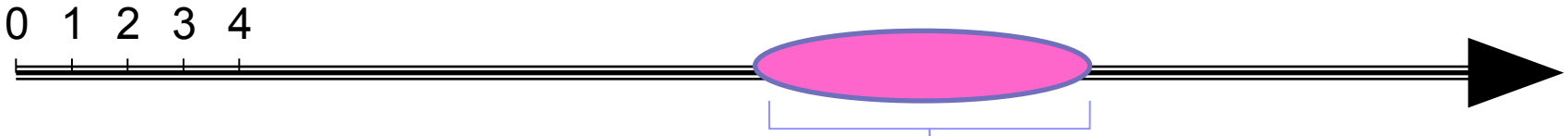
2021

Глава 6 Использование динамически выделяемой памяти

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Факультет Информатика и системы управления
Кафедра Компьютерные системы и сети
Лектор: д.т.н., проф.
Иванова Галина Сергеевна

6.1 Адресация оперативной памяти. Указатели и операции над ними

Минимальная адресуемая единица памяти большинства современных процессоров – ***байт***. Байты памяти нумеруют, начиная с нуля.



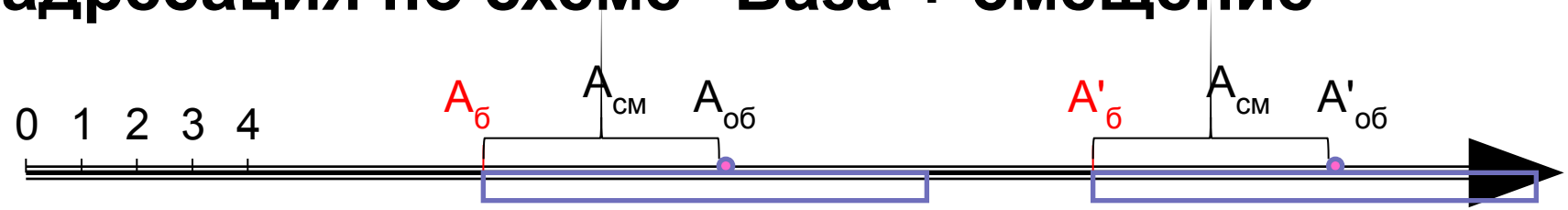
Физический адрес $A_ф$ – номер байта оперативной памяти.

Адрес первого (младшего) байта.

Объем занимаемой памяти, т.е. количество байтов в памяти.

Размещаемая в памяти компьютера информация: числовые и текстовые данные, а также машинные коды программы - обычно имеют размер более 1 байта, т.е. занимают в памяти некоторое количество байтов.

Относительная адресация памяти или адресация по схеме "База + смещение"



$$A_ф = A_б + A_{см},$$

где $A_б$ – адрес базы – адрес, относительно которого считают остальные адреса;

$A_{см}$ – смещение – разность физического и базового адресов.

Адресация по схеме "База + смещение" обеспечивает "перемещаемость" программ и данных в памяти, т.е. загрузку в разные места оперативной памяти в зависимости от того, какой участок памяти свобод.

Указатель – тип данных, используемый для хранения ***смещений***.

В памяти занимает 4 байта, адресует сегмент размером $V = 2^{32} = 4$ Гб.

При сегментной модели памяти базовый адрес = адрес сегмента.

Типизированные и нетипизированные указатели

Различают указатели:

- типизированные – адресующие данные конкретного типа;
- нетипизированные – не связанные с данными определенного типа.

Объявление типизированного указателя:

Объявление нетипизированного указателя: **`pointer`**

Примеры:

а)
```
Type tpi=^integer;
Var pi:tpi;
```
или
```
Var pi: ^integer;
```

б)
```
Var p:pointer;
```

в)
```
Type pp = ^percon;
     percon = record
                name: string:
                next: pp;
              end;
```

г)
```
Var r:^integer = nil;
```

Операции присваивания и получения адреса

1. *Присваивание*. Допускается присваивать указателю только значение того же или неопределенного типа.

Пример:

```
Var       p1,p2: ^integer;
          p3: ^real;
          p: pointer;...
```

{допустимые операции}

```
p1:=p2;    p:=p3;   p1:=p;   p1:=nil;  p:=nil;  ...
```

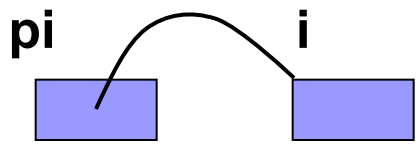
{недопустимые операции}

```
p3:=p2;   p1:=p3;
```

2. *Получение адреса.* Результат операции – указатель типа pointer – может присвоен любому указателю.

Пример:

```
Var i:integer;
    pi: ^integer;
    ...  pi:=@i;
```



Операции доступа и отношения

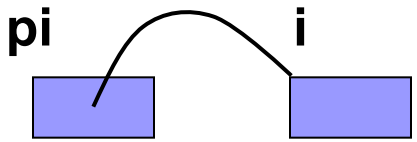
3. *Доступ к данным по указателю (операция разыменования).*

Полученное значение имеет тип, совпадающий с базовым типом данных указателя.

Нетипизированные указатели разыменовывать нельзя.

Примеры:

```
j:=pi^;
pi^:= pi^+2;
```



4. *Операции отношения:* проверка *равенства* (=) и *неравенства* (< >).

Примеры:

```
sign := p1 = p2;
if p1<>nil then ...
```

Подпрограммы, работающие с указателями

1. Функция **`ADDR(x): pointer`** – возвращает адрес объекта x, в качестве которого может быть указано имя переменной, функции, процедуры.

Пример:

```
Data:=Addr(NodeNumber); ↔ Data:= @NodeNumber;
```

2. Функция **`Assigned(const P): Boolean`** – проверяет присвоено ли значение указателю (true – если присвоено).

Пример:

```
if Assigned (P) then Writeln ('You won''t see this');
```

3. Функция **`Ptr(Address: Integer): Pointer`** – преобразует число в указатель.

Пример:

```
p:=Ptr(a);
```

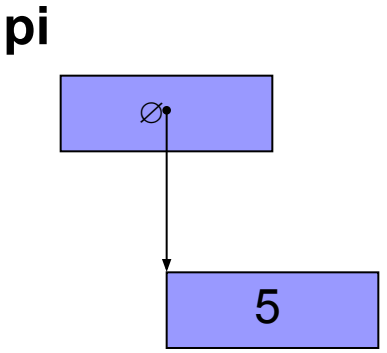
6.2 Динамическое распределение памяти

Управление выделением и освобождением памяти осуществляется посредством специальных процедур и функций:

1. Процедура **New(var P: ^<тип>)** – выделяет память для размещения переменной, размер определяется типом указателя.
2. Процедура **Dispose(var P: ^<тип>)** – освобождает выделенную память.

