Программирование и основы алгоритмизации

Лекция 4

Линейные списки

- Линейные списки – структуры данных, в которых элементы (переменные) следуют друг за другом, и каждому можно поставить в соответствие порядковый номер

Операции с линейными списками

i) Получение доступа к k-му узлу списка для проверки и/или изменения содержимого его полей.
ii) Вставка нового узла сразу после или до k-го узла.
iii) Удаление k-го узла.
iv) Объединение в одном списке двух (или более) линейных списков.
v) Разбиение линейного списка на два (или более) списка.
vi) Создание копии линейного списка.
vii) Определение количества узлов в списке.
viii) Сортировка узлов в порядке возрастания значений в определенных полях этих узлов.
ix) Поиск узла с заданным значением в некотором поле.

Виды линейных списков

Стек — это линейный список, в котором все операции вставки и удаления (и, как правило, операции доступа к данным) выполняются только на одном из концов списка.

Очередь или *односторонняя очередь* — это линейный список, в котором все операции вставки выполняются на одном из концов списка, а все операции удаления (и, как правило, операции доступа к данным) — на другом.

Дек или *двусторонняя очередь* (double-ended queue) это линейный список, в котором все операции вставки и удаления (и, как правило, операции доступа к данным) выполняются на обоих концах списка.

Примеры применения списков

Линейные списки:

- В операционных системах
  - Очередь задач, готовых к выполнению
  - Очередь документов к принтеру
  - Стек состояний прерванных процессов (задач)
- В системах имитационного моделирования
  - Очередь заявок на обслуживание какой-либо системой массового обслуживания, например,
  - Очередь деталей на обслуживание станком или промышленным роботом

Деревья используются при грамматическом разборе (синтаксическом анализе) искусственных и естественных языков

Сложные списковые структуры используются для представления графов:

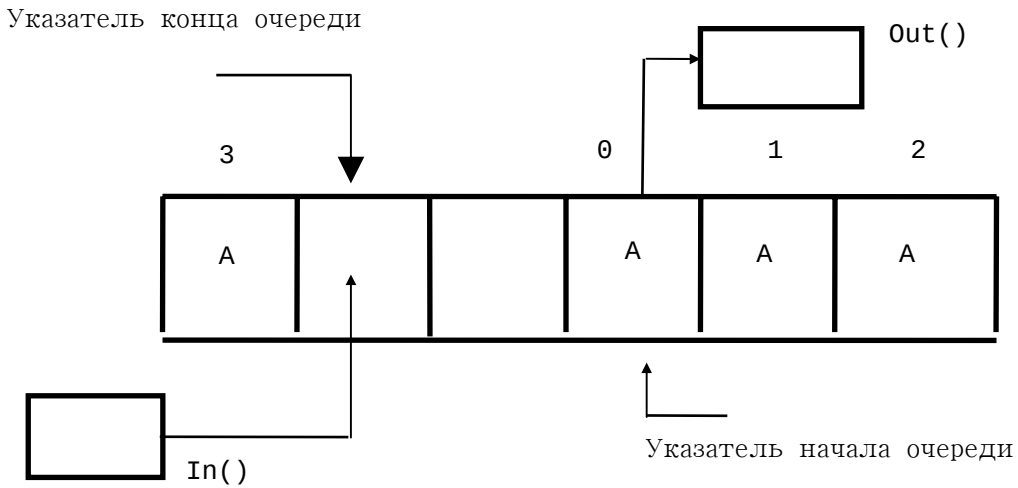
- В навигационных системах роботов или транспортных средств – граф возможных путей между узлами
- В искусственном интеллекте – графы для принятия решений,
- В научном ПО

