. Алгоритм



Вариант 1. Программа

```
program qq;  
var x: integer;  
begin  
  writeln('Введите возраст');  
  read ( x );  
  if x >= 25 then  
    if x <= 40 then  
      writeln ('Подходит')  
    else writeln ('Не подходит')  
  else  
    writeln ('Не подходит');  
end.
```

Вариант 2. Алгоритм



Вариант 2. Программа

```
program qq;  
var x: integer;  
begin  
  writeln('Введите возраст');  
  read ( x );  
  if (x >= 25) and (x <= 40) then  
    writeln ('Подходит')  
  else writeln ('Не подходит')  
end.
```

сложное
условие

Сложные условия

Сложное условие – это условие, состоящее из нескольких простых условий (отношений), связанных с помощью **логических операций**:

- **not** – НЕ (отрицание, инверсия)
- **and** – И (логическое умножение, конъюнкция, одновременное выполнение условий)
- **or** – ИЛИ (логическое сложение, дизъюнкция, выполнение хотя бы одного из условий)
- **xor** – исключающее ИЛИ (выполнение только одного из двух условий, но не обоих)

Простые условия (отношения)

< <= > >=

равно

=

не равно

<>

Сложные условия

Порядок выполнения

- выражения в скобках
- not
- and
- or, xor
- <, <=, >, >=, =, <>

Особенность – каждое из простых условий обязательно заключать в скобки.

Пример

```
      4      1      6      2      5  
if not (a > b) or (c <> d) and (b <> a)  
then begin  
    ...  
end
```

Сложные условия

Истинно или ложно при $a := 2; b := 3; c := 4;$

`not (a > b)`

True

`(a < b) and (b < c)`

True

`not (a >= b) or (c = d)`

True

`(a < c) or (b < c) and (b < a)`

True

`(a < b) xor not (b > c)`

FALSE

Для каких значений x истинны условия:

`(x < 6) and (x < 10)`

`(x < 6) and (x > 10)`

`(x > 6) and (x < 10)`

`(x > 6) and (x > 10)`

`(x < 6) or (x < 10)`

`(x < 6) or (x > 10)`

`(x > 6) or (x < 10)`

`(x > 6) or (x > 10)`

$(-\infty, 6)$	$x < 6$
\emptyset	
$(6, 10)$	
$(10, \infty)$	$x > 10$
$(-\infty, 10)$	$x < 10$
$(-\infty, 6) \cup (10, \infty)$	
$(-\infty, \infty)$	
$(6, \infty)$	$x > 6$

Задания

"4": Ввести номер месяца и вывести название времени года.

Пример:

Введите номер месяца:

4

весна

"5": Ввести возраст человека (от 1 до 150 лет) и вывести его вместе с последующим словом "год", "года" или "лет".

Пример:

Введите возраст:

24

Вам 24 года

Введите возраст:

57

Вам 57 лет

Программирование на языке Паскаль

Тема 4. Циклы

Циклы

Цикл – это многократное выполнение одинаковой последовательности действий.

- цикл с **известным** числом шагов
- цикл с **неизвестным** числом шагов (цикл с условием)

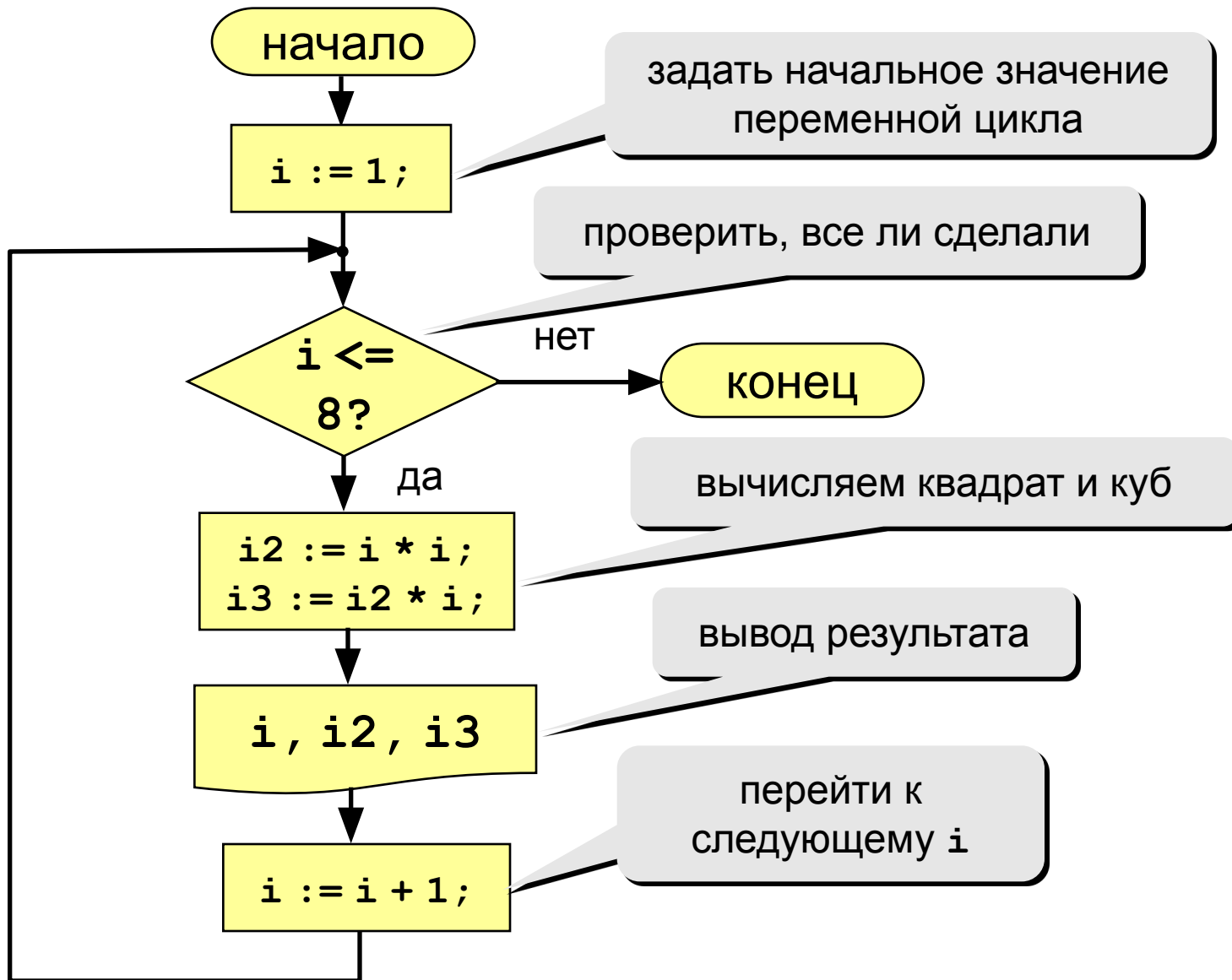
Задача. Вывести на экран квадраты и кубы целых чисел от 1 до 8 (от **a** до **b**).

Особенность: одинаковые действия выполняются 8 раз.

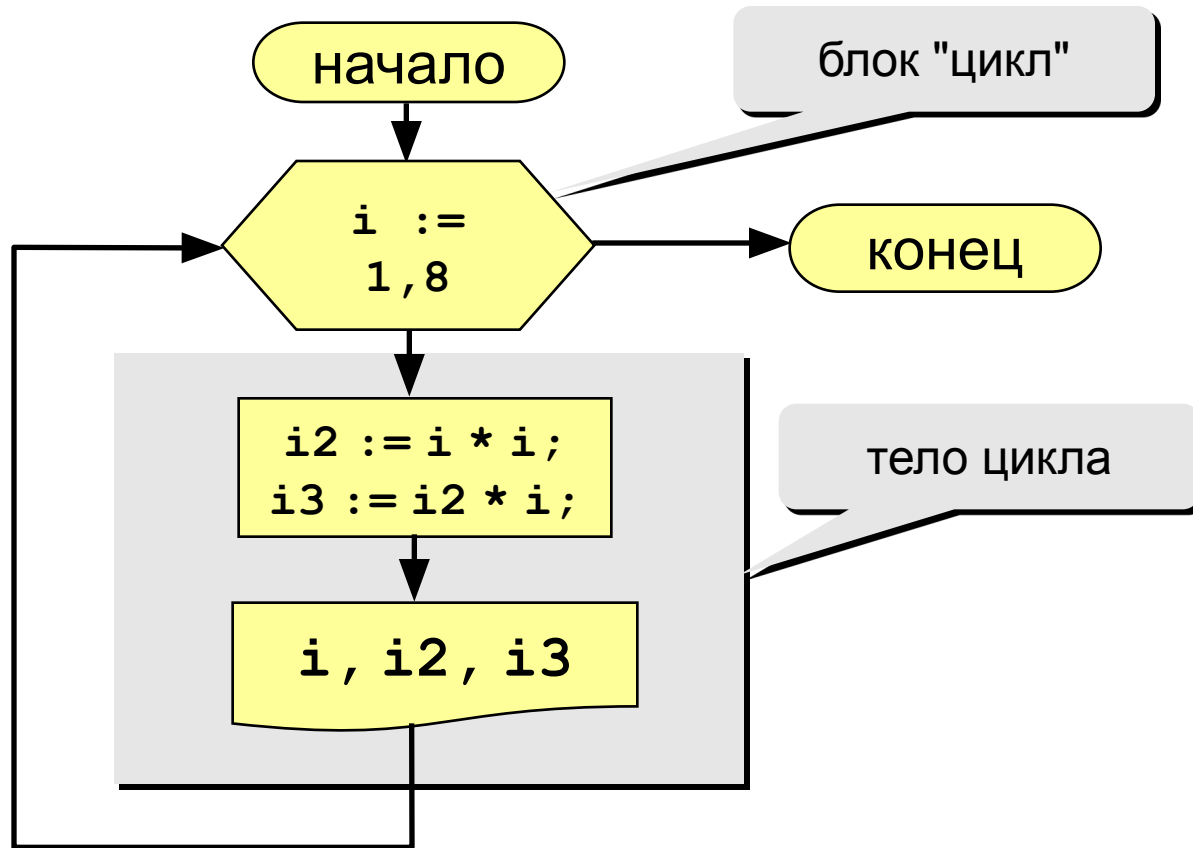


Можно ли решить известными методами?

Алгоритм



Алгоритм (с блоком "цикл")



Программа

```
program qq;  
var i, i2, i3: integer;  
begin  
    for i:=1 to 8 do begin  
        i2 := i*i;  
        i3 := i2*i;  
        writeln(i:4, i2:4, i3:4);  
    end;  
end.
```

переменная цикла

начальное значение

конечное значение

Цикл с уменьшением переменной

Задача. Вывести на экран квадраты и кубы целых чисел от 8 до 1 (в обратном порядке).

Особенность: переменная цикла должна уменьшаться.

Решение:

```
for i:=8 downto 1 do begin
    i2 := i*i;
    i3 := i2*i;
    writeln(i:4, i2:4, i3:4);
end;
```

Цикл с переменной

Увеличение переменной на 1:

```
for <переменная> := <начальное значение> to  
    <конечное значение> do begin  
    {тело цикла}  
end;
```

Уменьшение переменной на 1:

```
for <переменная> := <начальное значение>  
    downto  
    <конечное значение> do begin  
    {тело цикла}  
end;
```

Цикл с переменной

Особенности:

- переменная цикла может быть только целой (**integer**)
- шаг изменения переменной цикла всегда равен 1 (**to**) или -1 (**downto**)
- если в теле цикла только один оператор, слова **begin** и **end** можно не писать:

```
for i:=1 to 8 do  
    writeln( 'Привет' );
```

- если конечное значение меньше начального, цикл (**to**) не выполняется ни разу (проверка условия в начале цикла, цикл с предусловием)

Цикл с переменной

Особенности:

- в теле цикла не разрешается изменять переменную цикла (почему?)
- при изменении начального и конечного значения внутри цикла количество шагов не изменится:

```
n := 8;  
for i:=1 to n do begin  
    writeln('Привет');  
    n := n + 1;  
end;
```

нет
зацикливания

Цикл с переменной

Особенности:

- после выполнения цикла **во многих системах** устанавливается первое значение переменной цикла, при котором нарушено условие:

```
for i:=1 to 8  
  writeln('Привет');  
  writeln('i=', i);
```

i=9

НЕ ДОКУМЕНТИРОВАНО

```
for i:=8 downto 1 do  
  writeln('Привет');  
  writeln('i=', i);
```

i=0

Сколько раз выполняется цикл?

```
a := 1;  
for i:=1 to 3 do a := a+1;
```

a = 4

```
a := 1;  
for i:=3 to 1 do a := a+1;
```

a = 1

```
a := 1;  
for i:=1 downto 3 do a := a+1;
```

a = 1

```
a := 1;  
for i:=3 downto 1 do a := a+1;
```

a = 4

Как изменить шаг?

Задача. Вывести на экран квадраты и кубы нечётных целых чисел от 1 до 9.

Особенность: переменная цикла должна увеличиваться на 2.

Проблема: в Паскале шаг может быть 1 или -1.

Решение:

```
for i:=1 to 9 do begin
  if i mod 2 = 1 then begin
    i2 := i*i;
    i3 := i2*i;
    writeln(i:4, i2:4, i3:4);
  end;
end;
```

выполняется
только для
нечетных *i*



Что плохо?

Как изменить шаг? – II

Идея: Надо вывести всего 5 чисел, переменная **k** изменяется от 1 до 5. Начальное значение **i** равно 1, с каждым шагом цикла **i** увеличивается на 2.

Решение:

```
i := 1;
```

```
for k:=1 to 5 do begin
```

```
  i2 := i*i;
```

```
  i3 := i2*i;
```

```
  writeln(i:4, i2:4, i3:4);
```

```
  i := i + 2;
```

```
end;
```

Как изменить шаг? – III

Идея: Надо вывести всего 5 чисел, переменная **k** изменяется от 1 до 5. **Зная k, надо рассчитать i.**

k	1	2	3	4	5
i	1	3	5	7	9

$$i = 2k - 1$$

Решение:

```
for k:=1 to 5 do begin
  i := 2*k - 1;
  i2 := i*i;
  i3 := i2*i;
  writeln(i:4, i2:4, i3:4);
end;
```

Задания

"4": Ввести a и b и вывести квадраты и кубы чисел от a до b .

Пример:

Введите границы интервала:

4 6

4 16 64

5 25 125

6 36 216

"5": Вывести квадраты и кубы 10 чисел следующей последовательности: 1, 2, 4, 7, 11, 16, ...

Пример:

1 1 1

2 4 8

4 16 64

...

46 2116 97336

Программирование на языке Паскаль

Тема 5. Циклы с условием

Цикл с неизвестным числом шагов

Пример: Отпилить полено от бревна. Сколько раз надо сделать движения пилой?

Задача: Ввести целое число (<2000000) и определить число цифр в нем.

