Динамические структуры данных

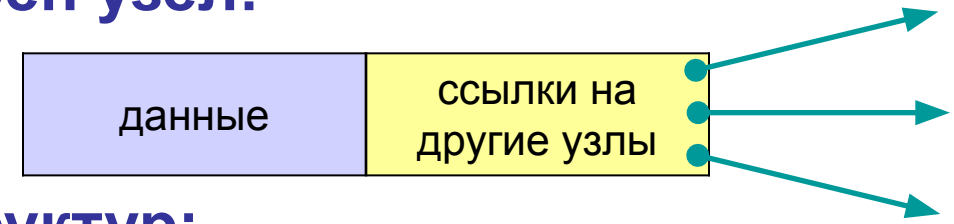
Лекция 5

- Динамические структуры
- Односвязные (однонаправленные) списки
- Двусвязные (двунаправленные) списки

Динамические структуры данных

Строение: набор узлов, объединенных с помощью ссылок.

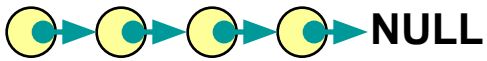
Как устроен узел:



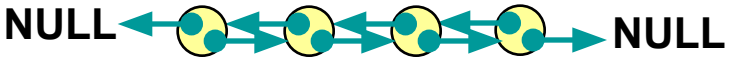
Типы структур:

списки

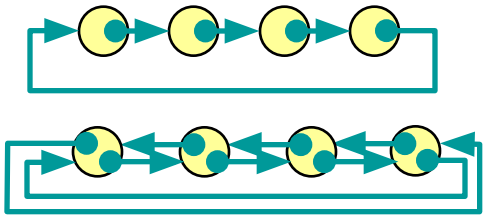
односвязный



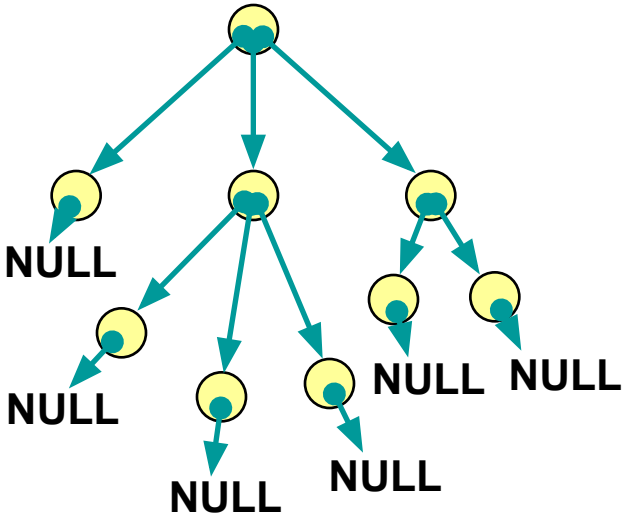
двунаправленный (двусвязный)



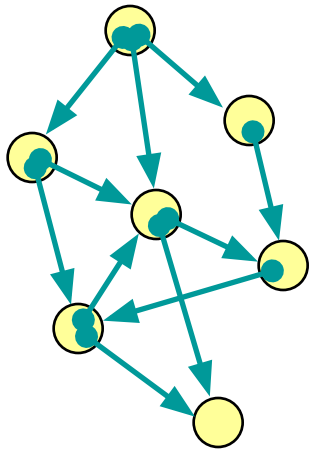
циклические списки (кольца)



деревья



графы



Когда нужны списки?

Задача (алфавитно-частотный словарь). **В файле записан текст. Нужно записать в другой файл в столбик все слова, встречающиеся в тексте, в алфавитном порядке, и количество повторений для каждого слова.**

Проблемы:

1) **количество слов заранее неизвестно (~~статический массив~~);**
2) **количество слов определяется только в конце работы (~~динамический массив~~).**

Решение – список.

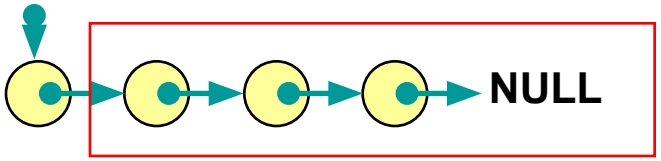
Алгоритм:

3) **создать список;**
4) **если слова в файле закончились, то стоп.**
5) **прочитать слово и искать его в списке;**
6) **если слово найдено – увеличить счетчик повторений, иначе добавить слово в список;**
7) **перейти к шагу 2.**

Списки: новые типы данных

Что такое список:

1) пустая структура – это список;
2) список – это начальный узел (*голова*) и связанный с ним список.



Рекурсивное определение!

Структура узла:

```
struct Node {
  char word[40];   // слово
  int  count;      // счетчик повторений
  Node *next;      // ссылка на следующий элемент
  };
```

Указатель на эту структуру:

```
typedef Node *PNode;
```

Адрес начала списка:

```
PNode Head = NULL;
```

Для доступа к списку достаточно знать адрес его головы!

Что нужно уметь делать со списком?