Пример:

```
Var pi:^integer;...
   if Assigned(pi) then ... {false}
   New(pi);
   pi^:=5;
   Dispose(pi);
   if Assigned(pi) then ... {true}
   ...
```



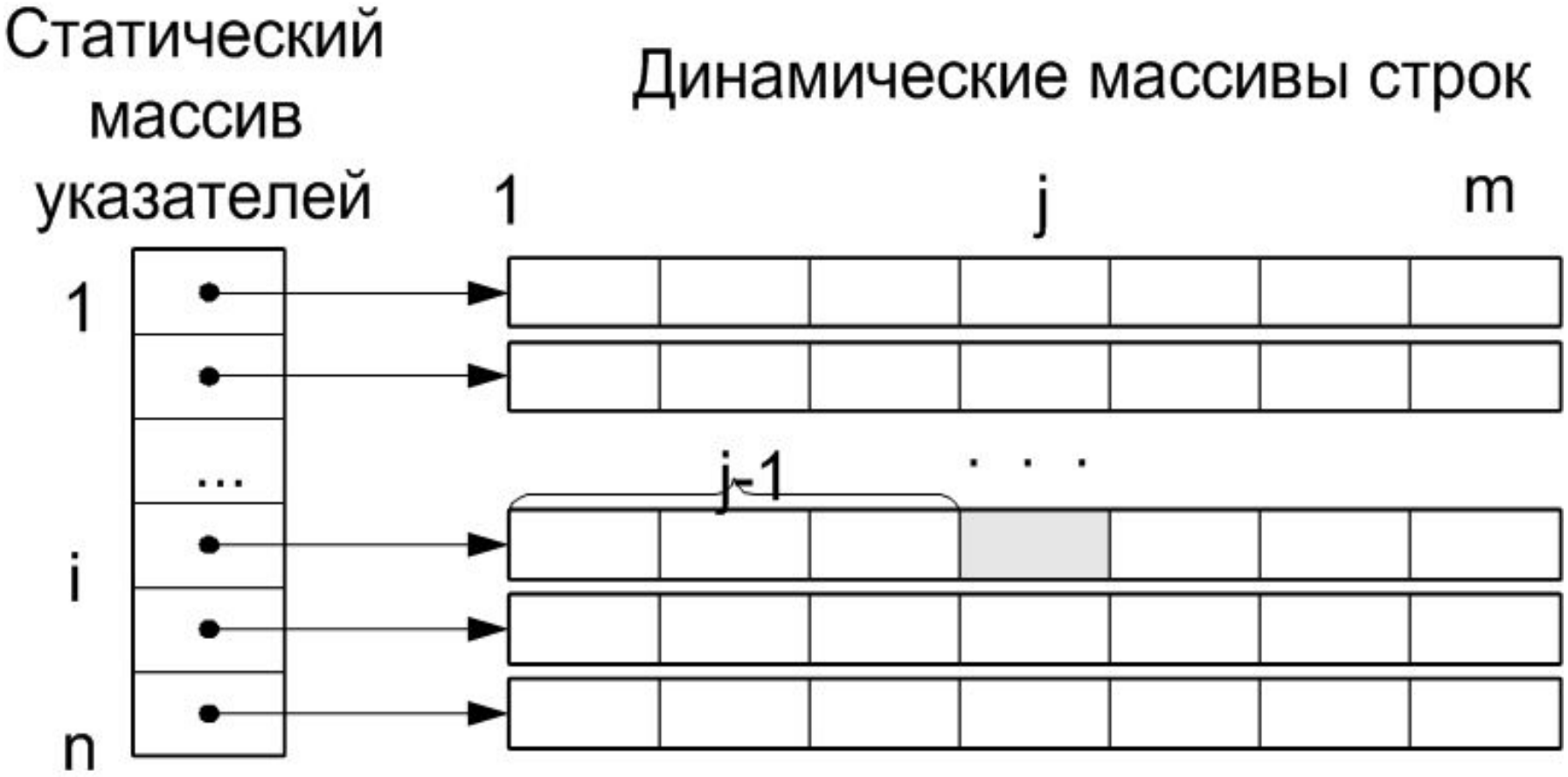
Подпрограммы динамического распределения (2)

3. Процедура **`GetMem(var P: Pointer; Size: Integer)`** – выделяет указанное количество памяти и помещает ее адрес в указатель.
4. Процедура **`FreeMem(var P: Pointer[; Size: Integer])`** – освобождает выделенную память.
5. Функция **`SizeOf(X): Integer`** – возвращает размер переменной в байтах.

Пример:

```
Var Buffer: ^array[1..100] of byte;
   ...
   GetMem(Buffer,SizeOf(Buffer));
   Buffer^[1]:=125;
   ...
   FreeMem(Buffer,sizeof(Buffer));…
```

Динамическая матрица



Программа

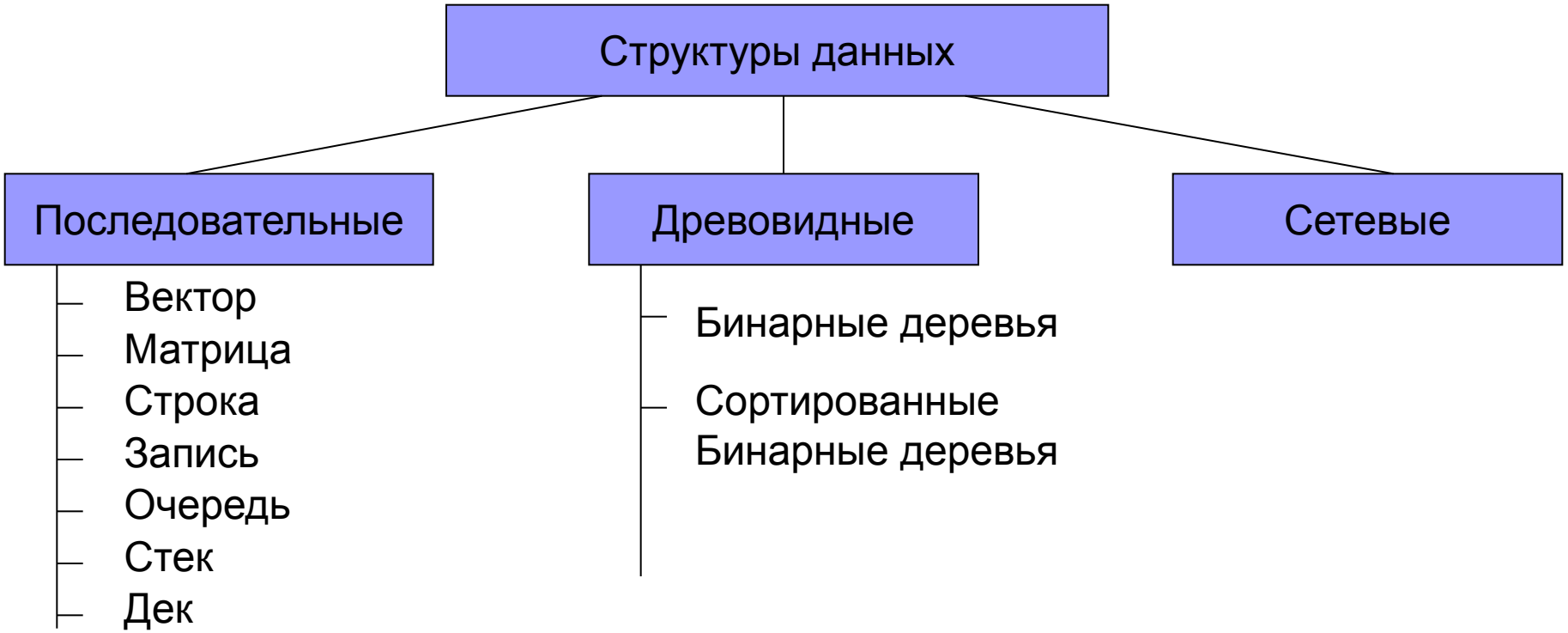
```
Program Ex6_1;
{$APPTYPE CONSOLE}
Uses  SysUtils;
Var   i,j,n,m:word;   s:single;
      ptrstr:array[1..10000] of pointer;
Type   tpsingle=^single;

{Функция вычисления адреса}
Function AddrR(i,j:word):tpsingle;
begin
   AddrR:=Ptr(Integer(ptrstr[i])+(j-1)*SizeOf(single));
end;
```

