

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра автоматизированных систем управления (АСУ)

В. В. Романенко

**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

Методические указания к лабораторным работам, практическим занятиям
и курсовому проекту

Томск

2024

УДК 004.4

ББК 32.973.3

P–69

Рецензент:

Исакова А. И., доцент кафедры автоматизированных систем управления
ТУСУР, канд. техн. наук

Романенко, Владимир Васильевич

P–69 Объектно-ориентированное программирование: методические указания к лабораторным работам, практическим занятиям и курсовому проекту / В. В. Романенко. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2024. – 44 с.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих объектно-ориентированное программирование на языках С++ и С#. Пособие содержит задания для лабораторных работ и практических занятий; темы и вопросы для защиты курсовых проектов; дополнительные материалы, включая титульный лист отчета по лабораторной работе, а также титульного листа и задания для пояснительной записки к курсовому проекту.

Одобрено на заседании кафедры автоматизированных систем управления (АСУ), протокол № 11 от 23.11.2023 г.

УДК 004.4

ББК 32.973.3

© Романенко В. В., 2024

© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛАССОВ НА ЯЗЫКЕ C++	6
1.1 Задание на лабораторную работу	6
1.2 Задачи на практику	7
2 ИНКАПСУЛЯЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ И ПЕРЕГРУЗКА СТАНДАРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЯЗЫКЕ C++	10
2.1 Задание на лабораторную работу	10
2.2 Задачи на практику	12
3 НАСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ В ЯЗЫКЕ C++	15
3.1 Задание на лабораторную работу	15
3.2 Задачи на практику	16
4 ИНКАПСУЛЯЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ПЕРЕГРУЗКА СТАНДАРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЯЗЫКЕ C++	17
4.1 Задание на лабораторную работу	17
4.2 Задачи на практику	18
5 СОЗДАНИЕ КЛАССОВ-ШАБЛОНОВ В ЯЗЫКЕ C++	19
5.1 Задание на лабораторную работу	19
5.2 Задачи на практику	20
6 ИНКАПСУЛЯЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ И ПЕРЕГРУЗКА СТАНДАРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЯЗЫКЕ C#	22
6.1 Задание на лабораторную работу	22
6.2 Задачи на практику	23
7 НАСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ В ЯЗЫКЕ C#	28
7.1 Задание на лабораторную работу	28
7.2 Задачи на практику	29
8 СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КЛАССОВ В ЯЗЫКЕ C# И ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ КОДА ПРОЕКТА	30
8.1 Задание на лабораторную работу	30

8.2 Задачи на практику	35
9 КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	37
9.1 Темы курсовых проектов.....	37
9.2 Структура пояснительной записки	38
9.2 Вопросы на защиту курсового проекта.....	38
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ) ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ) ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА, ЗАДАНИЯ И РЕФЕРАТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В (СПРАВОЧНОЕ) ОПЕРАЦИИ ВЕКТОРНО-МАТРИЧНОЙ АЛГЕБРЫ	44

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для студентов специальностей 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 09.03.03 «Прикладная информатика» ТУСУР, и содержит задания на лабораторные работы, практические занятия и курсовой проект по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование». В рамках дисциплины «Объектно-ориентированное программирование» изучаются основные принципы ООП, а также программирование на языках C++ и C# [1-5].

Формат титульного листа отчета по лабораторной работе приведен в приложении А. Формат титульного листа, задания и реферата пояснительной записки к курсовому проекту приведен в приложении Б.

Согласно принятому положению о проверке самостоятельности выполнения письменных работ бакалавров [6], лабораторные и практические работы, а также курсовой проект выполняются студентом самостоятельно, без взаимодействия чужого кода.

Оформление и содержание отчетов и пояснительной записки должно соответствовать требованиям стандарта ОС ТУСУР 01-2021 [7].

1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛАССОВ НА ЯЗЫКЕ C++

Целью лабораторной работы №1 «Анализ предметной области и проектирование классов на языке C++» является практическое ознакомление с правилами составления протоколов описаний классов C++, получение навыков составления элементарных программ с типами данных «объект-экземпляр класса».

1.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Составить описание класса для объектов-векторов, задаваемых координатами концов в трехмерном пространстве, считая, что компоненты векторов представлены вещественными числами типа **double**. Компоненты векторов должны быть скрыты (инкапсулированы) в объекте. Предусмотреть в классе деструктор и, как минимум, два конструктора:

- а) для инициализации векторов нулевыми компонентами и
- б) заданным набором компонентов.

Можно использовать параметры по умолчанию для сокращения количества конструкторов.

Организовать в конструкторах и деструкторе вывод на экран информационных сообщений, например, «*Конструктор N*», «*Деструктор N*» и т.д., где *N* – уникальный идентификатор вектора.