1. **Создать новый узел.**
2. **Добавить узел:**
   a) **в начало списка;**
   b) **в конец списка;**
   c) **после заданного узла;**
   d) **до заданного узла.**
3. **Искать нужный узел в списке.**
4. **Удалить узел.**

Создание узла

Функция `CreateNode` (*создать узел*):

вход: новое слово, прочитанное из файла;

выход: адрес нового узла, созданного в памяти.

возвращает адрес созданного узла

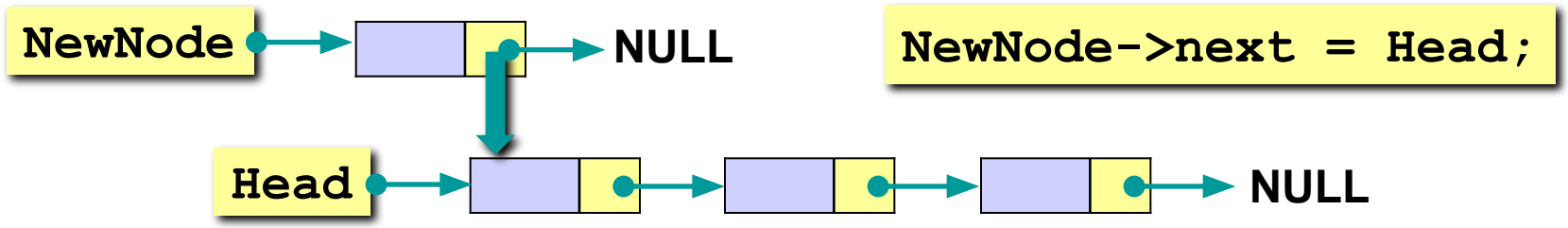
новое слово

```
PNode CreateNode ( char NewWord[] )
{
  PNode NewNode = new Node;
  strcpy(NewNode->word, NewWord);
  NewNode->count = 1;
  NewNode->next = NULL;
  return NewNode;
}
```

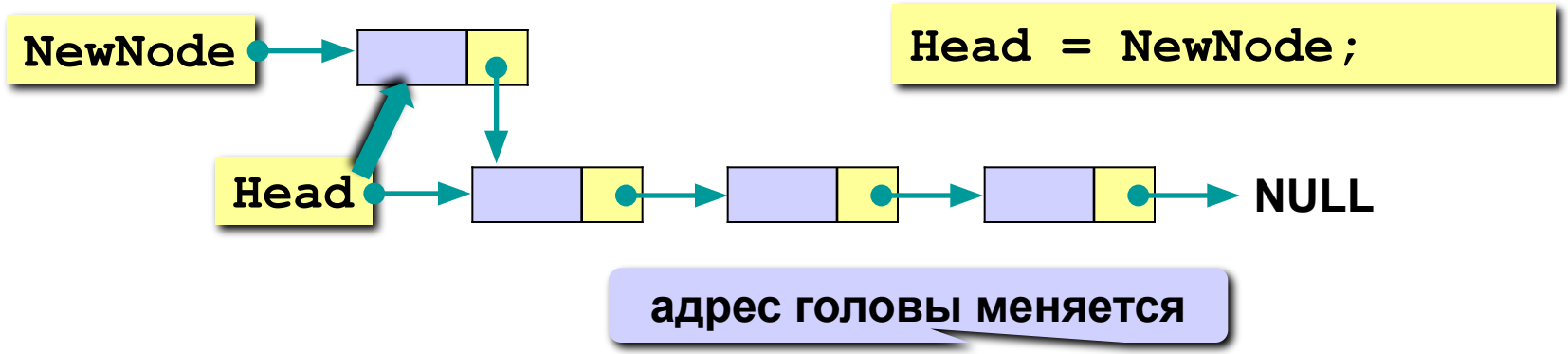
Если память выделить не удалось?

Добавление узла в начало списка

1) Установить ссылку нового узла на голову списка:



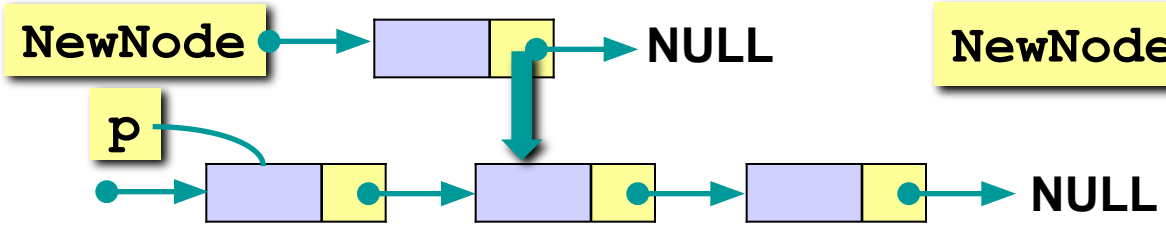
2) Установить новый узел как голову списка:




```
void AddFirst (PNode & Head, PNode NewNode)
{
  NewNode->next = Head;
  Head = NewNode;
}
```