Программа (2)

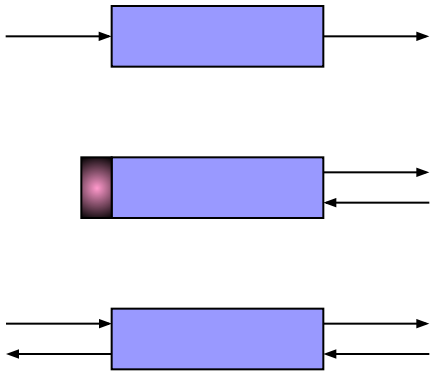
```
Begin
   Randomize;
   WriteLn('Input n,m');       ReadLn(n,m);
   for i:=1 to n do
      begin
         GetMem(ptrstr[i],m*sizeof(single));
         for j:=1 to m do AddrR(i,j)^:=Random;
      end;
   s:=0;
   for i:=1 to n do
       for j:=1 to m do   s:=s+AddrR(i,j)^;
   WriteLn('Summa =',s:15:10);
   WriteLn('Middle value =',s/(n*m):15:10);
   for i:=1 to n do  FreeMem(ptrstr[i],m*SizeOf(single));
   ReadLn;
End.
```

6.3 Динамические структуры данных



Динамические линейные структуры

1. Очередь – структура данных, реализующая: добавление – в конец, а удаление – из начала.
2. Стек – структура данных, реализующая: добавление и удаление с одной стороны.
3. Дек – структура данных, реализующая: добавление и удаление с двух сторон.



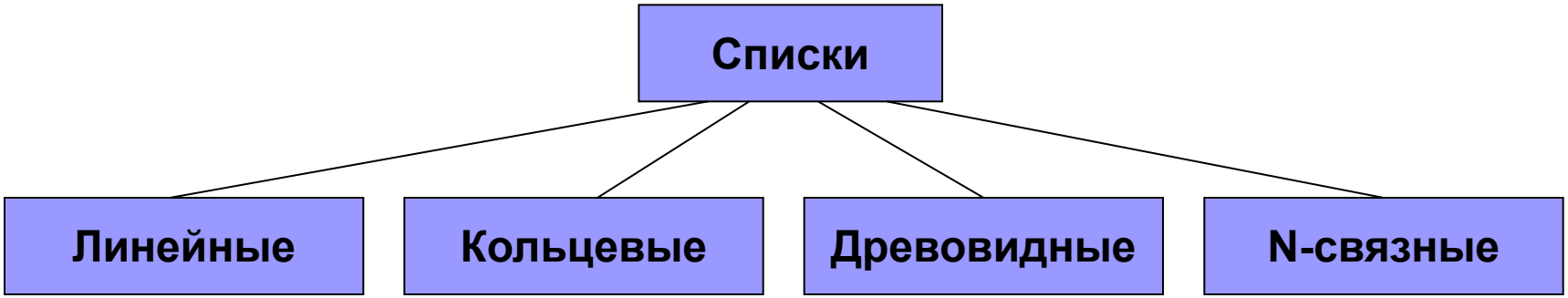
Списки

Список – способ организации данных, предполагающий использование указателей для определения следующего элемента.

Элемент списка состоит из двух частей: *информационной* и *адресной*.

Информационная часть содержит поля данных.

Адресная – включает от одного до n указателей, содержащих адреса следующих элементов. Количество связей, между соседними элементами списка определяет его связность: односвязные, двусвязные, n-связные.

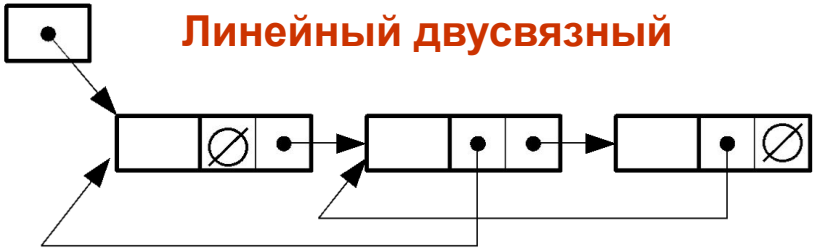


Виды списков

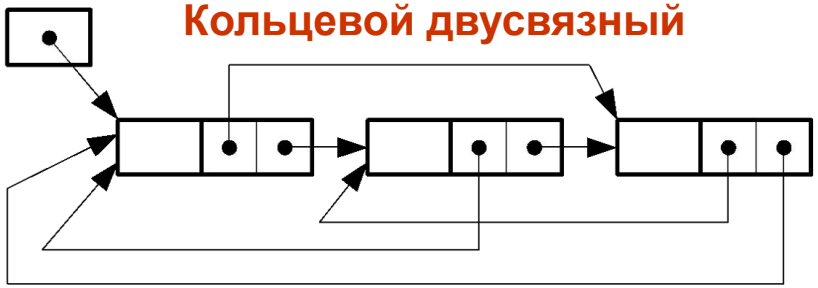
Линейный односвязный

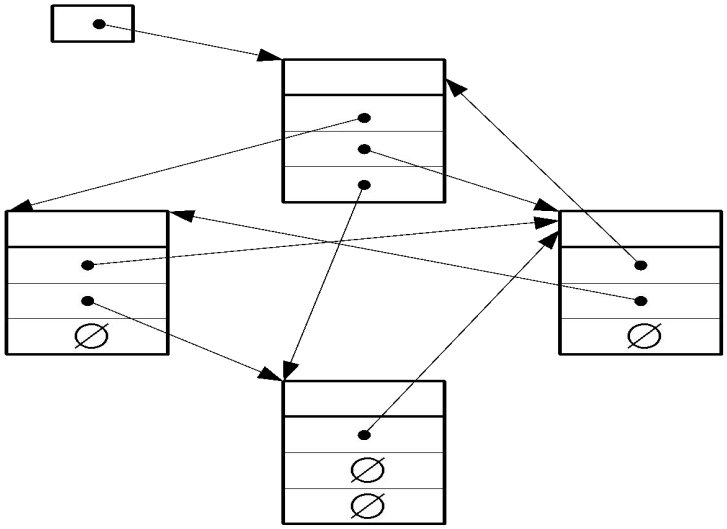
Кольцевой односвязный

Линейный двусвязный



Кольцевой двусвязный





Сетевой n-связный

Примеры описания элементов списка

Односвязный список:

```
Type pe = ^element;          {тип указателя}
     element = record
          name: string[16];   {информационное поле 1}
          telefon:string[7];  {информационное поле 2}
          p: pe;              {адресное поле}
     end;
```

