

Глава 6 Использование динамически выделяемой памяти

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Факультет Информатика и системы
управления

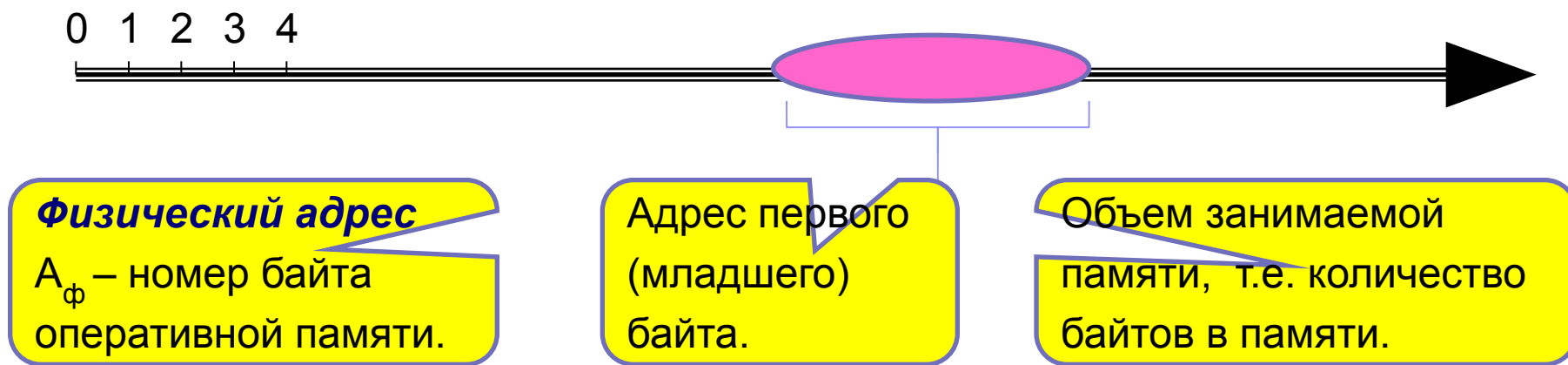
Кафедра Компьютерные системы и сети

Лектор: д.т.н., проф.

Иванова Галина Сергеевна

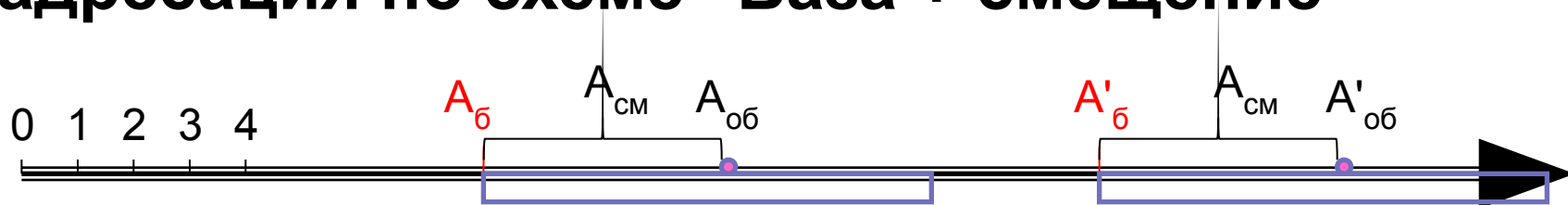
6.1 Адресация оперативной памяти. Указатели и операции над ними

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



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"



$$A_{\text{ф}} = A_{\text{б}} + A_{\text{см}},$$

где $A_{\text{б}}$ – адрес базы – адрес, относительно которого считают остальные адреса;

$A_{\text{см}}$ – 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. 3

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; ...
```

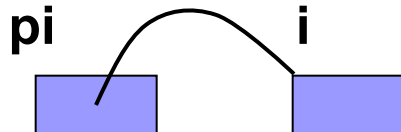
{недопустимые операции}

```
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).*

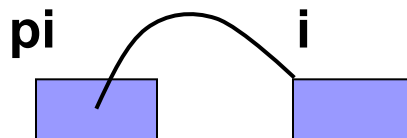
Полученное значение имеет тип, совпадающий с базовым типом данных указателя.