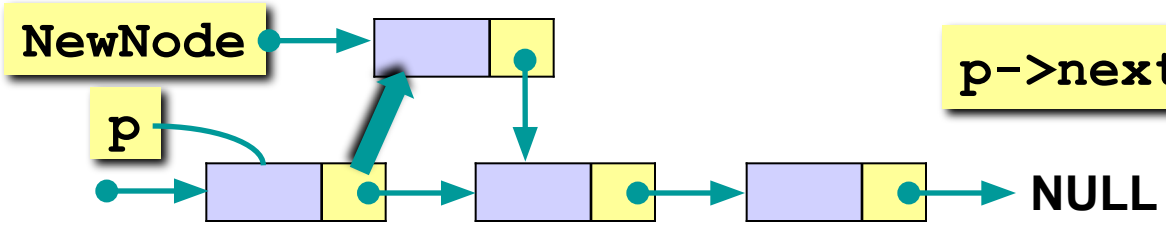
Добавление узла после заданного

1) Установить ссылку нового узла на узел, следующий за p:




```
NewNode->next = p->next;
```

2) Установить ссылку узла p на новый узел:



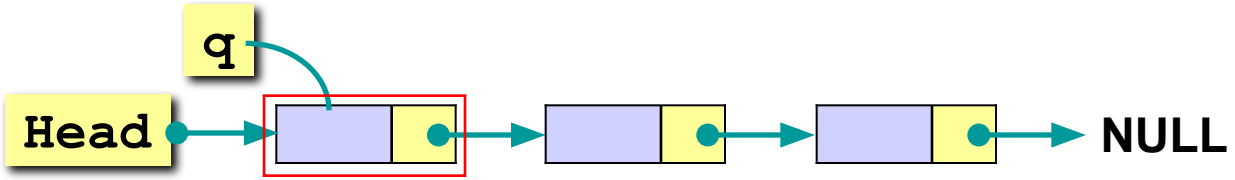

```
p->next = NewNode;
```

```
void AddAfter (PNode p, PNode NewNode)
{
   NewNode->next = p->next;
   p->next = NewNode;
}
```

Проход по списку

Задача:

сделать что-нибудь хорошее с каждым элементом списка.



Алгоритм:

1) установить вспомогательный указатель **q** на голову списка;
2) если указатель **q** равен **NULL** (дошли до конца списка), то стоп;
3) выполнить действие над узлом с адресом **q** ;
4) перейти к следующему узлу, **q->next**.

```
...
PNode q = Head;          // начали с головы
while ( q != NULL ) {    // пока не дошли до конца
  ...                    // делаем что-то хорошее с q
  q = q->next;           // переходим к следующему узлу
  }
...
```

Добавление узла в конец списка

Задача: добавить новый узел в конец списка.

Алгоритм:

1) найти последний узел **q**, такой что **q->next** равен **NULL**;
2) добавить узел после узла с адресом **q** (процедура **AddAfter**).

Особый случай: добавление в пустой список.

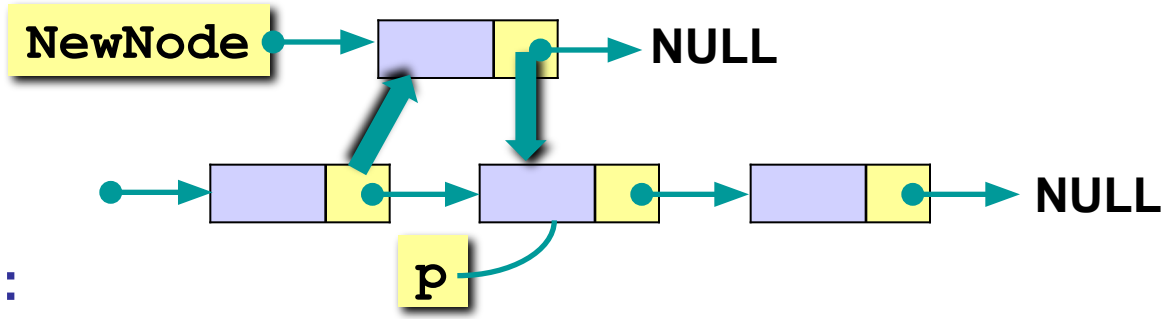
```
void AddLast ( PNode &Head, PNode NewNode )
{
PNode q = Head;
if ( Head == NULL )
    AddFirst( Head, NewNode );
 else
 {
   while ( q->next ) q = q->next;
   AddAfter ( q, NewNode );
 }
}
```

особый случай – добавление в пустой список

ищем последний узел

добавить узел после узла q

Добавление узла перед заданным



Проблема:

нужно знать адрес **предыдущего** узла, а идти назад нельзя!

Решение: найти предыдущий узел **q** (проход с начала списка).

```
void AddBefore ( PNode &Head, PNode p, PNode NewNode )
{
PNode q = Head;
if ( Head == p )
    AddFirst ( Head, NewNode );
    else
 {
    while ( q && q->next != p ) q = q->next;
    if ( q ) AddAfter(q, NewNode);
  }
}
```

особый случай – добавление в начало списка

ищем узел, следующий за которым – узел p

добавить узел после узла q

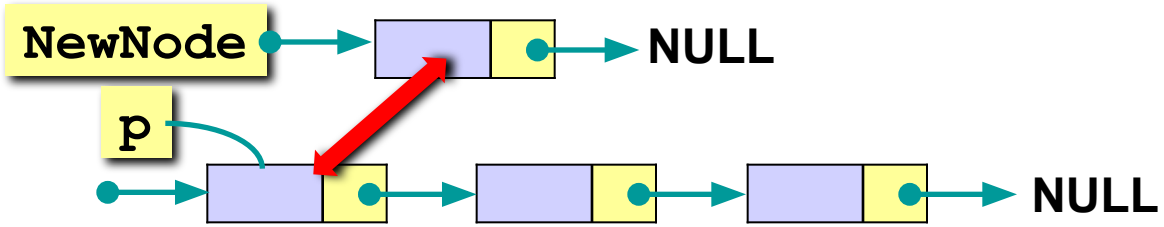
? Что плохо?