Двусвязный список:

```
Type pe = ^element;          {тип указателя}
     element = record
          name: string[16];   {информационное поле 1}
          telefon:string[7];  {информационное поле 2}
          prev: pe;      {адресное поле «предыдущий»}
          next: pe;      {адресное поле «следующий»}
     end;
```

6.4 Односвязные списки

Аналогично одномерным массивам реализуют последовательность элементов. Однако в отличие от одномерных массивов позволяют:

- работать **с произвольным количеством элементов**, добавляя и удаляя их по мере необходимости;
- осуществлять вставку и удаление записей, **не перемещая остальных элементов последовательности**;

но

- **не допускают прямого обращения к элементу по индексу;**
- **требуют больше памяти для размещения.**

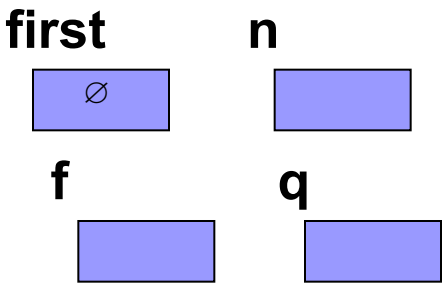
Объявление типа элемента и переменных

Описание типа элемента:

```
Type tpel=^element;      {тип «указатель на элемент»}
     element=record
         num:integer;    {число}
         p:tpel;         {указатель на следующий элемент}
     end;
```

Описание переменной – указателя списка и несколько переменных-указателей в статической памяти:

```
Var first,               {адрес первого элемента}
    n,f,q:tpel;          {вспомогательные указатели}
```



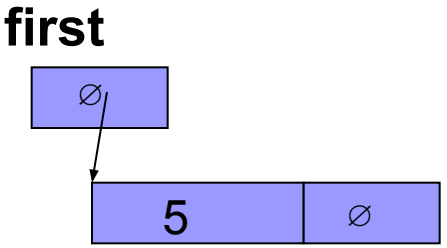
Исходное состояние – «список пуст»:

```
first:=nil;
```

Добавление элементов к списку

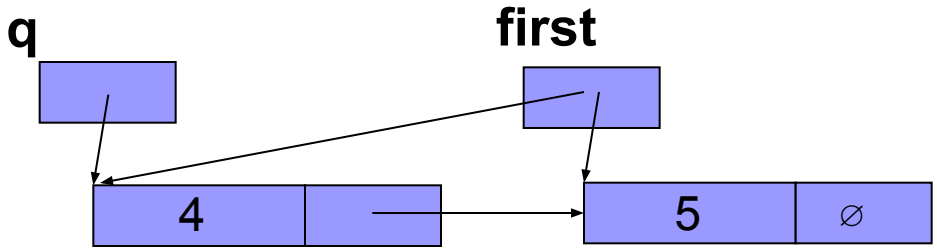
1 Добавление элемента к пустому списку:

```
new(first);
first ^.num:=5;
first ^.p:=nil;
```



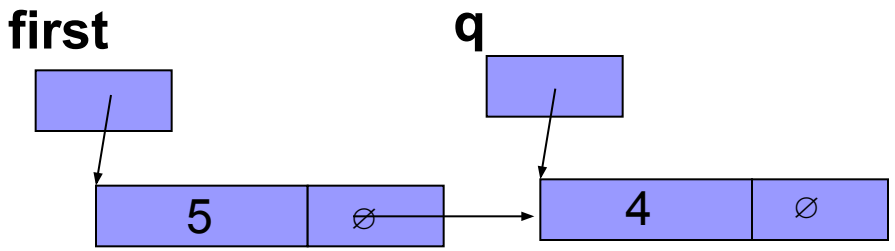
2 Добавление элемента перед первым (по типу стека):

```
new(q);
q^.num:=4;
q^.p:=first;
first:=q;
```



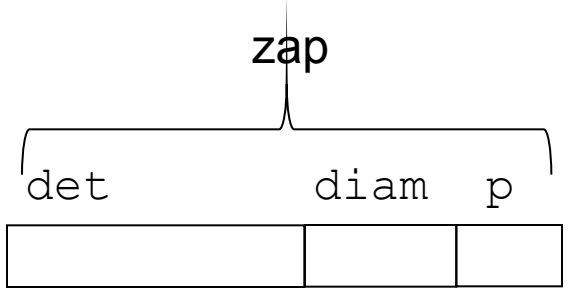
3 Добавление элемента после первого (по типу очереди):

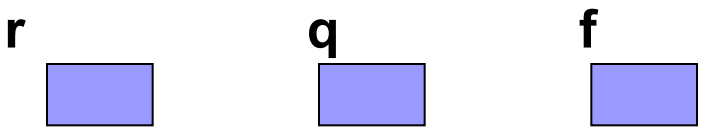
```
new(q);
q^.num:=4;
q^.p:=nil;
first^.p:=q;
```

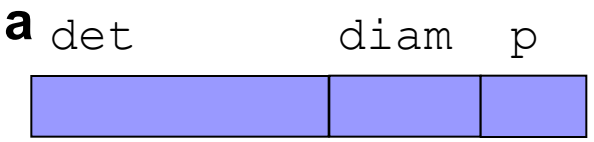


«Стек» записей

```
Program Ex6_2;
{$APPTYPE CONSOLE}
Uses  SysUtils;
Type point=^zap;
     zap=record
          det:string[10];
          diam:real;
          p:point;
         end;
Var r,q,f:point;
     a:zap;
     c:integer;
Begin new(r);
      r^.p:=nil;
      Writeln('Input name, diam');
      Readln(r^.det,r^.diam);
```