I. С помощью **функций-элементов класса** обеспечить:

- 1) доступ к элементам вектора (чтение/запись);
- 2) вычисление модуля вектора;
- 3) копирование вектора;
- 4) умножение вектора на скаляр;
- 5) нормировку вектора (получение вектора единичной длины).

II. С помощью **внешних функций** обеспечить двуместные операции над векторами *A* и *B*:

- 1) с получением нового вектора *C*:

- а) сложение ($C = A + B$);
 - б) вычитание ($C = A - B$);
 - в) векторное произведение ($C = A \times B$);
- 2) с получением скалярных величин:
- а) скалярного произведения двух векторов;
 - б) косинуса и синуса угла между двумя векторами;
 - в) величины угла в градусах между векторами в пределах $[-180^\circ, 180^\circ]$.

УКАЗАНИЕ. Для расчета угла воспользуйтесь функцией `atan2`, подключив заголовочный файл `math.h`.

Создайте функцию-элемент класса для вывода на экран компонентов вектора в удобной форме, например, в виде строки:

$x = \langle \text{значение } x \rangle; y = \langle \text{значение } y \rangle; z = \langle \text{значение } z \rangle.$

По возможности используйте передачу параметров и возврат значений из функций по ссылке. Там, где это возможно, используйте модификатор `const` при описании функций-элементов класса и параметров.

Исследуйте, в каких местах программы происходит автоматический вызов конструкторов и деструктора. Объясните, почему так происходит.

Математические сведения, необходимые для программирования методов векторной алгебры представлены в **Приложении В**.

1.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

1. Описать класс с двумя полями X и P , инкапсулирующий число $X \cdot 10^P$. Определить методы деления, умножения и возведения в степень таких чисел.

2. Класс инкапсулирует число N , записанное в системе счисления по основанию P ($2 \leq P \leq 16$). Определить методы вывода числа на консоль и копирования строки такому числу.

3. Класс инкапсулирует вектор из N элементов. Определить методы сравнения векторов. В качестве критерия сравнения использовать норму векторов.

4. Класс инкапсулирует десятичное число, хранящееся в виде строки S , максимальная длина которой равна N . Определить методы сложения и копирования таких чисел.

5. Класс инкапсулирует точку на декартовой плоскости. Определить методы покомпонентного сложения и вычитания точек, а также метод обращения знака.

6. Класс инкапсулирует точку на декартовой плоскости. Определить методы поворота точки вокруг центра координат на указанный угол, а также поворота на угол $\pm\pi$.

7. Класс инкапсулирует двоичное число, хранимое в виде строки S максимальной длины N . Определить методы циклического сдвига двоичного числа вправо или влево, а также инверсии этого числа.

8. Класс инкапсулирует прямоугольник со сторонами A и B . Определить метод, соединяющий два прямоугольника горизонтально, если они имеют одинаковую высоту, и метод, соединяющий два прямоугольника вертикально, если они имеют одинаковую ширину, а также метод копирования.

9. Описать класс с полем P , инкапсулирующий число e^P . Определить методы деления, умножения и возведения в степень таких чисел, а также их деления и умножения с числами типа `double`.

10. Класс инкапсулирует шар радиуса R . Определить метод сложения, в результате которой получается шар, объем которого равен сумме объемов исходных шаров, а также метод вычитания по схожему принципу. При получении отрицательного объема выдавать ошибку.

11. Класс инкапсулирует дату (в виде номера дня, месяца и года – D , M , Y). Определить метод сравнения дат, а также увеличения и уменьшения даты на целое количество дней.

12. Класс инкапсулирует рациональную дробь (в виде числителя A и знаменателя B). Определить методы сравнения дробей.

13. Класс инкапсулирует мнимое число. Определить методы деления, умножения и вывода на экран таких чисел.

14. Класс инкапсулирует вектор произвольной размерности. Определить методы доступа к элементам вектора.

15. Описать класс с двумя полями X и P , инкапсулирующий число X , возведенное в степень P (X^P). Определить методы деления, умножения и возведения в степень таких чисел.

2 ИНКАПСУЛЯЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ И ПЕРЕГРУЗКА СТАНДАРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЯЗЫКЕ C++

Целью лабораторной работы №2 «Инкапсуляция объектов линейной алгебры в классе и перегрузка стандартных операций для них в языке C++» является освоение методов использования динамической памяти, изучение свойства полиморфизма, реализуемого перегрузкой функций и операций в классах C++.

2.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Составить описание класса для объектов прямоугольных матриц, задаваемых массивом вещественных чисел типа **double**, располагающегося в памяти по строкам. Компоненты матрицы должны быть скрыты (инкапсулированы) в объекте.

Предусмотреть применение конструкторов:

- а) по умолчанию;
- б) для инициализации квадратной матрицы заданного размера с заданными компонентами;
- в) для инициализации прямоугольной матрицы заданных размеров с заданными компонентами;
- г) копирования;
- д) перемещения.