Линейные списки с последовательным распределением памяти

- Размещается в массиве

```
//------Основные операции со стеком
#define   SIZE      100                    // Размерность стека
int  Stack[SIZE];                  // Массив для размещения стека
int  SP;                                   // Указатель стека
void       Init()                          // Очистка стека
{ SP=-1; }                                 // Стек пуст
void       Push(int val)                   // Запись в стек
{    SP++;                       // Указатель к следующему
     Stack[SP]=val;                        // Запись по указателю стека
}
int  Pop()                    // Исключение из стека
{
if (SP < 0 ) return(0);            // Стек пуст
return ( Stack[SP--]);             // Возвратить элемент по указателю
}                                          // Указатель к предыдущему
```

Очереди

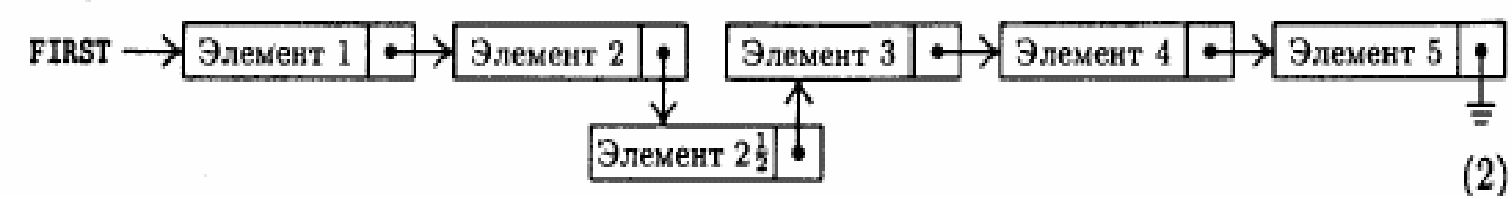

Указатель конца очереди
Out()
3
0
1
2
A
A
A
A
In()
Указатель начала очереди

```
//------Основные операции с очередью
#define    SIZE       100                  // Максимальная длина очереди
int  QUEUE[SIZE];                          // Массив элементов очереди
int  fst;                                  // Указатели на первый
                                           // элемент очереди (индекс)
int  lst;                                  // Указатель на следующий
                                           // свободный за последним (индекс)
void         Clear()
{ fst = lst = 0; }                         // Очистить очередь
int  In(int val)                           // Поставить в конец очереди
{
int  next;
if ((next = (lst+1) % SIZE) == fst)
     return(0);                            // Переполнение очереди
QUEUE[lst] = val;
lst = next;
return(1);
}
int  Out()                                 // Взять из начала очереди
{
int  val;
if (fst == lst) return(0);                 // Очередь пуста
val = QUEUE[fst++];                        //
fst %= SIZE;                               // По достижении fst==SIZE
return(val);                               // сбрасывается в 0
}
```

Связанные списки

Основаны на:

динамическом распределении памяти
и использовании указателей



Недостатки статического определения переменных

- внешние переменные занимают области сегмента данных программы и увеличивают соответственно размер программного файла;
- размерность таких массивов как для внешних переменных (сегмент данных), так и для автоматических (стек) бывает зачастую ограничена;
- если в программе несколько переменных большой размерности, то заранее установленные размерности могут не соответствовать текущим соотношениям объемов входных данных разного типа. При этом перераспределение памяти невозможно.

- Можно выделить три варианта возможных изменений размерности данных в программе:
  - рассмотренный ранее статический вариант, когда размерность данных устанавливается при трансляции;
  - размерность данных становится известной в некоторый момент работы программы, затем установленная размерность данных не изменяется;
  - размерность данных меняется в течение всего времени работы программы.

- Два последних варианта могут быть реализованы при наличии механизма создания и уничтожения переменных работающей программой.
- Такие переменные называются ДИНАМИЧЕСКИМИ, а область памяти, в которой они создаются -ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАМЯТЬЮ или "кучей".
- Средства работы с динамической памятью могут быть реализованы транслятором в виде внешних (библиотечных) функций (низкий уровень), либо в виде операторов (высокий уровень).