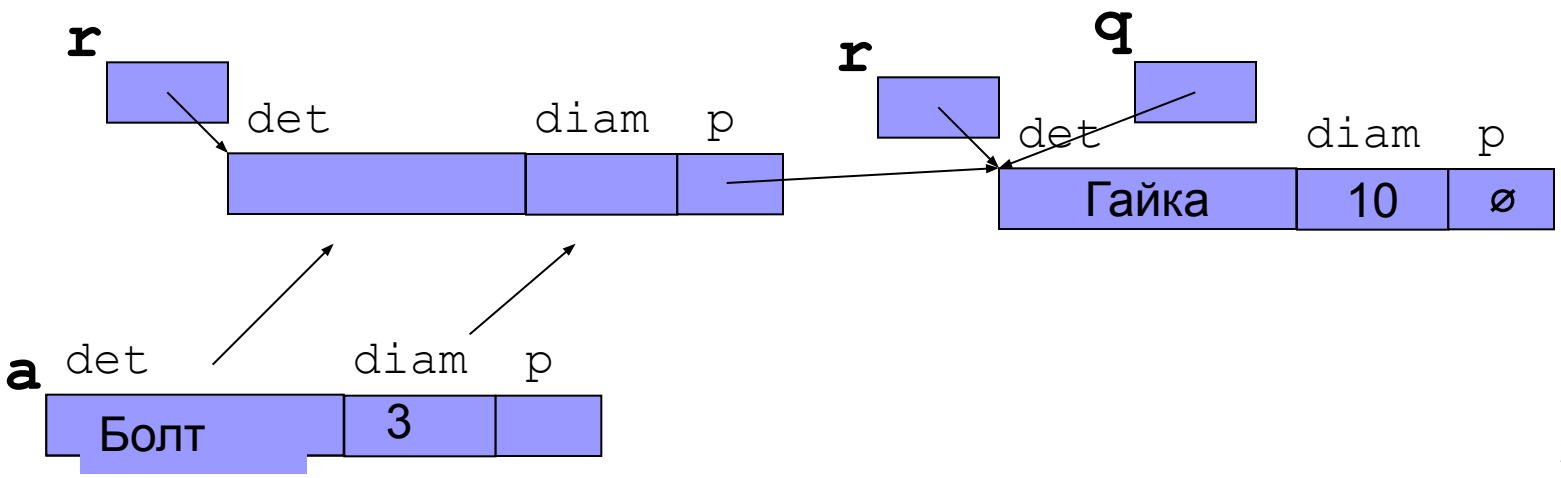






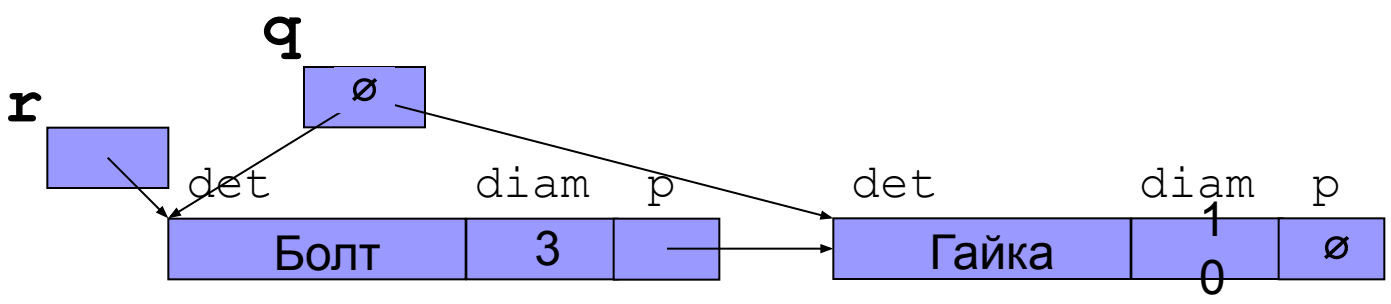
Создание списка по типу стека

```
ReadLn(a.det);
while a.det<>'end' do
      begin Readln(a.diam);
            q:=r;
      new(r);
            r^.det:=a.det;
      r^.diam:=a.diam;
            r^.p:=q;
            ReadLn(a.det);
      end;
```

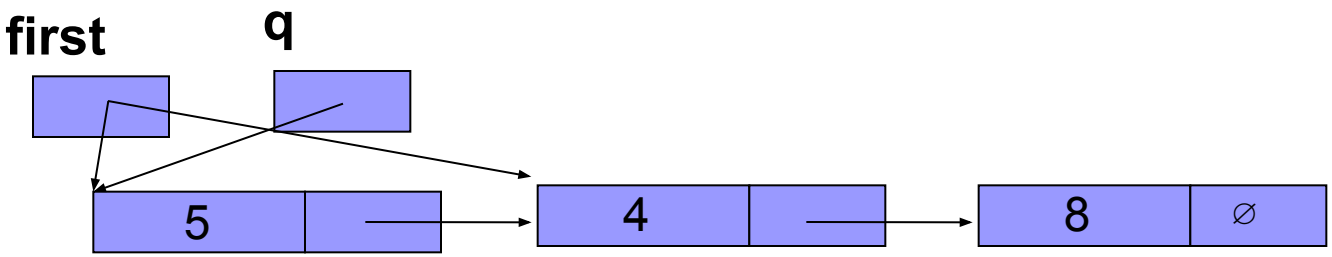


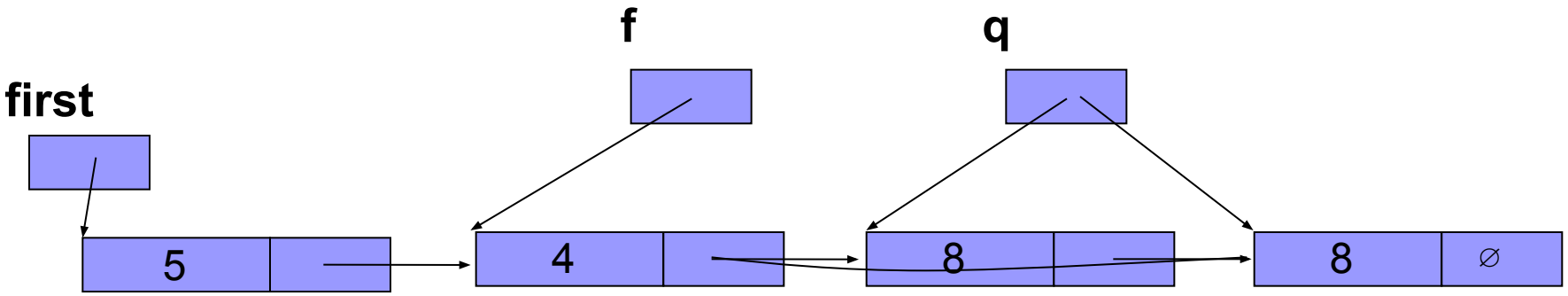
Вывод полученного списка

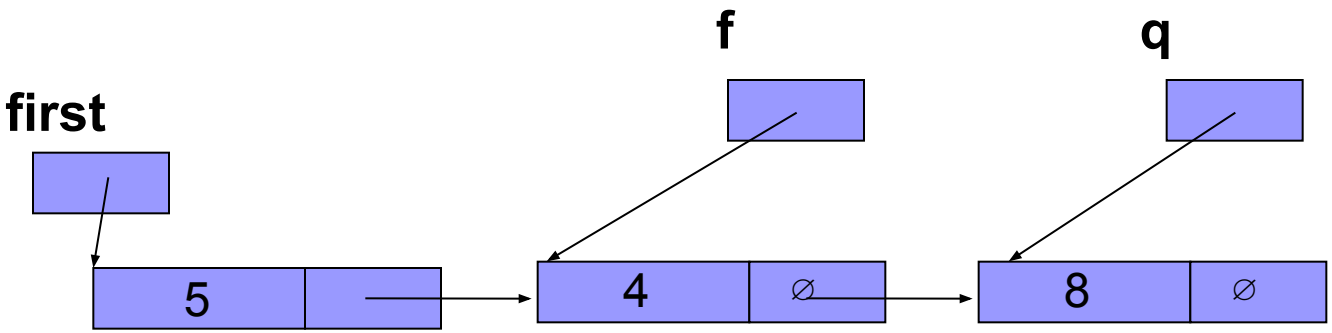
```
q:=r;
if q=nil then WriteLn('No records')
else
   while q<>nil do
     begin
        WriteLn(q^.det:11,q^.diam:5:1);
        q:=q^.p;
     end;
```