Можно использовать параметры по умолчанию для сокращения количества конструкторов.

Конструкторы должны создавать объекты в динамической памяти, если это требуется (оператор **new**), а деструктор – освободить память, если она была динамически выделена (оператор **delete**).

Способ размещения объекта в динамической памяти (в виде одномерного или двумерного динамического массива, либо комбинированный вариант – одномерный массив с массивом указателей на начало каждой строки

матрицы) выбрать самостоятельно. Все эти способы имеют как достоинства, так и недостатки.

Организовать в конструкторах и деструкторе вывод на экран информационных сообщений, например, «Конструктор N », «Деструктор N » и т.д., где N – уникальный идентификатор матрицы.

I. С помощью функций-элементов класса обеспечить:

- 1) проверку возможности умножения двух матриц;
- 2) проверку возможности сложения двух матриц;
- 3) поиск максимального элемента матрицы;
- 4) поиск минимального элемента матрицы.

II. С помощью операторов-элементов класса обеспечить:

1) доступ к элементам матрицы по индексу строки и столбца (чтение/запись), т.е. переопределить оператор [];

2) вывод на экран матрицы в построчной форме, т.е. переопределить оператор вывода на поток <<;

3) математические действия над матрицами A и B без получения новых матриц, т.е. переопределить операторы:

а) $A = B$ (присваивание и перемещение);

б) $A += B$;

в) $A -= B$;

г) $A *= B$;

д) а также $A *= k$ – умножение матрицы на скаляр.

III. С помощью внешних операторов обеспечить двуместные операции над матрицами A и B с получением новой матрицы C :

1) сложение ($C = A + B$);

2) вычитание ($C = A - B$);

3) произведение ($C = A * B$);

4) умножение матрицы на скаляр ($C = k * A$ и $C = A * k$).

Выполнению операций сложения, вычитания и умножения матриц должна предшествовать проверка возможности их выполнения над данными объектами.

УКАЗАНИЕ. Для выравнивания позиций при выводе матрицы на экран можно использовать функции-манипуляторы потока (библиотека **iomanip**) либо функции-элементы (методы) класса ostream (библиотека **iostream**) (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Форматирование вывода

Манипуляторы потока	Методы класса ostream
fixed	setf(ios_base::fixed,
scientific	ios_base::floatfield)
setprecision(int n)	setf(ios_base::scientific,
setw(int n)	ios_base::floatfield)
resetiosflags(ios_base::fmtflags	precision(int n)
flag)	width(int n)
setiosflags(ios_base::fmtflags	setf(0, flag)
flag)	setf(flag)

2.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

1. Описать класс с двумя полями X и P , инкапсулирующий число $X \cdot 10^P$. Определить операции деления, умножения и возведения в степень таких чисел ($/$, $*$, $^$).

2. Класс инкапсулирует число N , записанное в системе счисления по основанию P ($2 \leq P \leq 16$). Определить операции вывода числа на консоль (\ll) и присваивания строки ($=$) такому числу.

3. Класс инкапсулирует вектор из N элементов. Определить операции сравнения векторов ($==$, $!=$, $>$, $>=$, $<$, $<=$). В качестве критерия сравнения использовать норму векторов.

4. Класс инкапсулирует десятичное число, хранящееся в виде строки S , максимальная длина которой равна N . Определить операции сложения ($+$) и присваивания ($=$) таких чисел.

5. Класс инкапсулирует точку на декартовой плоскости. Определить операции по координатному сложению и вычитанию точек (+, -), а также унарную операцию обращения знака (-).

6. Класс инкапсулирует точку на декартовой плоскости. Определить операции поворота точки вокруг центра координат на указанный угол (+, -, =), а также поворота на угол $\pm\pi$ (++, --).

7. Класс инкапсулирует двоичное число, хранимое в виде строки S максимальной длины N . Определить операции циклического сдвига двоичного числа вправо или влево, а также инверсии этого числа (<<, >>, ~).

8. Класс инкапсулирует прямоугольник со сторонами A и B . Определить операцию «&», соединяющую два прямоугольника горизонтально, если они имеют одинаковую высоту, и операцию «|», соединяющую два прямоугольника вертикально, если они имеют одинаковую ширину, а также операцию присваивания (=).

9. Описать класс с полем P , инкапсулирующий число e^P . Определить операции деления, умножения и возведения в степень таких чисел (/ , * , ^), а также их деления и умножения с числами типа **double**.

10. Класс инкапсулирует шар радиуса R . Определить операцию сложения (+), в результате которой получается шар, объем которого равен сумме объемов исходных шаров, а также операцию вычитания (-) по схожему принципу. При получении отрицательного объема выдавать ошибку.