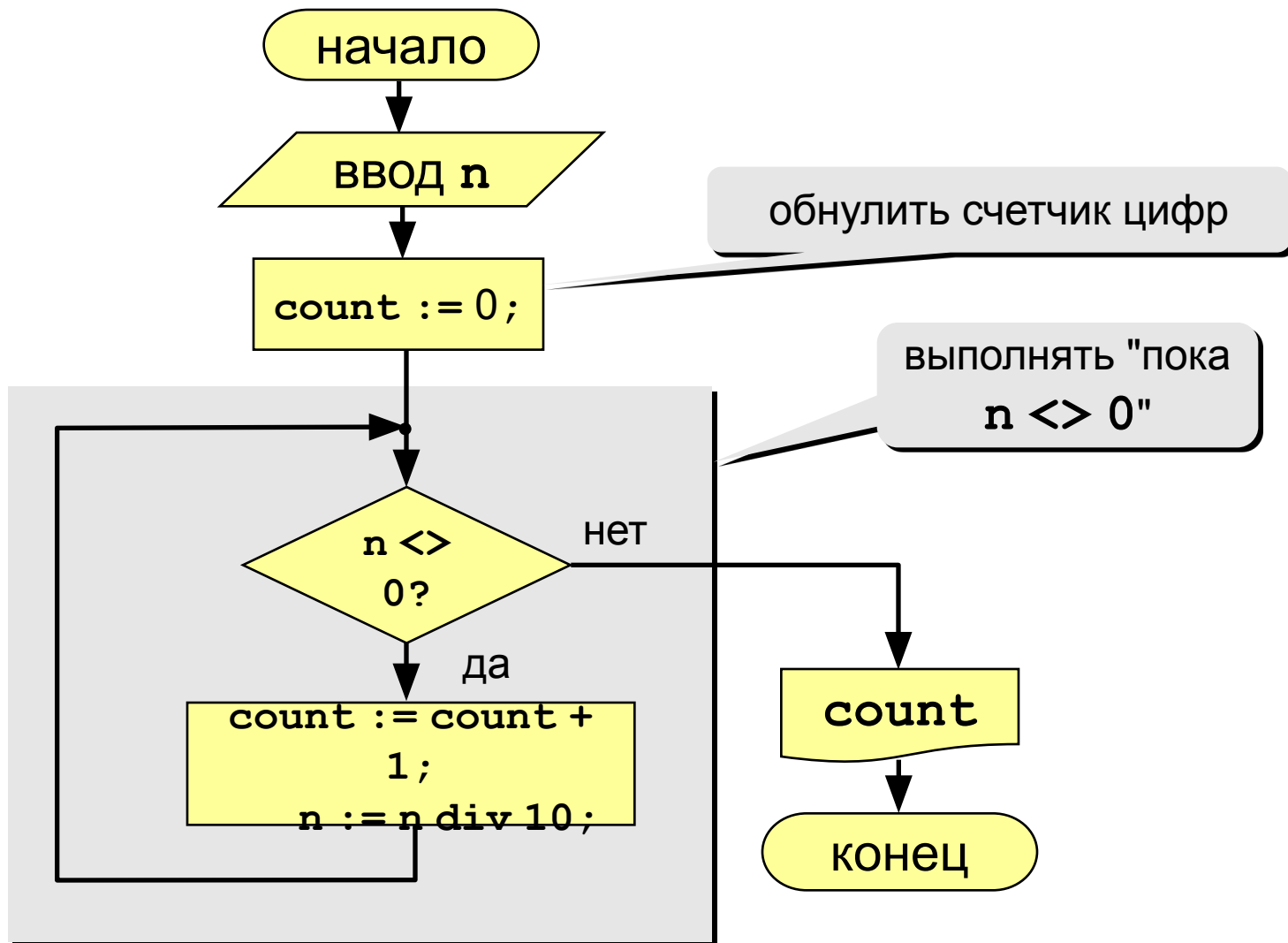
Идея решения: Отсекаем последовательно последнюю цифру, увеличиваем счетчик.

n	count
123	0
12	1
1	2
0	3

Проблема: Неизвестно, сколько шагов надо сделать.

Решение: Надо остановиться, когда $n = 0$, т.е. надо делать "пока $n \neq 0$ ".

Алгоритм



Программа

```
program qq;  
var n, count, n1: integer;  
begin  
  writeln('Введите целое число');  
  read(n); n1 := n;  
  count := 0;  
  
  while n <> 0 do begin  
    count := count + 1;  
    n := n div 10;  
  end;  
  writeln('В числе ', n1, ' нашли ',  
        count, ' цифр');  
end.
```

выполнять "пока
n <> 0"



Что плохо?

Цикл с условием

```
while <условие> do begin
    {тело цикла}
end;
```

Особенности:

- МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ СЛОЖНЫЕ УСЛОВИЯ:

```
while (a<b) and (b<c) do begin
    {тело цикла}
end;
```

- если в теле цикла только один оператор, слова **begin** и **end** можно не писать:

```
while a < b do
    a := a + 1;
```


Цикл с условием

Особенности:

- условие пересчитывается **каждый раз** при входе в цикл
- если условие на входе в цикл ложно, цикл не выполняется ни разу

```
a := 4; b := 6;  
while a > b do  
    a := a - b;
```

- если условие никогда не станет ложным, программа **зацикливается**

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do  
    d := a + b;
```

Сколько раз выполняется цикл?

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do a := a + 1;
```

2 раза
a = 6

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do a := a + b;
```

1 раз
a = 10

```
a := 4; b := 6;  
while a > b do a := a + 1;
```

0 раз
a = 4

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do b := a - b;
```

1 раз
b = -2

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do a := a - 1;
```

зацикливание

Замена for на while и наоборот

```
for i:=1 to 10 do begin
  {тело цикла}
end;
```

```
i := 1;
while i <= 10 do begin
  {тело цикла}
  i := i + 1;
end;
```

```
for i:=a downto b do
  begin
  {тело цикла}
end;
```

```
i := a;
while i >= b do begin
  {тело цикла}
  i := i - 1;
end;
```

Замена цикла **for** на **while** возможна **всегда**.

Замена **while** на **for** возможна только тогда, когда можно заранее **рассчитать число шагов цикла**.

Задания

"4": Ввести целое число и найти сумму его цифр.

Пример:

Введите целое число:

1234

Сумма цифр числа 1234 равна 10.

"5": Ввести целое число и определить, верно ли, что в его записи есть две одинаковые цифры.

Пример:

Введите целое число:

1234

Нет.

Введите целое число:

1224

Да.

Последовательности

Примеры:

• 1, 2, 3, 4, 5, ...

$$a_n = n$$

$$a_1 = 1, a_{n+1} = a_n + 1$$

• 1, 2, 4, 7, 11, 16, ...

$$a_1 = 1, a_{n+1} = a_n + n$$

• 1, 2, 4, 8, 16, 32, ...

$$a_n = 2^{n-1}$$

$$a_1 = 1, a_{n+1} = 2a_n$$

• $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{8}, \frac{1}{4}, \frac{5}{32}, \dots$

$\frac{1}{2}, \frac{2}{4}, \frac{3}{8}, \frac{4}{16}, \frac{5}{32}, \dots$

$$a_n = \frac{b_n}{c_n}$$

$$b_1 = 1, b_{n+1} = b_n + 1$$

$$c_1 = 2, c_{n+1} = 2c_n$$

Последовательности

Задача: найти сумму всех элементов последовательности,

$$1, -\frac{1}{2}, \frac{2}{4}, -\frac{3}{8}, \frac{4}{16}, -\frac{5}{32}, \dots$$

которые по модулю больше 0,001:

$$S = 1 - \frac{1}{2} + \frac{2}{4} - \frac{3}{8} + \frac{4}{16} - \frac{5}{32} + \dots$$

Элемент последовательности (начиная с №2):

$$a = z \frac{b}{c}$$

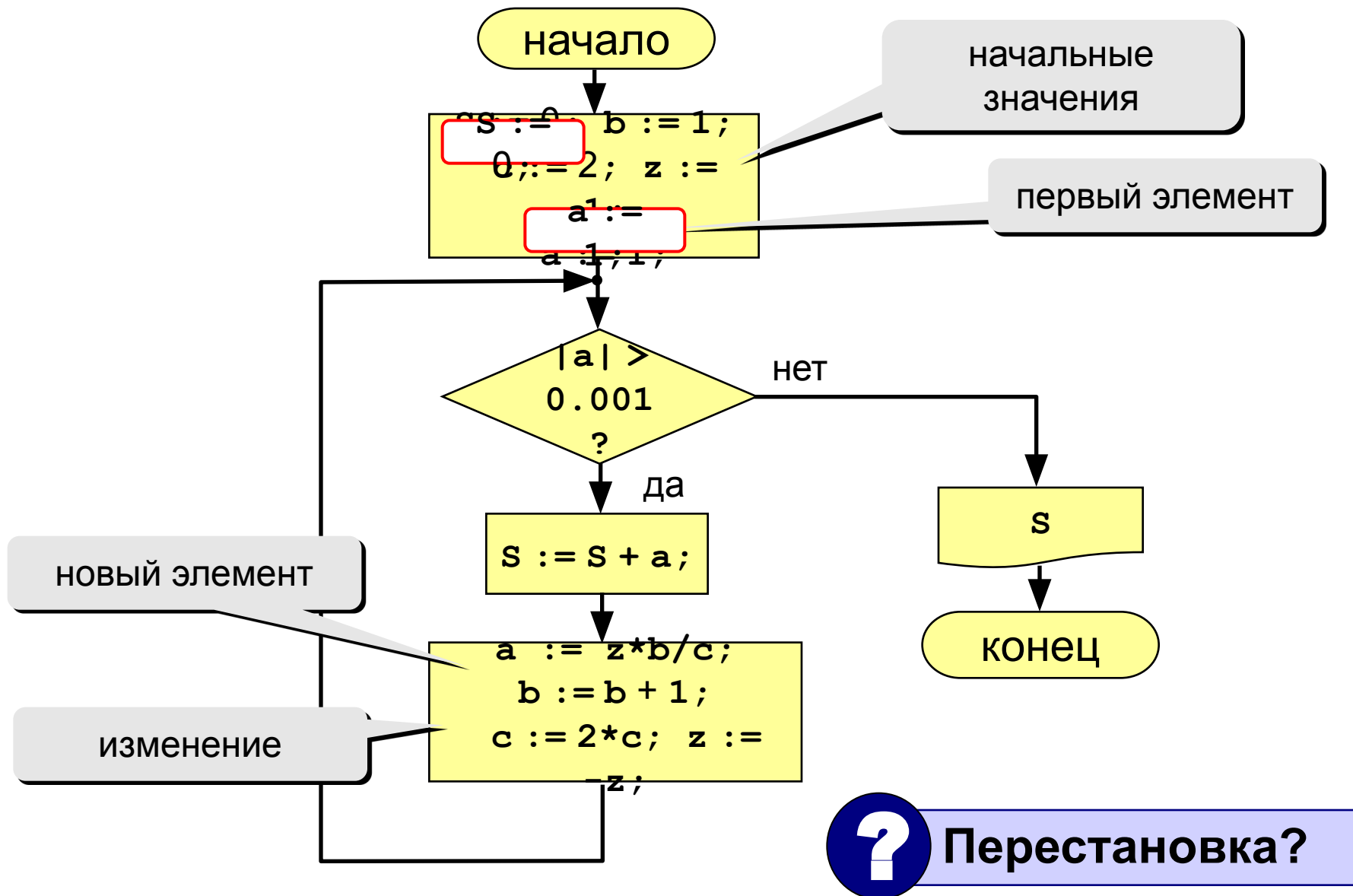
n	1	2	3	4	5	...
b	1	2	3	4	5	...
c	2	4	8	16	32	...
z	-1	1	-1	1	-1	...

b := b+1;

c := 2*c;

z := -z;

Алгоритм



Программа

```
program qq;  
var b, c, z: integer;  
    S, a: real;  
begin  
    S := 0; z := -1;  
    b := 1; c := 2; a := 1;  
    while abs(a) > 0.001 do begin  
        S := S + a;  
        a := z * b / c;  
        z := - z;  
        b := b + 1;  
        c := c * 2;  
    end;  
    writeln('S =', S:10:3);  
end.
```

начальные
значения

увеличение
суммы

расчет элемента
последовательности

переход к
следующему
слагаемому

Задания

"4": Найти сумму элементов последовательности с точностью 0,001:

$$S = 1 + \frac{2}{3 \cdot 3} - \frac{4}{5 \cdot 9} + \frac{6}{7 \cdot 27} - \frac{8}{9 \cdot 81} + \dots$$

Ответ:

$$S = 1.157$$

"5": Найти сумму элементов последовательности с точностью 0,001:

$$S = 1 + \frac{2}{2 \cdot 3} - \frac{4}{3 \cdot 9} + \frac{6}{5 \cdot 27} - \frac{8}{8 \cdot 81} + \frac{10}{13 \cdot 243} - \dots$$

Ответ:

$$S = 1.220$$

Цикл с постусловием

Задача: Ввести целое **положительное** число (<2000000) и определить число цифр в нем.

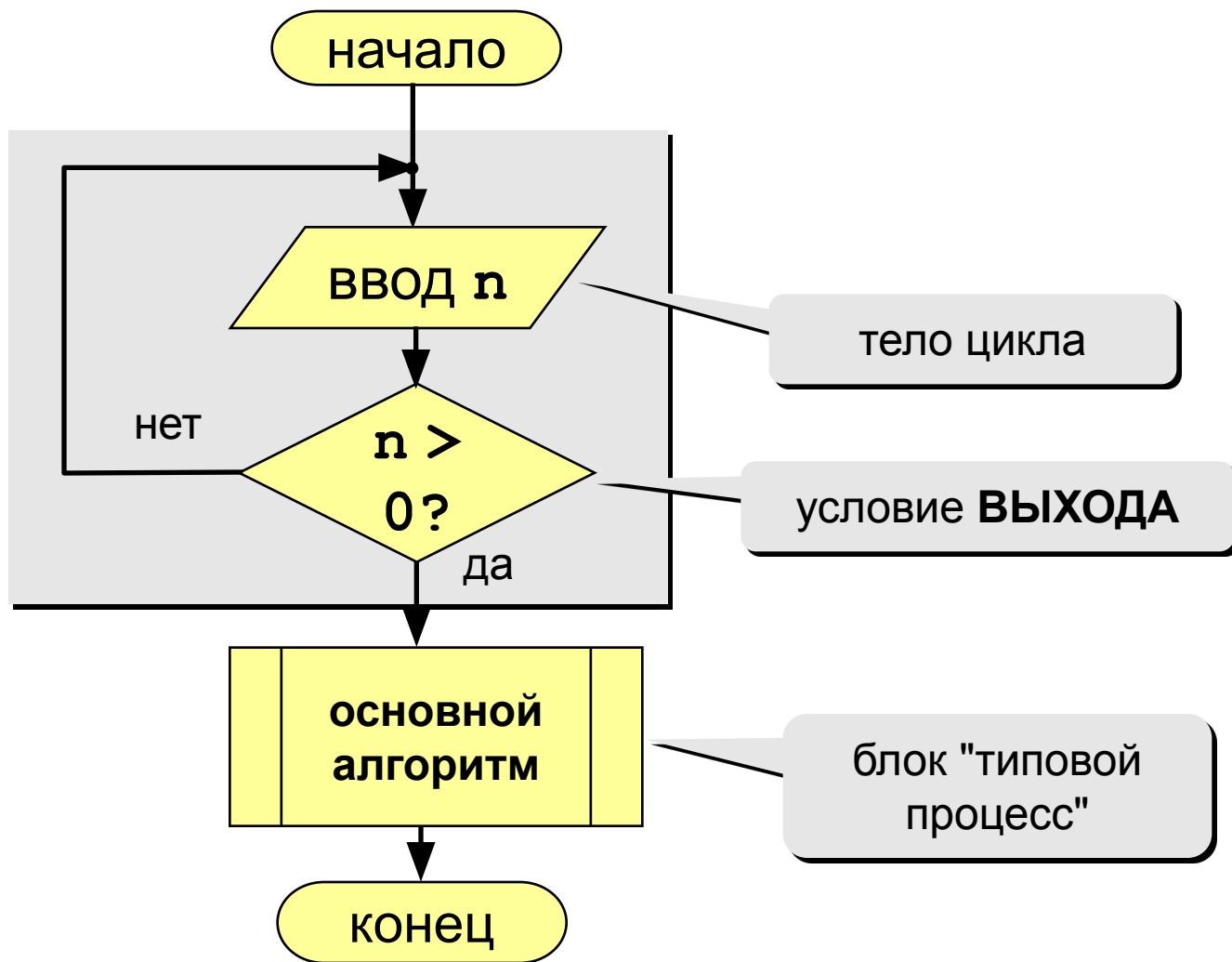
Проблема: Как не дать ввести отрицательное число или ноль?

Решение: Если вводится неверное число, вернуться назад к вводу данных (цикл!).

Особенность: Один раз тело цикла надо сделать в любом случае => проверку условия цикла надо делать в конце цикла (цикл с **постусловием**).

Цикл с постусловием – это цикл, в котором проверка условия выполняется в конце цикла.

Цикл с постусловием: алгоритм



Программа

```
program qq;  
var n: integer;  
begin  
  repeat  
    writeln('Введите положительное число');  
    read(n);  
    until n > 0;  
    ... { основной алгоритм }  
end.
```

условие ВЫХОДА

Особенности:

- тело цикла всегда выполняется хотя бы один раз
- после слова **until** ("до тех пор, пока не...") ставится условие **ВЫХОДА** из цикла

Сколько раз выполняется цикл?