Добавление узла перед заданным (II)

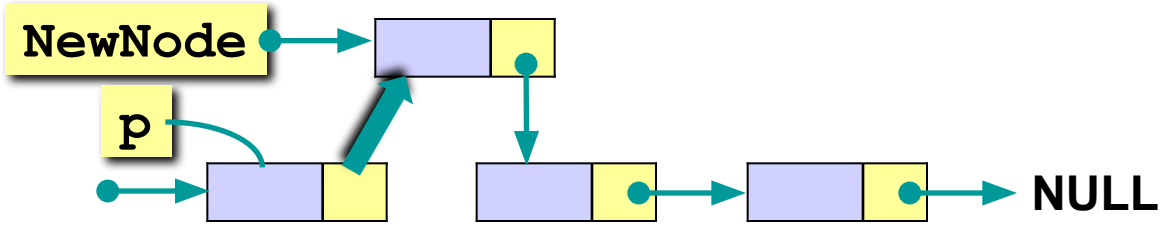
Задача: вставить узел перед заданным без поиска предыдущего.

Алгоритм:

1) поменять местами данные нового узла и узла **p**;



2) установить ссылку узла **p** на **NewNode**.




```
void AddBefore2 ( PNode p, PNode NewNode )
{
  Node temp;
  temp = *p; *p = *NewNode;
  *NewNode = temp;
  p->next = NewNode;
}
```

Так нельзя, если `p = NULL` или адреса узлов где-то еще запоминаются!

Поиск слова в списке

Задача:

найти в списке заданное слово или определить, что его нет.

Функция `Find`:

вход: слово (символьная строка);

выход: адрес узла, содержащего это слово или **`NULL`**.

Алгоритм: проход по списку.

результат – адрес узла

ищем это слово

```
PNode Find ( PNode Head, char NewWord[] )
{
  PNode q = Head;
  while ( q && strcmp ( q->word, NewWord) )
    q = q->next;
  return q;
}
```

пока не дошли до конца списка и слово не равно заданному

Куда вставить новое слово?

Задача:

найти узел, перед которым нужно вставить, заданное слово, так чтобы в списке сохранился алфавитный порядок слов.

Функция `FindPlace`:

вход: слово (символьная строка);

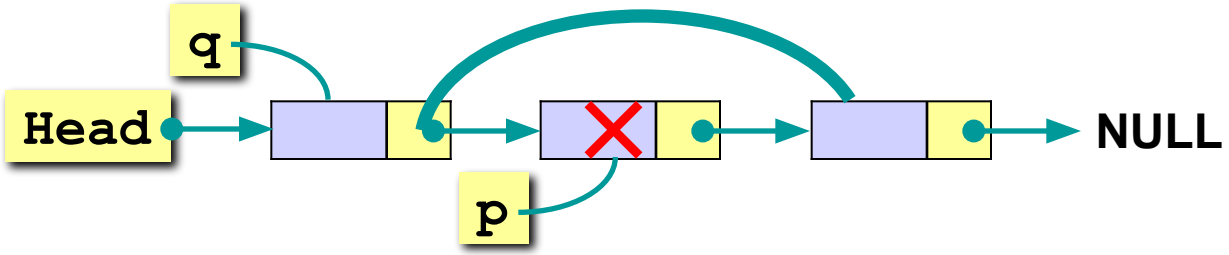
выход: адрес узла, перед которым нужно вставить это слово или **`NULL`**, если слово нужно вставить в конец списка.

```
PNode FindPlace ( PNode Head, char NewWord[] )
{
  PNode q = Head;
  while ( q  &&  strcmp(NewWord, q->word) > 0 )
    q = q->next;
  return q;
}
```

слово `NewWord` стоит по алфавиту *до* `q->word`

Удаление узла

Проблема: нужно знать адрес предыдущего узла **q**.




```
void DeleteNode ( PNode &Head, PNode p )
{
PNode q = Head;
if ( Head == p )
    Head = p->next;
else {
  while ( q  &&  q->next != p )
    q = q->next;
    if ( q == NULL ) return;
    q->next = p->next;
    }
delete p;
}
```

