

Московский Авиационный Институт
(Национальный исследовательский Университет)

Факультет: «Информационные технологии и прикладная математика»
Кафедра: 806 «Вычислительная математика и программирование»

**Лабораторная работа
по курсу «ООП»**

Тема:
Основы работы с коллекциями: итераторы.

Студент:	Петрин С.А.
Группа:	М80-207Б-18
Преподаватель:	Журавлев А.А.
Вариант:	17
Оценка:	
Дата:	

Москва
2019

1. Постановка задачи

Вариант 17. Фигура: треугольник; контейнер: очередь.

Создать шаблон динамической коллекции, согласно варианту задания:

1. Коллекция должна быть реализована с помощью умных указателей.
2. В качестве параметра шаблона коллекция должна принимать тип данных.
3. Реализовать `forward_iterator` по коллекции.
4. Коллекция должна возвращать итераторы `begin()` и `end()`.
5. Коллекция должна содержать метод вставки на позицию итератора `insert(iterator)`.
6. Коллекция должна содержать метод удаления из позиции итератора `erase(iterator)`.
7. При выполнении недопустимых операций (например выход за границы коллекции или удаление не существующего элемента) необходимо генерировать исключения.
8. Итератор должен быть совместим со стандартными алгоритмами (например, `std::count_if`).
9. Коллекция должна содержать метод доступа.
10. Реализовать программу, которая:
 - Позволяет вводить с клавиатуры фигуры (с типом `int` в качестве параметра шаблона фигуры) и добавлять в коллекцию.
 - Позволяет удалять элемент из коллекции по номеру элемента.
 - Выводит на экран введенные фигуры с помощью `std::for_each`.
 - Выводит на экран количество объектов, у которых площадь меньше заданной (с помощью `std::count_if`).

2. Код программы на языке C++

main.cpp:

```
#include <iostream>

#include <string>

#include <algorithm>

#include <exception>

#include "queue.h"

#include "triangle.h"

#include "vertex.h"

#include "vector.h"

int main() {

    Queue<Triangle<int>> q;
```

```

std::string cmd;

std::cout << "Operations: Add/ Remove/ Print/ Front/ Back/ Count_if/ Menu/ Exit" << std::endl;
std::cout << "_____ " << std::endl;
while (std::cin >> cmd) {
    if (cmd == "Add") {
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        std::cout << "Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator
position[Iter]" << std::endl;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        std::cin >> cmd;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        if (cmd == "Push") {
            Triangle<int> t;
            std::cout << "Input points: ";
            try {
                std::cin >> t;
            }
            catch (std::exception &e) {
                std::cout << e.what() << std::endl;
                std::cout << "_____ " << std::endl;
                continue;
            }

            q.Push(t);
            std::cout << "_____ " << std::endl;
        }
        else if (cmd == "Iter") {
            Triangle<int> t;
            std::cout << "Input points: ";
            try {

```

```

        std::cin >> t;
    }
    catch (std::exception &e) {
        std::cout << e.what() << std::endl;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        continue;
    }
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    std::cout << "Input index: ";
    int i;
    std::cin >> i;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    Queue<Triangle<int>>::ForwardIterator it = q.Begin();
    for (int cnt = 0; cnt < i; cnt++) {
        it++;
    }
    q.Insert(it, t);
}
else {
    std::cout << "Invalid input" << std::endl;
    std::cin.clear();
    std::cin.ignore(30000, '\n');
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    continue;
}
}
else if (cmd == "Remove") {
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    std::cout << "Delete item from front of queue[Pop] or to the iterator position[Iter]"
<< std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;

```

```

std::cin >> cmd;

std::cout << "_____ " << std::endl;

if (cmd == "Pop") {
    q.Pop();
}

else if (cmd == "Iter") {
    std::cout << "Input index: ";

    int i;

    std::cin >> i;

    std::cout << "_____ " << std::endl;

    Queue<Triangle<int>>::ForwardIterator it = q.Begin();

    for (int cnt = 0; cnt < i; cnt++) {
        it++;
    }

    q.Erase(it);
}

else {
    std::cout << "Invalid input" << std::endl;

    std::cin.clear();

    std::cin.ignore(30000, '\n');

    std::cout << "_____ " << std::endl;

    continue;
}

}

else if (cmd == "Print") {
    std::cout << "_____ " << std::endl;

    q.Print();

    std::cout << "_____ " << std::endl;
}

else if (cmd == "Front") {
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}