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) ;
```

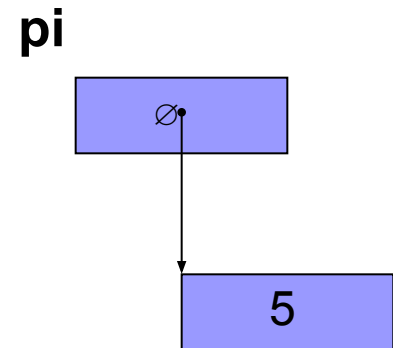
6.2 Динамическое распределение памяти

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

Статический
массив

Динамические массивы строк

указателей

1

j

m

1

•

•

...

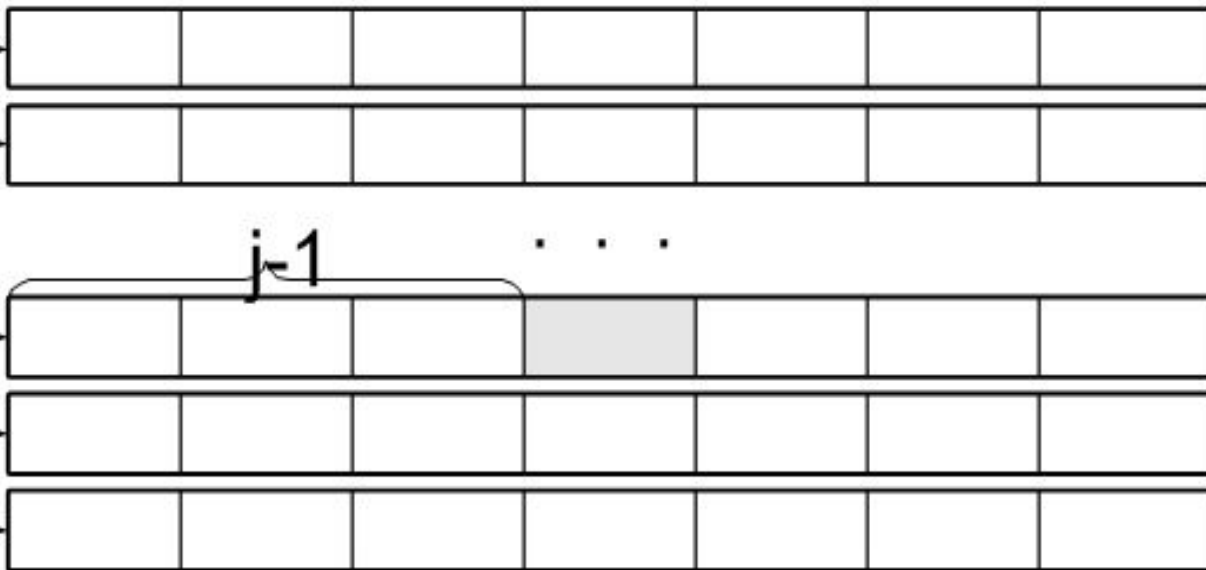
i

•

•

n

•



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);

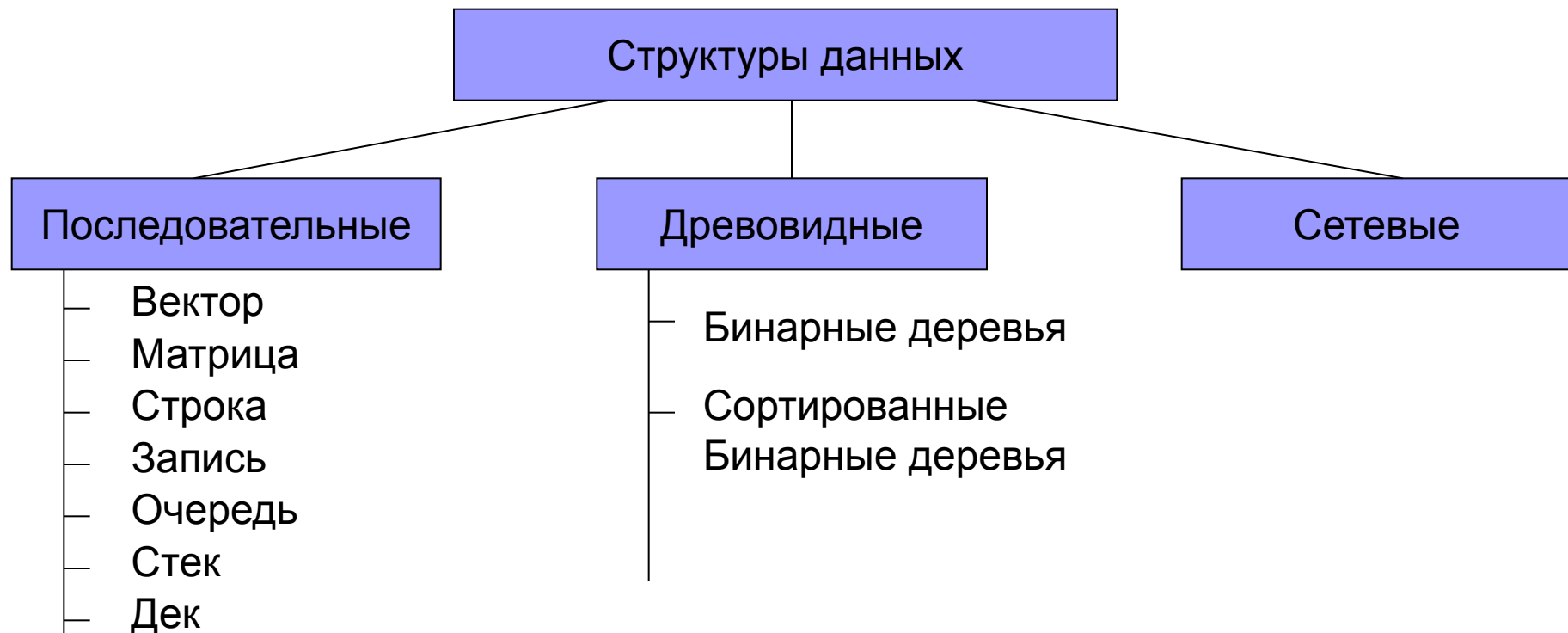
WriteLn('Middle value =',s/(n*m):15:10);

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.



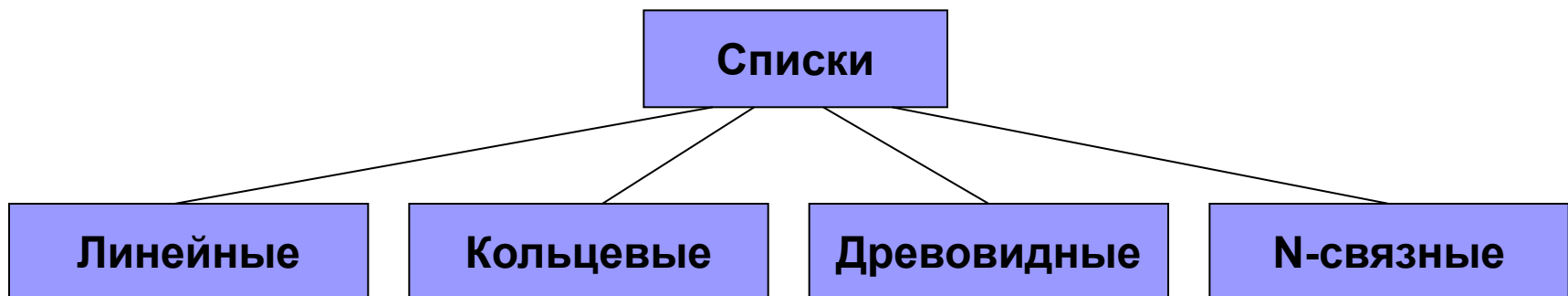
Списки