```
a := 4; b := 6;  
repeat a := a + 1; until a > b;
```

3 раза
a = 7

```
a := 4; b := 6;  
repeat a := a + b; until a > b;
```

1 раз
a = 10

```
a := 4; b := 6;  
repeat a := a + b; until a < b;
```

зацикливание

```
a := 4; b := 6;  
repeat b := a - b; until a < b;
```

2 раза
b = 6

```
a := 4; b := 6;  
repeat a := a + 2; until a < b;
```

зацикливание

Задания (с защитой от неверного ввода)

"4": Ввести натуральное число и определить, верно ли, что сумма его цифр равна 10.

Пример:

Введите число ≥ 0 :

-234

Нужно положительное число.

Введите число ≥ 0 :

1234

Да

Введите число ≥ 0 :

1233

Нет

"5": Ввести натуральное число и определить, какие цифры встречаются несколько раз.

Пример:

Введите число ≥ 0 :

2323

Повторяются: 2, 3

Введите число ≥ 0 :

1234

Нет повторов.

Программирование на языке Паскаль

Тема 6. Оператор выбора

Оператор выбора

Задача: Ввести номер месяца и вывести количество дней в этом месяце.

Решение: Число дней по месяцам:

28 дней – 2 (февраль)

30 дней – 4 (апрель), 6 (июнь), 9 (сентябрь), 11 (ноябрь)

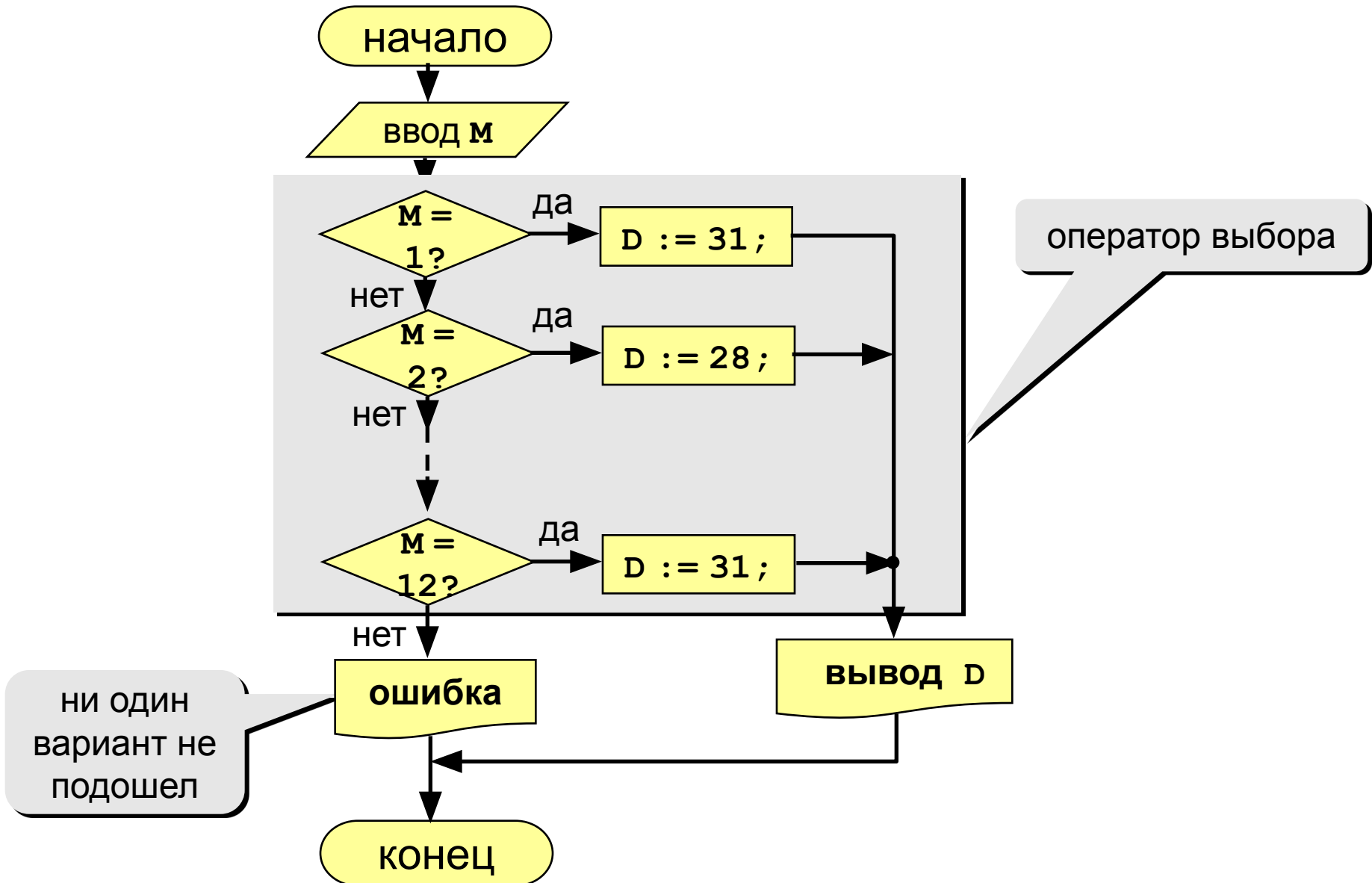
31 день – 1 (январь), 3 (март), 5 (май), 7 (июль),
8 (август), 10 (октябрь), 12 (декабрь)

Особенность: Выбор не из двух, а из нескольких вариантов в зависимости от номера месяца.



Можно ли решить известными методами?

Алгоритм



Программа

```
program qq;
var M, D: integer;
begin
  writeln('Введите номер месяца: ');
  read ( M );

  case M of
    2:          begin D := 28; end;
    4,6,9,11:  begin D := 30; end;
    1,3,5,7,8,10,12: D := 31;
    else          D := -1;
  end;

  if D > 0 then
    writeln('В этом месяце ', D, ' дней.')
  else
    writeln('Неверный номер месяца');
end.
```

ни один вариант не подошел

Оператор выбора

Особенности:

- после **case** может быть имя переменной или арифметическое выражение целого типа (**integer**)

```
case i+3 of
  1: begin a := b; end;
  2: begin a := c; end;
end;
```

или СИМВОЛЬНОГО ТИПА (**char**)

```
var c: char;
...
case c of
  'a': writeln('Антилопа');
  'б': writeln('Барсук');
  else writeln('Не знаю');
end;
```

Оператор выбора

Особенности:

- если нужно выполнить только один оператор, слова **begin** и **end** можно не писать

```
case i+3 of
  1: a := b;
  2: a := c;
end;
```

- нельзя ставить два одинаковых значения

```
case i+3 of
  1: a := b;
  1: a := c;
end;
```

Оператор выбора

Особенности:

- значения, при которых выполняются одинаковые действия, можно группировать

перечисление

диапазон

смесь

```
case i of
  1:           a := b;
  2, 4, 6:    a := c;
  10..15:     a := d;
  20, 21, 25..30: a := e;
  else writeln('Ошибка');
end;
```

Что неправильно?

```
case a of
  2: begin a := b;
  4: a := c;
end;
```

```
case a of
  2: a := b ;
  4: a := c
end;
```

```
case a of
  2..5: a := b;
  4: a := c;
end;
```

```
case a of
  0..2: a := b;
  3..6: a := c;
end;
```

```
case a+c/2 of
  2: a := b;
  4: a := c;
end;
```

```
begin
case a of
  2: a := b; d := 0; end;
  4: a := c;
end;
```

Задания (с защитой от неверного ввода)

"4": Ввести номер месяца и вывести количество дней в нем, а также число ошибок при вводе.

Пример:

Введите номер месяца:

-2

Введите номер месяца:

11

В этом месяце 30 дней.

Вы вводили неверно 1 раз.

Введите номер месяца:

2

В этом месяце 28 дней.

Вы вводили неверно 0 раз.

"5": Ввести номер месяца и номер дня, вывести число дней, оставшихся до Нового года.

Пример:

Введите номер месяца:

12

Введите день:

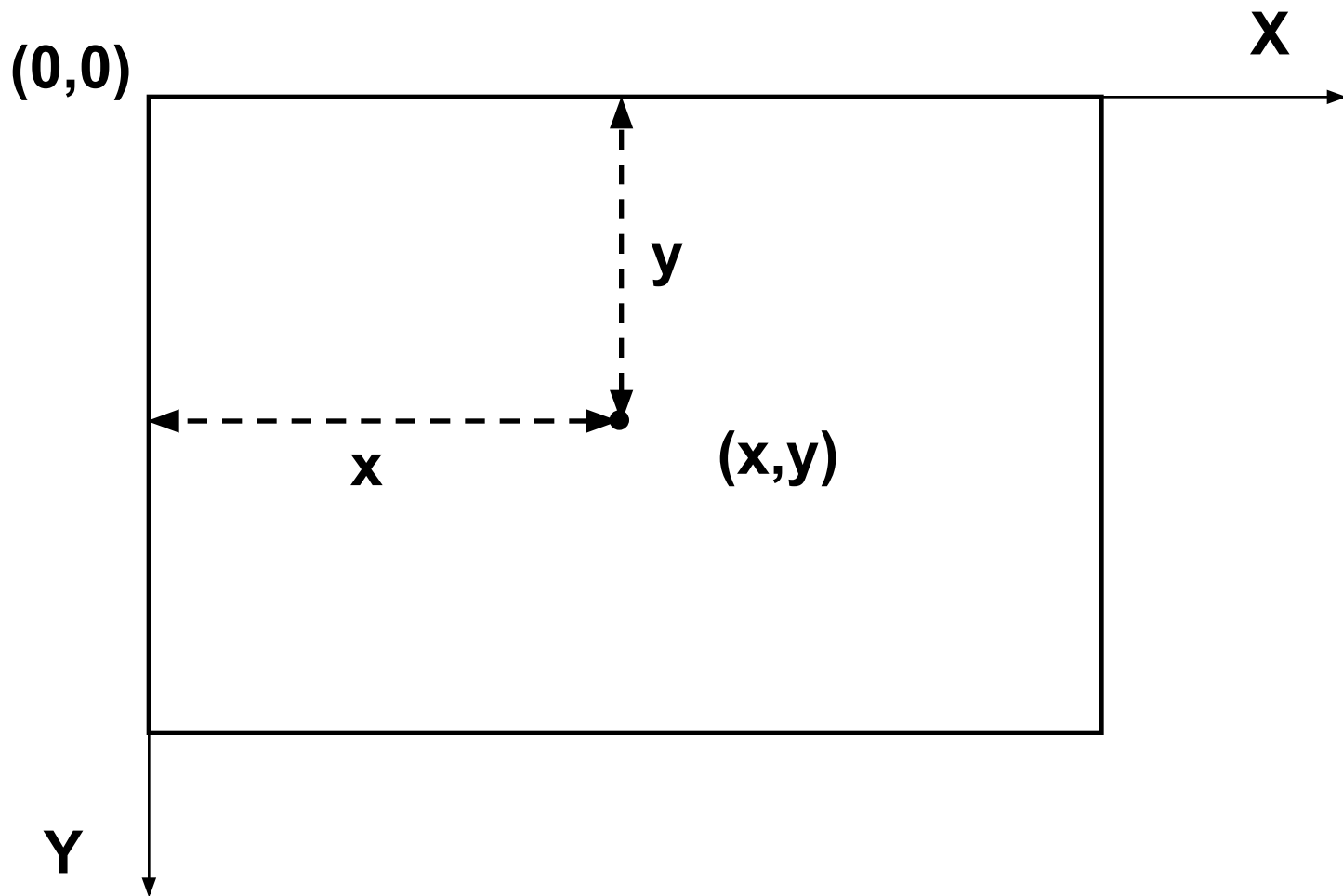
25

До Нового года осталось 6 дней.

Программирование на языке Паскаль

Тема 7. Графика

Система координат



Управление цветом

Цвет и толщина линий, цвет точек:

```
Pen ( 1, 255, 0, 0 );
```

толщина
линии

R(red)
0..255

G(green)
0..255

B(blue)
0..255

Цвет и стиль заливки:

```
Brush ( 1, 0, 255, 0 );
```

0 – ВЫКЛЮЧИТЬ
1 - ВКЛЮЧИТЬ

R

G

B

Цвет текста:

```
TextColor ( 0, 0, 255 );
```


R

G

B

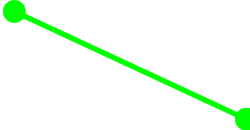
Точки, отрезки и ломаные

(x, y)



```
Pen (1, 0, 0, 255);  
Point (x, y);
```

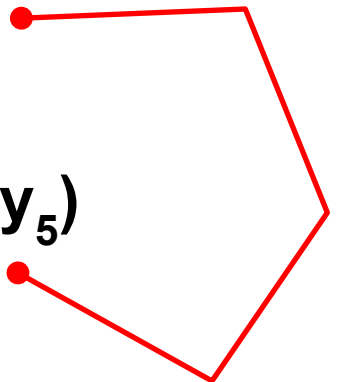
(x_1, y_1)



(x_2, y_2)

```
Pen (1, 0, 255, 0);  
Line (x1, y1, x2, y2);
```

(x_1, y_1)



(x_2, y_2)

(x_5, y_5)

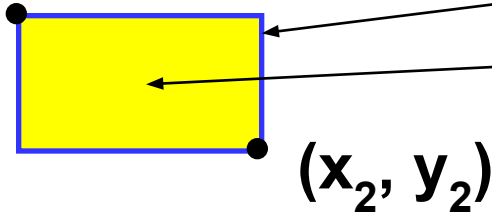
(x_3, y_3)

(x_4, y_4)

```
Pen (1, 255, 0, 0);  
MoveTo (x1, y1);  
LineTo (x2, y2);  
LineTo (x3, y3);  
LineTo (x4, y4);  
LineTo (x5, y5);
```

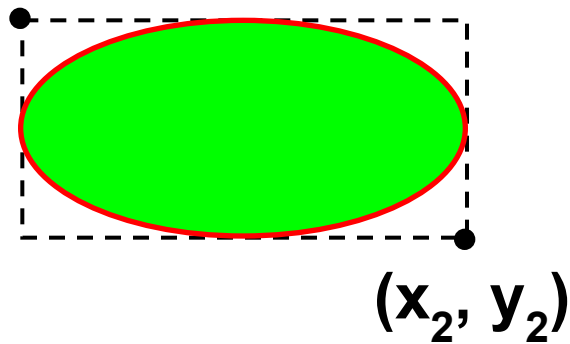
Фигуры с заливкой

(x_1, y_1)

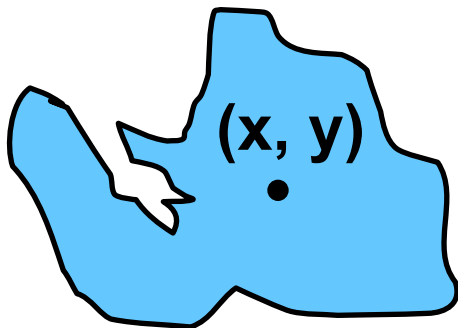


```
Pen (1, 0, 0, 255);  
Brush (1, 255, 255, 0);  
Rectangle (x1, y1, x2, y2);
```

(x_1, y_1)



```
Pen (1, 255, 0, 0);  
Brush (1, 0, 255, 0);  
Ellipse (x1, y1, x2, y2);
```



Как отменить заливку?