```

```

Triangle<int> value;

try {
    value = q.Front();
}

catch (std::exception &e) {
    std::cout << e.what() << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    continue;
}

std::cout << value << std::endl;
std::cout << "_____ " << std::endl;
}

else if (cmd == "Back") {
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    Triangle<int> value;
    try {
        value = q.Back();
    }
    catch (std::exception &e) {
        std::cout << e.what() << std::endl;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        continue;
    };
    std::cout << value << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}

else if (cmd == "Count_if") {
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    std::cout << "Input area: ";
    double area;
    std::cin >> area;

```

```

        std::cout << " _____" << std::endl;

        std::cout << "The number of figures with an area less than a given " <<
std::count_if(q.Begin(), q.End(), [area](Triangle<int> t){

        return Area(t) < area;

    }) << std::endl;

    std::cout << " _____" << std::endl;
}

else if (cmd == "Menu") {

    std::cout << " _____" << std::endl;

    std::cout << "Operations: Add/ Remove/ Print/ Front/ Back/ Count_if/ Menu/ Exit" <<
std::endl;

    std::cout << " _____" << std::endl;

}

else if (cmd == "Exit") {

    break;

}

else {

    std::cout << " _____" << std::endl;

    std::cout << "Invalid input" << std::endl;

    std::cin.clear();

    std::cin.ignore(30000, '\n');

    std::cout << " _____" << std::endl;

}

}

return 0;

}

```

queue.h:

```

#ifndef QUEUE_H
#define QUEUE_H 1

```

```
#include <iostream>

#include <memory>

#include <algorithm>
```

```
template<typename T>
```

```
class Queue {

    using value_type = T;

    using size_type = size_t;

    using reference = value_type &;

    using const_reference = const value_type &;

    using pointer = value_type *;

    using const_pointer = const value_type *;
```

```
private:
```

```
    class Node {

    public:

        Node(T val) : next{nullptr}, prev{next}, value{val} {};

        friend class Queue;

    private:

        std::shared_ptr<Node> next;

        std::weak_ptr<Node> prev;

        T value;

    };
```

```
public:
```

```
    class ForwardIterator {

    public:

        using value_type = T;

        using reference = T&;

        using pointer = T*;
```



```

using difference_type = ptrdiff_t;

using iterator_category = std::forward_iterator_tag;

friend class Queue;

ForwardIterator(std::shared_ptr<Node> it = nullptr) : ptr{it} {};

ForwardIterator(const ForwardIterator &other) : ptr{other.ptr} {};

ForwardIterator operator++() {
    if (ptr.lock() == nullptr) {
        return *this;
    }
    ptr = ptr.lock()->next;
    return *this;
}

ForwardIterator operator++(int s) {
    if (ptr.lock() == nullptr) {
        return *this;
    }
    ForwardIterator old{this->ptr.lock()};
    ++(*this);
    return old;
}

reference operator*() {
    return ptr.lock()->value;
}

const_reference operator*() const {
    return ptr.lock()->value;
}

```

```
}
```

```
std::shared_ptr<Node> operator->() {
```

```
    return ptr.lock();
```

```
}
```

```
std::shared_ptr<const Node> operator->() const {
```

```
    return ptr.lock();
```

```
}
```

```
bool operator==(const ForwardIterator &rhs) const {
```

```
    return ptr.lock() == rhs.ptr.lock();
```

```
}
```

```
bool operator!=(const ForwardIterator &rhs) const {
```

```
    return ptr.lock() != rhs.ptr.lock();
```

```
}
```

```
ForwardIterator Next() const {
```

```
    if (ptr.lock() == nullptr)
```

```
        return ForwardIterator{};
```

```
    return ptr.lock()->next;
```

```
}
```

```
private:
```

```
    std::weak_ptr<Node> ptr;
```

```
};
```

```
Queue() : head{nullptr}, tail{head}, size{0} {};
```

```
void Push(const T& val) {
```

```

if (!head) {
    head = std::make_shared<Node>(val);
    tail = head;
}
else {
    std::shared_ptr<Node> newElem = std::make_shared<Node>(val);
    newElem->prev = tail;
    tail.lock()->next = newElem;
    tail = newElem;
}
size++;
}

