[Лабораторная работа №7. Обобщенное программирование, шаблоны 1](#_Toc470813458)

[Практические задания 1](#_Toc470813459)

[Обязательные задания 1](#_Toc470813460)

[Задание 1 1](#_Toc470813461)

[Вариант 1. 10 баллов – Sort2 1](#_Toc470813462)

[Вариант 2. 20 баллов - FindMax 2](#_Toc470813463)

[Вариант 3. 30 баллов - FindMaxEx 2](#_Toc470813464)

[Вариант 4. 20 баллов. - ArraySum 3](#_Toc470813465)

[Задание 2 3](#_Toc470813466)

[Вариант 1 – 150 баллов - CMyArray 3](#_Toc470813467)

[Бонус в 20 баллов 4](#_Toc470813468)

[Вариант 2 – 80 баллов - CMyStack 4](#_Toc470813469)

[Вариант 3 – 150 баллов - CMyList 4](#_Toc470813470)

[Дополнительные задания 4](#_Toc470813471)

[Задание 3 4](#_Toc470813472)

[Вариант 1. 100 баллов - People 4](#_Toc470813473)

[Вариант 2. 120 баллов - Vehicle 6](#_Toc470813474)

# Лабораторная работа №7. Обобщенное программирование, шаблоны

## Практические задания

На оценку «**удовлетворительно**» необходимо набрать не менее **80 баллов**.

На оценку «**хорошо**» необходимо набрать не менее **150 баллов**.

На оценку «**отлично**» необходимо набрать не менее **300 баллов**.

### Обязательные задания

#### Задание 1

##### Вариант 1. 10 баллов – Sort2

Разработайте шаблонную функцию **Sort2**, выполняющую упорядочивание своих аргументов, переданных ей по ссылке, в порядке возрастания:

template <typename T>

void Sort2(T & first, T & second)

Разработайте специализированную версию данной шаблонной функции, выполняющую упорядочивание двух аргументов типа const char в лексикографическом порядке:

template <>

void Sort2<const char\*>(const char\* & first, const char\* & second)

Продемонстрируйте работу данной функции на примере программы, выполняющей упорядочивание двух строк, двух чисел с плавающей запятой, **трех** целых чисел, а также двух указателей типа **const char\***. Входные данные программы поступают со стандартного потока ввода[[1]](#footnote-1).

Проиллюстрировать работу программы по упорядочиванию указателей типа **const char\*** можно, например, так:

string s1, s2;

*// Считываем строки в переменные s1 и s2*

getline(s1);

getline(s2);

*// Получаем указатели на хранящиеся в строках массивы символов*

const char\* p1 = s1.c\_str();

const char\* p2 = s2.c\_str();

*// Упорядочиваем указатели в лексикографическом порядке*

Sort2(p1, p2);

*// Выводим результат output*

cout << p1 << "\n" << p2 << "\n";

##### Вариант 2. 20 баллов - FindMax

Разработайте шаблонную функцию **FindMax**, выполняющую поиск максимального элемента в массиве. В случае, если такой элемент присутствует (массив не пустой), то значение максимального элемента должно быть занесено в аргумент **maxValue**, передаваемый по ссылке, а сама функция вернуть значение «истина». Если массив был пустым, функция должна вернуть значение «ложь».

Прототип функции FindMax:

template < typename T >

bool FindMax(std::vector<T> const& arr, T& maxValue)

Продемонстрируйте работу данной функции для поиска максимального элемента в массиве целых чисел, массиве чисел с плавающей запятой, а также элементов типа std::string.

Разработайте специализированную версию данной функции, выполняющую поиск максимального элемента в массиве const char\*, интерпретируемых как строки символов, а не обычные указатели. Продемонстрируйте работу данной функции для нахождения максимального элемента в массиве указателей на строки.

template <>

bool FindMax<const char \*>(std::vector<const char\*> const& arr,   
 const char \* & maxValue)

Внимание, необходимо обосновать предоставление Вашей реализацией функции FindMax гарантий строгой безопасности исключений, а также поддержи семантики выполнения «commit-or-rollback».

