Процедуры и функции. Заголовок и тело процедур и функций, классификация параметров. Вызов процедур и функций, особенности их использования.

Лекция 9

В программах на Pascal используются подпрограммы двух видов: *процедуры и функции*.

Имея один и тот же смысл и аналогичную структуру, они несколько различаются назначением и способом их использования.

Все процедуры и функции, в свою очередь, подразделяются на две группы:

- стандартные (встроенные);
- определенные пользователем.

Встроенные (стандартные) процедуры и функции входят в стандартные библиотеки и могут вызываться по имени *без предварительного описания* (например, **read** и **write).**

Процедуры и функции пользователя пишутся *самим* программистом и помещаются в *раздел описаний процедур и функций*. Их вызов для выполнения записывается *в разделе операторов* основной программы или другой подпрограммы.

*Процедуры

Процедура — это независимая именованная часть программы, которую после *однократного* описания можно *многократно* вызывать по *имени* из последующих частей программы. Вызов процедуры оформляется как отдельный оператор, процедура не может выступать как операнд в выражении.

Структура процедуры повторяет структуру программы, это "программа в миниатюре", состоящая из заголовка и тела. *В отличие от программы, для процедур и функций наличие заголовка обязательно.*

Заголовок состоит из зарезервированного слова **procedure**, идентификатора *(имени)* процедуры и *необязательного* списка *формальных параметров*. *Тело процедуры* по своей структуре аналогично обычной программе:

```
procedure ИмяПроцедуры (ФормальныеПараметры);
{ Описательная часть процедуры }
begin
{ Инструкции исполнительной части процедуры }
end;
```

Обратите внимание — в конце тела процедуры, как и в конце программы, стоит **end**, однако после **end** ставится *точка с запятой, а не точка*.

Для обращения к процедуре используется *оператор вызова процедуры*. Он состоит из *имени* процедуры и необязательного списка *фактических параметров*, отделенных друг от друга запятыми:

ИмяПроцедуры(ФактическиеПараметры);

При вызове процедуры работа главной программы *приостанавливается* и начинает выполняться *вызванная процедура*. Когда процедура выполнит свою задачу, программа *продолжится* с оператора, следующего за оператором вызова процедуры.

Для *принудительного выхода* из процедуры в ее теле записывается оператор завершения **exit**, который обеспечивает выход во внешний блок (обычно — в основную программу).

Проимер. Написать программу вычисляющую сумму $1+x+x^2+x^3+…+x^n$.

```
Var
s,x,n,i,p:integer;
procedure power (n,m:integer; var p:integer);
var
      i:integer;
  begin
     p:=1;
     for i :=1 to m do
           p:=p*n;
     end;
```

```
begin
   write(‘Введите x‘);
   readln(x);
   write(‘Введите n‘);
   readln(n);
   s:=1;
for i:=1 to n do
   begin
      power(x,i,p);
      s:=s+p;
   end;
   readln;
end.
```

*Механизм передачи параметров

Параметры, которые указываются при описании процедур и функций, называются ***формальными***. Название "формальные" параметры получили в связи с тем, что они нужны только для записи алгоритма, а при вызове подпрограммы на их место будут *подставлены конкретные* ***фактические*** *параметры*.

Соответствие между формальными и фактическими параметрами обеспечивается выполнением следующих требований:

- формальных и фактических параметров должно быть *одинаковое количество;*
- *порядок следования* фактических и формальных параметров должен быть *один и тот же;*
- *тип* фактического параметра *должен быть совместим* с

Имеются два основных вида параметров, которые отличаются способом их передачи в подпрограмму:

- параметры-значения;
- параметры-переменные;
- параметры-константы.

Параметры-значения: Подпрограмме передается лишь *значение параметра, которое помещается в переменную, специально созданную для этой цели*. Таким образом, в подпрограмме используется *копия фактического параметра и его изменение в подпрограмме никак не скажется на значении его в самой программе*, т. к. *меняется копия*.

Поэтому параметры-значения *нельзя использовать для передачи результатов* из подпрограммы в основную программу.

Параметры-переменные: Каждому формальному параметру-переменной должен соответствовать фактический параметр в виде *переменной (выражение не допускается)*. В этом случае при вызове подпрограммы ей *передается адрес фактического параметра в памяти* и в дальнейшем подпрограмма работает именно с этой ячейкой памяти, а не с копией, как при использовании параметра-значения, т.е. если переменная меняется в подпрограмме, то она изменится и в программе

В списке формальных параметров перед ними ставится ключевое слово **var**.