```
Brush (1, 100, 200, 255);  
Fill (x, y);
```

Текст



```
TextColor (0, 0, 255);  
Brush (1, 255, 255, 0);  
Font (20, 30, 600);
```

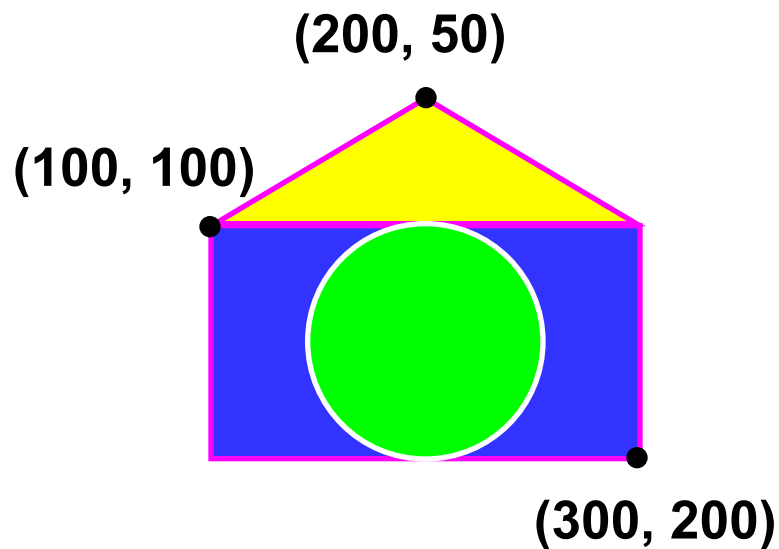
размер
10 пикселей

угол
поворота

насыщенность:
400 – нормальный
600 – жирный

```
MoveTo (x, y);  
writeln ('Привет!');
```

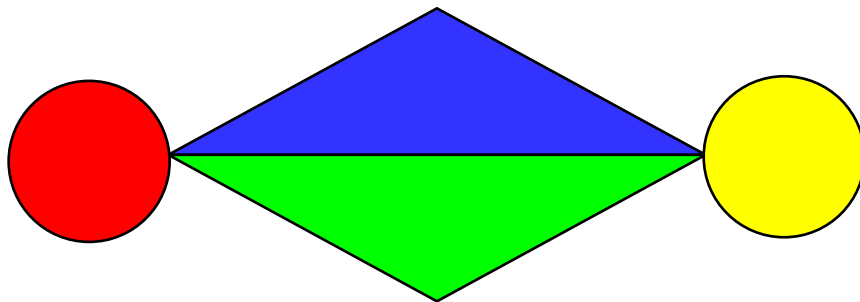
Пример



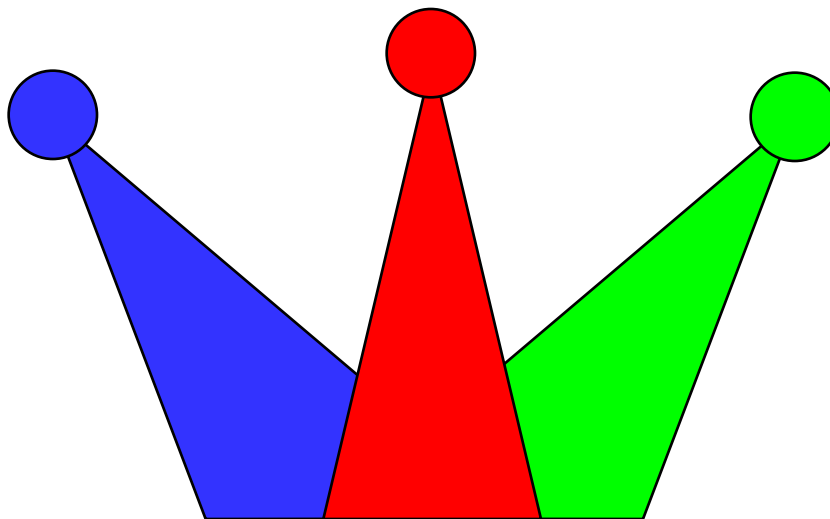
```
program qq;  
begin  
    Pen(2, 255, 0, 255);  
    Brush(1, 0, 0, 255);  
    Rectangle(100, 100, 300, 200);  
    MoveTo(100, 100);  
    LineTo(200, 50);  
    LineTo(300, 100);  
    Brush(1, 255, 255, 0);  
    Fill(200, 75);  
    Pen(2, 255, 255, 255);  
    Brush(1, 0, 255, 0);  
    Ellipse(150, 100, 250, 200);  
end.
```

Задания

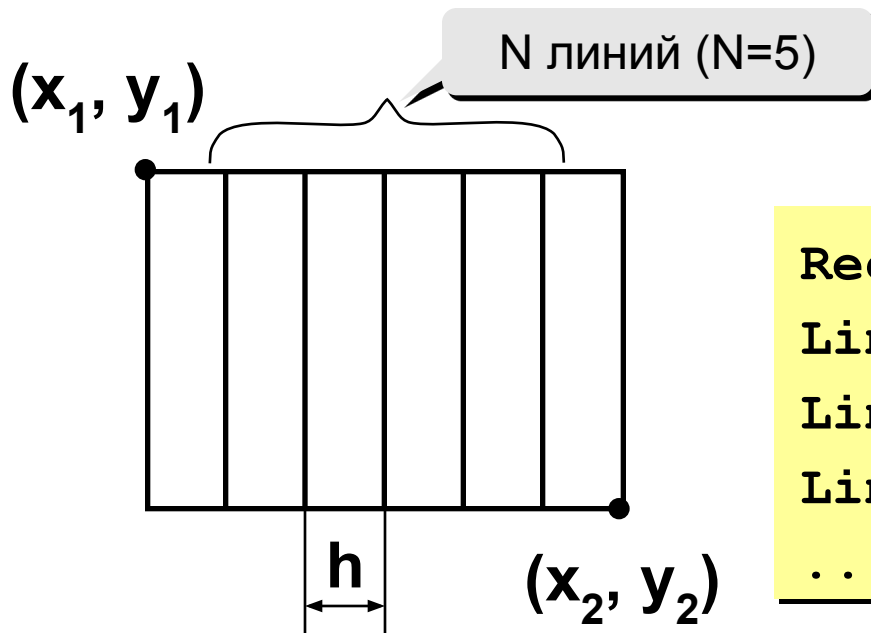
"4": "Лягушка"



"5": "Корона"



Штриховка



$$h = \frac{x_2 - x_1}{N + 1}$$

```
Rectangle (x1, y1, x2, y2);
Line ( x1+h, y1, x1+h, y2);
Line ( x1+2*h, y1, x1+2*h, y2);
Line ( x1+3*h, y1, x1+3*h, y2);
...
```

x

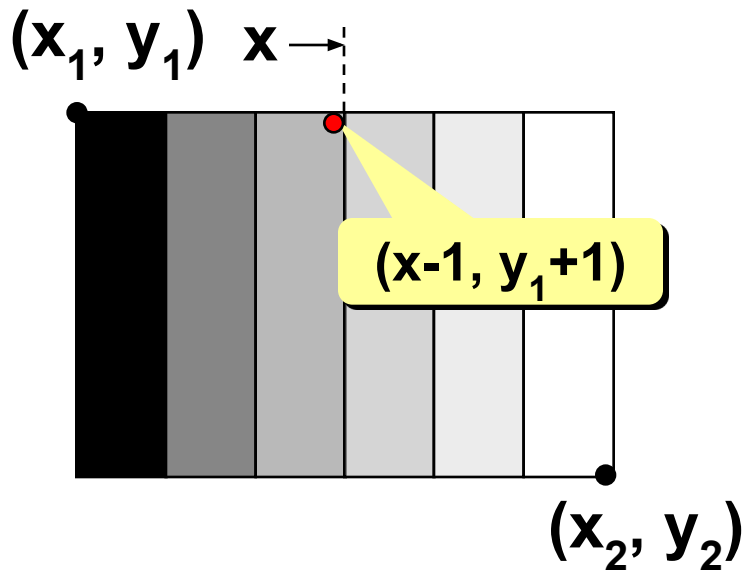
x

```
h := (x2 - x1) / (N + 1);
Rectangle (x1, y1, x2, y2);
x := x1 + h;
for i:=1 to N do begin
  Line( round(x), y1, round(x), y2);
  x := x + h;
end;
```

```
var x, h: real;
```

округление до
ближайшего целого

Как менять цвет?



серый: R = G = B

```
Brush ( 1, c, c, c );
Fill ( ???, ??? );
```

Шаг изменения c :

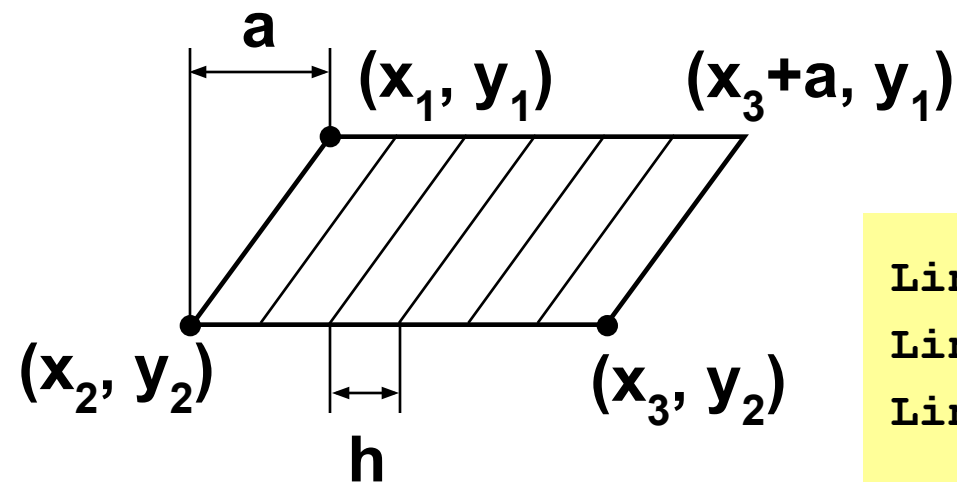
$$h_c = \frac{255}{N+1}$$

```
hc := 255 div (N + 1);
c := 0;
```

```
for i:=1 to N+1 do begin
  Line (round(x), y1, round(x), y2);
  Brush (1, c, c, c);
  Fill (round(x)-1, y1+1);
  x := x + h; c := c + hc;
end;
```

```
var c, hc: integer;
```

Штриховка



$$a = x_1 - x_2$$

$$h = \frac{x_3 - x_2}{N + 1}$$

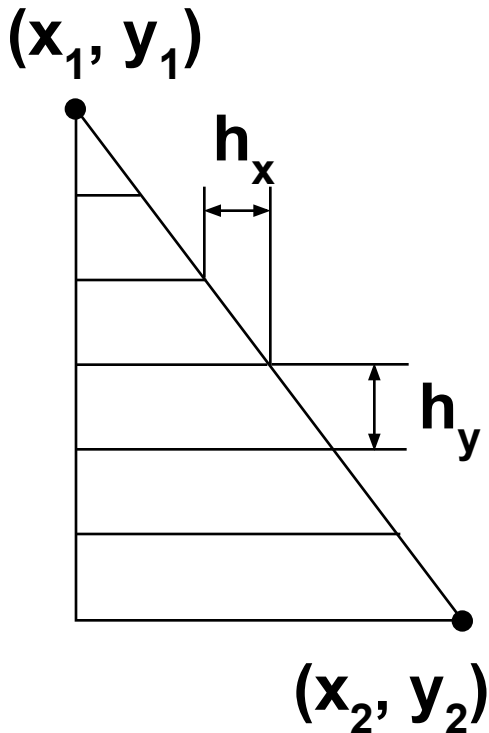
```
Line( x1+h, y1, x1+h-a, y2 );
Line( x1+2*h, y1, x1+2*h-a, y2 );
Line( x1+3*h, y1, x1+3*h-a, y2 );
...
```

x

$x-a$

```
h := (x3 - x2) / (N + 1);
a := x1 - x2;
x := x1 + h;
for i:=1 to N do begin
  Line( round(x), y1, round(x-a), y2 );
  x := x + h;
end;
```

Штриховка



$$h_x = \frac{x_2 - x_1}{N + 1}$$

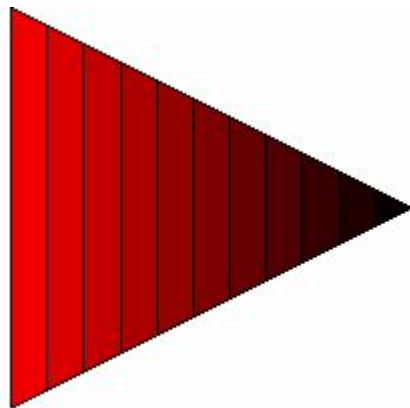
$$h_y = \frac{y_2 - y_1}{N + 1}$$