11. Класс инкапсулирует дату (в виде номера дня, месяца и года - D, M, Y). Определить операции сравнения дат (<, >), а также увеличения и уменьшения даты на целое количество дней (+, -).

12. Класс инкапсулирует рациональную дробь (в виде числителя A и знаменателя B). Определить операции сравнения дробей.

13. Класс инкапсулирует мнимое число. Определить операции деления, умножения и вывода на экран таких чисел.

14. Класс инкапсулирует вектор произвольной размерности. Определить операцию доступа к элементам вектора.

15. Описать класс с двумя полями X и P , инкапсулирующий число X , возведенное в степень P (X^P). Определить операции деления, умножения и возведения в степень таких чисел.

3 НАСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ В ЯЗЫКЕ C++

Целью лабораторной работы №3 «Наследование на примере создания иерархии объектов линейной алгебры в языке C++» является изучение механизма наследования классов и полиморфизма, виртуальных методов, а также абстрактных методов и классов в языке C++.

3.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Необходимо разработать иерархическую структуру классов, позволяющую создавать два типа объектов – вектора и матрицы. Вектор представляет собой одномерный массив произвольной длины, матрица – двумерный массив произвольной размерности (см. ЛР №2). При этом с обоими типами объектов должны быть предусмотрены:

1. Необходимые конструкторы (по умолчанию, с параметрами, копирующий, перемещающий) и деструкторы.
2. Проверка возможности сложения и умножения объектов (вектора и вектора, вектора и матрицы, матрицы и вектора, матрицы и матрицы).
3. Оператор доступа к элементам вектора и матрицы [].
4. Оператор вывода в поток <<.
5. Математические операторы (+, -, *, +=, -=, *=) с объектами, а также умножение объектов на скаляр.
6. Операторы присваивания и перемещения.

УКАЗАНИЕ. Структуру иерархии классов продумать самостоятельно. Возможны, как минимум, три варианта (рис. 3.1).

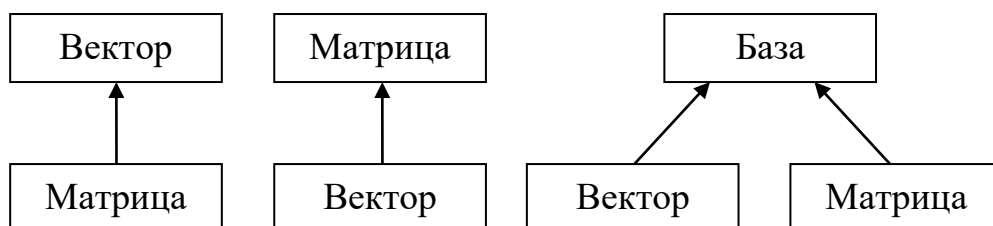


Рисунок 3.1 – Варианты иерархии классов

При выборе варианта №3 пользователь не должен иметь возможности создания экземпляров базового класса. Также необходимо самостоятельно решить, какие методы должны быть виртуальными.

3.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

Построить иерархию классов для следующей предметной области:

- 1) геометрические фигуры;
- 2) интервалы (открытые, закрытые, бесконечные и т.п.);
- 3) транспорт;
- 4) контейнеры для хранения данных;
- 5) родственные связи.

Определить конструкторы, деструкторы, методы доступа к инкапсулированным полям, а также все необходимые операции для работы с объектами предметной области.

4 ИНКАПСУЛЯЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ПЕРЕГРУЗКА СТАНДАРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЯЗЫКЕ C++

Целью лабораторной работы №4 «Инкапсуляция математических объектов в классе, и перегрузка стандартных операций для них в языке C++» является создание классов математических объектов с перегрузкой операций на языке C++.

4.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

1. Составить описание класса для представления типа «обыкновенная дробь» вида

$$C = \frac{A}{B},$$

где A и B – целые числа.

а) обеспечить выполнение 4-х арифметических действий над этими объектами (+, -, *, /);

б) предусмотреть операцию автоматического «сокращения дроби» – удаления общих множителей числителя и знаменателя;

в) обеспечить операцию декомпозиции неправильной дроби на целую часть и правильную дробь, используя операцию деления с остатком.

2. Составить описание класса для представления типа «полином» вида

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n,$$

где a_i – вещественные коэффициенты.

а) обеспечить выполнение арифметических действий над этими объектами (+, -, *, /);

б) предусмотреть операцию деления полиномов с остатком, используя «деление углом» (алгоритм Евклида);

в) предусмотреть функцию обновления, отбрасывающую старшие члены полинома с нулевыми коэффициентами;

г) перегрузить операцию $()$ для вычисления значения полинома.

3. Для всех типов организовать необходимые конструкторы и деструкторы.

4. Также при необходимости реализовать перегруженные операторы присваивания и перемещения.