Вывод: *исходные данные* в подпрограмму могут передаваться как через параметры-значения, так и через параметры-переменные, а *результаты работы* подпрограммы возвращаются в программу *только* через параметры-переменные.

Пример:

```
var a,b: integer;
procedure kub (x: integer; var y: integer);
begin
x:= x*x*x;
y:= y*y*y;
writeln(x,'      ',y);
end;
begin
a:=3; b:=2;
kub (a, b);  writeln(a,'      ',b);
end.
```

При выполнении программа выведет на экран:

```
27      8
3       8
```

Параметры-константы передаются по адресу, как параметры-переменные, но значения их запрещено изменять в подпрограмме. За этим строго следит компилятор, при нарушении запрета он выдает сообщение об ошибке.

При описании подпрограммы перед параметрами-константами добавляется служебное **слово const**, например:

```
procedure proc (const p: integer);
```

Параметры-константы — это очень хороший способ передачи исходных данных в подпрограмму, т. к. он не требует дополнительных затрат памяти для хранения копий. При этом сами исходные данные в своих ячейках памяти остаются в неприкосновенности.

*Функции

Если результатом подпрограммы является только одно значение, то имеет смысл оформить такую подпрограмму не в виде процедуры, а в виде функции.

Функция пользователя во всем аналогична процедуре, за исключением двух отличий:

- функция передает в программу результат своей работы — единственное значение, носителем которого является имя самой функции;
- имя функции может входить в выражение как операнд.

Функция, определенная пользователем, состоит из заголовка и тела функции. *Заголовок* содержит зарезервированное слово **function**, *имя* функции, *необязательный* список *формальных* параметров и ***тип*** **возвращаемого функцией значения**. *Тело функции* по своей структуре аналогично обычной программе:

```
function ИмяФункции (ФормальныеПараметры): ТипРезультата;
{ Описательная часть функции}
begin
    { Инструкции исполнительной части функции }
    ИмяФункции := Результат;
end;
```

В разделе операторов функции должен находиться по крайней мере один оператор, который присваивает ее имени значение *результата работы* функции. Если таких присваиваний *несколько*, то результатом функции будет значение *последнего* выполненного оператора присваивания. Если же такой оператор отсутствует, то значение, возвращаемое функцией, *не определено*.

Пример. Написать программу, которая находит для любых двух точек A и B плоскости находит расстояние между ними и вектор AB:

```
function rasst(x1,y1,x2,y2:real; var vect1,vect2:real):real;
  begin
    vec1:=x2-x1;
    vec2:=y2-y1;
    rasst:=sqrt(sqr(vec1)+sqr(vec2));
  end;
var
  x1,x2,y1,y2,r,vec1,vec2:real;
begin
  writeln('Введите координаты точки A');
  readln(x1,y1);
  writeln('Введите координаты точки B');
  readln(x2,y2);
```

```
r:=rasst(x1,y1,x2,y2,vec1,vec2);
   writeln('Вектор AB=(',vec1:5:2,',',vec2:5:2,')','Расстояние AB=', r:5:2);
  readln;
end.
```

Обратите внимание — функция rasst возвращает не один результат, а три, причем один из них (расстояние) передается как результат функции, а переменные vec1 и vec2 *передаются как параметры-переменные*.

Анализ приведенной программы дает основания считать функции *более универсальным видом подпрограмм*, чем процедуры, тем более что в современных версиях Pascal разрешен прямой вызов функций (по типу вызова процедуры). В некоторых языках (C/C++ и им подобных) вообще отсутствуют процедуры, и единственным видом подпрограмм являются функции.

Область видимости и время жизни переменной

Все объекты (метки, константы, типы, переменные, процедуры и функции), которые описываются в теле подпрограммы, являются *локальными объектами*, т. е. доступны *только* в пределах этой подпрограммы и недоступны вызывающей программе. Иначе говорят, что они "видимы" в той подпрограмме, в которой описаны.

При запуске любой программы для нее формируется специальная область памяти, которая называется *программным стеком*. Эта область используется для хранения локальных переменных подпрограмм, которые помещаются в стек непосредственно при вызове подпрограммы.