```
Line( x1, y1+hy, x1+hx, y1+hy)
;
Line( x1, y1+2*hy, x1+2*hx,
y1+2*hy);
Line( x1, y1+3*hy, x1+3*hx,
y1+3*hy);
```

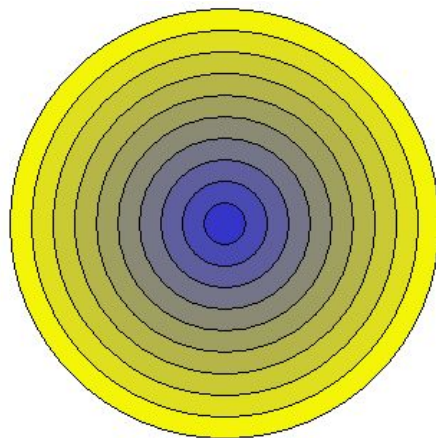
```
hx := (x2 - x1) / (N + 1);
hy := (y2 - y1) / (N + 1);
x := x1 + hx; y := y1 + hy;
for i:=1 to N do begin
  Line( x1, round(y), round(x), round(y));
  x := x + hx; y := y + hy;
end;
```

Задания

"4": Ввести с клавиатуры число линий штриховки и построить фигуру, залив все области разным цветом.



"5": Ввести с клавиатуры число окружностей и построить фигуру, залив все области разным цветом.



Программирование на языке Паскаль

Тема 8. Графики функций

Построение графиков функций

Задача: построить график функции $y = 3 \sin(x)$ на интервале от 0 до 2π .

Анализ:

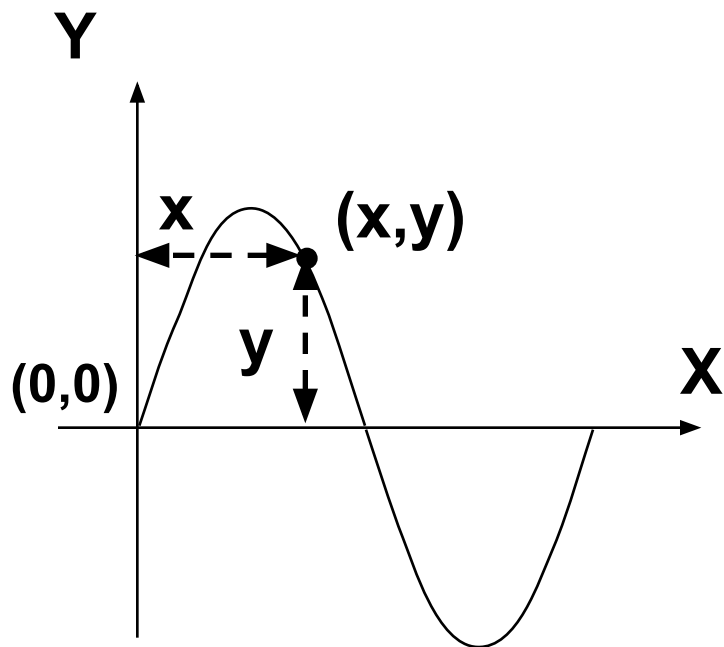
максимальное значение $y_{\max} = 3$ при $x = \pi/2$

минимальное значение $y_{\min} = -3$ при $x = 3\pi/2$

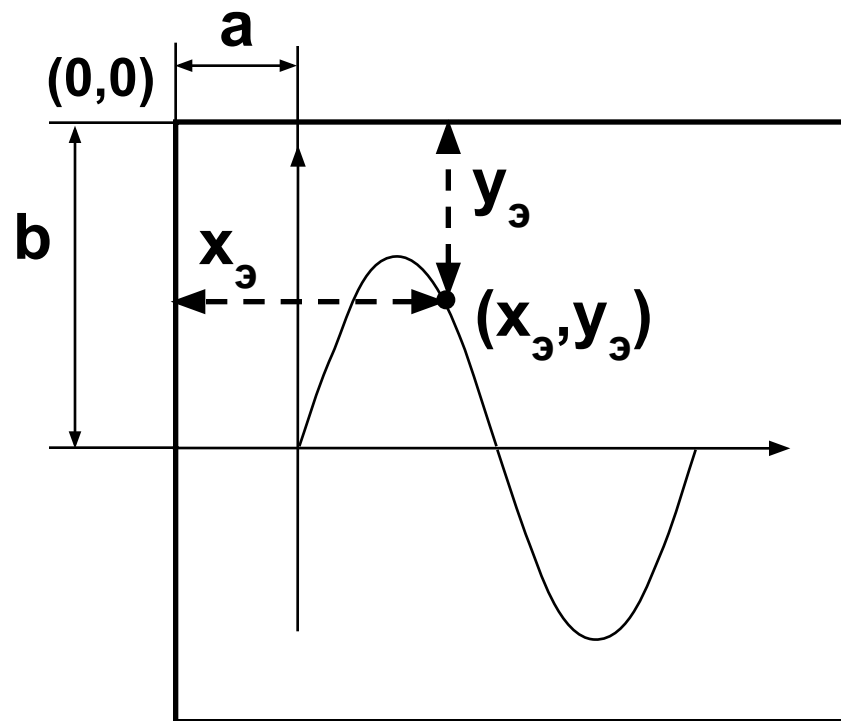
Проблема: функция задана в математической системе координат, строить надо на экране, указывая координаты в пикселях.

Преобразование координат

Математическая
система координат



Экранная система
координат (пиксели)



k — масштаб (длина
изображения единичного
отрезка на экране)

$$x_э = a + kx$$

$$y_э = b - ky$$

Программа

```

program qq;
const a = 50; b = 200; k = 50;
      xmin = 0; xmax = 6.2832;
var x, y, h: real;
     xe, ye, w: integer;
begin
  w := round((xmax - xmin)*k);
  Line(a-10, b, a+w, b);
  Line(a, 0, a, 2*b);
  x := xmin; h := 0.05;
  while x <= xmax do begin
    y := 3*sin(x);
    xe := a + round(k*x);
    ye := b - round(k*y);
    Point (xe, ye);
    x := x + h;
  end;
end.

```

2π

h – шаг изменения x

w – длина оси OX в пикселях

оси координат

на экране

цикл
построения
графика



Что плохо?

Как соединить точки?

Алгоритм:

Если первая точка
перейти в точку $(x_э, y_э)$
иначе
отрезок в точку $(x_э, y_э)$

выбор
варианта
действий

Программа:

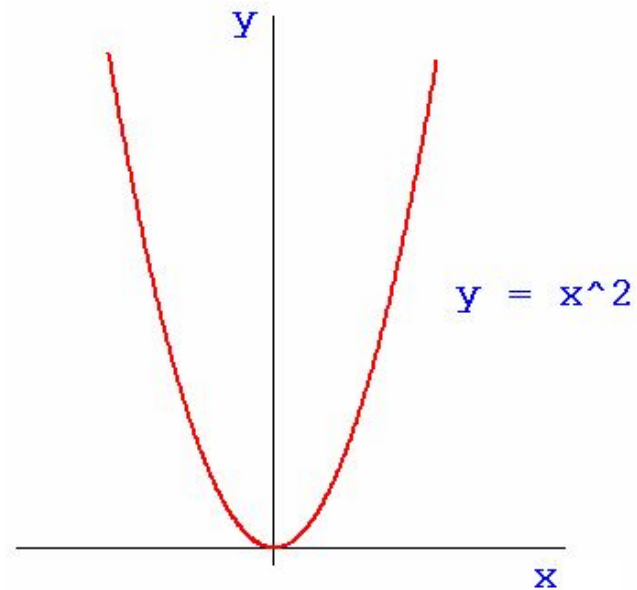
```
var first: boolean;  
...  
begin  
...  
first := True;  
while x <= xmax do begin  
...  
if first then begin  
    MoveTo(xe, ye);  
    first := False;  
end  
else LineTo(xe, ye);  
...  
end;  
end.
```

логическая
переменная

начальное значение

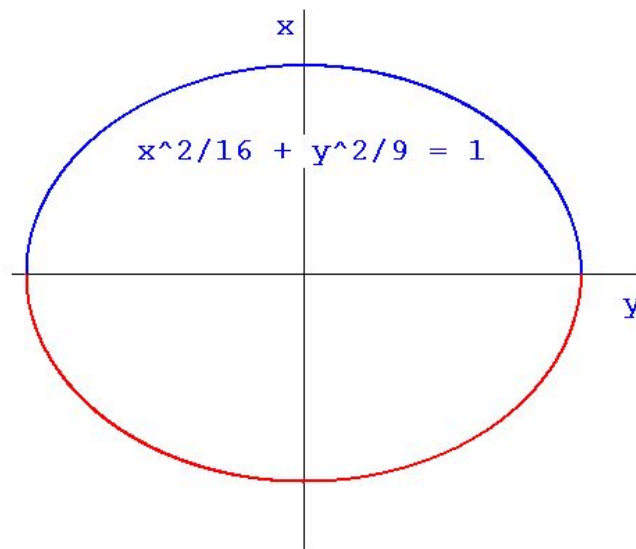
Задания

"4": Построить график функции $y = x^2$ на интервале $[-3,3]$.



"5": Построить график функции (эллипс)

$$\frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{9} = 1$$

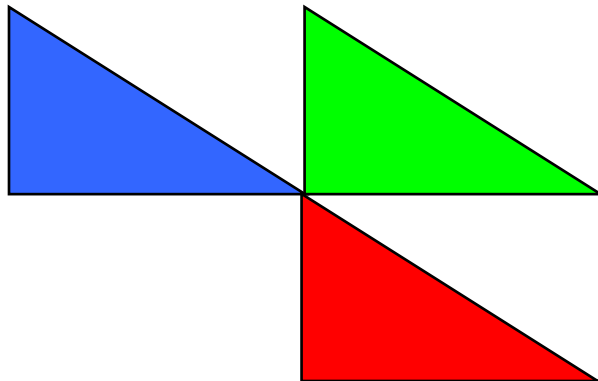


Программирование на языке Паскаль

Тема 9. Процедуры

Процедуры

Задача: Построить фигуру:



Можно ли решить известными методами?

Общность: три похожие фигуры.

общее: размеры, угол поворота

отличия: координаты, цвет



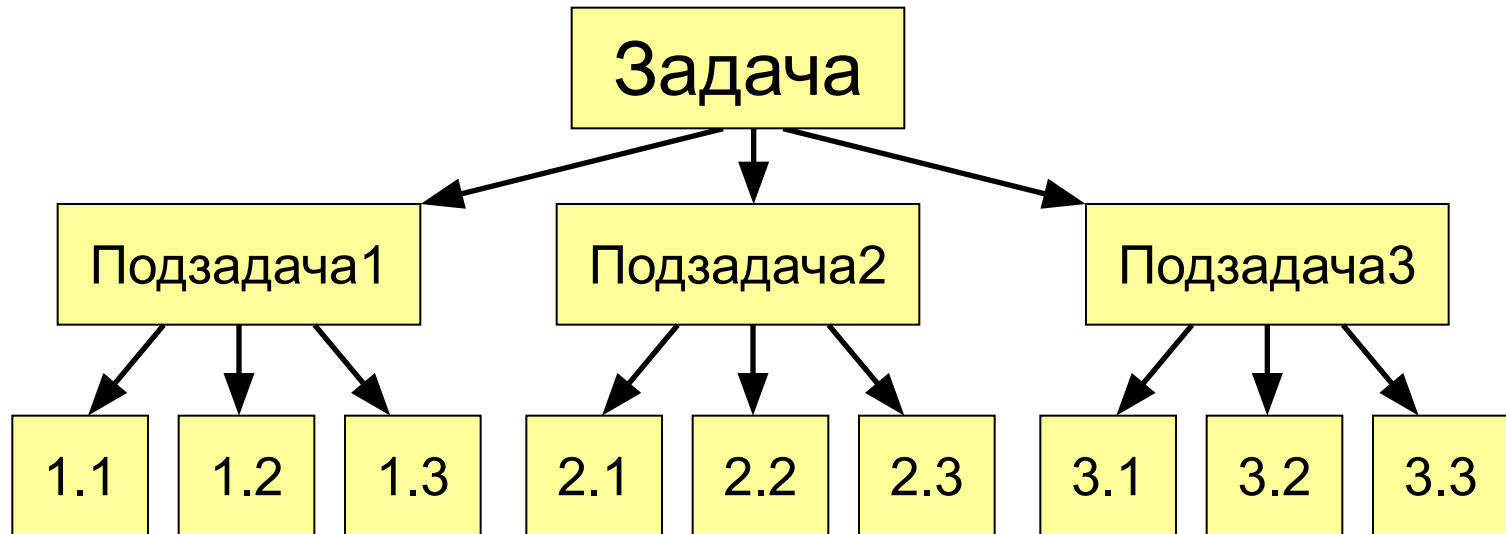
Сколько координат надо задать?

Процедуры

Процедура – это вспомогательный алгоритм, который предназначен для выполнения некоторых действий.

Применение:

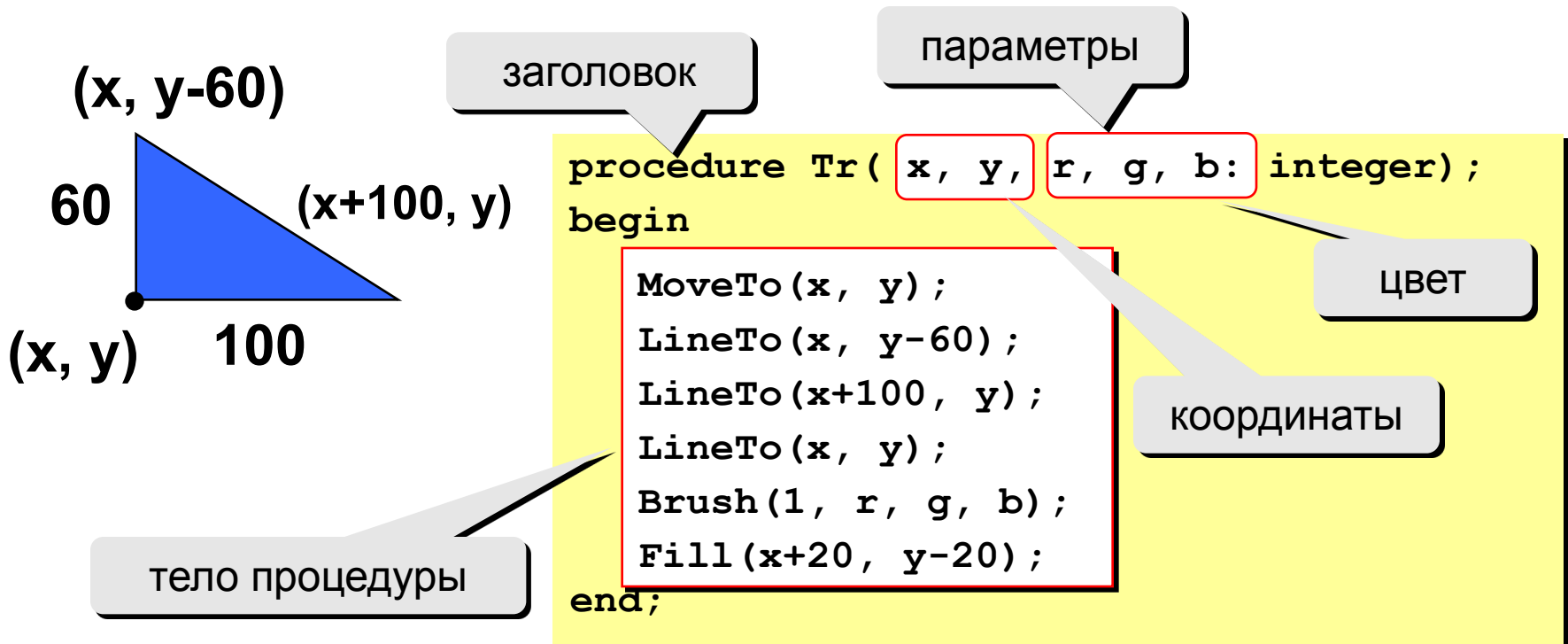
- выполнение одинаковых действий в разных местах программы
- разбивка программы (или другой процедуры) на подзадачи для лучшего восприятия



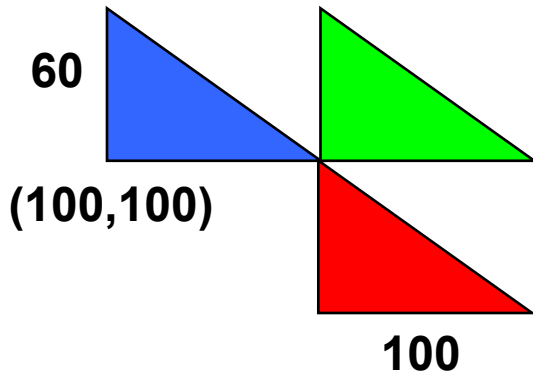
Процедуры

Порядок разработки:

- выделить одинаковые или похожие действия (три фигуры)
- найти в них **общее** (размеры, форма, угол поворота) и **отличия** (координаты, цвет)
- отличия записать в виде неизвестных переменных, они будут параметрами процедуры



Программа



ВЫЗОВЫ
процедуры

формальные параметры