- **Динамическая память** — оперативная память компьютера, предоставляемая программе (процедуре, подпрограмме) при её работе.
- Динамическое размещение данных означает распределение динамической памяти непосредственно при работе программы или процедуры (подпрограммы).
- В отличие от этого статическое размещение (выделение памяти) осуществляется в момент запуска программы или процедуры.
- На этапе компиляции не известны ни тип, ни количество динамически размещаемых данных. В C++ эта память называется кучей (heap).

Динамическое распределение памяти. Динамические переменные

- Динамические переменные создаются и уничтожаются работающей программой путем выполнения специальных операторов или вызовов функций;
- Количество и размерность динамических переменных может меняться в процессе работы программы и зависит от количества вызовов соответствующих функций и передаваемых при вызове параметров;
- Динамическая переменная не имеет имени, доступ к ней возможен только через указатель;
- При выполнении функции создания динамической переменной в "куче" выделяется свободная память необходимого размера и возвращается указатель на нее (адрес);
- Функции уничтожения динамической переменной передается указатель на уничтожаемую переменную.

Особенности работы с динамическими переменными

- Если динамическая переменная создана, а указатель на нее "потерян" программой, то такая переменная представляет собой "вещь в себе" - существует, но недоступна для использования; такие переменные обычно называются «мусором» (проблема сбора мусора);
- Динамическая переменная может, в свою очередь, содержать один или несколько указателей на другие динамические переменные. В этом случае мы получаем динамические структуры данных, в которых количество переменных и связи между ними могут меняться в процессе работы программы (списки, деревья, виртуальные массивы);
- Управление динамической памятью построено обычно таким образом, что ответственность за корректное использование указателей на динамические переменные несет программа (точнее, программист, написавший ее). Ошибки в процессе создания, уничтожения и работы с динамическими переменными (повторная попытка уничтожения динамической переменной, попытка уничтожения переменной, не являющейся динамической и т.д.), трудно обнаруживаются и приводят к непредсказуемым последствиям в работе программы.

Основные функции для динамического распределения памяти в C

```
void   *malloc(int size);
       // выделить область памяти размером
       // в size байтов и возвратить адрес
void   free(void *p);
       // освободить область памяти,
       // выделенную по адресу p
void   *realloc(void *p, int size);
       // расширить выделенную область памяти
       // до размера size, при изменении адреса
       // переписать старое содержимое блока
```

Пример создания динамической переменной

```
#include <alloc.h>
double     *pd;
pd = malloc(sizeof(double));
if (pd !=NULL)
   {
   *pd = 5;
   free(pd);
   }
```

Операторы для динамического распределения памяти в C++

- Для работы с динамическими переменными в Си++ введены операторы управления динамической памятью **new** и **delete**. Их отличительные особенности:
  - при создании динамической переменной в операторе **new** указывается тип создаваемой переменной, а не размерность, при этом оператор возвращает указатель того же самого типа;
  - если выделяется память под массив динамических переменных, то в операторе **new** добавляются квадратные скобки

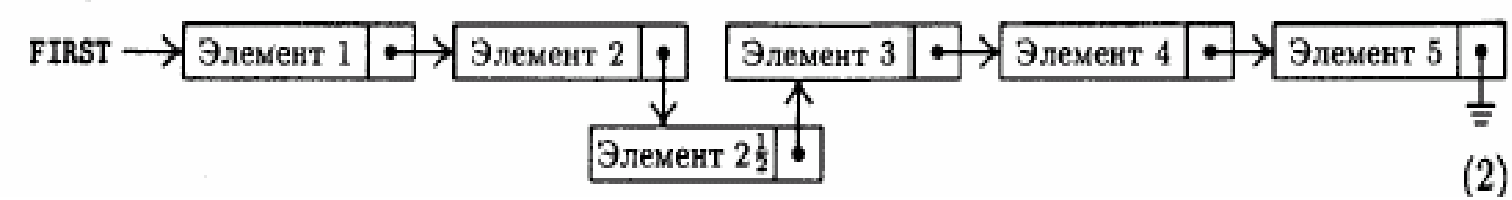
Пример создания динамической переменной и массива