Параметры подпрограммы также помещаются в стек, причем для параметров-значений в стек помещается *само значение*, а для параметров-переменных — *адрес фактического* параметра, в котором хранится значение.

Кроме того, в стек помещается *точка возврата*, т. е. адрес инструкции вызывающей программы, к которой нужно вернуться после окончания работы подпрограммы.

Как только подпрограмма закончит работу, вся память, отведенная для нее в стеке, считается свободной и в дальнейшем может использоваться для данных других подпрограмм. Так обеспечивается *независимость* подпрограмм друг от друга и от основной программы.

Все объекты, описанные в вызывающей программе, называются *глобальными*. Память под глобальные переменные выделяется при компиляции программы. Эта часть памяти называется *сегментом данных*. Иначе ее называют *глобальной памятью*.

Глобальные переменные находятся в сегменте данных от начала до конца выполнения программы, поэтому *ими можно пользоваться и в программе, и во всех подпрограммах*, к которым обращается программа.

- *обмен данными* между программой и подпрограммой может производиться не только через параметры, но и *через глобальные переменные*,
- если *одно и то же имя* определено и в программе, и в подпрограмме, то внутри подпрограммы глобальный объект *недоступен*, т. е. он как бы *экранируется (маскируется)* локальным объектом с таким же именем;
- если *одно и то же имя* определено в *нескольких* подпрограммах одной программы, то в каждой подпрограмме это будут разные локальные объекты, не зависящие друг от друга (если подпрограммы не вложены одна в другую).

Для пояснения рассмотрим следующую программу:

```
var a,b,c,d: integer;
procedure prim(x: integer; var y: integer);
var c: integer;
begin
c:=1;d:=1;x:=1; y:=1;
writeln(x,' ',y,' ',c,' ',d);
end;
begin
a:=0;b:=0;c:=0;d:=0;
prim(a,b);
writeln(a,' ',b,' ',c,' ',d);
end.
```

При выполнении программа напечатает строки:

1111

0101

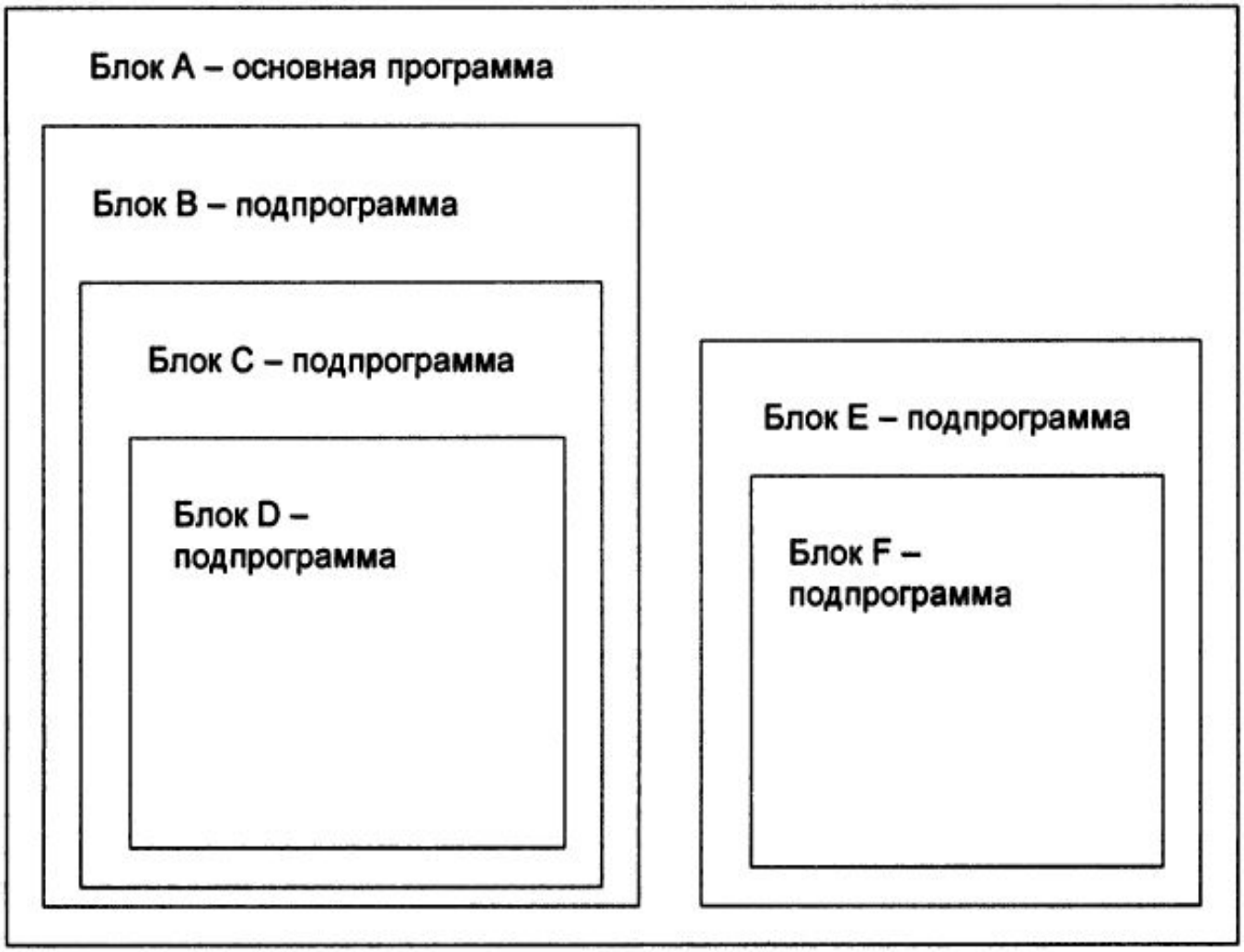
x — формальный параметр-значение, которому соответствует фактический параметр **a=0.** В процедуре его значение заменится на 1, после чего результат будет напечатан. На переменной **a** это никак не отразится, и после выполнения процедуры **a** по-прежнему будет равно нулю, **y** — параметр-переменная, поэтому при выполнении процедуры вместо **y** действия будут проводиться с переменной b, которая получит значение 1. **c** — локальная переменная, которая маскирует глобальную переменную **c** основной программы, **d**— глобальная переменная.