##### Вариант 3. 30 баллов - FindMaxEx

Разработайте функцию **FindMaxEx**, являющуюся расширенной версией функции FindMax и позволяющую задавать критерий сравнения элементов при помощи дополнительного параметра less:

template < typename T, typename Less>

bool FindMax(std::vector<T> const& arr, T& maxValue, Less const& less)

Предикат Less – функция или функтор, принимающий 2 аргумента типа T и возвращающая true, если левый аргумент предшествует правому, в противном случае - false. Данный предикат задает критерий сравнения элементов, используемый для поиска максимального элемента.

Продемонстрируйте работу данной функции для поиска спортсмена (ФИО, рост, вес) в массиве других спортсменов, обладающего максимальным ростом, а также спортсмена с максимальным весом.

Внимание, необходимо обосновать предоставление Вашей реализацией функции FindMax гарантий строгой безопасности исключений, а также поддержи семантики выполнения «commit-or-rollback».

##### Вариант 4. 20 баллов. - ArraySum

Разработайте шаблонную функцию **ArraySum**, вычисляющую сумму элементов массива.

template <typename T>

T ArraySum(std::vector<T> const& arr)

Для пустого массива должно возвращаться значение конструктора по умолчанию для типа T.

Продемонстрировать работу данной функции для нахождения суммы элементов массив целых чисел, массива чисел с плавающей запятой, а также для массива строк (в этом случае должна выполняться конкатенация строк).

Внимание, необходимо обосновать предоставление Вашей реализацией функции ArraySum гарантий строгой безопасности исключений, а также поддержи семантики выполнения «commit-or-rollback».

#### Задание 2

##### Вариант 1 – 150 баллов - CMyArray

Разработайте шаблонный класс CMyArray, представляющий собой массив элементов некоторого типа T. Массив должен предоставлять следующие возможности:

* Возможность добавления элемента в конец массива
* Возможность получения количества элементов, содержащихся в массиве
* Возможность осуществления индексированного доступа к элементам массива при помощи оператора «[]». В случае, если индекс элемента выходит за пределы массива, должно выбрасываться исключение std::out\_of\_range
* Возможность изменения длины массива при помощи метода Resize(). В случае, если новая длина массива больше прежней, вставляемые в конец массива элементы должны инициализироваться значением по умолчанию для типа T.
* Возможность опустошения массива (удаления всех его элементов) при помощи метода Clear.
* Конструктор копирования и оператор присваивания
* Конструктор перемещения и перемещающий оператор присваивания
* Методы begin() и end(), а также rbegin() и rend(), возвращающие итераторы для перебора элементов вектора в прямом и обратном порядке.

Все методы класса должны CMyArray должны предоставлять строгую гарантию безопасности исключений и семантику «commit-or-rollback», а деструктор – гарантировать отсутствие исключений. **Массив должен быть реализован своими силами без использования класса std::vector и ему подобных**.

Программа должна демонстрировать работу шаблонного класса CMyArray в качестве массива строк (std::string) и массива чисел с плавающей запятой.

**Для класса должны быть разработаны модульные тесты**

###### Бонус в 20 баллов

**Дополнительно можно получить до 20 баллов**, если реализовать в классе CMyArray шаблонный оператор присваивания, выполняющий присваивание элементов массива одного типа массиву элементов другого типа с использованием статического преобразования типов (**static\_cast**). Данный оператор также должен быть безопасен к возникновению исключений.

##### Вариант 2 – 80 баллов - CMyStack

Разработайте шаблонный класс CMyStack, представляющий собой стек элементов некоторого типа T. Массив должен предоставлять следующие возможности:

* Вталкивание элемента на вершину стека
* Выталкивание элемента с вершины стека
* Возвращение элемента с вершины стека
* Информацию о том, пуст ли стек.
* Возможность опустошения стека (удаления всех его элементов) при помощи метода Clear.
* Конструктор копирования и оператор присваивания
* Коснструктор перемещения и перемещающий оператор присваивания

Все методы класса CMyStack должны предоставлять строгую гарантию безопасности исключений, а деструктор – гарантировать отсутствие исключений.

Программа должна демонстрировать работу стека целых чисел, а также стека строк.

**Для класса CMyStack должны быть разработаны модульные тесты**

##### Вариант 3 – 150 баллов - CMyList

Разработайте шаблонный класс CMyList, представляющий собой двусвязный список элементов некоторого типа T. Список должен предоставлять следующие возможности:

* Вставка элемента в начало и в конец списка
* Методы begin(), end(), rbegin() и rend(), возвращающие итераторы для перебора элементов списка в прямом и обратном направлении
* Информация о количестве элементов списка
* Вставка элемента в позицию списка, заданную итератором
* Удаление элемента из списка в позиции, заданной итератором
* Конструктор копирования и оператор присваивания.

