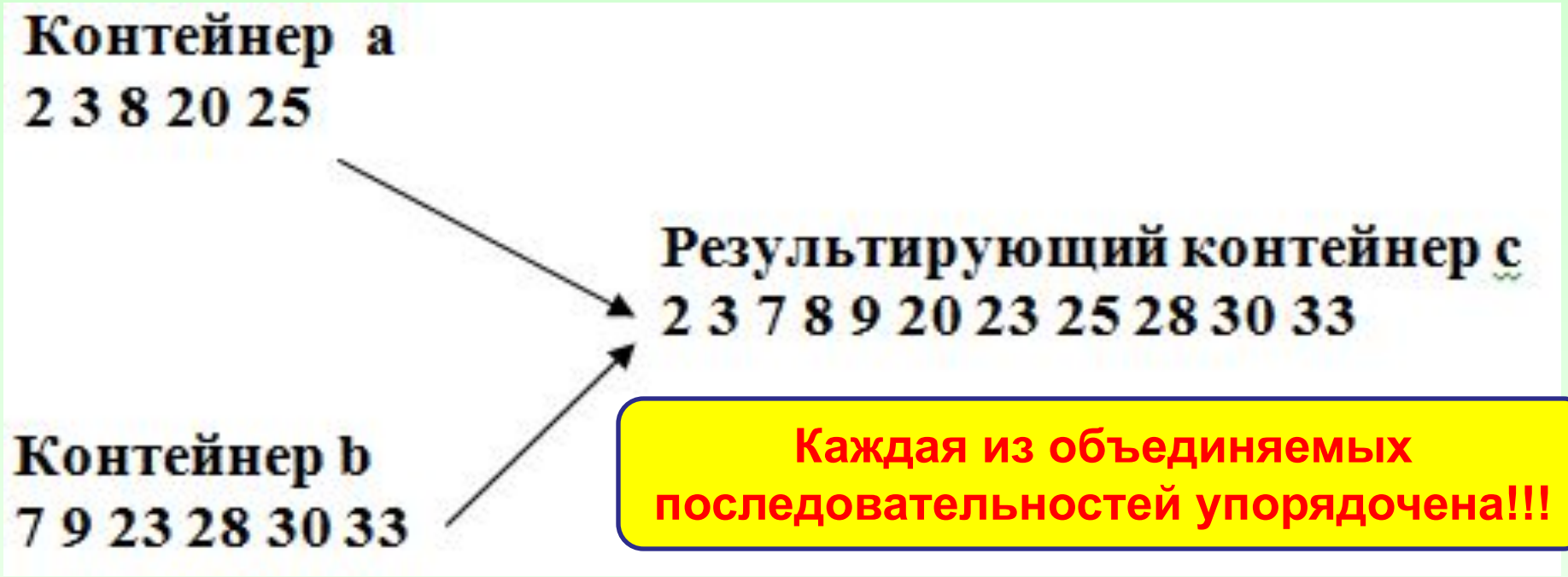
Лекция 3

Операция объединения *merge*. Категории итераторов

Алгоритм *merge* (объединение)

Рассмотрим операцию объединения a и b в c :



Алгоритм merge можно использовать для каждого из 4 типов последовательных контейнеров (массивы, векторы, двусторонние очереди и списки). Три участника алгоритма (a, b и c на рисунке) не обязаны принадлежать к одному и тому же контейнерному типу.

Объединение вектора и массива в список

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <list>
#include  <iterator>
#include  <algorithm>
using namespace  std;
int merge()
{   vector<int> a(5);  a[0] = 2; a[1] =  3; a[2] = 8;
a[3] = 20; a[4] =  25;
int b[6] = {7, 9, 23, 28, 30, 33};
list<int> c;  //  Список сначала пуст
merge(a.begin(), a.end(), b, b+6, inserter(c, c.begin()));
list<int>::iterator i;
for (i=c.begin(); i != c.end(); ++i)
cout << *i << "  ";
cout << endl;  return 0;  }
```

Замечания

Здесь также нужно использовать итератор вставки, если хотим писать в *c* в режиме вставки. В качестве альтернативы мы могли бы написать:

```
list<int> c (11);  // принимаем 5 + 6 = 11 элементов
merge(a.begin(), a.end(), b, b+6, c.begin());
```

выделив достаточно места при определении принимающего списка *c*.

Сам по себе алгоритм merge работает *в режиме замещения*, то есть не создает новых элементов контейнера, а помещает значения в существующие. Чтобы вставлять новые элементы (*режим вставки*) при объединении, мы должны использовать *вставляющий итератор*, как показано в полной программе. В любом случае результат работы программы следующий:

2 3 7 8 9 20 23 25 28 30 33

Типы, определенные пользователем

Кроме стандартных типов, таких как *int*, в контейнерах STL можно хранить типы, определенные пользователем.

Так как вызов *merge(...)* в программе *merge.cpp* основан на операции сравнения “меньше чем” <, такой вызов для новых типов возможен, только если мы для этих типов определяем *operator<*.

Рассмотрим это на простом примере.

Типы, определенные пользователем

```
// merge2.cpp: Объединяем записи, используя
// имена в качестве ключей.
#include <iostream>
#include <string>
#include <algorithm>
using namespace  std;
// Описание operator< находится внутри
// структуры entry
      struct entry
        { long nr;  char name[30];
       bool operator<(const entry &b)const
          { return strcmp(name, b.name) < 0;  }
    };
```

В качестве ключей используются имена

```
int merge2()
{    entry a[3] = {{10, "Betty"},
                   {11, "James"},
                   {80, "Jim"}},
           b[2] = {{16, "Fred"},
                   {20, "William"}},
           c[5], *p;
   merge(a, a+3, b, b+2, c);
   for (p=c;  p != c+5; p++)
        cout << p->nr << "  " << p->name << endl;
   cout  <<  endl; return  0;
}
```

```
10  Betty
16  Fred
11  James
80  Jim
20  William
```

Для работы программы существенно, что имена в каждом из массивов ***a*** и ***b*** располагаются в алфавитном порядке. Программа объединяет ***a*** и ***b*** в ***c*** (в алфавитным порядком имен)

В качестве ключей используются числа

Чтобы числа шли в порядке возрастания, их нужно было бы перечислить в таком порядке в заданных массивах *a* и *b* и, кроме того, заменить определение *оператора "меньше".* Поскольку числа и так уже расположены в порядке возрастания в обоих массивах, нам остается только вместо функции-члена *operator <* использовать следующую:

```
struct entry
      { long nr;  char name[30];
     bool operator<(const entry &b)const
        {return nr < b.nr;
        }
      };
```

В качестве ключей используются числа

Результат:

```
10  Betty
11  James
16  Fred
20  William
80Jim
```

Функция *operator<* не обязана быть членом класса (или структуры) entry. Иными словами, мы могли бы написать:

```
struct entry
{
    long nr;
    char name[30];
};
bool operator<(const entry &a, const entry &b) const
{   return strcmp(a.name, b.name) < 0;
}
```

Категории итераторов

Мы можем использовать алгоритм *sort* (произвольный доступ) для массивов, векторов и двусторонних очередей, но не для списков. Алгоритм *find*, напротив, может быть использован для всех четырех типов последовательных контейнеров.

В обоих случаях используются итераторы, но алгоритм *sort* требует “более мощных” итераторов, нежели алгоритм *find.* Итераторы можно поделить на пять категорий, в соответствии с теми операциями, которые для них определены.

Предположим, что *i* и *j* - итераторы одного вида.

Тогда, основные операции, выполняемые с любым итератором:

- **Разыменование итератора; если *i* - итератор, то **i* – значение объекта, на который он ссылается.**
- **Присваивание одного итератора другому: *i = j .***
- **Сравнение итераторов: *i == j, i != j.***
- **Перемещение итератора по всем элементам контейнера: с помощью префиксного *(++i)* или постфиксного *(i++)* инкремента.**

Т.к. реализация итератора специфична для каждого класса, то при объявлении итераторов указывается область видимости:

vector<int>:: iterator iv;

.

Пусть *i* – итератор; просмотр элементов контейнера записывается так:

for (i = first; i != last; ++i)

где *first* – значение итератора, указывающего на первый элемент контейнера, *last* – значение итератора, указывающего на воображаемый элемент, следующий за последним элементом контейнера. Операция сравнения < заменена на операцию *!=*, поскольку операции < и > для итераторов в общем случае не поддерживаются.

Методы *begin()* и *end()* возвращают адреса *first* и *last* соответственно.

Таблица операций, применимых к итераторам

x - переменная того же типа, что и элементы рассматриваемого контейнера, а n – int.

Категория итератора	*Операции (дополнительно к* i == j, i !=j, i =j)	Какие контейнеры предоставляют	Каким алгоритмом используется
входной (input)	x = *i, ++i, i++	все четыре	*find*
выходной (output)	*i =x, ++i, i++	все четыре	*copy* (приемник)
прямой (forward)	как у входного и выходного сразу	все четыре	*replace*
двунаправленный (bidirectional)	как у прямого и --i, i--	все четыре	*reverse*
произвольного доступа (random access)	как у двунаправленного и i + n, i - n, i +=n, i -= n, i<j, i>j, i<=j, i>= j	массив, *vector*, *deque* (*no* не *list*)	*sort*

Категории итераторов

- ***Входные (input)*** **итераторы используются для чтения значений из контейнера, аналогично вводу данных из потока *cin.***
- ***Выходные (output)*** **итераторы используются для записи значений в контейнер, аналогично выводу данных в поток *cout.***
- ***Прямые (forward)*** **итераторы поддерживают навигацию по контейнеру только в прямом направлении, позволяют читать и изменять данные в контейнере.**
- ***Двунаправленные (bidirectional)*** **итераторы в дополнение ко всем операциям прямых итераторов, поддерживают навигацию и в прямом, и в обратном направлениях (реализованы операции префиксного и постфиксного уменьшения).**

Категории итераторов

- **Итераторы *произвольного доступа (random access)* получили, добавив к двунаправленному итератору операции +, -, +=, -=, <, >, <=, >=, т.е. доступа к произвольному элементу контейнера.**

  Добавление целого числа к итератору возможно только для итераторов произвольного доступа; эта операция требуется, к примеру, для алгоритма сортировки.

  Так как *список* не предоставляет итераторов произвольного доступа, мы не можем применить к списку алгоритм *sort.*

  Теперь понятно, что выражение i - 1 допустимо *только для операторов произвольного доступа,* тогда как --i поддерживается также двунаправленными итераторами.

Демонстрация итераторов произвольного доступа:

```
int a[3] = {5, 8, 2};   vector<int> v(a, a+3);
vector<int>:: iterator iv = v.begin(), ivl;
ivl = iv + 1;
bool bl = iv < ivl;
//  + и < допустимы, поскольку
// iv и ivl  –  итераторы произвольного доступа.
```

Демонстрация двунаправленных итераторов:

```
list<int> w(a,  a+3);
list<int>::iterator iw = w.begin(), iwl;
iwl = iw + 1;            //  Ошибка
bool b2 = iw < iwl;      //  Ошибка
// + и < недопустимы, поскольку
// iw и iwl – двунаправленные итераторы.
// Следующие две строчки являются правильными:
iwl = iw;
bool b3 = iw == iwl;  // b3 =true
```

Категории итераторов и алгоритмы

Алгоритм *find* требует исключительно тех операций над итераторами, которые определены для *входных итераторов*, потому что ему достаточно только читать элементы последовательности, исполняя, например, операцию присваивания *x* = *i.

Алгоритм *replace*, заменяющий одно определенное значение на другое требует только *прямых итераторов* с соответствующими операциями.

***На двунаправленных итераторах* базируются алгоритмы, выполняющие реверсивные операции, например, алгоритм *reverse*. Этот алгоритм меняет местами все объекты в цепочке, на которую ссылаются переданные ему итераторы.**

Категории итераторов и алгоритмы

Итераторы *двунаправленного доступа* возвращаются несколькими контейнерами STL: *list, set, multiset, map и multimap.*

***Итераторы произвольного доступа* возвращают такие контейнеры, как *vector и deque*.**

Итераторы произвольного доступа – самые "умелые" из основных итераторов и, как правило, все сложные алгоритмы, требующие расширенных вычислений, оперируют с этими итераторами.

Создаем переменную типа *"итератор произвольного доступа".* Для этого берем итератор и на его основе создаем другой, более удобный:

```
typedef vector<int>::iterator vectItr;
vectItr itr ;
```

Потоковые итераторы

Можно применить алгоритм *copy* для вывода:

```
#include  <iterator>
const int N = 4;    int a[N] = {7, 6, 9, 2};
copy(a, a+N, ostream_iterator<int>(cout, " "));
```

Это можно сделать таким образом:

```
ostream_iterator<int> i (cout,  " ") ;
copy (a, a+N,  i) ; // потоковый итератор – 3-й аргумент
```

В поток стандартного вывода *cout* будут выведены числа 7, 6, 9 и 2, как если бы написали:

```
for  (int* p=a; p!= a+N; p++)
cout << *p << "  ";
```

Для ввода используем аналогичный прием:

```
istream_iterator<int> is(cin);
```

Потоковые итераторы

Программа читает из стандартного потока *cin* числа, вводимые пользователем и дублирует их на экране. Работа программы заканчивается, при вводе числа 77:

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include  <iterator>
#include <algorithm>
void prog1()
{   istream_iterator<int> is(cin);
ostream_iterator<int> os(cout, "  ");
int input;
while((input = *is) != 77)
{   *os++ = input;
    is++ ;
}
}
```

Операции с итераторами

К итераторам произвольного доступа можно применять арифметические операции:

```
int n, dist; // i и i0 – итераторы произвольного доступа
i0 = i;   i += n;   dist = i – i0;     // dist == n
```

Существуют функции *advance* и *distance:*

```
int n, dist; //  i и i0 – итераторы, но  необязательно
             //произвольного доступа
i0 = i;  advance(i, n);  dist = 0;
distance(i0, i, dist);          // dist == n
```

advance(i, n) → *i += n*

distance(i0, i, dist) → *dist = i – i0*

Функция *distance* служит для определения расстояния между элементами контейнера.

Операции *advance* и *distance* будут выполняться гораздо быстрее для итераторов произвольного доступа, чем для итераторов других типов.

Алгоритм *replace*

replace **позволяет найти все элементы с определенным значением в заданном контейнере и заменить их другим значением.**

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <algorithm>
using namespace std;
int replace_massiv()
{   char str[ ] = "abcabcabc";
int n = strlen(str);
replace(str, str+n, 'b', ‘q');
cout  <<  str <<  endl;
return 0;
}
```

Заменяет все элементы ‘b’ на ‘q’, результат:

aqcaqcaqc

Алгоритм *reverse*

reverse **позволяет заменить последовательность на обратную ей. Этот алгоритм требует двунаправленных итераторов, которые предоставляют все четыре контейнера.**

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <algorithm>
using namespace std;
int reverse_massiv()
{   char str[ ]  = "abcklmxyz";
reverse(str,  str+strlen(str));
cout << str << endl;
//  Будет  выведено:  zyxmlkcba
return  0;
}
```

Краткие итоги

Рассмотрели алгоритмы:

1. merge() – объединение элементов различных контейнеров.

merge(a.begin(), a.end(), b, b+6, inserter(c, c.begin())); – в режиме вставки.

merge(a.begin(), a.end(), b, b+6, c.begin()); – в режиме замещения.

Каждая из объединяемых последовательностей упорядочена!!! Иначе алгоритм не будет равильно работать.

operator< – оператор “меньше”, определяет операции упорядочивания (сравнения) для типов, определенных пользователем.

merge(a, a+3, b, b+2, c); – рассматривали структуры, объединение производилось по одному из ключей (либо по имени, либо по номеру). Именно оператор operator< задаёт для алгоритма merge() вид упорядочивания.

Краткие итоги

2. *replace*() – замена одних элементов на другие
   replace (str, str+n, 'b', ‘q');

3. *reverse* позволяет заменить последовательность на обратную ей.
   reverse (str, str+strlen(str));

Категории итераторов

- *Входные (input)* итераторы используются для чтения значений из контейнера. *find()*
- *Выходные (output)* итераторы используются для записи значений в контейнер. *copy()*
- *Прямые (forward)* итераторы поддерживают навигацию по контейнеру только в прямом направлении, позволяют читать и изменять данные в контейнере. *replace*()

Краткие итоги

Категории итераторов

- ***Двунаправленные (bidirectional)*** **итераторы в дополнение ко всем операциям прямых итераторов, поддерживают навигацию и в прямом, и в обратном направлениях.** ***reverse()***
- **Итераторы *произвольного доступа (random access)* получили, добавив к двунаправленному итератору операции +, -, +=, -=, <, >, <=, >=, т.е. доступа к произвольному элементу контейнера.** ***sort()***