Варианты удаления элементов

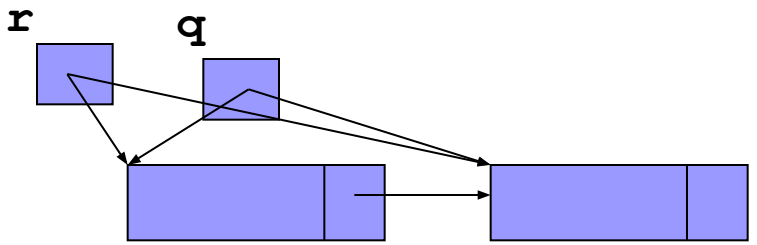


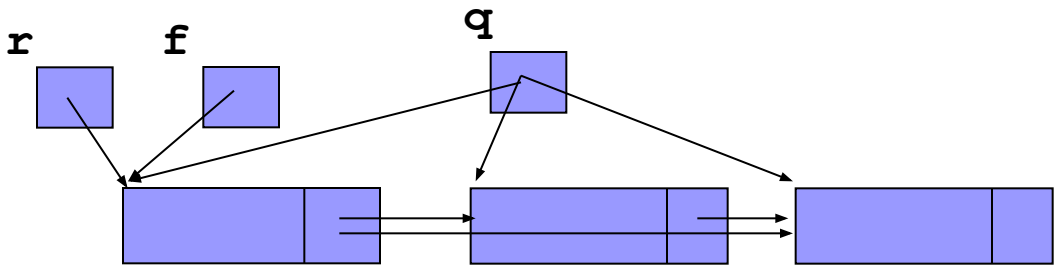




Удаление записей

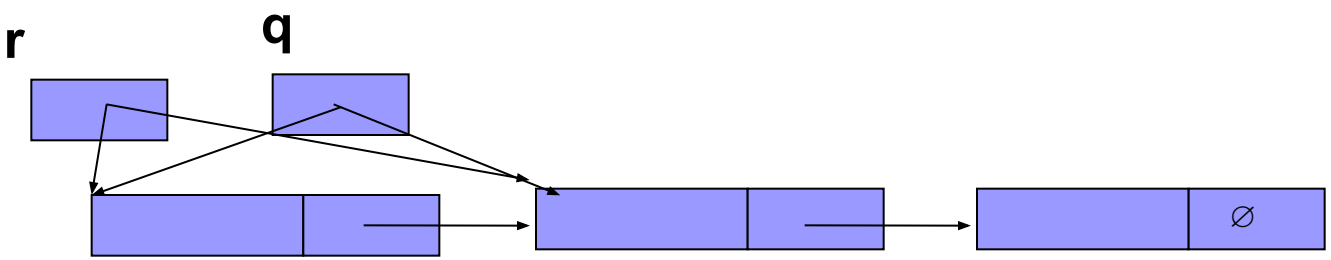
```
q:=r;
c:=0;
repeat
  if q^.diam<1 then
    if c=0 then
      begin r:=r^.p;
         dispose(q); q:=r
   end
    else
   begin q:=q^.p;
            dispose(f^.p); f^.p:=q
      end
  else
    begin f:=q;
          q:=q^.p;
          c:=1
    end;
 until q=nil;
```





Вывод результата и освобождение памяти

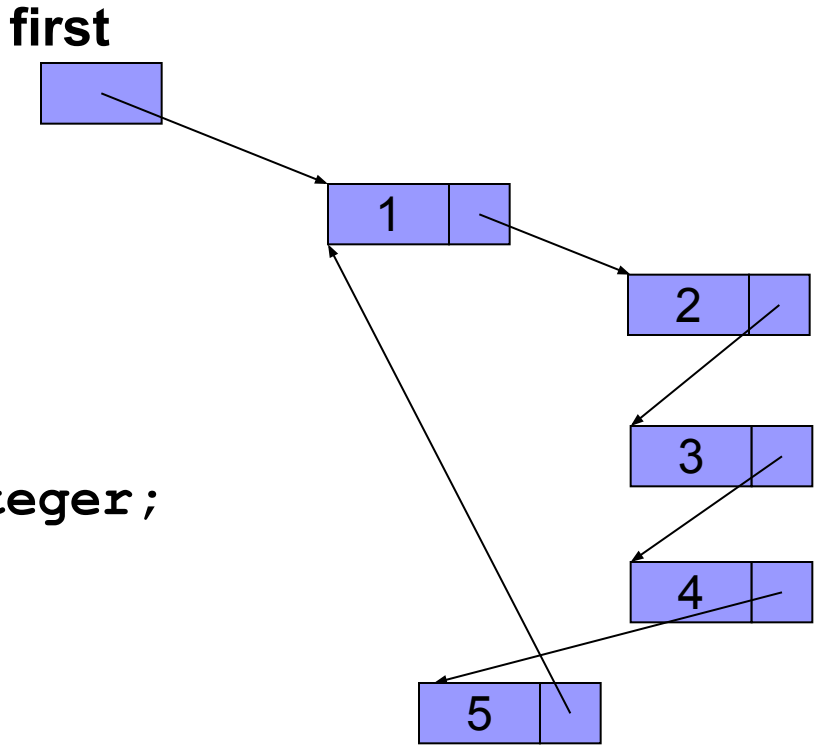
```
      q:=r;
      if q=nil then WriteLn('No records')
      else
         while q<>nil do
           begin
              WriteLn(r^.det:11,r^.diam:5:1);
              r:=r^.p;
              dispose(q);
              q=r;
           end;
  ReadLn;
End.
```



Кольцевой список

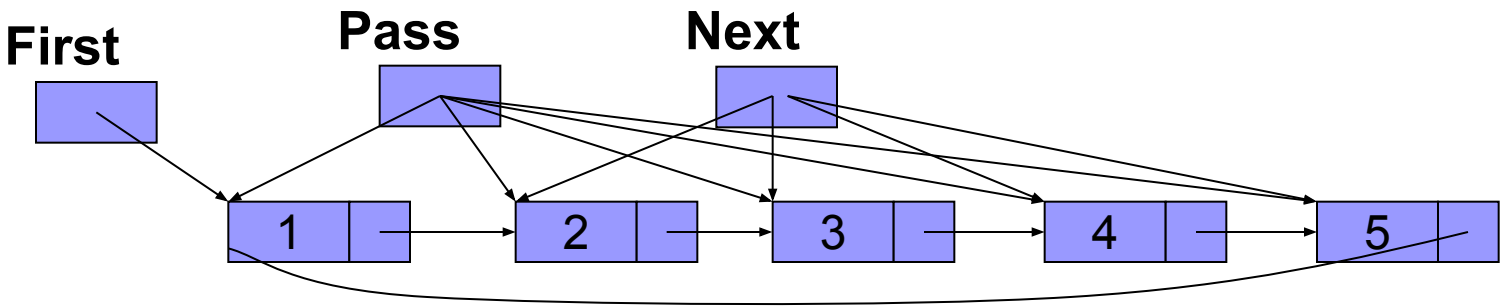
```
1 2 3 4 5

Program Ex6_3;
{$APPTYPE CONSOLE}
Uses  SysUtils;
Var y:integer;
Function Play(n,m:integer):integer;
Type child_ptr=^child;
     child=record
             name:integer;
             p:child_ptr;
           end;
Var First,Next,Pass:child_ptr;
    j,k:integer;
```