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

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

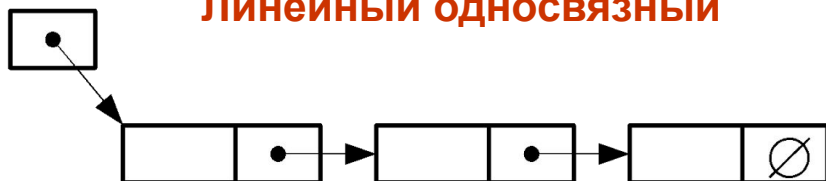
Информационная часть содержит поля данных.

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

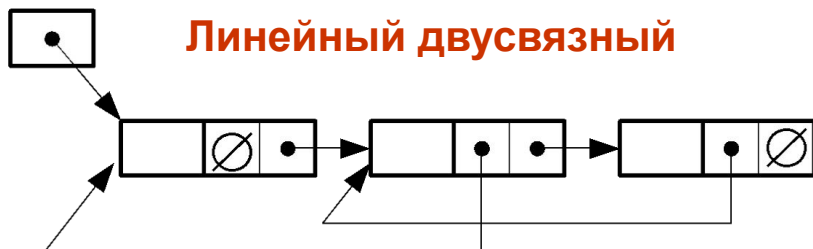
Линейный односвязный



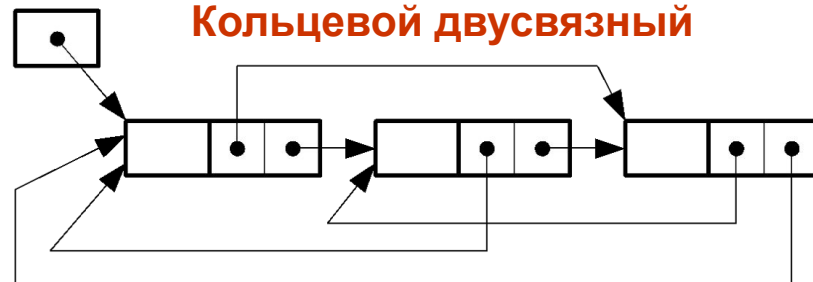
Кольцевой односвязный



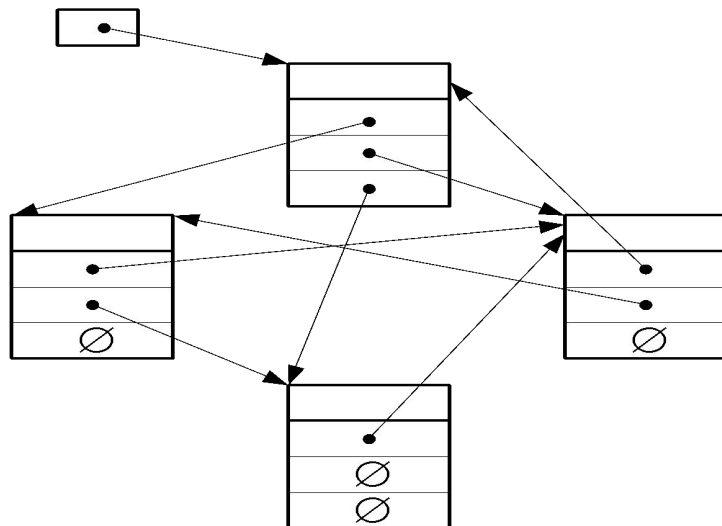
Линейный двусвязный



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.**

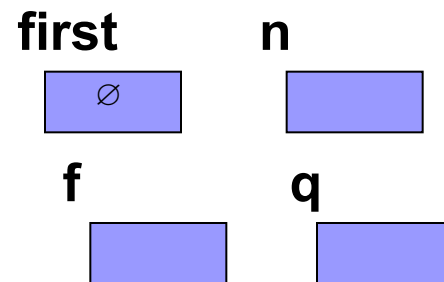
Объявление типа элемента и переменных

Описание типа элемента:

```
Type tpe1 = ^element;    {тип «указатель на элемент»}
    element = record
        num: integer;    {число}
        p: tpe1;         {указатель на следующий элемент}
    end;
```

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

```
Var first,                {адрес первого элемента}
    n, f, q: tpe1; {вспомогательные указатели}
```



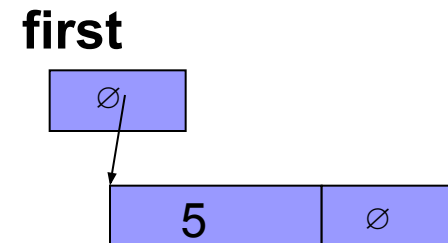
Исходное состояние – «список пуст»:

```
first := nil;
```

Добавление элементов к списку

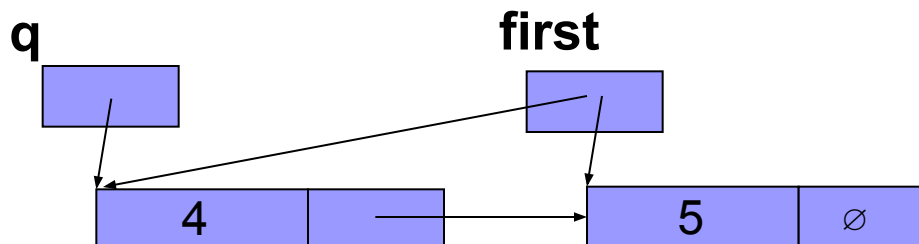
1 Добавление элемента к пустому списку:

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



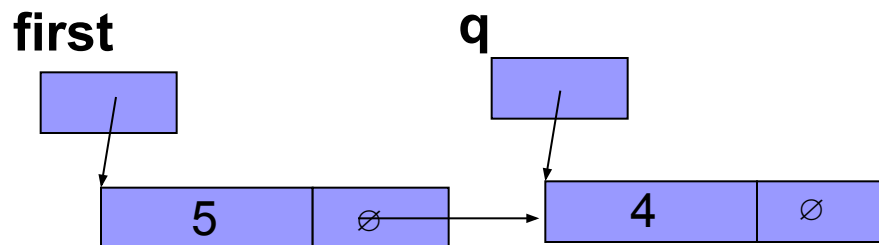
2 Добавление элемента перед первым (по типу стека):

```
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;

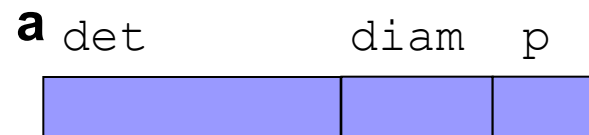
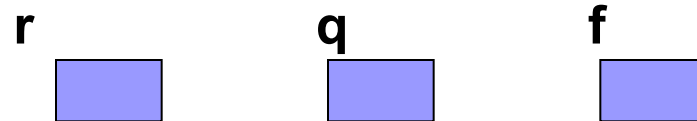
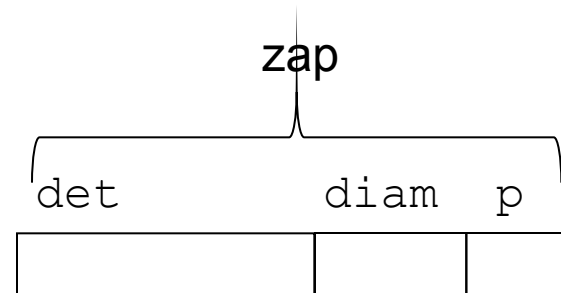
c:integer;

Begin new(r);

r^.p:=nil;

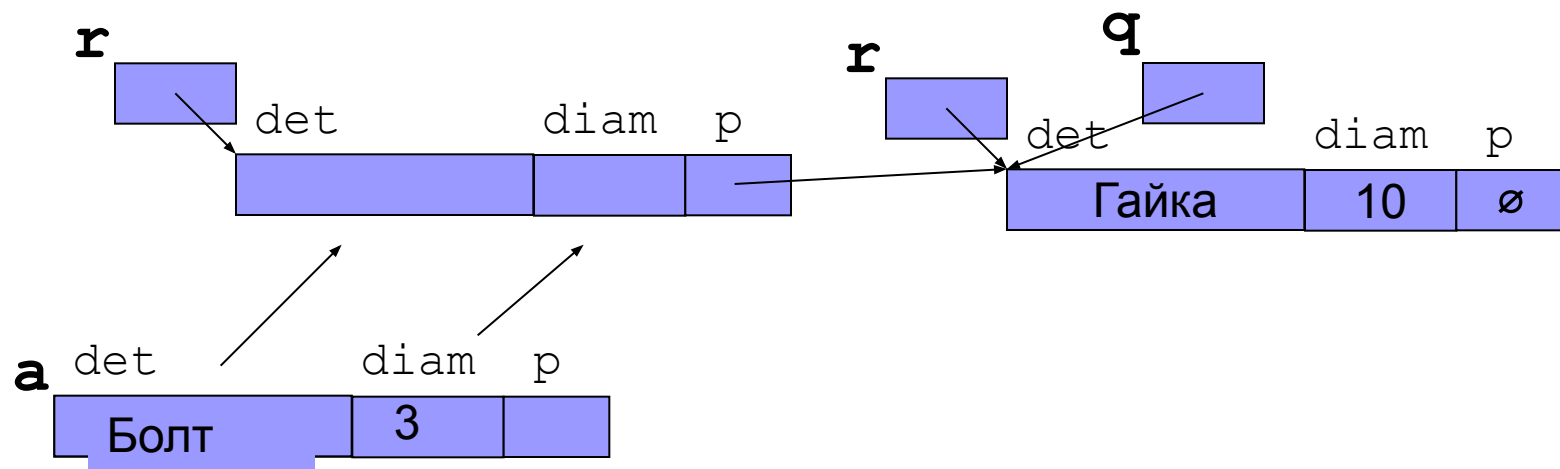
Writeln('Input name, diam');

Readln(r^.det,r^.diam);