*Вложенные процедуры и функции

В Pascal допускается *любой уровень вложенности процедур и функций*. Процедура, описанная в основной программе, в свою очередь, может содержать описания внутренних процедур и функций. При этом объекты, описанные в вызывающей процедуре, являются *глобальными по отношению к вызываемой процедуре*.

- имена объектов, описанных в некотором блоке, считаются известными в пределах данного блока, включая и все вложенные блоки;
- имена объектов, описанных в блоке, должны быть уникальны в пределах данного блока и могут совпадать с именами объектов из других блоков;
- если в некотором блоке описан объект, имя которого совпадает с именем объекта, описанного в вышестоящем блоке, то это последнее имя становится недоступным в

Если применить эти правила к схеме, можно сказать, что объекты, описанные в блоке *B*, известны (видимы), кроме самого блока *B*, еще и в блоках С и Д, но невидимы в блоке *A*. Объекты, описанные в блоке *F*, видимы только в пределах этого блока.



* Рекомендации по разработке программ

- При разработке программ с большим количеством подпрограмм всегда стремитесь сократить число глобальных переменных до минимума, давайте им осмысленные имена и держите каждую из них под постоянным контролем;
- все рабочие переменные, которые используются в подпрограмме для реализации ее алгоритма, описывайте как локальные; при этом желательно, чтобы имена переменных не совпадали с именами глобальных переменных;
- если планируется использование подпрограммы в нескольких разных программах, в ней вообще не должны использоваться глобальные переменные, т. е. она должна быть полностью *автономной* и должна обмениваться данными с основной программой только через параметры;
- избегайте вложенных процедур, т. к. при их использовании вероятность нечаянно изменить значение переменной резко возрастает.

Домашнее задание

1. Составить опорный конспект лекции по теме «Процедуры и функции» на основе презентации.

2. Программирование на языке Pascal. Рапаков Г. Г., Ржеуцкая С. Ю. СПб.: БХВ-Петербург, 2004, стр. стр. 157-174.

Составить программы с использованием процедур и функций:

- Пользователь вводит натуральное число. Вывести на экран все его простые делители (простое число делится нацело только на 1 и на само себя).
- Пользователь вводит размерность массива и его натуральные элементы. Найти элемент массива в записи которого наибольшее количество нулей.