Методы класса CMyList должны предоставлять строгую гарантию безопасности исключений, а конструктор – гарантировать отсутствие исключений

Программа должна демонстрировать работу списка строк, а также списка целых чисел.

**Для класса CMyList должны быть разработаны модульные тесты.**

### Дополнительные задания

#### Задание 3

##### Вариант 1. 100 баллов - People

Имеется следующая иерархия классов и интерфейсов, моделирующих иерархию объектов в обществе (человек, учитель, ученик, студент, рабочий, аспирант):

Свойства, которыми обладают сущности данной иерархии:

|  |  |
| --- | --- |
| Сущность | Свойства |
| Человек | Имя  Фамилия  Отчество  Адрес |
| Ученик | Название школы  Класс, в котором учится (например, «7б») |
| Преподаватель | Название предмета, который ведет преподаватель |
| Студент | Название ВУЗ-а  Номер студенческого билета |
| Аспирант | Тема диссертации |
| Рабочий | Специальность |

Как видно по иерархической диаграмме, все конкретные классы-наследники интерфейса IPerson должны однотипным образом реализовать его свойства «Фамилия», «Имя», «Отчество» и «Адрес». Кроме того, аспирант и студент также имеют общую реализацию свойств «Название ВУЗа» и «Номер студенческого билета».

Чтобы избежать дублирования кода данных свойств перечисленных сущностей иерархии необходимо разработать шаблонные реализации интерфейсов IStudent (CStudentImpl) и IPerson(CPersonImpl):

template <typename Base>

class CPersonImpl : public Base

{

//...

};

template <typename Base>

class CStudentImpl : public CPersonImpl<Base>

{

//...

};

С использованием данных реализаций строятся прочие классы, например:

class CWorker : public CPersonImpl<IPerson

{

//...

}

class CStudent : public CStudentImpl<IStudent>

{

//...

};

class CAdvancedStudent : public CStudentImpl<IAdvancedStudent>

{

//...

};

##### Вариант 2. 120 баллов - Vehicle

Различные виды транспорта могут перевозить различные типы пассажиров – автобусы и такси – всех людей, полицейские автомобили – полицейских, гоночные машины – гонщиков.

Имеется следующая изначальная иерархия типов транспортных средств и пассажиров:

// человек

class IPerson

{

public:

// имя

virtual std::string GetName()const = 0;

};

// полицейский

class IPoliceMan : public IPerson

{

public:

// название полицейского департамента

virtual std::string GetDepartmentName()const = 0;

};

// гонщик

class IRacer : public IPerson

{

public:

// количество наград

virtual size\_t GetAwardsCount()const = 0;

};

Нам нужен механизм, позволяющий размещать в определенных видах транспорта соответствующие типы пассажиров. Например, в такси или автобус мы должны иметь возможность разместить любых людей (включая гонщиков и полицейских), в полицейскую машину – только полицейских, а в гоночную – только гонщиков.

Можно было бы спроектировать следующие классы транспортных средств:

class IVehicle

{

};

class ICar : public IVehicle

{

};

class IRacingCar : public ICar

{

public:

virtual void AddRacer(boost::shared\_ptr<IRacer> pRacer) = 0;

};

class IPoliceCar : public ICar

{

public:

virtual void AddPoliceMan(boost::shared\_ptr<IPoliceMan> pPoliceMan) = 0;

};

class ITaxi : public ICar

{

public:

virtual void AddPassenger(boost::shared\_ptr<IPerson> pPerson) = 0;

};

class IBus : public IVehicle

{

public:

virtual void AddPassenger(boost::shared\_ptr<IPerson> pPerson) = 0;

};

Очевидно, что такое решение приведет нас к тому, реализация методов посадки нужного типа человека в транспортное средство будет во всех классах одинаковой. Поэтому лучше сделать интерфейсы IVehicle и ICar шаблонными, где в качестве параметра шаблона будет выступать тип людей, которые возможно на данном типе транспорта перевозить.