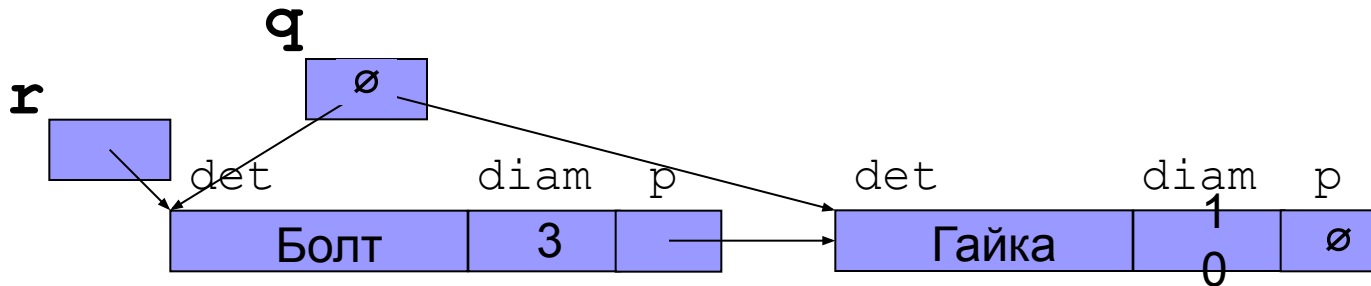
Создание списка по типу стека

```
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;
```

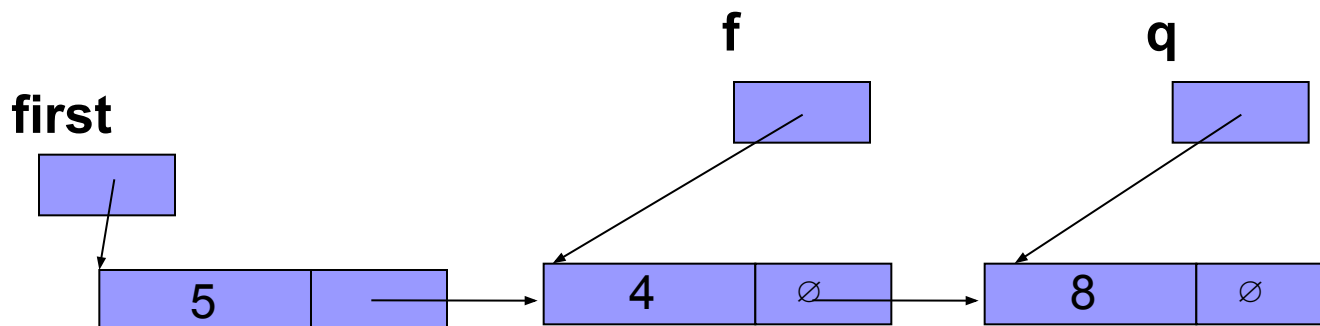
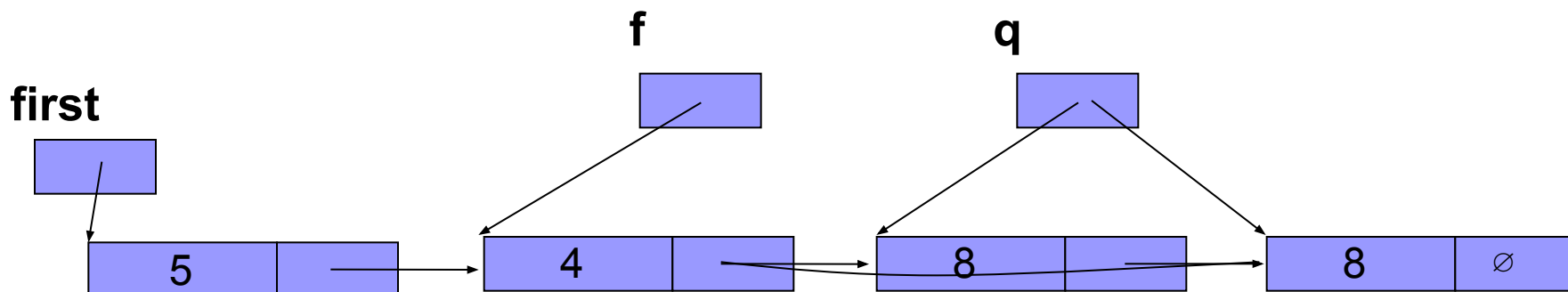
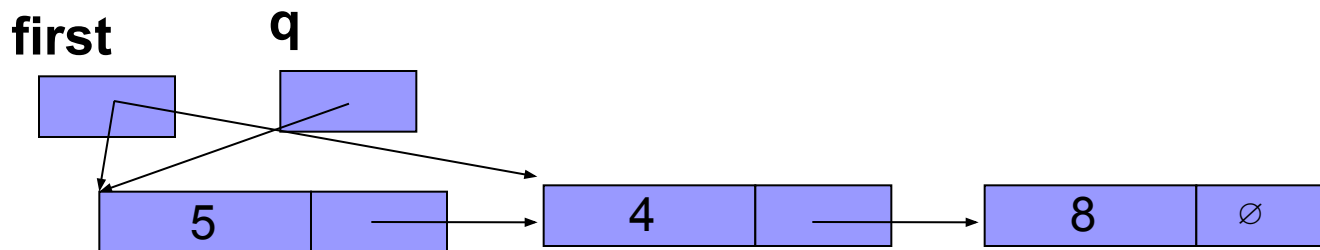


Вывод полученного списка

```
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;  
  end;
```