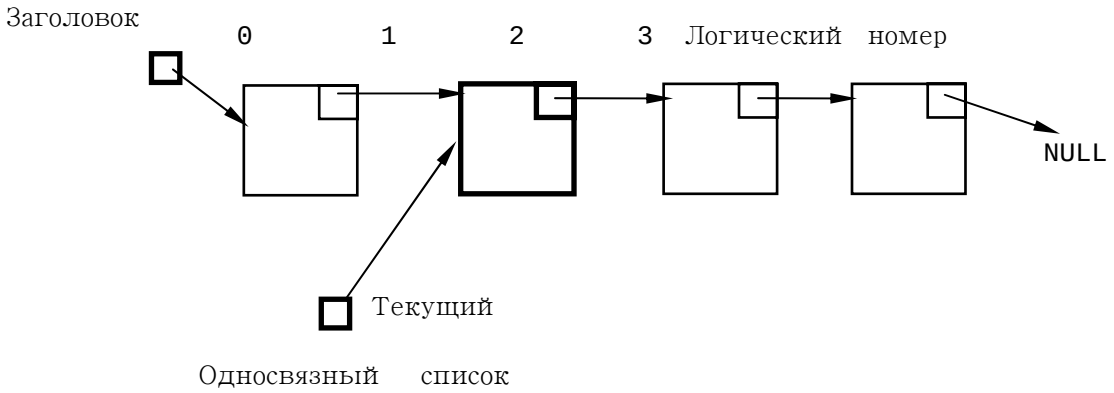
```
double    *pd;
pd = new double;              // Обычная динамическая переменная
if (pd !=NULL)
     {
     *pd = 5;

     delete pd;
     }
double    *pd;                // Массив динамических переменных
pd = new double[20];
if (pd !=NULL)
{
for (i=0; i<20; i++) pd[i]=0;
     delete pd;
}
```

Связанные (динамические) списки

Основаны на:

динамическом распределении памяти
и использовании указателей





Фрагменты для работы со связанным списком

```
// элемент списка
struct     list
           {
           list *next;
           int          val;
           }            *ph;
```

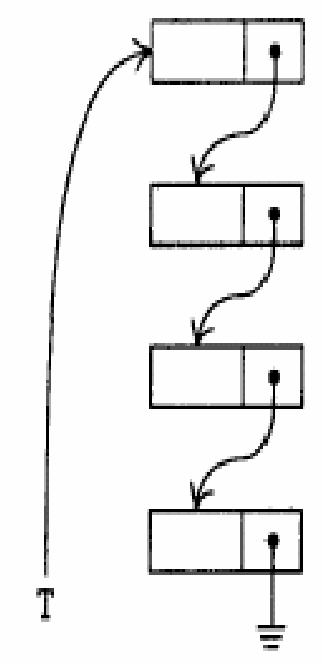
```
struct      list        *p;          // указатель на текущий
      элемент
p = ph;                              // текущий указатель - на
      первый
p->next ...                          // указатель на следующий
      элемент
p = p->next;                         // переход к следующему
      элементу
p !=NULL ...                         // проверка на конец списка
p->next ==NULL ...      // проверка на последний элемент
for (p=ph; p !=NULL; p=p->next)...
                                     // просмотр элементов списка
if (ph !=NULL)
{
      for (p=ph; p->next !=NULL; p=p->next);
      }                              // поиск последнего элемента
list *pred;                 // просмотр с сохранением
                            // указателя на предыдущий элемент
for (pred=NULL, p=ph; p !=NULL; pred=p, p=p->next) ...
                            // указатель на второй элемент
                                     // от текущего
ph->next = pnew;            // включение в начало непустого
ph = pnew;                           // списка
                            //
pnew->next = NULL;          // включение в конец непустого
pred->next = pnew;                   // списка
pred->next = p->next;       // исключение текущего элемента
                                     // списка (если он не первый)
pnew->next = p->next; // включение после текущего
p->next = pnew;                      // элемента
```