Интерфейсы «такси», «полицейский автомобиль», «гоночный автомобиль» и «автобус» будут образованы при помощи наследования от шаблонных классов «автомобиль» и «транспорт».

Обновленная иерархия:

Фактически во время компиляции на этапе инстанциирования шаблонов компилятором будет построена следующая иерархия (произойдет «расщепление» базового шаблонного класса IVehicle):

Исходный код получившейся иерархии (В класс IVehicle были добавлены несколько методов):

template <typename Passenger>

class IVehicle

{

public:

// сигнализирует о том, пусто ли транспортное средство

virtual bool IsEmpty()const = 0;

// сигнализирует о том заполнено ли транспортное средство полностью

virtual bool IsFull()const = 0;

// возвращает общее количество мест

virtual size\_t GetPlaceCount()const = 0;

// возвращает количество пассажиров на борту

virtual size\_t GetPassengerCount()const = 0;

// высаживает всех пассажиров

virtual void RemoveAllPassengers() = 0;

// добавить пассажира на борт

// т.к. пассажир может быть полиморфным типом, принимаем его по умному указателю

// Если нет места, выбрасывается ислючение std::logic\_error

virtual void AddPassenger(boost::shared\_ptr<Passenger> pPassenger) = 0;

// Получить ссылку на пассажира с заданным индексом

// выбрасывает исключение std::out\_of\_range в случае недопустимого индекса

virtual Passenger const& GetPassenger(size\_t index)const = 0;

// убрать пассажира с заданным индексом

// выбрасывает исключение std::out\_of\_range в случае недопустимого индекса

virtual void RemovePassenger(size\_t index) = 0;

};

template <typename Passenger>

class ICar : public IVehicle<Passenger>

{

};

class IRacingCar : public ICar<IRacer>

{

public:

};

class IPoliceCar : public ICar<IPoliceMan>

{

public:

};

class ITaxi : public ICar<IPerson>

{

public:

};

class IBus : public IVehicle<IPerson>

{

public:

};

Проанализировав класс IVehicle мы приходим к выводу, что часть методов данного класса не зависит от типа пассажиров:

// сигнализирует о том, пусто ли транспортное средство

virtual bool IsEmpty()const = 0;

// сигнализирует о том заполнено ли транспортное средство полностью

virtual bool IsFull()const = 0;

// возвращает общее количество мест

virtual size\_t GetPlaceCount()const = 0;

// возвращает количество пассажиров на борту

virtual size\_t GetPassengerCount()const = 0;

// высаживает всех пассажиров

virtual void RemoveAllPassengers() = 0;

Данные методы можно выделить в базовый **нешаблонный** интерфейс **IBasicVehicle**, не зависящий от типа пассажиров.

Обновленная иерархия будет выглядеть следующим образом:

На этапе инстанциирования шаблонов из нее будет построена следующая:

Исходный код обновленной иерархии интерфейсов (в классы ряда транспортных средств добавлены методы, специфичные для данного типа транспортных средств):

// базовое транспортное средство

class IBasicVehicle

{

public:

// сигнализирует о том, пусто ли транспортное средство

virtual bool IsEmpty()const = 0;

// сигнализирует о том заполнено ли транспортное средство полностью

virtual bool IsFull()const = 0;

// возвращает общее количество мест

virtual size\_t GetPlaceCount()const = 0;

// возвращает количество пассажиров на борту

virtual size\_t GetPassengerCount()const = 0;

// высаживает всех пассажиров

virtual void RemoveAllPassengers() = 0;

};

// транспортное средство предназначенное для провозки заданного типа пассажиров

template <typename Passenger>

class IVehicle : public IBasicVehicle

{

public:

// добавить пассажира на борт

// т.к. пассажир может быть полиморфным типом, принимаем его по умному указателю

// Если нет места, выбрасывается ислючение std::logic\_error

virtual void AddPassenger(boost::shared\_ptr<Passenger> pPassenger) = 0;

// Получить ссылку на пассажира с заданным индексом

// выбрасывает исключение std::out\_of\_range в случае недопустимого индекса

virtual Passenger const& GetPassenger(size\_t index)const = 0;

// убрать пассажира с заданным индексом

// выбрасывает исключение std::out\_of\_range в случае недопустимого индекса

virtual void RemovePassenger(size\_t index) = 0;

};