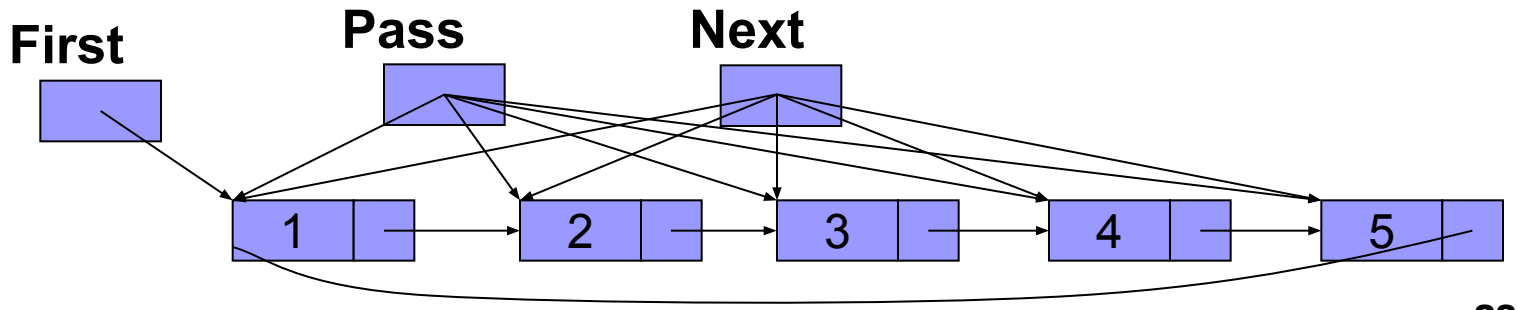
Создание списка

```
begin { Создание списка }
      new(First);
      First^.name:=1;
      Pass:=First;
      for k:=2 to N do
         begin  new(Next);
                Next^.name:=k;
                Pass^.p:=Next;
                Pass:=Next;
         end;
      Pass^.p:=First; {Замыкание круга}
```



Проход по кольцу n-1 раз

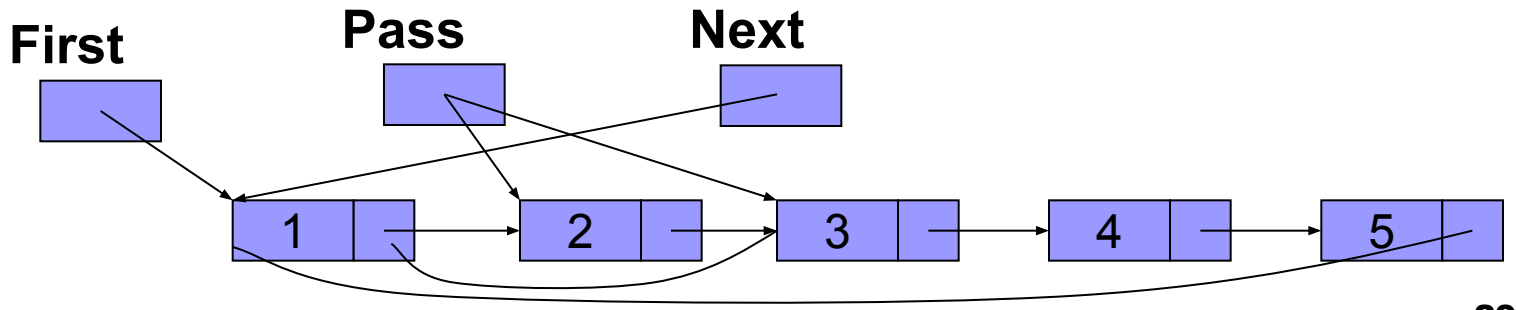
```
Pass:=First;
for k:=n downto 2 do
   begin
      for j:=1 to m-1 do
         begin
           Next:=Pass;
           Pass:=Pass^.p;
         end;
```



Удаление m-го элемента. Основная программа

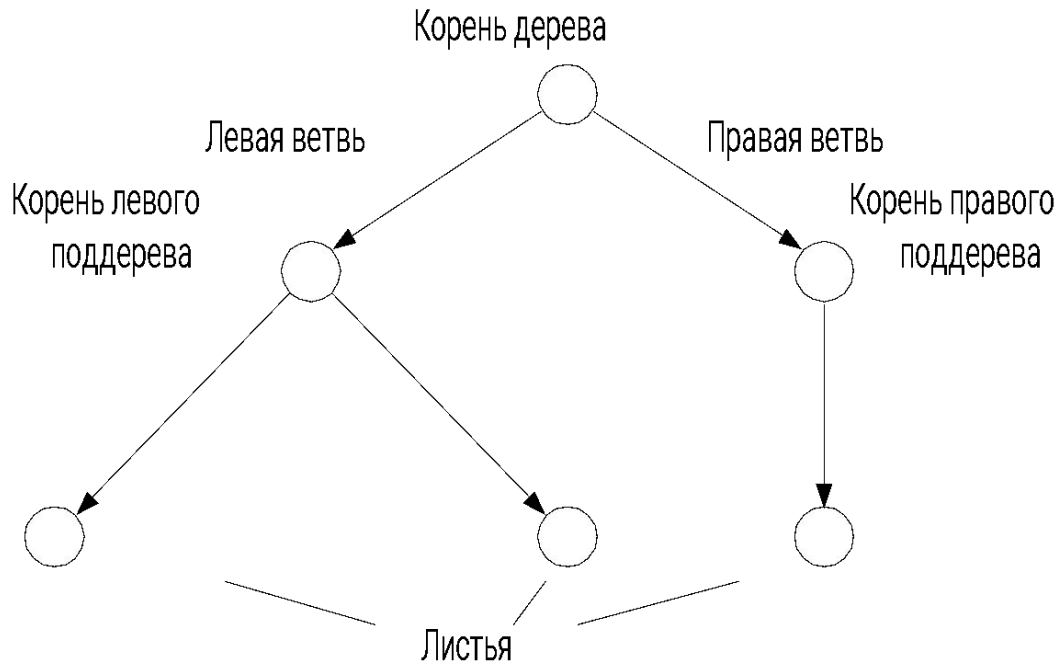
```
      WriteLn(Pass^.name);
      Next^.p:=Pass^.p;
      dispose(Pass);
      Pass:=Next^.p;
    end;
  {Возврат результата}
   Play:=Pass^.name;
   dispose(Pass);
end;
```

```
Begin
    y:=Play(5,7);
    WriteLn('Result =',y:2);
    ReadLn;
End.
```



6.5 Бинарные сортированные деревья

В математике ***бинарным деревом*** называют конечное множество вершин, которое либо пусто, либо состоит из корня и не более чем двух непересекающихся бинарных деревьев, называемых левым и правым поддеревьями данного корня.