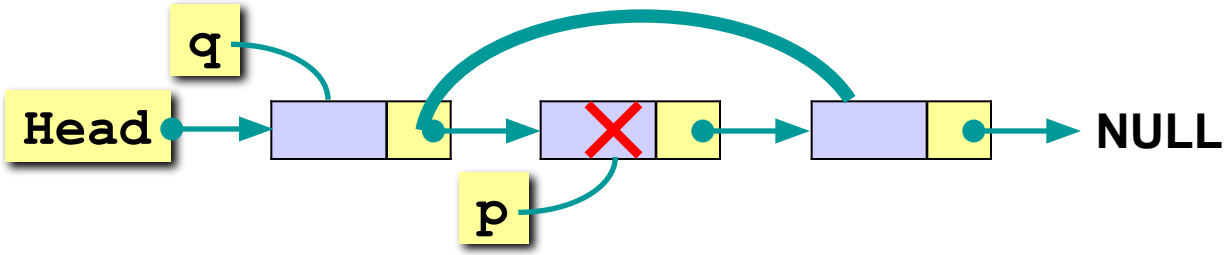
особый случай: удаляем первый узел

ищем предыдущий узел, такой что q->next == p

освобождение памяти

Удаление узла

Проблема: нужно знать адрес предыдущего узла **q**.




```
void DeleteNode ( PNode &Head, PNode p )
{
PNode q = Head;
if ( Head == p )
   Head = p->next;
else {
  while ( q  &&  q->next != p )
    q = q->next;
   if ( q != NULL )
     { q->next = p->next;
       delete p; }
delete p;
}
```

особый случай: удаляем первый узел

ищем предыдущий узел, такой что q->next == p

освобождение памяти

Алфавитно-частотный словарь

Алгоритм:

1) открыть файл на чтение;

read, чтение

```
FILE *in;
in = fopen ( "input.dat", "r" );
```

2) прочитать слово:

вводится только одно слово (до пробела)!

```
char word[80];
...
n = fscanf ( in, "%s", word );
```

3) если файл закончился (**n!=1**), то перейти к шагу 7;
4) если слово найдено, увеличить счетчик (поле **count**);
5) если слова нет в списке, то
   - создать новый узел, заполнить поля (**CreateNode**);
   - найти узел, перед которым нужно вставить слово (**FindPlace**);
   - добавить узел *(**AddBefore**);*
6) перейти к шагу 2;
7) вывести список слов, используя проход по списку.

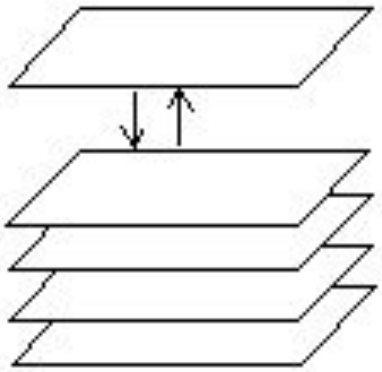
Что надо уметь делать со списком?

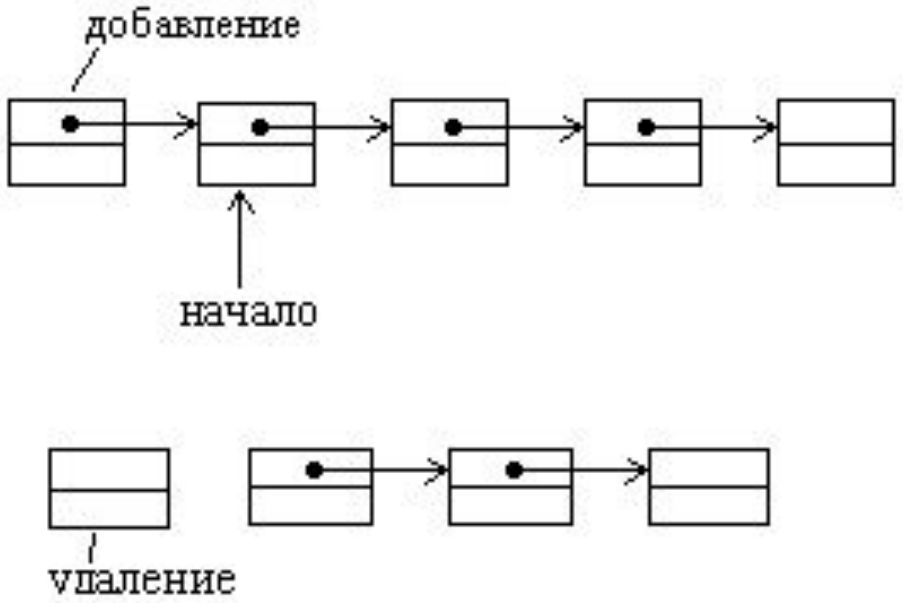
1. **Создать новый узел.**
2. **Добавить узел:**
   - **в начало списка;**
   - **в конец списка;**
   - **после заданного узла;**
   - **до заданного узла.**
3. **Искать нужный узел в списке.**
4. **Удалить узел.**

СТЕК

- ***Стек*** – это линейный список, в котором все включения и исключения (и обычно всякий доступ) делаются в одном конце списка (в голове списка).
- Стеки используются в работе алгоритмов, имеющих рекурсивный характер. Конец стека называется вершиной стека. Принцип работы стека - “последний пришел - первый вышел”. Внизу находится наименее доступный элемент. Часто говорят, что элемент опускается в стек.