```
program qq;  
  procedure Tr( x, y, r, g, b: integer);  
  begin  
    ...  
  end;  
begin  
  Pen(1, 255, 0, 255);  
  Tr(100, 100, 0, 0, 255);  
  Tr(200, 100, 0, 255, 0);  
  Tr(200, 160, 255, 0, 0);  
end.
```

процедура

фактические параметры

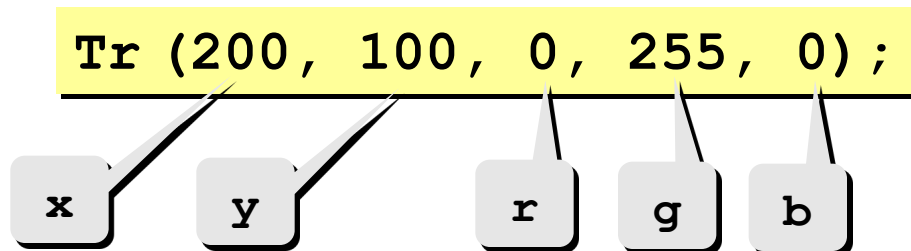
Процедуры

Особенности:

- все процедуры расположены **выше** основной программы
- в заголовке процедуры перечисляются **формальные** параметры, они обозначаются именами, поскольку могут меняться

```
procedure Tr( x, y, r, g, b: integer);
```

- при вызове процедуры в скобках указывают **фактические** параметры (числа или арифметические выражения) **в том же порядке**



Процедуры

Особенности:

- для каждого формального параметра после двоеточия указывают его тип

```
procedure A (x: real; y: integer; z: real);
```

- если однотипные параметры стоят рядом, их перечисляют через запятую

```
procedure A (x, z: real; y, k, l: integer);
```

- внутри процедуры параметры используются так же, как и переменные

Процедуры

Особенности:

- в процедуре можно объявлять дополнительные **локальные** переменные, остальные процедуры не имеют к ним доступа

```
program qq;
```

```
  procedure A(x, y: integer);
```

```
    var a, b: real;
```

```
    begin
```

```
      a := (x + y) / 6;
```

```
      ...
```

```
    end;
```

```
begin
```

```
  ...
```

```
end.
```

локальные
переменные

Параметры-переменные

Задача: составить процедуру, которая меняет местами значения двух переменных.

Особенности:

надо, чтобы изменения, сделанные в процедуре, стали известны вызывающей программе

```
program qq;  
var x, y: integer;  
  
procedure Exchange ( a, b: integer );  
var c: integer;  
begin  
  c := a; a := b; b := c;  
end;  
  
begin  
  x := 1; y := 2;  
  Exchange ( x, y );  
  writeln ( 'x = ', x, ' y = ', y );  
end;
```

эта процедура
работает с
КОПИЯМИ
параметров

x = 1 y = 2

Параметры-переменные

параметры могут изменяться

```
procedure Exchange ( var a, b: integer );
var c: integer;
begin
  c := a; a := b; b := c;
end;
```

Применение:

таким образом процедура (и функция) может возвращать несколько значений,

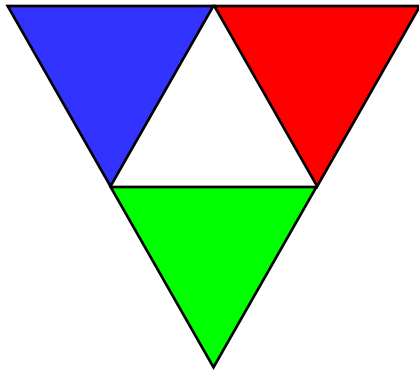
Запрещенные варианты вызова

Exchange (~~2~~, ~~3~~); { числа }

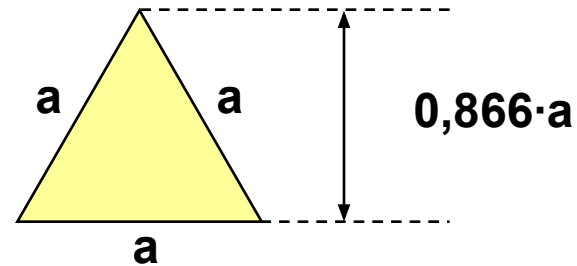
Exchange (~~x+z~~, ~~y+2~~); { выражения }

Задания

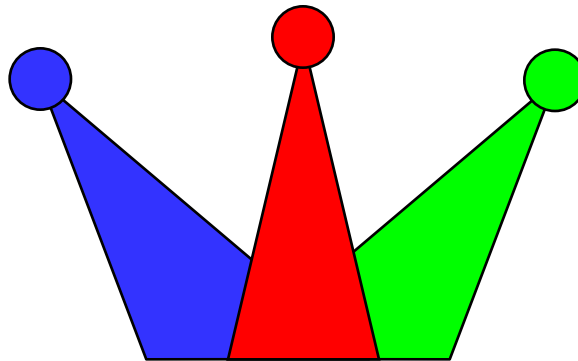
"4": Используя процедуры, построить фигуру.



равносторонний треугольник



"5": Используя процедуры, построить фигуру.



Программирование на языке Паскаль

Тема 10. Рекурсия

Рекурсивные объекты

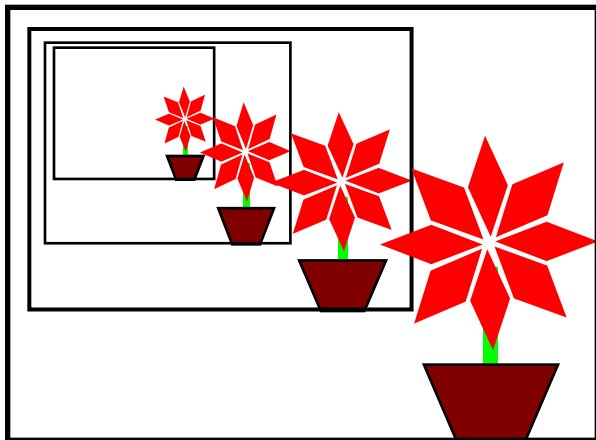
Примеры:

Сказка о попе и собаке:

У попа была собака, он ее любил.
Она съела кусок мяса, он ее убил.
В ямку закопал, надпись написал:

Сказка о попе и собаке

Рисунок с рекурсией:



Факториал:

$$N! = \begin{cases} 1, & \text{если } N = 1, \\ N \cdot (N-1)!, & \text{если } N > 1. \end{cases}$$

$$1! = 1, \quad 2! = 2 \cdot 1! = 2 \cdot 1, \quad 3! = 3 \cdot 2! = 3 \cdot 2 \cdot 1$$

$$4! = 4 \cdot 3! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$$

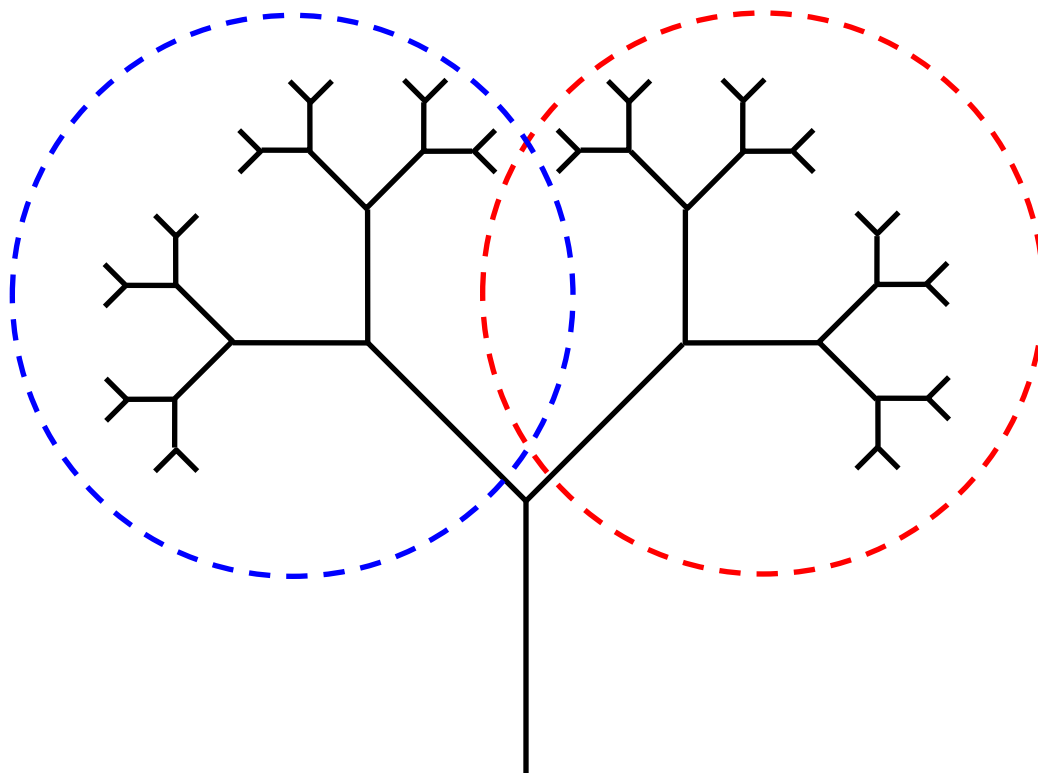
$$N! = N \cdot (N-1) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1$$

Рекурсивный объект – это объект, определяемый через один или несколько таких же объектов.

Дерево Пифагора

Дерево Пифагора из N уровней – это ствол и отходящие от него симметрично **два дерева Пифагора из N-1 уровней**, такие что длина их стволов в 2 раза меньше и угол между ними равен 90° .

6 уровней:



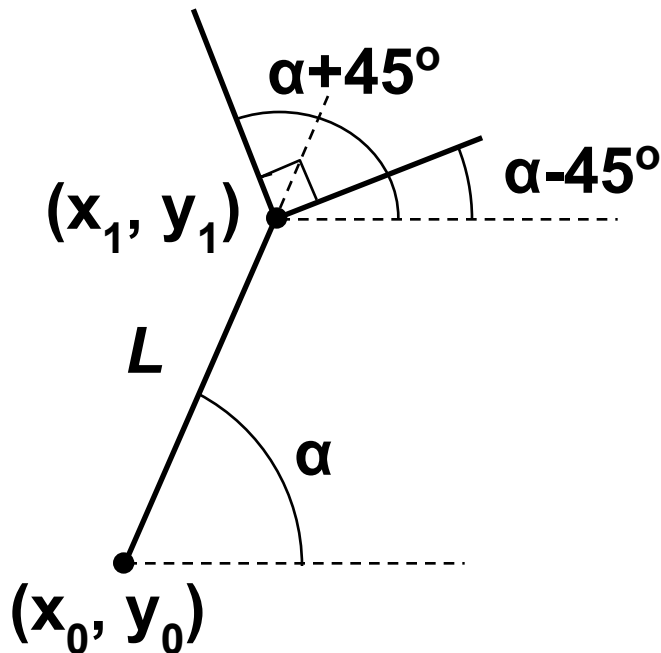
Как доказать, что это рекурсивная фигура?

Дерево Пифагора

Особенности:

- когда остановиться?
- деревья имеют различный наклон

когда число оставшихся уровней станет равно нулю!



$$x_1 = x_0 + L \cdot \cos(\alpha)$$

$$y_1 = y_0 - L \cdot \sin(\alpha)$$

наклон "дочерних" деревьев

$$\alpha + \pi/4$$

$$\alpha - \pi/4$$

Процедура

угол α

длина ствола

```

procedure Pifagor(x0, y0, a, L: real;
                 N: integer);
const k = 0.6;      { изменение длины }
var x1, y1: real;  { локальные переменные }
begin
  if N > 0 then begin
    x1 := x0 + L*cos(a);
    y1 := y0 - L*sin(a);
    Line (round(x0), round(y0),
          round(x1), round(y1));
    Pifagor (x1, y1, a+pi/4, L*k, N-1);
    Pifagor (x1, y1, a-pi/4, L*k, N-1);
  end;
end;

```

закончить, если N=0

рекурсивные
вызовы

Рекурсивной называется процедура,
вызывающая сама себя.

Программа

```
program qq;
```

```
  procedure Pifagor(x0, y0, a, L: real;  
                  N: integer);
```

```
  ...  
end;
```

```
begin
```

```
  Pifagor (250, 400, pi/2, 150, 8);
```

```
end;
```

угол α

длина ствола

x_0

y_0

число уровней

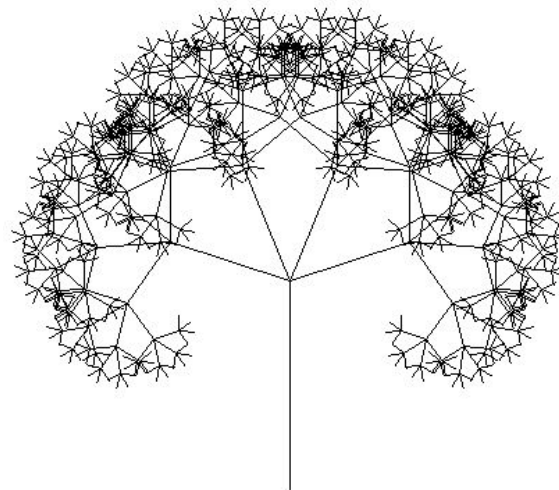
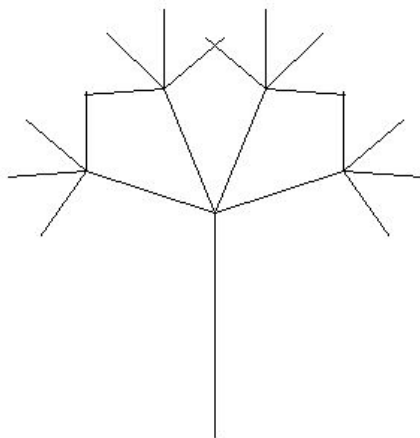


Как наклонить дерево вправо на 30° ?

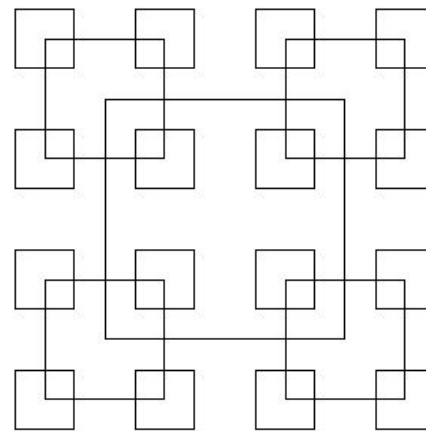
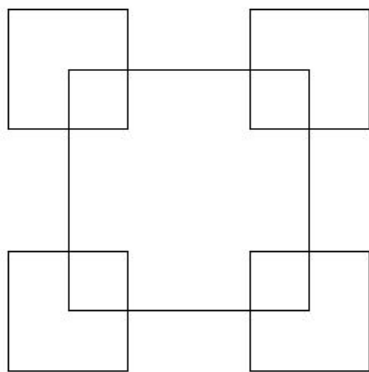
```
Pifagor (250, 400, 2*pi/3, 150, 8);
```

Задания

"4": Используя рекурсивную процедуру, построить фигуру:



"5": Используя рекурсивную процедуру, построить фигуру:



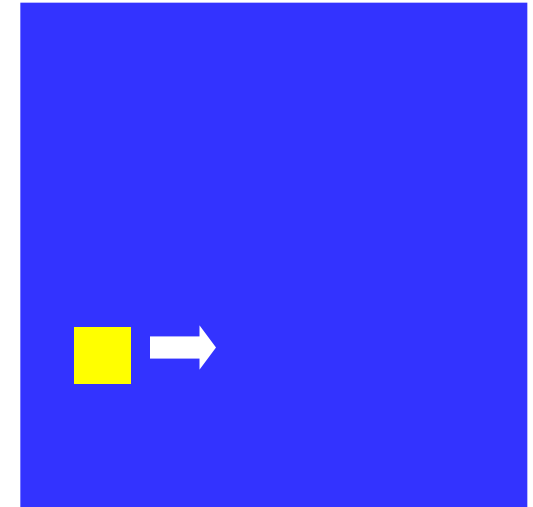
Программирование на языке Паскаль

Тема 11. Анимация

Анимация

Анимация (англ. *animation*) – оживление изображения на экране.

Задача: внутри синего квадрата 400 на 400 пикселей слева направо движется желтый квадрат 20 на 20 пикселей. Программа останавливается, если нажата клавиша **Esc** или квадрат дошел до границы синей области.



Проблема: как изобразить перемещение объекта на экране?

Привязка: состояние объекта задается координатами (x,y)

Принцип анимации:

1. рисуем объект в точке (x,y)
2. задержка на несколько миллисекунд
3. стираем объект
4. изменяем координаты (x,y)
5. переходим к шагу 1

Как "поймать" нажатие клавиши?

Событие – это изменение в состоянии какого-либо объекта или действие пользователя (нажатие на клавишу, щелчок мышкой).

IsEvent – логическая функция, которая определяет, было ли какое-то действие пользователя.

Event – процедура, которая определяет, какое именно событие случилось.