// марка автомобиля

enum MakeOfTheCar

{

BMW,

MITSUBISHI,

FORD,

MERCEDES,

TOYOTA,

KIA,

FERRARI,

PORSCHE,

LEXUS,

NISSAN,

INIFINITI,

};

// автомобиль, перевозящий заданный тип пассажиров

template <typename Passenger>

class ICar : public IVehicle<Passenger>

{

public:

virtual MakeOfTheCar GetMakeOfTheCar()const = 0;

};

// марка автобуса

class IBus : public IVehicle<IPerson>

{

};

class IPoliceCar : public ICar<IPoliceMan>

{

};

class IRacingCar : public ICar<IRacer>

{

};

class ITaxi : public ICar<IPerson>

{

};

Покончив с проектированием интерфейсов, настало время подумать о деталях реализации. Нам понадобятся следующие классы, реализующие следующие сущности предметной области

* Люди
  + CPerson – обычный человек
  + CRacer - гонщик
  + CPoliceMan - полицейский
* Транспорт
  + CTaxi - такси
  + CPoliceCar – полицейская машина
  + CRacingCar – гоночная машина
  + CBus - автобус

Получится следующая иерархия сущностей предметной области:

При реализации большинства методов данных сущностей мы неизбежно при текущей иерархии столкнемся с дублированием кода – нам необходимо будет реализовать в классах людей методы класса CPerson. Для устранения дублирования кода необходимо разработать шаблонные реализации сущностей «автомобиль», «транспортное средство», «человек» (на диаграмме выделены зеленым цветом):

Не смущайтесь визуально разросшейся иерархии классов (большинство из них – конкретизированные версии одних и тех же шаблонов – выделены одинаковым цветом). Фактически, реальных классов будет всего несколько:

* Шаблонные реализации интерфейсов
  + CVehicleImpl – шаблонная реализация методов транспортного средства
  + CCarImpl – шаблонная реализация методов, добавленных в интерфейс «Автомобиль»
  + CPersonImpl – шаблонная реализация методов человека
* Конкретные классы сущностей предметной области
  + CTaxi – реализует методы интерфеса ITaxi (в нашем случае таких методов нет), наследуется от шаблона CCarImpl
  + CPoliceCar – реализует методы интерфейса IPoliceCar (в нашем случае таких методов нет), наследуется от шаблона CCarImpl
  + CRacingCar – реализует методы интерфейс IRacingCar (в нашем случае таких методов также нет)
  + CPerson – фактически, инстанция шаблона CPersonImpl,параметризованного интерфейсом IPerson
  + CRacer – реализует методы интерфейса IRacer, наследуется от шаблона CPersonImpl, параметризованного интерфейсом IRacer
  + CPoliceMan – реализует методы интерфейса IPoliceMan, наследуется от шаблона CPersonImpl, параметризованного интерфейсом IPoliceMan

Необходимо реализовать вышеописанные классы и смоделировать в программе с их помощью следующую историю (из начальных данных задачи необходимо выделить ключевые моменты и реализовывать только их):

* **Полицейский Джон Смит** из **Северо-западного полицейского участка** садится в свой служебный **пятиместный** полицейский автомобиль марки **Ford**. К нему в автомобиль садится его знакомый коп **Джим Кларк** из **Юго-восточного полицейского участка**. Программа должна вывести имена полицейских, находящихся в упомянутой полицейской машине, а также имена их полицейских участков.
* Упомянутые полицейские ссорятся. В сердцах **полицейский Джим Кларк** **выходит из упомянутой машины** своего теперь уже бывшего друга и останавливает **двухместное** **такси** марки **Тойота**, которым управляет выходец из Индии **Раджа Ганди**, везущий **гонщика** **Михаэля Шумахера** на стадион, на котором через 15 минут должен начаться чемпионат мира. **«Убедив» таксиста** при помощи своего табельного оружия **покинуть машину**, полицейский Джим **садится в такси** на место водителя и соглашается подвезти своего любимого гонщика до стадиона.
* Таксист **пытается** **вернуться** в свой автомобиль, но при попытке сесть в машину, **ловит исключение std::logic\_error**, которое как бы говорит ему о нелогичности такого поступка, т.к. в машине нет свободных мест.

1. Не забудьте вывести пояснение для пользователя, например «Enter two integers:». [↑](#footnote-ref-1)