Стек





Пример. Ввести с клавиатуры 10 чисел, записав их в стек. Вывести содержимое стека и очистить память.

```
#include <iostream>
using namespace std;
struct Node
{
	int x;//информационный элемент
	Node *Next;//указатель на следующий элемент
};
typedef Node *PNode;
```

```
void Add(int x,PNode &Head)//добавление элемента в стек
{
	PNode MyNode;
	if (Head==NULL)
	{
		Head=new(Node);
		MyNode=Head;
		Head->Next=NULL;
	}
	else
	{
		MyNode=new(Node);
		MyNode->Next=Head;
		Head=MyNode;
	}
	MyNode->x=x;
}
```

```
void Show(PNode &Head)//отображение стека
{
	PNode MyNode;
	MyNode=Head;//обьявляем указатель на начало стека
	while (MyNode!=NULL)//пока указатель на следующий элемент не NULL
	{
		cout<<MyNode->x<<" ";//выводим поле
		MyNode=MyNode->Next;//переходим к следующему элементу
	}
}
void ClearNode(PNode &Head)//удаление стека из памяти
{
	PNode MyNode;
	while (Head!=NULL)//пока голова стека не указывает на NULL
	{
		MyNode=Head->Next;//переменная для хранения адреса следующего элемента
		delete Head;//освобождение адреса начала стека
		Head=MyNode;//меняем адрес начала стека
	}
}
```

```
void main()
{
	PNode Head;
	Head=NULL;
	for (int i=0;i<10;i++) //заносим данные в стек
		Add(i,Head);
	Show(Head);//выводим стек
	ClearNode(Head); //очищаем память
}
```

- ***Очередь*** – это линейный список, в один конец которого добавляются элементы, а с другого конца исключаются, элементы удаляются из начала списка, а добавляются в конце списка – как обыкновенная очередь в магазине. Принцип работы очереди: «первый пришел - первый вышел».

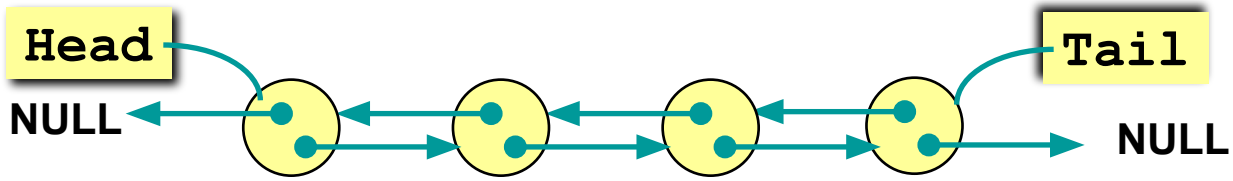
- Пример. Ввести с клавиатуры 10 чисел, записав их в очередь. Вывести содержимое очереди и очистить память.
- Для решения этой задачи достаточно в предыдущем примере изменить процедуру добавления элемента.

```
void Add(int x, PNode &Head, PNode &MyNode)//добавление элемента в очередь
{
	PNode Temp;
	if (Head==NULL)
	{
		Head=new(Node);
		MyNode=Head;
		Head->Next=NULL;
	}
	else
	{
		Temp=new(Node);
		MyNode->Next=Temp;
		MyNode=Temp;
		MyNode->Next=NULL;
	}
	cin>>MyNode->x;
}
```

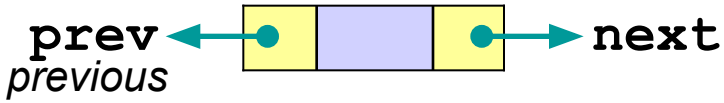
Основная программа:

```
void main()
{
	PNode Head, MyNode;
	Head=NULL; MyNode=NULL;
	for (int i=0;i<10;i++) //заносим данные в очередь
		Add(i,Head,MyNode);
	Show(Head);//выводим очередь
	ClearNode(Head); //очищаем память
}
```

Двусвязные списки



Структура узла:




```
struct Node {
  char word[40];   // слово
  int  count;      // счетчик повторений
  Node *next;      // ссылка на следующий элемент
  Node *prev;      // ссылка на предыдущий элемент
  };
```