```
if IsEvent then begin
  Event(k, x, y);
  if k = 1 then
    writeln('Клавиша с кодом ', x)
  else { k = 2 }
    writeln('Мышь: x=', x, ' y=', y);
end;
```

var k, x, y: integer;

Как выйти из цикла при нажатии *Esc*?

```
program qq;  
var stop: boolean;  
    k, code, i: integer;  
begin  
    stop := False;  
    repeat  
        if IsEvent then begin  
            Event(k, code, i);  
            if (k = 1) and (code = 27) then  
                stop := True;  
        end;  
        ...  
    until stop;  
end;
```

True, если надо остановиться

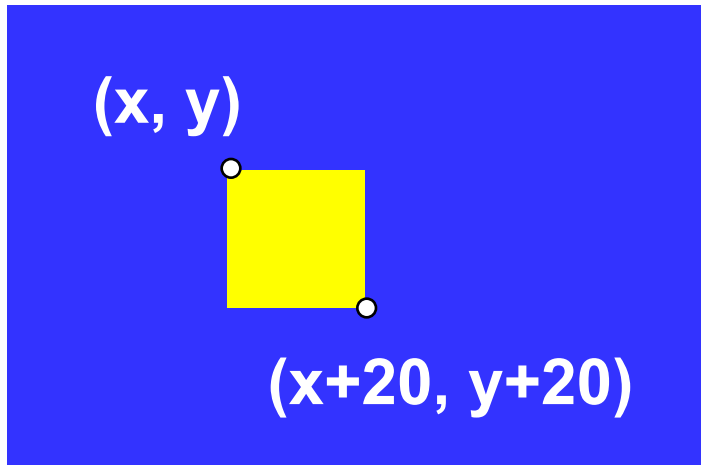
запуск цикла

если что-то произошло...

что произошло?

если нажата клавиша с кодом 27 (*Esc*), то стоп

Процедура (рисование и стирание)



Идеи

- одна процедура рисует и стирает
- стереть = нарисовать цветом фона
- границу квадрата отключить (в основной программе)

рисовать (**True**) или нет (**False**)?

```

procedure Draw(x, y: integer; flag: boolean) ;
begin
  if flag then
    Brush(1, 255, 255, 0)
  else
    Brush(1, 0, 0, 255) ;
    Rectangle(x, y, x+20, y+20) ;
end;

```

рисуем: цвет кисти – желтый

стираем: цвет кисти – синий

только заливка!

Полная программа

```

program qq;
var x, y, k, code, i: integer;
    stop: boolean;
procedure Draw(x,y: integer; flag: Boolean);
begin
    ...
end;
begin
    Brush(1, 0, 0, 255);
    Rectangle(10, 10, 400, 400);
    Pen(0, 0, 0, 255);
    x := 10; y := 200; stop := false;
repeat
    if IsEvent then begin
        ...
    end;
    Draw(x, y, True);
    Delay(10);
    Draw(x, y, False);
    x := x + 1;
    if x >= 400-20 then stop := true;
until stop;
end.

```

процедура

синий фон

отключить границу

начальные
условия

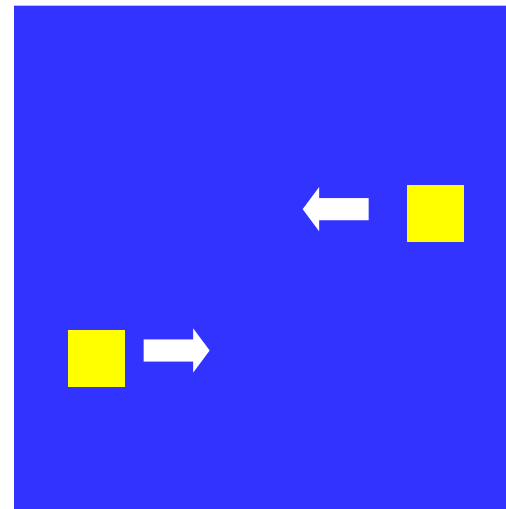
выход по
клавише *Esc*

ждем 10 мс

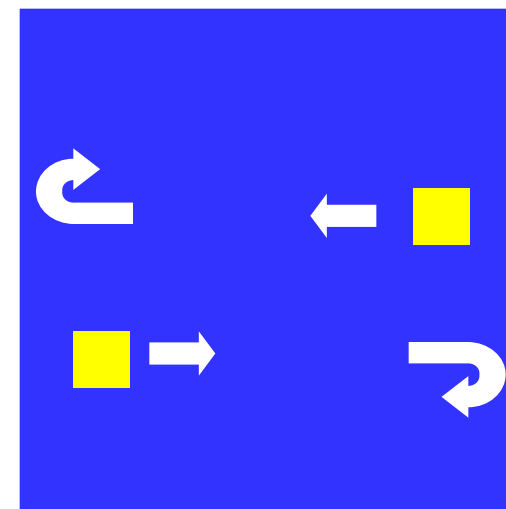
выход при касании
границы

Задания

"4": Два квадрата двигаются в противоположном направлении:



"5": Два квадрата двигаются в противоположном направлении и отталкиваются от стенок синего квадрата:



Управление клавишами

Задача: жёлтый квадрат внутри синего квадрата управляется клавишами-стрелками. Коды клавиш:

влево – **37** вверх – **38** Esc – **27**
вправо – **39** вниз – **40**

Проблема: как изменять направление движения?

Решение:

```

if IsEvent then begin
  Event ( k, code, i);
  if k = 1 then begin
    case code of
      37: x := x - 1; 38: y := y -
1;
      39: x := x + 1; 40: y := y +
1;
      27: stop := True;
    end;
  end;
end;

```

если было нажатие на клавишу, ...

Программа

```
program qq;  
var x, y, k, code, i: integer;  
    stop: boolean;  
procedure Draw(x,y: integer; flag: Boolean);  
begin  
    ...  
end;  
begin  
    ...  
repeat  
    Draw(x, y, True);  
    Delay(20);  
    Draw(x, y, False);  
    if IsEvent then begin  
        ...  
    end;  
until stop;  
end.
```

процедура

ОСНОВНОЙ ЦИКЛ

обработка
событий



Что плохо?

Как убрать мигание?

Проблема: даже если не нажата никакая клавиша, квадрат перерисовывается через каждые 20 мс (мигание!)

Что хочется: не перерисовать квадрат, если не было никакого события

Решение: нарисовать квадрат и **ждать** события

Новая проблема: как **ждать** события?

Решение новой проблемы: пустой цикл "пока не случилось событие, ничего не делай":

```
while not IsEvent do;
```

Программа


```
program qq;  
var x, y, k, code, i: integer;  
    stop: boolean;  
  
    procedure Draw(x,y: integer; flag: Boolean);  
    begin  
        ...  
    end;  
  
begin  
    ...  
    repeat  
        Draw(x, y, True);  
        while not IsEvent  
        do;  
        Draw(x, y, False);  
        Event(k, code, i);  
        ...  
    until stop;  
end.
```

процедура

рисуем квадрат

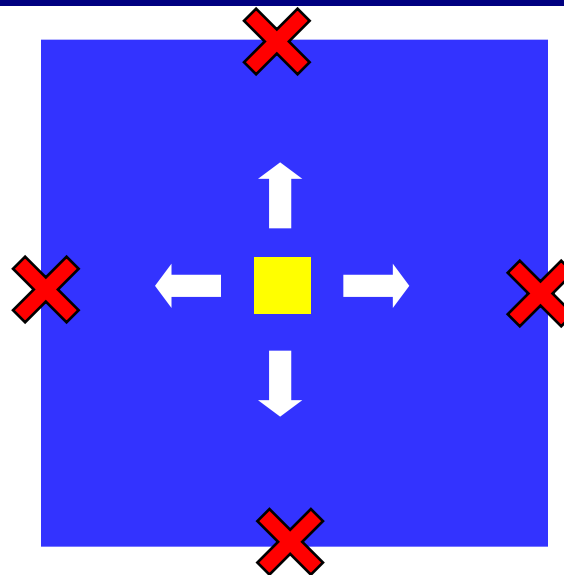
ждем события

только теперь стираем

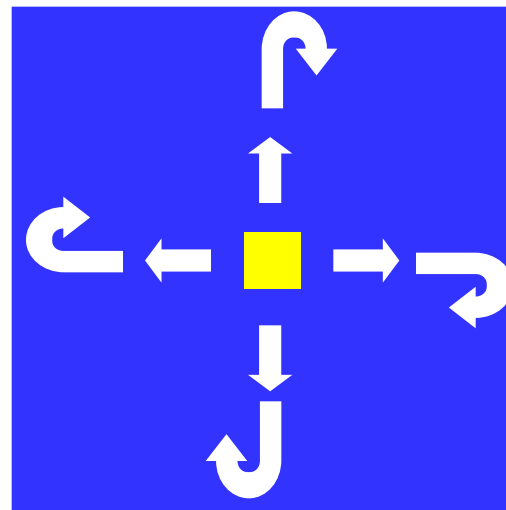
 Что можно улучшить?

Задания

"4": Квадрат двигается при нажатии стрелок, однако не может выйти за границы синего квадрата:



"5": Квадрат непрерывно двигается, при нажатии стрелок меняет направление и отталкивается от стенок синего квадрата:

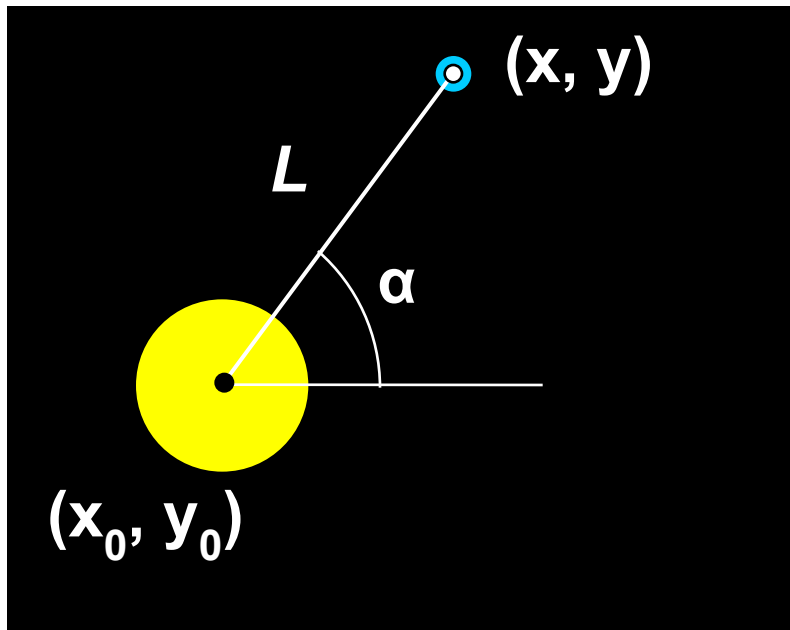


Вращение

Задача: изобразить модель вращения Земли вокруг Солнца.

Проблема: движение по окружности, как изменять координаты?

Решение: использовать в качестве независимой переменной (менять в цикле) угол поворота α



$$x = x_0 + L \cdot \cos(\alpha)$$

$$y = y_0 - L \cdot \sin(\alpha)$$

Процедура

рисовать (True) или нет (False)?

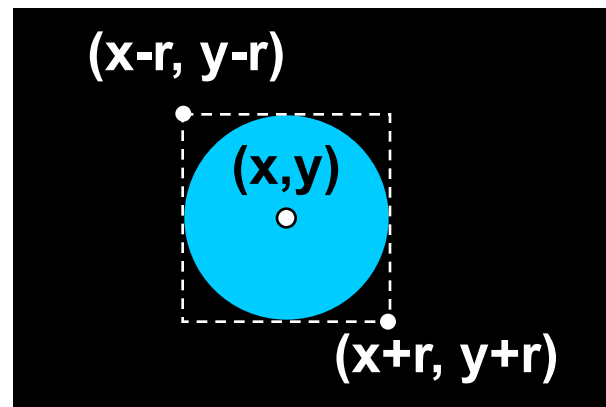
```
procedure Draw(x, y: integer; flag: boolean);  
const r = 10;  
begin  
  if flag then  
    Brush(1, 100, 100, 255)  
  else  
    Brush(1, 0, 0, 0);  
  Ellipse(x-r, y-r, x+r, y+r);  
end;
```

радиус Земли

рисуем: цвет кисти – голубой

стираем: цвет кисти – черный

только заливка!



Константы и переменные

```
program qq;
const rSun = 60;      { радиус Солнца}
      L  = 150;      { радиус орбиты Земли }
      x0 = 200;      { координаты центра Солнца}
      y0 = 200;
var x, y,             { координаты Земли }
    k, code, i: integer; { для Event }
    a, ha: real;      { угол поворота, шаг }
stop: boolean; { признак остановки программы }
procedure Draw(x, y: integer; flag:
Boolean);
begin
    ...
end;
begin
    ...
end.
```

Основная программа