```

ForwardIterator Insert(const ForwardIterator it, const T& val) {

```

    if (it == ForwardIterator{}) {
        if (tail.lock() == nullptr) {
            Push(val);
            return Begin();
        }
        std::shared_ptr<Node> newElem = std::make_shared<Node>(val);
        newElem->prev = tail;
        tail.lock()->next = newElem;
        tail = newElem;
        size++;
        return newElem;
    }

```

```

    if (it == Begin()) {
        std::shared_ptr<Node> newElem = std::make_shared<Node>(val);
        newElem->next = it.ptr.lock();
        it->prev.lock() = newElem;
        head = newElem;
    }

```

```

        size++;

        return newElem;
    }

    std::shared_ptr<Node> newElem = std::make_shared<Node>(val);
    newElem->next = it.ptr.lock();
    it->prev.lock()->next = newElem;
    newElem->prev = it->prev;
    it->prev.lock() = newElem;

    size++;

    return newElem;
}

```

```

void Pop() {
    if (head) {
        head = head->next;
        size--;
    }
}

```

```

ForwardIterator Erase(const ForwardIterator it) {

    if (it == ForwardIterator{}) { //удаление несуществующего элемента
        return End();
    }

    if (it->prev.lock() == nullptr && head == tail.lock()) { //удаление очереди, состоящей
только из одного элемента
        head = nullptr;
        tail = head;
        size = 0;
        return End();
    }

    if (it->prev.lock() == nullptr) { //удаление первого элемента

```

```

        it->next->prev.lock() = nullptr;

        head = it->next;

        size--;

        return head;
    }

    ForwardIterator res = it.Next();

    if (res == ForwardIterator{}) { //удаление последнего элемента

        it->prev.lock()->next = nullptr;

        size--;

        return End();
    }

    //удаление элементов в промежутке

    it->next->prev = it->prev;

    it->prev.lock()->next = it->next;

    size--;

    return res;
}

reference Front() {
    if (head == nullptr)

        throw std::out_of_range("Empty item");

    return this->head->value;
}

const_reference Front() const {
    if (head == nullptr)

        throw std::out_of_range("Empty item");

    return this->head->value;
}

reference Back() {

```

```
    if (head == nullptr)
        throw std::out_of_range("Empty item");
    return this->tail.lock()->value;
}
```

```
const_reference Back() const {
    if (head == nullptr)
        throw std::out_of_range("Empty item");
    return this->tail.lock()->value;
}
```

```
ForwardIterator Begin() {
    return head;
}
```

```
ForwardIterator End() {
    return ForwardIterator{};
}
```

```
bool Empty() const {
    return size == 0;
}
```

```
size_type Size() const {
    return size;
}
```

```
void Swap(Queue &rhs) {
    std::shared_ptr<Node> temp = head;
    head = rhs.head;
    rhs.head = temp;
}
```

```
}
```

```
void Clear() {  
    head = nullptr;  
    tail = head;  
    size = 0;  
}
```

```
void Print() {  
    ForwardIterator it = Begin();  
    std::for_each(Begin(), End(), [it, this](auto e)mutable{  
        std::cout << e;  
        if (it.Next() != this->End()) {  
            std::cout << " <- ";  
        }  
        it++;  
    });  
    std::cout << "\n";  
}
```

```
private:
```

```
    std::shared_ptr<Node> head;  
    std::weak_ptr<Node> tail;  
    size_t size;  
};
```

```
#endif //QUEUE_H
```

vertex.h:

```
#ifndef VERTEX_H  
#define VERTEX_H 1
```

```
template<typename T>  
struct vertex {  
    using vertex_t = std::pair<T, T>;
```

```
};

template<typename T>
std::istream &operator>>(std::istream &is, std::pair<T, T> &v) {
    is >> v.first >> v.second;

    return is;
}

template<typename T>
std::ostream &operator<<(std::ostream &os, const std::pair<T,T> &v) {
    os << "[" << v.first << ", " << v.second << "]";

    return os;
}

#endif // VERTEX_H
```