Указатель на эту структуру:

```
typedef Node *PNode;
```

Адреса «головы» и «хвоста»:

```
PNode Head = NULL;
PNode Tail = NULL;
```

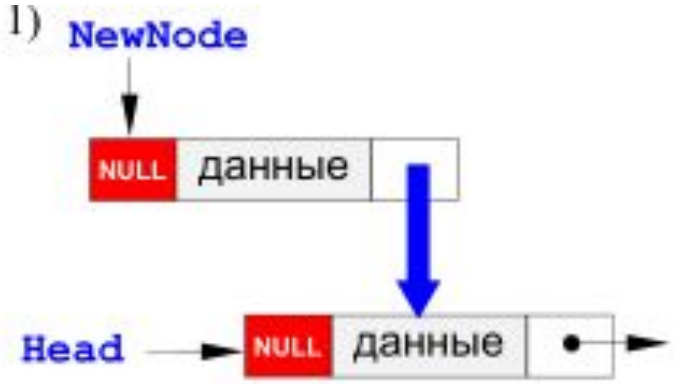
можно двигаться в обе стороны

нужно правильно работать с двумя указателями вместо одного

Двусвязные списки

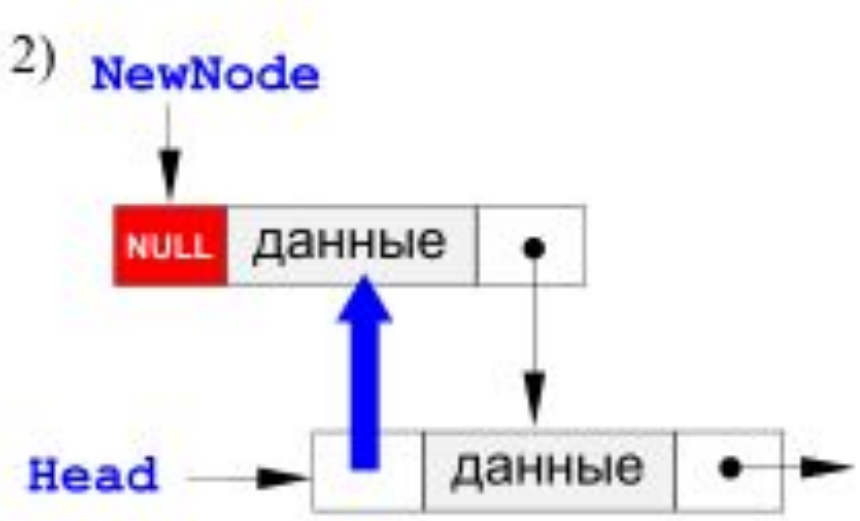
- При **добавлении нового узла** NewNode **в начало списка** надо

1) установить ссылку next узла NewNode на голову существующего списка и его ссылку prev в NULL;



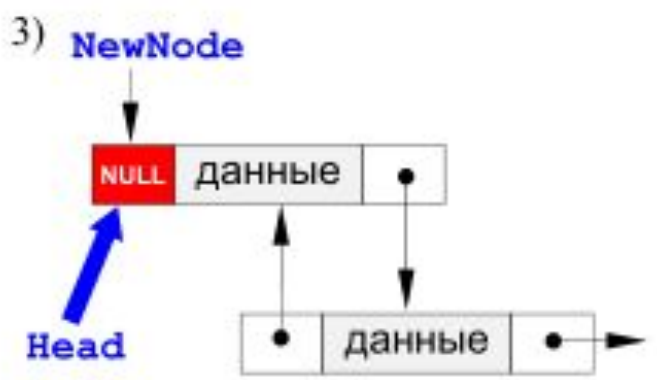
Двусвязные списки

2) установить ссылку prev бывшего первого узла (если он существовал) на NewNode;



Двусвязные списки

3) установить голову списка на новый узел;



4) если в списке не было ни одного элемента, хвост списка также устанавливается на новый элемент.

Двусвязные списки

```
void AddFirst(PNode &Head, PNode &Tail, PNode NewNode)
{
   NewNode->next = Head;
   NewNode->prev = NULL;
   if ( Head ) Head->prev = NewNode;
   Head = NewNode;
   if ( ! Tail ) Tail = Head; // этот элемент - первый
}
```

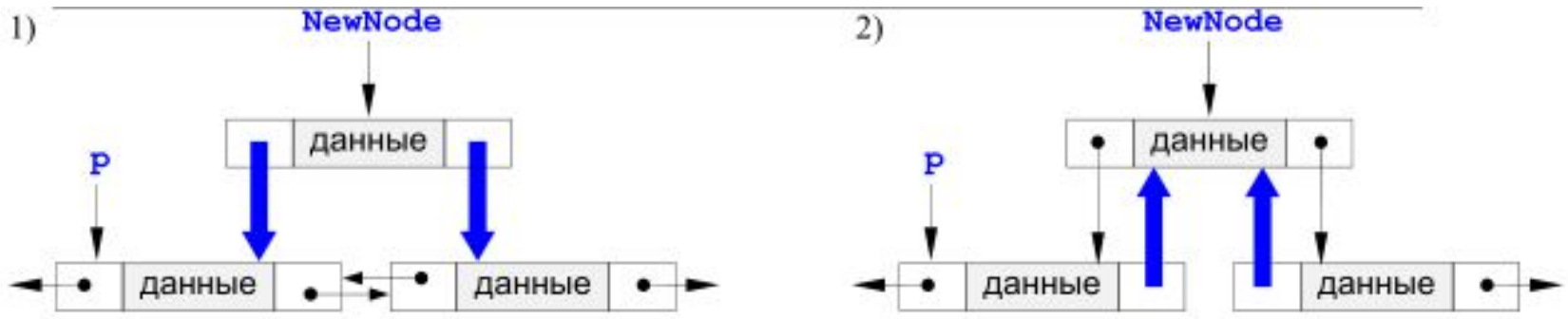
Добавление узла после заданного

- Дан адрес NewNode нового узла и адрес **p** одного из существующих узлов в списке.
- Требуется вставить в список новый узел **после p**.
- Если узел **p** является **последним**, то операция сводится к **добавлению в конец списка**.

Добавление узла после заданного

Если узел **p – не последний**, то операция вставки выполняется в два этапа:

1) установить ссылки нового узла на следующий за данным (next) и предшествующий ему (prev);
2) установить ссылки соседних узлов так, чтобы включить NewNode в список.