```

program qq;
...
begin
  Brush(1, 0, 0, 0);  Fill(1,1);
  Brush(1, 255, 255, 0);
  Ellipse(x0-rSun, y0-rSun, x0+rSun, y0+rSun);
  a := 0; ha := 1*pi/180; { начальный угол, шаг 1° за 100 мс }
  stop := false;
  Pen(0,0,0,0);      { отключаем контуры }
  repeat
    x := round(x0 + L*cos(a));
    y := round(y0 - L*sin(a));
    Draw(x, y, True);
    Delay(100);
    Draw(x, y, False);
    if IsEvent then begin
      Event(k, code, i);
      if (k = 1) and (code = 27) then stop := true;
    end;
    a := a + ha;
  until stop;
end.

```

залить фон черным

рисуем Солнце

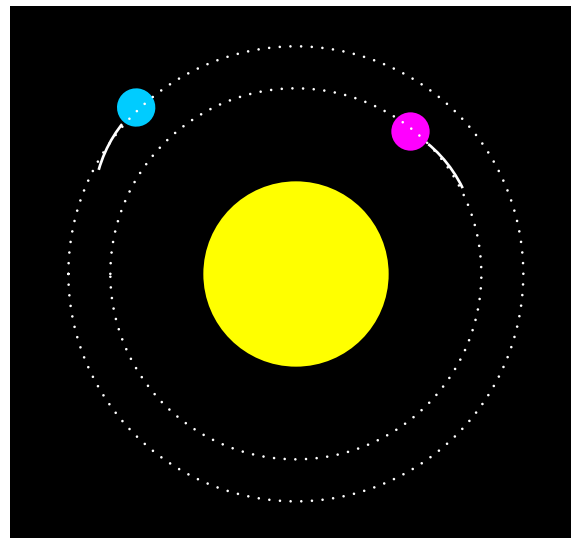
НОВЫЕ КООРДИНАТЫ

ждем 100 мс

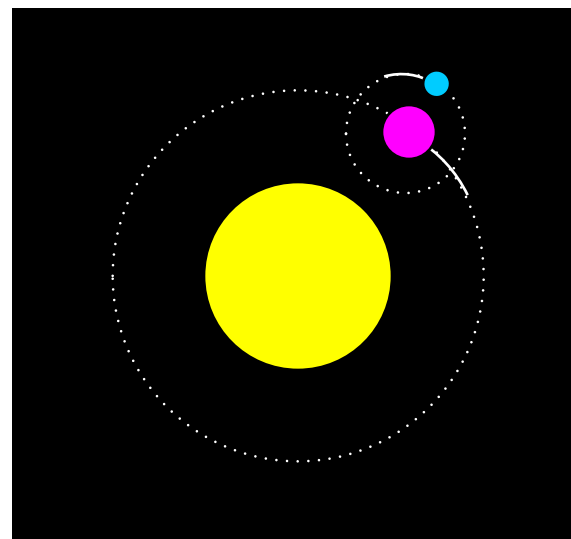
поворот на ha

Задания

"4": Изобразить модель Солнца с двумя планетами, которые вращаются в противоположные стороны:



"5": Изобразить модель системы Солнце-Земля-Луна:



Программирование на языке Паскаль

Тема 12. Случайные числа

Случайные числа

Случайные явления: везде...

- бросание монеты ("орел" или "решка")
- падение снега
- броуновское движение
- помехи при телефонной связи
- шум радиозэфира

Случайные числа – это такая последовательность чисел, для которой невозможно предсказать следующее даже зная все предыдущие.

Проблема: как получить на компьютере?

Возможные решения:

- использовать внешний источник шумовых помех
- с помощью математических преобразований

Псевдослучайные числа

Псевдослучайные числа – это такая последовательность чисел, которая обладает свойствами случайных чисел, но каждое следующее число вычисляется по заданной формуле.

Примеры:

1. Случайные целые числа $[0, m)$ (линейный конгруэнтный метод)

$$x_n = (a \cdot x_{n-1} + c) \bmod m$$

a, c, m - целые числа

$$x_n = (16807 \cdot x_{n-1} + 12345) \bmod 1073741823$$

простое число

$2^{30}-1$

2. Случайные вещественные числа $[0, 1]$

$$x_n = \left\{ (\pi + x_{n-1})^k \right\}$$

например, $k = 5$

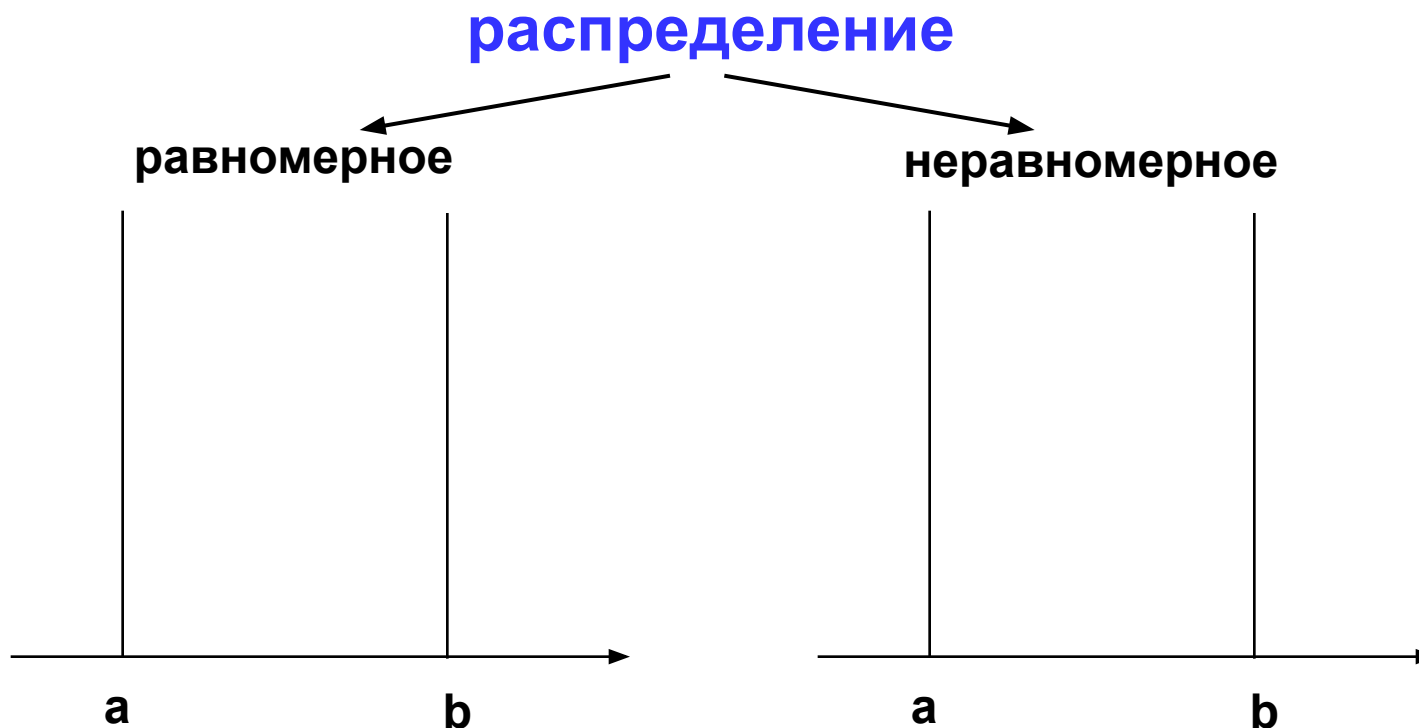
дробная часть числа

Литература:

Д. Кнут, Искусство программирования для ЭВМ, т.2.

Распределение случайных чисел

Модель: снежинки падают на отрезок $[a,b]$

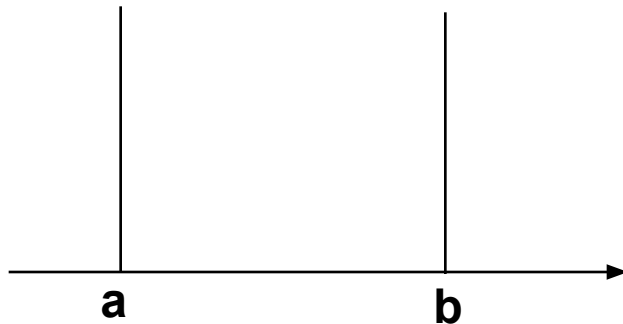


Сколько может быть разных распределений?

Распределение случайных чисел

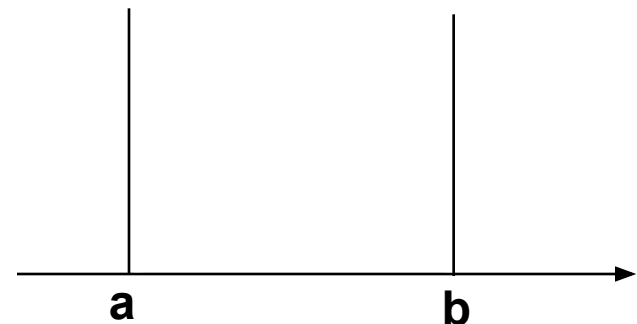
Особенности:

- распределение – это характеристика **всей последовательности**, а не одного числа
- **равномерное** распределение одно, компьютерные датчики (псевдо)случайных чисел дают равномерное распределение
- **неравномерных** – много
- любое неравномерное можно получить с помощью равномерного



$$x = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

равномерное распределение



$$x = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{12}}{12}$$

равномерное распределение

Генератор случайных чисел в Паскале

Целые числа в интервале [0,N]:

```
var x: integer;  
...  
x := random ( 100 ); { интервал [0,99] }
```

Вещественные числа в интервале [0,1]

```
var x: real;  
...  
x := random; { интервал [0,1] }
```

Случайные числа

Задача: заполнить прямоугольник 400 на 300 пикселей равномерно точками случайного цвета



Как получить случайные координаты точки?

```
x := random ( 400 );  
y := random ( 300 );
```

Как добиться равномерности?

обеспечивается автоматически при использовании функции `random`

Как получить случайный цвет?

```
Pen (1, random(256), random(256), random(256));  
Point ( x, y );
```

Программа

```
program qq;  
var x, y, k, code, i: integer;  
    stop: boolean;  
begin  
    stop := False;  
    repeat  
        x := random(400);  
        y := random(300);  
        Pen(1, random(256), random(256), random(256));  
        Point(x, y);  
        if IsEvent then begin  
            Event(k, code, i);  
            if (k = 1) and (code = 27) then stop := True;  
        end;  
    until stop;  
end.
```

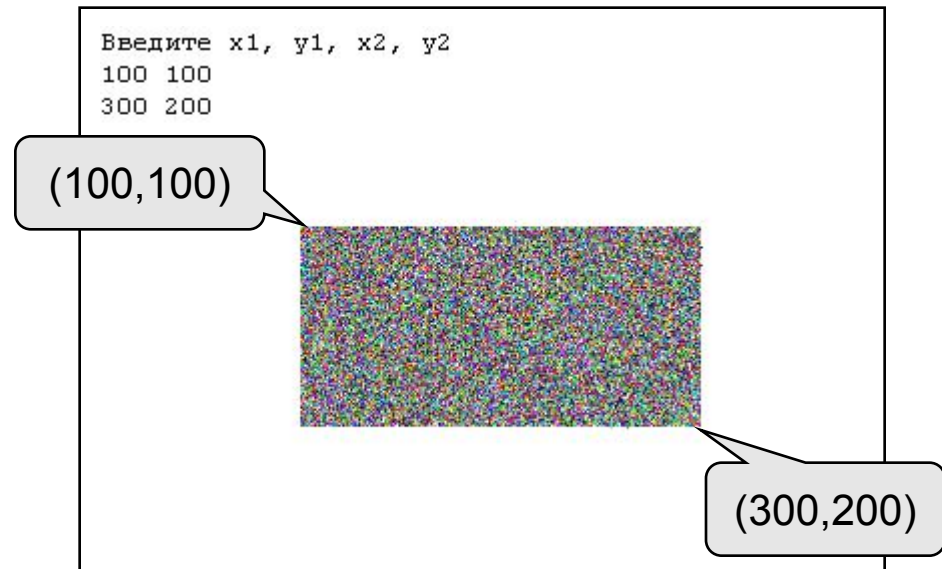
случайные координаты

случайный цвет

ВЫХОД по клавише *Esc*

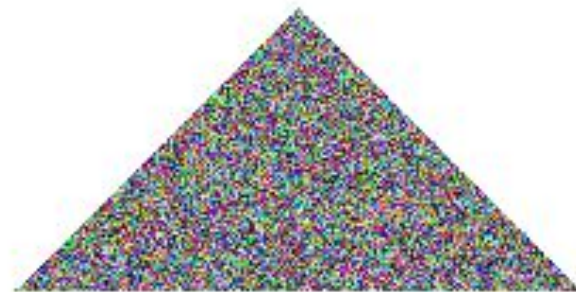
Задания

"4": Ввести с клавиатуры координаты углов прямоугольника и заполнить его точками случайного цвета.



"5": Заполнить треугольник точками случайного цвета (равномерно или неравномерно).

Подсказка: возьмите равнобедренный треугольник с углом 45° .



Программирование на языке Паскаль

Тема 13. Функции

Функции

Функция – это вспомогательный алгоритм (подпрограмма), результатом работы которого является некоторое значение.

Примеры:

- вычисление $\sin x$, $\cos x$, \sqrt{x}
- расчет значений по сложным формулам
- ответ на вопрос (простое число или нет?)

Зачем?

- для выполнения одинаковых расчетов в различных местах программы
- для создания общедоступных библиотек функций



В чем отличие от процедур?

Функции

Задача: составить функцию, которая вычисляет наибольшее из двух значений, и привести пример ее использования

Функция:

формальные параметры

```
function Max (a, b: integer): integer;  
begin  
  if a > b then Max := a  
  else Max := b;  
end.
```

это результат
функции

ФУНКЦИИ

Особенности:

- заголовок начинается словом **function**

```
function Max (a, b: integer): integer;
```

- формальные параметры описываются так же, как и для процедур

```
function qq( a, b: integer; x: real ): real;
```

- можно использовать параметры-переменные

```
function Max (var a, b: integer): integer;
```

- В конце заголовка тоже указывается тип результата

- функция `function Max (a, b: integer): integer;` ММЫ

Функции

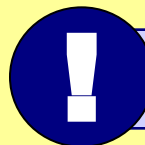
Особенности:

- МОЖНО объявлять и использовать **локальные переменные**

```
function qq (a, b: integer): float;
var x, y:
float;
begin
...
end;
```

- знач... вается в
пере... М
функции; объявлять ее **НЕ НАДО**:

```
function Max (a, b: integer): integer;
begin
...
Max :=
a;
end;
```



In Delphi:

```
Result := a;
```

Программа

```
program qq;  
var a, b, c : integer;  
  
function Max (a, b: integer): integer;  
begin  
    ...  
end;  
  
begin  
    writeln('Введите два числа');  
    read(a, b);  
    c := Max ( a, b );  
    writeln('Наибольшее число ', c );  
end.
```

фактические параметры

вызов функции



Имена переменных, функций и процедур не должны совпадать!

Логические функции

Задача: составить функцию, которая определяет, верно ли, что заданное число – простое.

Особенности:

- ответ – логическое значение (True или False)
- результат функции можно использовать как логическую величину в условиях (if, while)

Алгоритм: считаем число делителей в интервале от 2 до N-1, если оно не равно нулю – число составное.

```
count := 0;
for i := 2 to N-1 do
  if N mod i = 0 then
    count := count + 1;
if count = 0 then
  { число N простое }
else { число N составное }
```



Как улучшить?

Логические функции

```
program qq;
var N: integer;

function Prime (N: integer): boolean;
var count, i: integer;
begin
  i := 2; count := 0;
  while i*i <= N do
    if N mod i = 0 then count := count +
1;
    i := i + 1;
  end;
  Prime := (count = 0);
end;
begin
  writeln('Введите целое число');
  read(N);
  if Prime(N) then
    writeln(N, ' - простое число')
  else writeln(N, ' - составное число');
end.
```

результат – логическое значение

перебор только до \sqrt{N}

условие – это логическое значение

ВЫЗОВ функции

Задания

"4": Составить функцию, которая определяет сумму всех чисел от 1 до N и привести пример ее использования.

Пример:

Введите число :

100

сумма = 5050

"5": Составить функцию, которая определяет, сколько зерен попросил положить на N-ую клетку изобретатель шахмат (на 1-ую – 1 зерно, на 2-ую – 2 зерна, на 3-ю – 4 зерна, ...)

Пример:

Введите номер клетки:

28

На 28-ой клетке 134217728 зерен.

Задания (вариант 2)

"4": Составить функцию, которая определяет наибольший общий делитель двух натуральных и привести пример ее использования.

Пример:

Введите два числа:

14 21

НОД(14, 21) = 7

"5": Составить функцию, которая вычисляет функцию синус как сумму ряда (с точностью 0.001)

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots$$

x в радианах!

Пример:

Введите угол в градусах:

45

$\sin(45) = 0.707$

Конец фильма