Стек

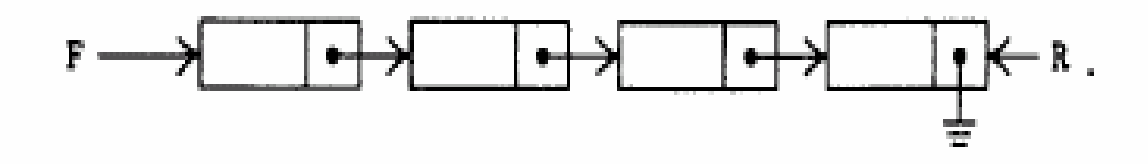
```
// элемент стека и указатель
//     на вершину стека
struct          list
       {
       void *next;
       int        val;
       }          *top=NULL;
//  помещение в стек
void push(struct list *p)
{ p->next=top;
top=p;
 };
// извлечение из стека
list *pop()
{ list *p;
if (top!=NULL)
  { p=top;
    top=top->next;
    return p; }
   else
     return NULL;
}

int main(int argc, char* argv[])
{

        return 0;
}
```

Фрагмент с использованием

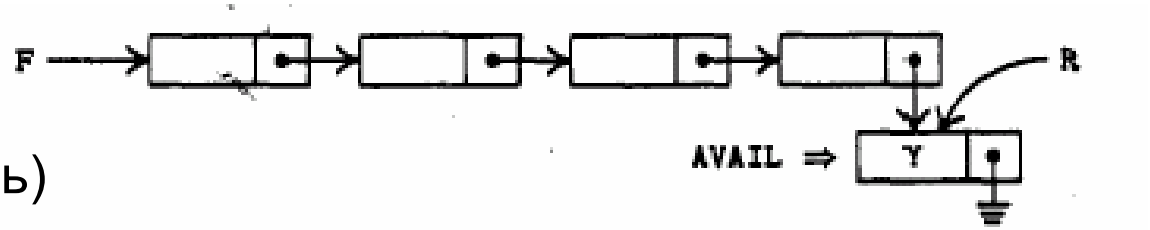
```
struct list *p, *pp;
p=new list;
strcpy(p-
>val,"Hello\n");
push(p);
printf("%s",top->val);
 pp=pop();
printf("%s",pp->val);
```



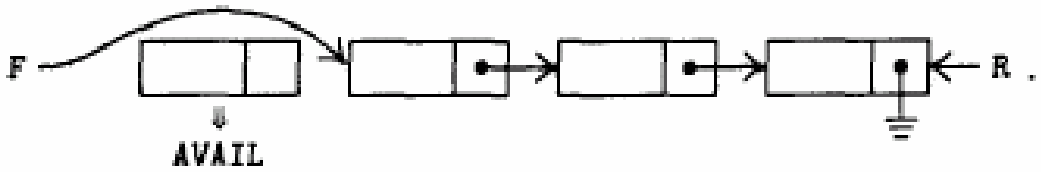
Очереди



Включение нового
Элемента
(постановка в очередь)