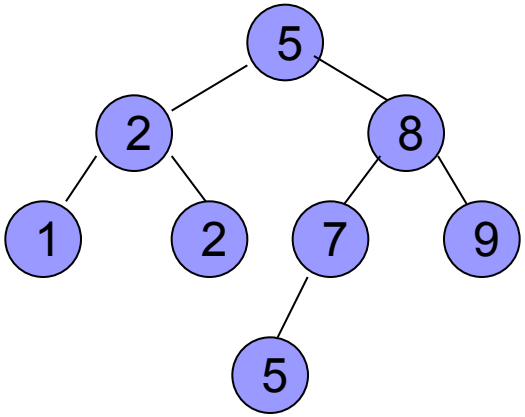


Вершины, из которых не выходит ни одной ветви, называют ***листьями***

Сортированные бинарные деревья, строятся по правилу: *ключевое поле левого поддерева должно содержать значение меньше, чем в корне, а ключевое поле правого поддерева – значение больше или равное значению в корне*.

Построение бинарного дерева

Рассмотрим последовательность целых чисел: {5, 2, 8, 7, 2, 9, 1, 5}



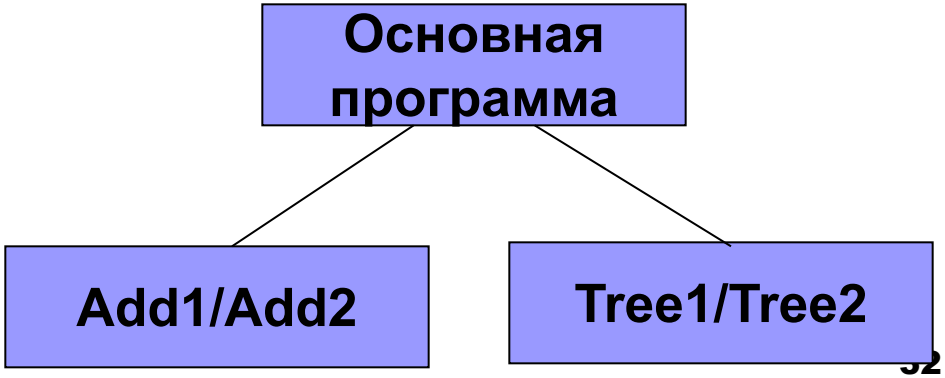
Пример. Разработать программу сортировки последовательности чисел с использованием бинарного дерева.

Описание элемента древовидного списка

```
Program Ex6_4;
{$APPTYPE CONSOLE}
Uses SysUtils;
Const lim=100;
Type top_ptr=^top;
     top=record
           value:integer;
           left,right:top_ptr;
         end;
Var next_number:integer;
    r,pass:top_ptr;
```

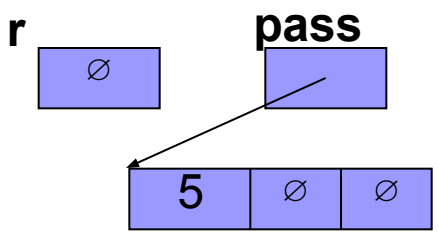
1 – нерекурсивный вариант;
2 – рекурсивный вариант

Схема структурная ПО



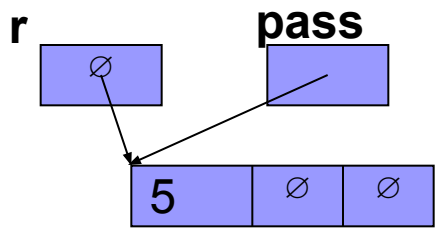
Основная программа

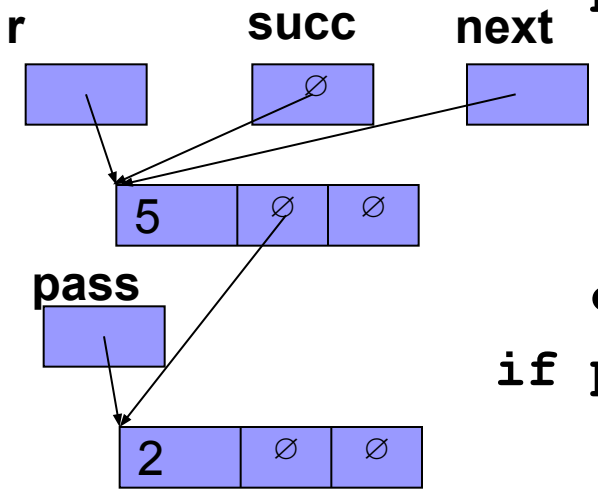
```
Begin WriteLn('Input numbers (End - 1000)');
      r:=nil;
      Read(next_number);
      while next_number<>1000 do
        begin new(pass);
        with pass^ do
            begin value:=next_number;
                        left:=nil;  right:=nil;
                end;
              Add1(r,pass);
              Read(next_number)
       end;
      ReadLn;
      WriteLn('Result:');
      Tree1(r); ReadLn;
End.
```



Нерекурсивная процедура построения дерева

```
Procedure Add1(Var r:top_ptr; pass:top_ptr);
Var next,succ:top_ptr;
Begin if r=nil then r:=pass
      else
        begin  succ:=r;
               while succ<>nil do
                 begin next:=succ;
                       if pass^.value<succ^.value then
                            succ:=succ^.left
                       else succ:=succ^.right;
                 end;
               if pass^.value<next^.value then
                    next^.left:=pass
               else next^.right:=pass;
        end;
End;
```





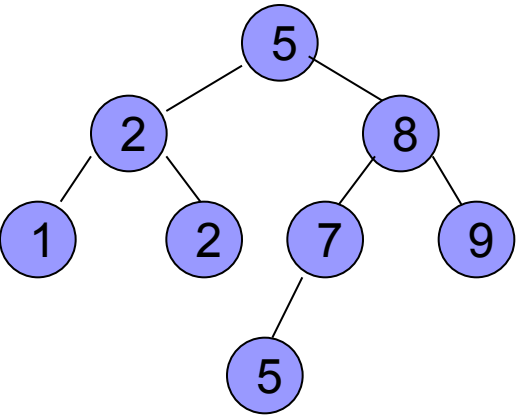
Рекурсивная процедура построения дерева

```
Procedure Add2(Var r:top_ptr; pass:top_ptr);
begin
   if r=nil then r:=pass
   else
      if (pass^.value<r^.value) then
           Add2(r^.left,pass)
      else Add2(r^.right,pass);
end;
```

Нерекурсивная процедура обхода дерева

```
Procedure Tree1(r:top_ptr);
var pass:top_ptr;
    mem_top:record
              nom:0..lim;
              adres:array[1..lim] of top_ptr;
            end;
  begin pass:=r;
```

Нерекурсивная процедура обхода дерева (2)




```
with mem_top do
 begin nom:=0;
            while (pass<>nil) or (nom<>0) do
            if pass<>nil then
              begin
                 if nom=lim then
                    begin Writeln('Error lim'); exit;
                    end;
                 nom:=nom+1;
                 adres[nom]:=pass;
                 pass:=pass^.left;
              end
           else begin pass:=adres[nom];
                      nom:=nom-1;
                      writeln(pass^.value);
                      pass:=pass^.right;
                end;
      end;
end;
```

Рекурсивная процедура обхода дерева

```
Procedure Tree2(r:top_ptr);
begin
  if r<>nil then
       begin
          Tree2(r^.left);
          Write(r^.value:4);
          Tree2(r^.right);
       end;
end;
```

Кроме этого при работе с деревом необходимо предусмотреть процедуру освобождения памяти, занятой двоичных деревом.