vector.h:

```
#ifndef VECTOR_H
#define VECTOR_H 1

#include <utility>
#include <cmath>
#include <iostream>

#include "vertex.h"

template<typename T>
struct Vector {
    using vertex_t = std::pair<T, T>;
    T p1, p2;

    Vector(T x_cord, T y_cord) : p1{x_cord}, p2{y_cord} {};
    Vector(vertex_t &p1, vertex_t &p2) : p1{p2.first - p1.first},
                                         p2{p2.second - p1.second} {};
    double operator*(const Vector<T> &a) const {
        return (p1 * a.p1) + (p2 * a.p2);
    }
    Vector<T> &operator=(const Vector<T> &a) {
        p1 = a.p1;
        p2 = a.p2;
        return *this;
    }
};

template<typename T>
double Length(const Vector<T> &vector) {
    return sqrt(vector.p1 * vector.p1 + vector.p2 * vector.p2);
}

template<typename T>
```



```

double Length(const std::pair<T, T> &A,
              const std::pair<T, T> &B) {
    return sqrt(pow((B.first - A.first), 2) +
               pow((B.second - A.second), 2));
}

template<typename T>
bool is_parallel(const Vector<T> &A, const Vector<T> &B) {
    return (A.p1 * B.p2) - (A.p2 * B.p1) == 0;
}

#endif //VECTOR_H

```

triangle.h:

```

#ifndef TRIANGLE_H
#define TRIANGLE_H

#include <utility>
#include <iostream>

#include "vector.h"
#include "vertex.h"

template<typename T>
struct Triangle {
    using vertex_t = std::pair<T,T>;
    vertex_t vertices[3];
};

template<typename T>
typename Triangle<T>::vertex_t Center(const Triangle<T> &t);

template<typename T>
double Area(const Triangle<T> &t);

template<typename T>
std::ostream &Print(std::ostream &os, const Triangle<T> &t);

```

```
template<typename T>
```

```
std::istream &Read(std::istream &is, Triangle<T> &t);
```

```
template<typename T>
```

```
std::istream &operator>>(std::istream &is, Triangle<T> &t);
```

```
template<typename T>
```

```
std::ostream &operator<<(std::ostream &os, const Triangle<T> &t);
```

```
template<typename T>
```

```
typename Triangle<T>::vertex_t Center(const Triangle<T> &t) {
```

```
    T x, y;
```

```
    x = (t.vertices[0].first + t.vertices[1].first + t.vertices[2].first) / 3;
```

```
    y = (t.vertices[0].second + t.vertices[1].second + t.vertices[2].second) / 3;
```

```
    return std::make_pair(x, y);
```

```
}
```

```
template<typename T>
```

```
double Area(const Triangle<T> &t) {
```

```
    double res = 0;
```

```
    for (int i = 0; i <= 1; i++) {
```

```
        res += (t.vertices[i].first * t.vertices[i + 1].second -  
                t.vertices[i + 1].first * t.vertices[i].second);
```

```
    }
```

```
    res += (t.vertices[2].first * t.vertices[0].second -  
            t.vertices[0].first * t.vertices[2].second);
```

```
    res = 0.5 * std::abs(res);
```

```
    return res;
```

```
}
```

```
template<typename T>
```

```
std::ostream &Print(std::ostream &os, const Triangle<T> &t) {
```

```
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
```

```
        os << t.vertices[i];
```

```
        if (i != 2) {
```

```
            os << " ";
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    return os;
```

```
}
```

```
template<typename T>
```

```
std::istream &Read(std::istream &is, Triangle<T> &t) {
```

```
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
```

```
        is >> t.vertices[i].first >> t.vertices[i].second;
```

```
    }
```

```
    double AB = Length(t.vertices[0], t.vertices[1]),
```

```
           BC = Length(t.vertices[1], t.vertices[2]),
```

```
           AC = Length(t.vertices[0], t.vertices[2]);
```

```
    if (AB >= BC + AC || BC >= AB + AC || AC >= AB + BC) {
```

```
        throw std::logic_error("Vertices must not be on the same line.");
```

```
    }
```

```
    return is;
```

```
}
```

```
template<typename T>
```

```
std::istream &operator>>(std::istream &is, Triangle<T> &t) {
```

```

        return Read(is, t);
    }

template<typename T>
std::ostream &operator<<(std::ostream &os, const Triangle<T> &t) {
    return Print(os, t);
}

#endif // TRIANGLE_H

```

3. Ссылка на репозиторий на GitHub.

https://github.com/SergeiPetrin/OOP/tree/master/oop_exercise_05

4. Набор testcases.