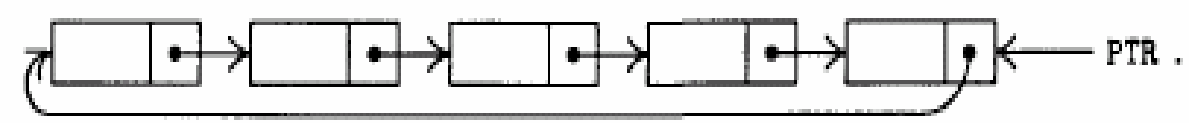


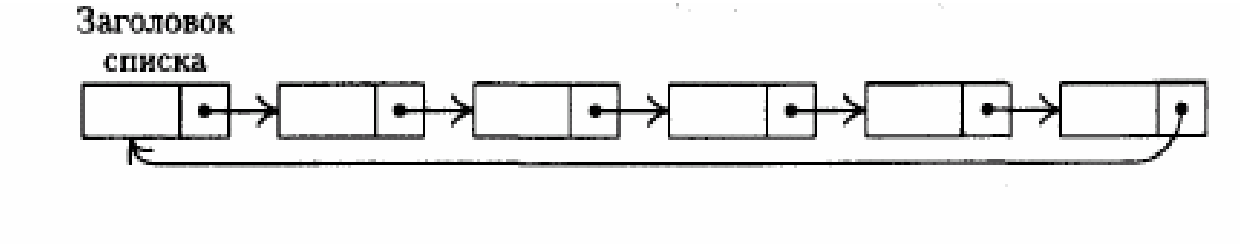
Удаление элемента
(извлечение из очереди)



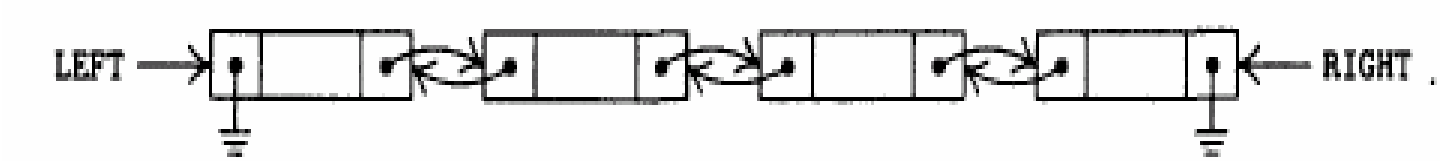
```
//----- Постановка элемента в конец очереди
//    list      *PH[2];  -   заголовок очереди
void          intoFIFO(list *ph[], int v)
{
list  *p= new list;       // создать элемент списка;
p->val = v;                                        // и заполнить его
p->next = NULL;                  // новый элемент - последний
if (ph[0] == NULL)    // включение в пустую
      ph[0] = ph[1] = p;// очередь
else                                               // включение за последним
      {                                  // элементом
      ph[1]->next = p; // следующий за последним = новый
      ph[1] = p;                       // новый = последний
      }
}
//----- Извлечение из очереди
int  fromFIFO(list *ph[])
{ list *q;
if (ph[0] ==NULL) return -1;      // очередь пуста
q = ph[0];                                         // исключение первого
ph[0] = q->next;                                   // элемента
if (ph[0] ==NULL)
      ph[1] = NULL;                // элемент единственный
int v = q->val;
delete q;
```