Варианты удаления элементов

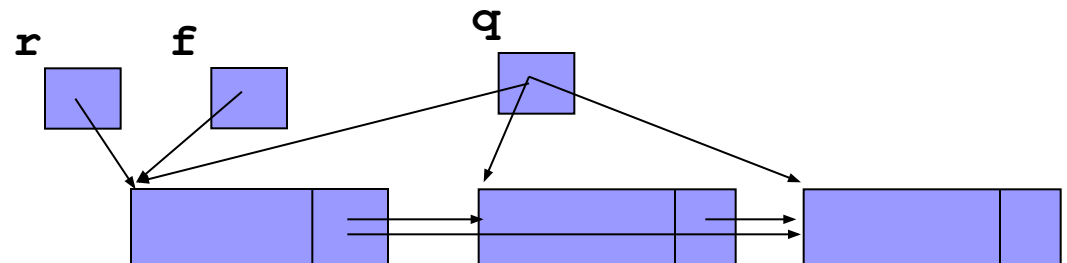
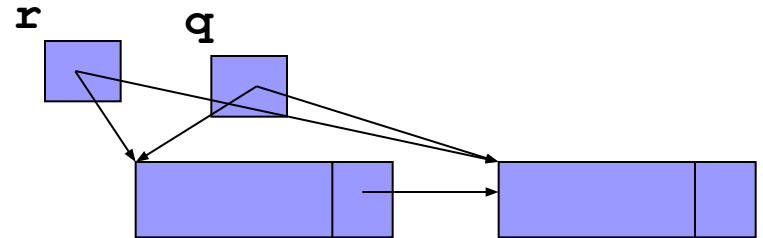


Удаление записей

```

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

```



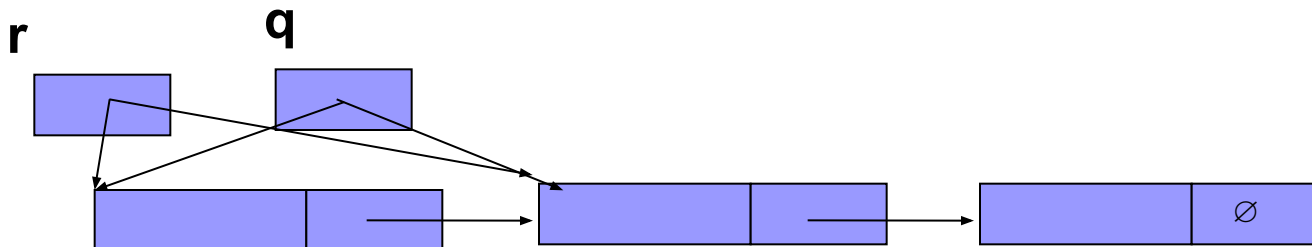
```

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;

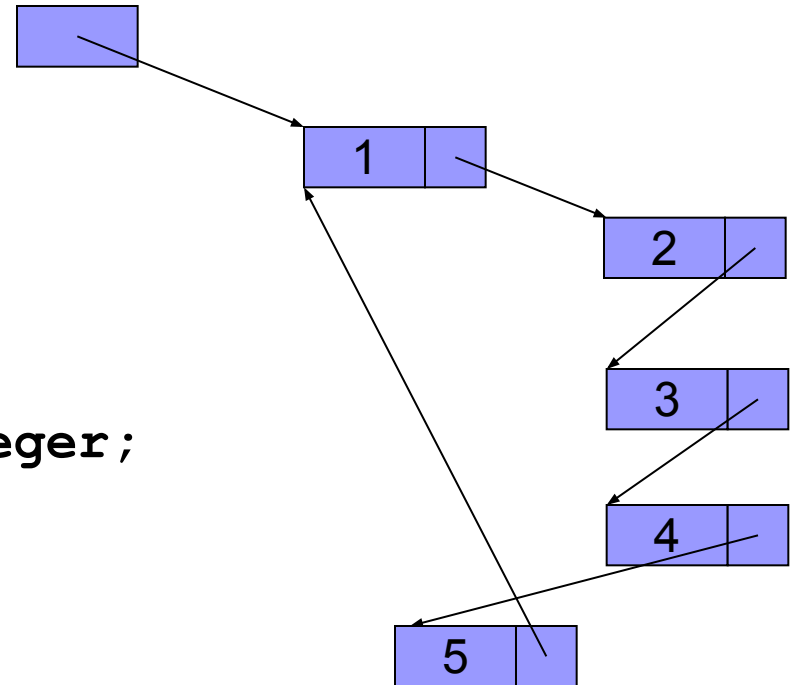
p:child_ptr;

end;

Var First,Next,Pass:child_ptr;

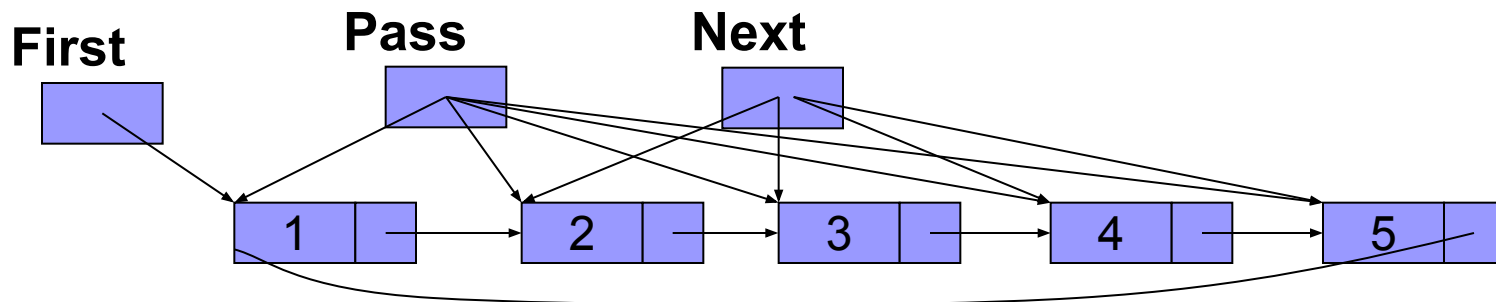
j,k:integer;

first



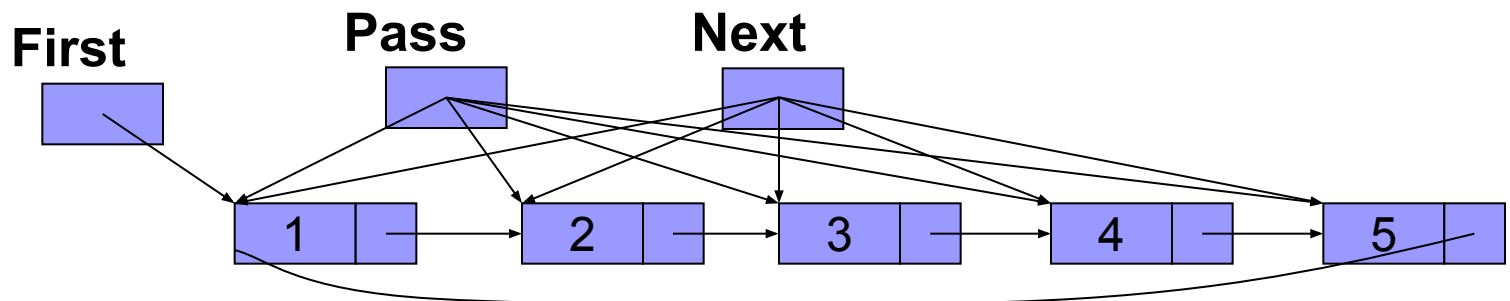
Создание списка