УКАЗАНИЕ. Все арифметические операторы реализовать путем перегрузки операций с использованием свойства дружественности.

4.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

См. задачи из раздела 2.2.

5 СОЗДАНИЕ КЛАССОВ-ШАБЛОНОВ В ЯЗЫКЕ C++

Целью лабораторной работы №5 «Создание классов-шаблонов в языке C++» является изучение механизма применения шаблонов функций как средства агрегирования программных модулей в языке C++.

5.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Данная лабораторная работа базируется на результатах лабораторных работ №1-3.

1. Используя исходный код класса прямоугольных матриц и метод шаблонов, составить описание класса для представления матриц с элементами произвольного типа. Протестировать полученный класс, т.е. проверить правильность выполнения всех функций и операторов класса, используя в качестве шаблонов:

- а) базовые типы языка C (**int**, **double**, **char** и т.д.);
- б) класс-вектор, являющийся результатом лабораторной работы №1;
- в) класс-матрицу, являющуюся результатом лабораторной работы №2;
- г) Класс-матрицу с шаблоном, т.е. шаблоном должна являться матрица, использующая, в свою очередь, некоторый базовый тип языка C в качестве шаблона.

УКАЗАНИЕ. При выполнении последнего пункта следует учесть, что не все компиляторы поддерживают конструкции вида `класс1 <класс2 <шаблон>>`, в этом случае при помощи оператора **typedef** необходимо сначала создать новый вспомогательный тип, например

```
typedef класс2<шаблон1> шаблон2
```

А уже затем использовать новый тип `шаблон2` как шаблон для класса `класс1`.

2. Используя исходный код модуля «Обыкновенная дробь», тип «Полином» и метод шаблонов составить описание класса для представления объектного типа «Полиномиальная дробь»:

$$W(x) = \frac{b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_mx^m}{a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n},$$

где a_i и b_i – вещественные числа, m и n – целые числа. Далее реализовать:

а) операции выполнения арифметических действий над этими объектами ($+=$, $+$, $-=$, $-$, $*=$, $*$, $/=$, $/$).

б) операцию декомпозиции неправильной дроби на целую часть и правильную дробь, используя операцию деления с остатком (здесь целая часть – полином, остаток – правильная полиномиальная дробь, у которой степень полинома числителя меньше, чем степень полинома знаменателя).

УКАЗАНИЯ:

1. На основе кода программного модуля «обыкновенная дробь» создать шаблон с параметризацией типа объектов в числителе и знаменателе дроби.

2. Формировать класс «полиномиальная дробь», конкретизируя параметр созданного шаблона классом «полином» с соответствующими перегруженными операторами.

5.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

Написать программу, демонстрирующую использование классов-шаблонов STL.

1. Контейнеры данных:

- а) последовательные контейнеры (`vector`, `list`, `deque`);
- б) ассоциативные контейнеры (`set`, `multiset`, `map`, `multimap`);
- в) контейнеры-адаптеры (`stack`, `queue`, `priority_queue`);
- г) псевдоконтейнеры (`bitset`, `basic_string`, `valarray`).

2. Итераторы:

- а) входные (`input iterators`);

- б) выходные (output iterators);
- в) однонаправленные или последовательные (forward iterators);
- г) двунаправленные (bidirectional iterators);
- д) произвольного доступа (random access iterators).

3. Алгоритмы:

- а) не меняющие последовательность операции (non-mutating sequence operations);
- б) меняющие последовательность операции (mutating sequence operations);
- в) операции сортировки и отношения (sorting and related operations);
- г) обобщенные численные операции (generalized numeric operations).

4. Функциональные объекты:

- а) функции;
- б) операции.

5. Аллокаторы (распределители).

6 ИНКАПСУЛЯЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ И ПЕРЕГРУЗКА СТАНДАРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЯЗЫКЕ C#

Целью лабораторной работы №6 «Инкапсуляция объектов линейной алгебры в классе и перегрузка стандартных операций для них в языке C#» является практическое ознакомление с правилами описания классов на языке C#, а также освоение описания полей и методов классов, перегрузки операций.

6.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Составить описание класса для объектов прямоугольных матриц, задаваемых массивом (одномерным или прямоугольным) вещественных чисел типа **double**. Компоненты матрицы должны быть инкапсулированы в классе.

I. Предусмотреть применение конструкторов:

- а) по умолчанию (создающий пустую матрицу);
- б) для инициализации квадратной матрицы заданного размера;
- в) для инициализации прямоугольной матрицы заданных размеров;
- г) для инициализации матрицы с заданными в виде прямоугольного двумерного массива компонентами;
- д) для копирования одной матрицы в другую.

Организовать в конструкторах и деструкторе вывод на экран информационных сообщений, например, «*Конструктор матрицы N*», «*Деструктор матрицы N*» и т.д., где *N* – уникальный идентификатор матрицы.