Добавление узла после заданного (добавление после выполняется аналогично)

```
void AddAfter (PNode &Head, PNode &Tail,
               PNode p, PNode NewNode)
{
if ( ! p->next )
 AddLast (Head, Tail, NewNode);  // вставка в конец списка
else {
   NewNode->next = p->next;  // меняем ссылки нового узла
   NewNode->prev = p;
   p->next->prev = NewNode;  // меняем ссылки соседних узлов
   p->next = NewNode;
   }
}
```

Поиск узла в списке

Проход по двусвязному списку может выполняться **в двух направлениях** – от головы к хвосту (как для односвязного) или от хвоста к голове.

Проход по списку в от головы списка

Алгоритм:

1. установить вспомогательный указатель **q** на голову списка;
2. если указатель **q** равен **NULL** (дошли до конца списка), то стоп;
3. выполнить действие над узлом с адресом **q** ;
4. перейти к следующему узлу, **q->next**
5. Перейти к п.2

```
...
PNode q = Head;       // начали с головы
while ( q != NULL )
 {                    // пока не дошли до конца
  ...                 // делаем что-то хорошее с q
  q = q->next;        // переходим к следующему узлу
  }
...
```

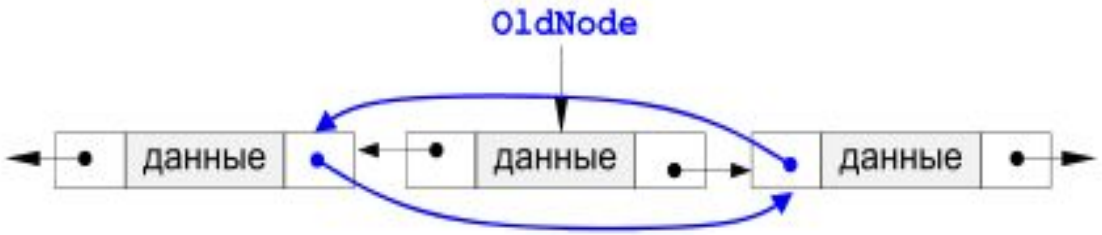
Проход по списку от хвоста к голове списка

Алгоритм:

1. установить вспомогательный указатель **q** на хвост списка;
2. если указатель **q** равен **NULL** (дошли до начала списка), то стоп;
3. выполнить действие над узлом с адресом **q** ;
4. перейти к следующему узлу, **q->prev**

```
PNode q = Tail;       // начали с хвоста
while ( q != NULL )
 {                    // пока  не дошли до начала
  ...                 // делаем что-то хорошее с q
  q = q->prev;  // переходим к следующему узлу
  }
...
```

Удаление узла




```
void Delete(PNode &Head, PNode &Tail, PNode OldNode)
{
if (Head == OldNode) {
   Head = OldNode->next;     // удаляем первый элемент
   if ( Head )
        Head->prev = NULL;
   else Tail = NULL;         // удалили единственный элемент
   }
else {
   OldNode->prev->next = OldNode->next;
   if ( OldNode->next )
   OldNode->next->prev = OldNode->prev;
   else Tail = OldNode->prev;    // удалили последний элемент
   }
delete OldNode;
}
```

Циклические списки

- Иногда список (односвязный или двусвязный) замыкают в кольцо.
- Указатель next последнего элемента указывает на первый элемент.
- Для двусвязных списков указатель prev первого элемента указывает на последний. В таких списках понятие «хвоста» списка не имеет смысла, для работы с ним надо использовать указатель на «голову», причем «головой» можно считать любой элемент.

- Дано число *N* и *N* целых чисел. Создать циклический односвязный линейный список, в который поместить все эти элементы в порядке поступления (тип – очередь). Вернуть указатель на первый элемент списка. Затем распечатать этот список.

```
void create_cycle (PNode &head, int n)
{
      PNode p,q;
      head=new Node;
      cout<<"Значение ";
      cin>>head->inf;
      p=head;
      head->next=p;
      for(int i=2;i<=n;i++)
      {
            q=new Node;
            cout<<"Значение ";
            cin>>q->inf;
            p->next=q;
            q->next=head;
            p=q;
      }
}
```

```
void print_cycle (PNode head)
{
      PNode p;
      cout<<head->inf<<'\t';
      p=head->next;
      while (p !=head)          // пока не голова списка
      {
        cout<<p->inf<<'\t';
        p=p->next;   // переходим к следующему узлу
      }
     cout<<endl;
}
```

Вывести значение *N*-го элемента кольцевого списка. Считать, что счет начинается с первого элемента и продолжается по кругу, если элементов в списке меньше *N*.

```
void browse_loop_N(PNode head, int N)
{
      for (int i=2;i<=N;i++)
            head=head->next;
      cout<<head->inf<<endl;
}
```

Вставить значение *x* после *N*-го по счету элемента циклического списка.

```
void insert_loop_N(PNode head, int N, int x)
{
      for (int i=1;i<=N-1;i++)
            head=head->next;
      PNode p;
      p=new Node;
      p->inf=x;
      p->next=head->next;
      head->next=p;
}
```