```
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

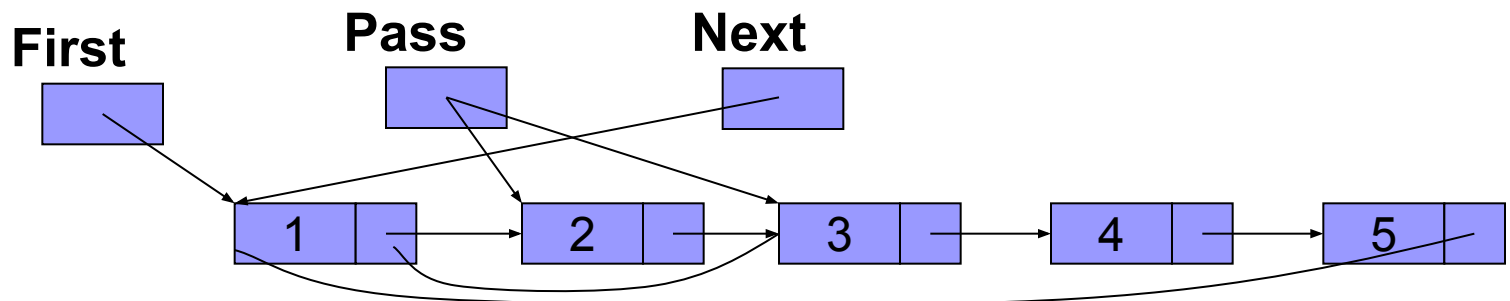
```
Pass:=First;  
for k:=n downto 2 do  
  begin  
    for j:=1 to m-1 do  
      begin  
        Next:=Pass;  
        Pass:=Pass^.p;  
      end;  
    end;  
  end;
```