II. С помощью методов класса обеспечить:

- 1) проверку возможности умножения двух матриц (*static*);
- 2) проверку возможности сложения двух матриц (*static*);
- 3) поиск максимального элемента матрицы;
- 4) поиск минимального элемента матрицы.

III. С помощью перегруженных операторов класса обеспечить операции сложения, вычитания и умножения матриц, а также умножения матрицы на скаляр. Выполнению операций сложения, вычитания и умножения матриц

должна предшествовать проверка возможности их выполнения над данными объектами.

IV. С помощью индексатора обеспечить доступ к элементам матрицы по индексу строки и столбца (чтение/запись). С помощью свойств – доступ к количеству строк и столбцов (только чтение).

V. Перегрузить метод `ToString` для представления матрицы в строочной форме в виде строки. Реализовать интерфейс `IFormattable`, чтобы форматировать строковое представление элементов, а также выровнять элементы столбцов матрицы.

При невозможности выполнения над матрицей тех или иных операций генерировать исключение (типа `ArgumentException` или других типов, в зависимости от операции).

6.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

1. Обеспечить хранение элементов матрицы в классе в виде одномерного массива. Извне класса пользователь должен иметь возможность работать с ним как с двумерным объектом.

2. Реализовать еще одну версию объекта типа «Матрица» в виде структуры. В комментариях пояснить, какие пришлось внести модификации в члены структуры по сравнению с членами класса.

3. Перегрузить для матриц операторы «`==`» и «`!=`», а также метод `Equals`. Сравнение матриц проводить поэлементно.

4. Добавить рекурсивный метод поиска определителя квадратной матрицы методом разложения по строке. Определить оператор неявного преобразования матрицы к типу `double`, результатом которого будет значение определителя матрицы.

5. Добиться того, чтобы оператор «`&&`» объединял матрицы. Причем операция «`x && y`» должна объединять матрицы, имеющие одинаковое количество столбцов таким образом, чтобы в результирующей матрице строки матрицы `y` располагались ниже строк матрицы `x`.

6. Добиться того, чтобы оператор «||» объединял матрицы. Причем операция «x || y» должна объединять матрицы, имеющие одинаковое количество строк таким образом, чтобы в результирующей матрице столбцы матрицы y располагались правее столбцов матрицы x.

7. Добиться того, чтобы оператор «>>» циклически сдвигал столбцы матрицы указанное количество раз вправо, а оператор «<<<» – влево.

8. Добиться того, чтобы оператор «>>>» циклически сдвигал строки матрицы указанное количество раз вниз, а оператор «<<<» – вверх.

9. Обеспечить возможность сложения, вычитания и деления матриц с операндами типа **double** и результатом типа **double**, допустимых в том случае, если матрица состоит из единственного элемента, а также деления произвольной матрицы на операнд типа **double**.

10. Перегрузить для матрицы операторы **true**, **false** и неявного преобразования матрицы к типу **bool**. Будем считать, что «матрица = ложь», если она пуста или имеет только нулевые коэффициенты. Также перегрузить оператор явного преобразования из типа **bool** к матрице. При этом, если матрице присваивается значение **false**, она должна обнуляться, а если **true** – становиться единичной.

11. Написать алгоритм построчной сортировки элементов матрицы методом пузырька. При этом выполнять сравнение элементов должен делегат, передаваемый в этот метод в качестве параметра. Разные делегаты должны обеспечивать разные методы сортировки, например: по возрастанию; по убыванию; сначала четные элементы, а затем нечетные или наоборот; сначала отрицательные элементы, а потом положительные и наоборот; и т.д.

12. Обеспечить поиск требуемого элемента в матрице. Критерий поиска должен задаваться в виде делегата, передаваемого в этот метод в качестве параметра. Например, поиск минимального или максимального элемента, первого или последнего отрицательного или положительного элемента и т.д.

13. Реализовать в классе интерфейс `IEnumerable`, позволяющий использовать матрицу в качестве итератора, например, для извлечения ее элементов в цикле `foreach`. Добавить в класс свойство типа `object`, которое, если оно не равно `null`, должно возвращаться итератором в конце каждой строки элементов. Например, это может быть «`\r\n`» для вывода каждой строки матрицы на отдельной строке консольного окна.

14. Реализовать в классе интерфейс `ICloneable`, а также метод `Copy`, возвращающий копию матрицы и метод `Assign`, принимающий аргумент типа `object`. Если данный аргумент содержит ссылку на матрицу, скопировать ее в текущий экземпляр матрицы.

15. Перегрузить в матрице операторы отношения и реализовать интерфейс `IComparable`. Сравнение матриц осуществлять на основании количества элементов.

16. Перегрузить в матрице операторы отношения и реализовать интерфейс `IComparable`. Сравнение матриц осуществлять на основании их норм.