test_01.txt:

```

Add
Push
0 0 3 0 3 7
Add
Push
1 1 4 1 4 8
Add
Iter
-1 -1 3 -1 3 7
1
Print
Remove
Pop
Front
Back
Count_if
22test
Remove
Iter

```

2
Print
Remove
Pop
Remove
Pop
Print
Exit

test_02.txt:

Add
Push
0 0 5 0 5 9
Add
Iter
10 10 12 10 12 15
3
Add
Iter
0 0 1 1 -1 -1
Print
Front
Back
Exit

test_03.txt:

Back
Front
Add
Push
0 0 1 0 1 3
Add
Push
0 0 1 0 1 1
Remove
Pop
Print
Exit

5. Результаты выполнения тестов.

test_01.txt:

Operations: Add/ Remove/ Print/ Front/ Back/ Count_if/ Menu/ Exit

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Push

Input points: 0 0 3 0 3 7

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Push

Input points: 1 1 4 1 4 8

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Iter

Input points: -1 -1 3 -1 3 7

Input index: 1

Print

[0, 0] [3, 0] [3, 7] <- [-1, -1] [3, -1] [3, 7] <- [1, 1] [4, 1] [4, 8]

Remove

Delete item from front of queue[Pop] or to the iterator position[Iter]

Pop

Front

[-1, -1] [3, -1] [3, 7]

Back

[1, 1] [4, 1] [4, 8]

Count_if

Input area: 22

The number of figures with an area less than a given 2

Remove

Delete item from front of queue[Pop] or to the iterator position[Iter]

Iter

Input index: 2

Print

[-1, -1] [3, -1] [3, 7] <- [1, 1] [4, 1] [4, 8]

Remove

Delete item from front of queue[Pop] or to the iterator position[Iter]

Pop

Remove

Delete item from front of queue[Pop] or to the iterator position[Iter]

Pop

Print

Exit

test_02.txt:

Operations: Add/ Remove/ Print/ Front/ Back/ Count_if/ Menu/ Exit

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Push

Input points: 0 0 5 0 5 9

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Iter

Input points: 10 10 12 10 12 15

Input index: 3

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Iter

Input points: 0 0 1 1 -1 -1

Vertices must not be on the same line.

Print

[0, 0] [5, 0] [5, 9] <- [10, 10] [12, 10] [12, 15]

Front

[0, 0] [5, 0] [5, 9]

Back

[10, 10] [12, 10] [12, 15]

Exit

test_03.txt:

Operations: Add/ Remove/ Print/ Front/ Back/ Count_if/ Menu/ Exit

Back

Empty item

Front

Empty item

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Push

Input points: 0 0 1 0 1 3

Add

Add an item to the back of the queue[Push] or to the iterator position[Iter]

Push

Input points: 0 0 1 0 1 1

Remove

Delete item from front of queue[Pop] or to the iterator position[Iter]

Pop

Print

[0, 0] [1, 0] [1, 1]

Exit

6. Объяснение результатов работы программы.

Контейнер «очередь» реализован с помощью умных указателей. Сам класс Queue содержит умный указатель `std::shared_ptr` на первый элемент очереди, умный указатель `std::weak_ptr` на последний элемент и размер очереди `size_t size`.

Элемент очереди реализован с помощью `class Node`, который содержит в себе умный указатель `std::shared_ptr` на следующий элемент очереди, умный указатель `std::weak_ptr` на предыдущий элемент и значение.

Указатель на предыдущий элемент очереди сделан с помощью `weak_ptr`, чтобы можно было легко удалять элемент из очереди, изменяя только указатели `next`, тем самым то, на что указывали раньше `shared_ptr`’ы, удаляется, т. к. на него указывают только `weak_ptr`’ы, а `weak_ptr` содержит слабую ссылку и не учитывается при подсчете количества указателей на какой-то объект.

7. Вывод.

Выполняя данную лабораторную, я получил опыт работы с умными указателями и итераторами.

Умные указатели — хорошая вещь, т. к. они при выходе из области видимости сами удаляют то, на что указывали, и поэтому они позволяют избежать утечек памяти.

Главное предназначение итераторов заключается в предоставлении возможности пользователю обращаться к любому элементу контейнера при сокрытии внутренней структуры контейнера от пользователя. Это позволяет контейнеру хранить элементы любым способом при допустимости работы пользователя с ним как с простой последовательностью или списком.