Удаление m-го элемента. Основная программа

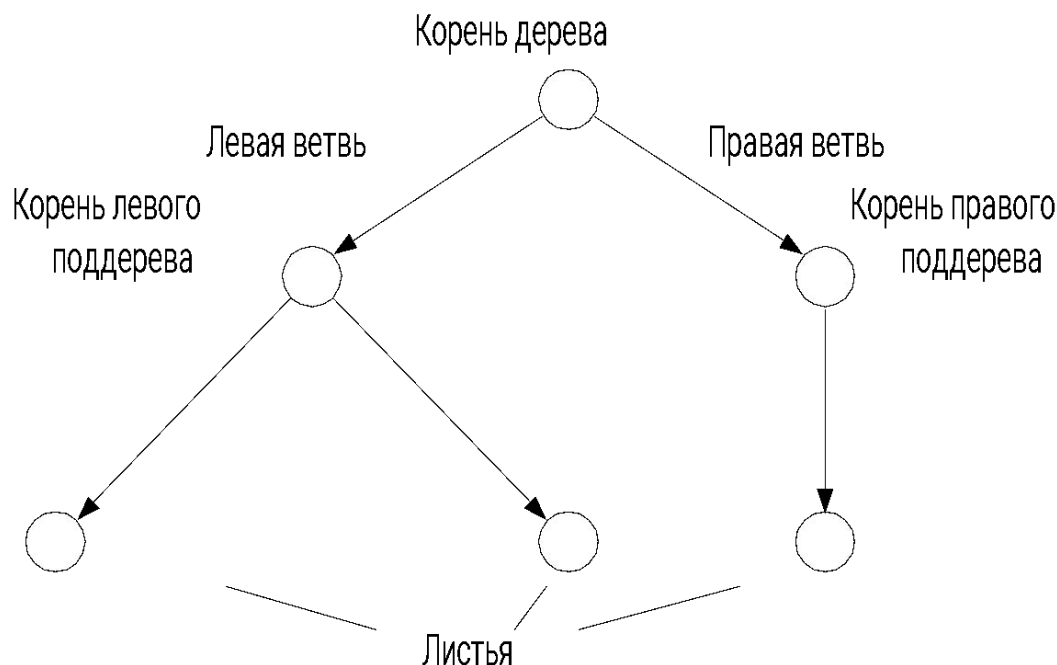
```
WriteLn(Pass^.name); Begin
Next^.p:=Pass^.p;      y:=Play(5,7);
dispose(Pass);         WriteLn('Result =' ,y:2);
Pass:=Next^.p;         ReadLn;
                        End.
end;

{Возврат результата}
Play:=Pass^.name;
dispose(Pass);
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.

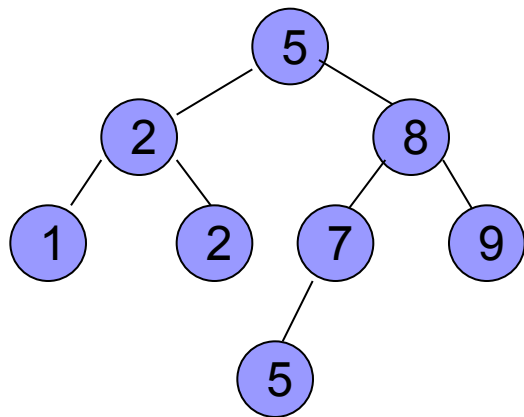


Вершины, из которых не выходит ни одной ветви, называют **листьями**

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 равно значению в корне**.*

Построение бинарного дерева

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



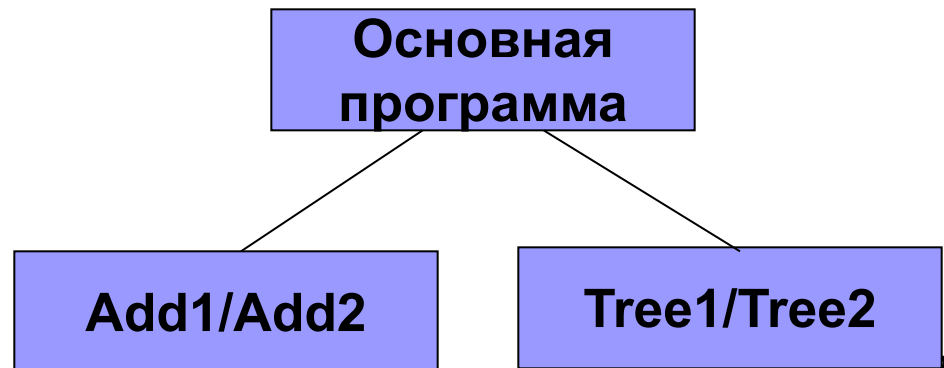
Пример. Разработать программу сортировки последовательности чисел с использованием бинарного дерева.

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;
```

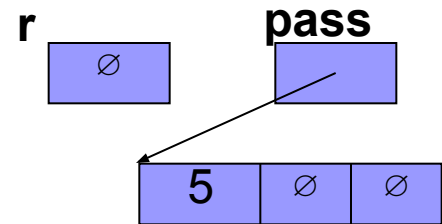
1 – нерекурсивный вариант;
2 – рекурсивный вариант

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;
```

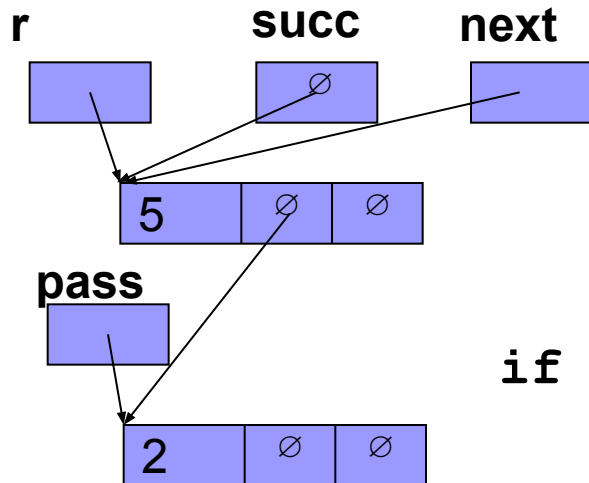
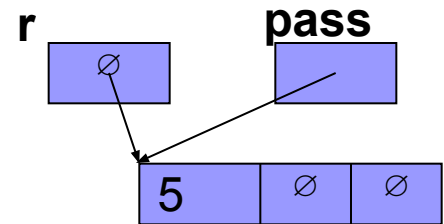
```
if pass^.value<next^.value then
```

```
next^.left:=pass
```

```
else next^.right:=pass;
```

```
end;
```

```
End;
```



Рекурсивная процедура построения дерева

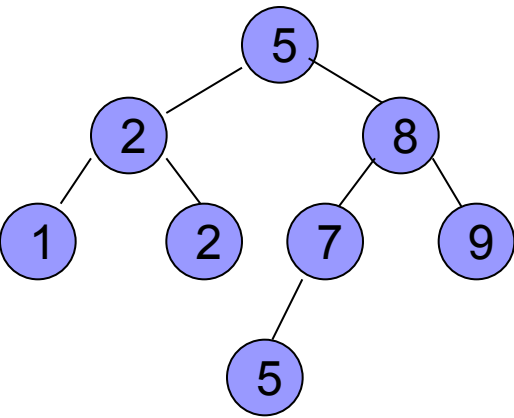
```
Procedure Add2 (Var r:top_ptr; pass:top_ptr) ;  
begin  
    if r=nil then r:=pass  
    else  
        if (pass^.value<r^.value) then  
            Add2 (r^.left,pass)  
        else Add2 (r^.right,pass) ;  
    end;
```

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;
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;  
end;
```

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