17. Избавиться от хранения одинаковых копий матриц. Для этого реализовать класс-регистратор, хранящий ссылки на все имеющиеся матрицы. Прямой вызов конструкторов матриц запретить, вместо этого реализовать метод `CreateInstance`, возвращающий новую матрицу, если она уникальна, и ссылку на имеющуюся матрицу в противном случае. Экземпляр класса-регистратора создавать в статическом конструкторе матрицы.

18. Используя оператор `yield`, реализовать в классе итератор для перечисления всех элементов матрицы. Параметр типа `object`, передаваемый в итератор, если он не равен `null`, должен возвращаться итератором в конце каждой строки элементов. Например, это может быть «`\r\n`» для вывода каждой строки матрицы на отдельной строке консольного окна.

19. Используя оператор `yield`, реализовать в классе итератор для перечисления элементов матрицы, удовлетворяющих требуемому условию. Условие должно передаваться в итератор в виде параметра, имеющего тип делега-

та. Предусмотреть методы для извлечения положительных, отрицательных, нулевых и т.п. элементов матриц.

20. Реализовать транспонирование матрицы в виде перегрузки какого-либо унарного оператора.

21. Реализовать в классе интерфейс `IList`. Некоторые методы данного интерфейса можно сделать в виде заглушек (генерировать в них исключение `NotSupportedException`) – например, `Insert`, `Remove` и т.д.

22. Реализовать в классе интерфейс `ICollection` для возможности интерпретации матрицы как коллекции.

23. Добавить в класс методы `Split` и `Join`. Первый должен возвращать две матрицы, являющиеся частями исходной матрицы (разделяя ее по указанной строке или столбцу). Второй метод должен реализовывать обратную операцию – соединять две матрицы построчно или по столбцам, если их размеры соответствуют.

24. Обеспечить хранение элементов матрицы в ортогональном массиве с возможностью задавать различное количество элементов для каждой строки.

25. Добавить в класс еще один индексатор с одним целочисленным индексом, обеспечивающий доступ к строкам матрицы (на чтение и запись).

26. Изменить тип элементов матрицы на обнуляемый тип `double?`. При выполнении всех операций с неинициализированными элементами матрицы (со значением `null`) должна генерироваться исключительная ситуация типа `NullReferenceException`.

27. Обеспечить операторы преобразования матрицы к типу `double[]` (при этом элементы матрицы должны располагаться в результирующем массиве построчно), и наоборот – от типа `double[]` к матрице.

28. Написать метод `Init` для инициализации элементов матрицы требуемыми значениями. Способ инициализации должен быть представлен делегатом, передаваемым в этот метод в качестве параметра. Написать не-

сколько predetermined инициализаторов (для обнуления матрицы, для получения единичной матрицы и т.п.).

29. Написать метод с переменным числом аргументов для сложения произвольного количества матриц с текущей матрицей и помещением результата в текущую матрицу, а также аналогичный метод для вычитания.

30. Добавить в конструкторы квадратных и прямоугольных матриц возможность передачи произвольного количества элементов типа **double** для инициализации элементов матрицы.

31. Создать методы расширения в отдельном классе. Первый должен заполнять прямоугольный массив элементами матрицы, второй – элементами матрицы, начиная с указанной строки и столбца. Если размер массива больше размеров копируемой части матрицы, то некоторые элементы останутся неинициализированными, а если меньше, то лишние элементы матрицы должны быть отброшены.

32. Написать интерфейс `IMatrix`, определяющий свойства, возвращающие размеры матрицы и индексатор для доступа к элементам матрицы произвольного типа. Реализовать этот интерфейс в классе матрицы.

7 НАСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ В ЯЗЫКЕ C#

Целью лабораторной работы №7 «Наследование на примере создания иерархии объектов линейной алгебры в языке C#» является изучение механизма наследования классов и полиморфизма, виртуальных методов, а также абстрактных методов и классов в языке C#.

7.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Необходимо разработать иерархическую структуру классов, позволяющую создавать два типа объектов – вектора и матрицы. Вектор представляет собой одномерный массив произвольной длины, матрица – двумерный массив произвольной размерности (см. ЛР №2). При этом с обоими типами объектов должны быть предусмотрены те же операции, что и для матрицы в ЛР №2:

- 1) конструкторы, деструктор;
- 2) проверка возможности сложения и умножения объектов;
- 3) поиск минимального и максимального элемента;
- 4) индексатор;
- 5) перегруженный метод ToString;
- 6) перегруженные математические операторы.

УКАЗАНИЯ:

1. Необходимо обеспечить возможность выполнения математических операторов над объектами разных типов – например, сложение матрицы и вектора (если их размеры соответствуют) и т.п.