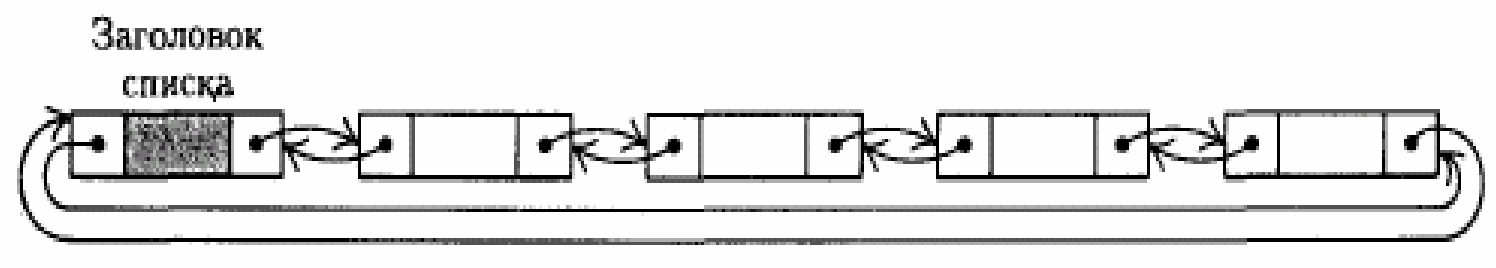
Циклические списки



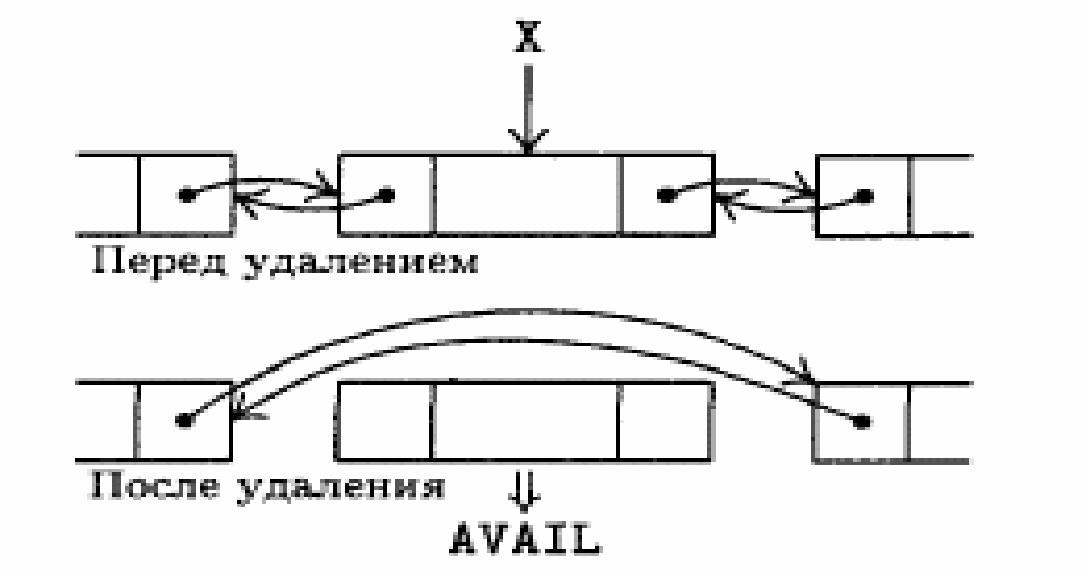


Дважды связанные (двусвязные) списки





Удаление элемента из дважды связанного списка



Включение в двусвязный список нового элемента с сохранением упорядоченности значений

```
struct        list2
      {
      list2 *next, *pred;
      int       val;
      };
list   *InsertSort(list2 *ph, int v)
{
list2 *q, *p=new list;
p->val = v;
p->pred = p->next = NULL;
if (ph == NULL) return p;// включение в пустой список
for (q=ph; q !=NULL &&  v > q->val; q=q->next);
// поиск места включения - q
if (q == NULL)                                    // включение в конец списка
      {                                           // восстановить указатель на
      for (q=ph; q->next!=NULL; q=q->next);
      p->pred = q;                        // последний
      q->next = p;
      return ph;
}                             // включить перед текущим
p->next=q;                              // следующий за новым = текущий
p->pred=q->pred;                        // предыдущий нового = предыдущий
// текущего
if (q->pred == NULL)    // включение в начало списка
      ph = p;
else                                    // включение в середину
      q->pred->next = p;// следующий за предыдущим = новый
q->pred=p;                              // предыдущий текущего = новый
return ph;
}
```

Проблемы динамического распределения памяти

- Проблема сбора мусора – удаления свободных переменных, к которым утерян доступ (добавление их к общему объему динамически распределяемой памяти)
- При выделении участков памяти произвольной (требуемой) длины возникает фрагментация памяти (разбиение всего объема на много маленьких участков, мало пригодных для использования). Дефрагментация (в отличие от файловой системы) затруднительна.