2. Структуру иерархии классов продумать самостоятельно. Возможны, как минимум, три варианта (рис. 7.1). При выборе варианта №3 пользователь не должен иметь возможности создания экземпляров базового класса. Также необходимо самостоятельно решить, какие методы должны быть виртуальными.

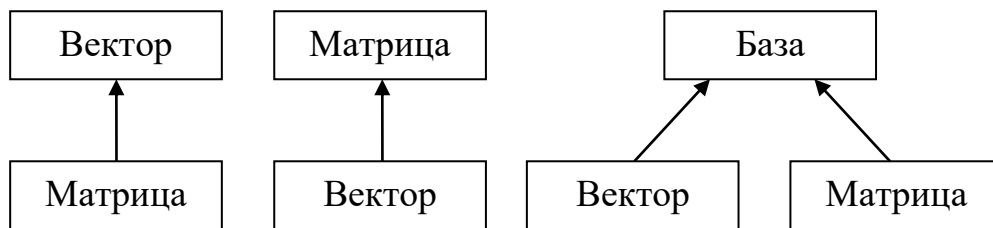


Рисунок 7.1 – Варианты иерархии классов

3. Для векторов не должны быть доступны операции, свойственные матрицам, и наоборот. Т.е. либо соответствующих членов не должно быть в базовом классе (при выборе варианта №3), либо их использование должно приводить к исключению (при выборе вариантов №1 и №2).

7.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

Построить иерархию классов для следующей предметной области:

- 1) геометрические фигуры;
- 2) интервалы (открытые, закрытые, бесконечные и т.п.);
- 3) транспорт;
- 4) контейнеры для хранения данных;
- 5) родственные связи.

Определить конструкторы, деструкторы, свойства для доступа к инкапсулированным полям, а также все необходимые операции для работы с объектами предметной области.

8 СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КЛАССОВ В ЯЗЫКЕ C# И ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ КОДА ПРОЕКТА

Целью лабораторной работы №8 «Создание универсальных классов в языке C# и документирование кода проекта» является создание классов математических объектов с перегрузкой операций на языке C#, изучение механизма универсальных типов в языке C#, изучение делегатов и событий, а также получение навыков документирования кода.

8.1 ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

1. Структура «Дробь». Составить описание структуры для инкапсуляции объектов-дробей вида

$$\frac{A}{B},$$

где A и B (числитель и знаменатель) – целые числа. По умолчанию $A = 0$, $B = 1$.

I. Предусмотреть применение конструкторов:

а) для инициализации дроби целым числом;

б) для инициализации дроби указанными значениями числителя и знаменателя;

в) для копирования одной дроби в другую.

II. Предусмотреть метод, обеспечивающий декомпозицию дроби. Он должен возвращать целую часть дроби, а сама дробь в результате его работы должна стать правильной.

III. С помощью перегруженных операторов структуры обеспечить операции сложения, вычитания, умножения и деления дробей. Также перегрузить операторы преобразования дроби к типам `int` и `double`, и значений типа `int` – в дробь.

IV. С помощью свойств обеспечить доступ для чтения значений числителя и знаменателя дроби. Также предусмотреть свойство типа `bool`, определяющее, будет ли автоматически при совершении любых операций с дробью

происходить ее сокращение (делением числителя и знаменателя на НОД). Сокращение дроби реализовать в отдельном открытом (**public**) методе.

V. Перегрузить метод `ToString` для представления дроби в виде строки «A/B».

2. Класс «Полином». Составить описание класса для инкапсуляции объектов-полиномов, задаваемых одномерным массивом коэффициентов – вещественных чисел типа **double**. Коэффициенты полинома степени n ($a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$) должны быть инкапсулированы в классе. Полином всегда содержит, как минимум, один коэффициент – a_0 .

I. Предусмотреть применение конструкторов:

а) по умолчанию (создающий полином нулевой степени с единственным коэффициентом, равным 0);

б) для инициализации полинома заданной степени;

в) для инициализации полинома с заданными в виде одномерного массива коэффициентами.

г) для копирования одного полинома в другой.

Организовать в конструкторах и деструкторе вывод на экран информационных сообщений, например, «*Конструктор полинома N*», «*Деструктор полинома N*» и т.д., где N – уникальный идентификатор полинома.

II. Предусмотреть свойство типа **bool**, определяющее, будут ли автоматически при совершении любых операций с полиномом отбрасываться старшие члены с нулевыми коэффициентами. Отбрасывание коэффициентов реализовать в отдельном открытом (**public**) методе.

III. С помощью перегруженных операторов класса обеспечить операции сложения, вычитания, умножения, деления и остатка от деления полиномов. Деление полиномов выполняется по алгоритму Евклида.

IV. С помощью индекса обеспечить доступ к коэффициентам полинома по индексу (чтение/запись). С помощью свойства – доступ к степени полинома (только чтение).

V. Перегрузить метод `ToString` для представления полинома в виде строки в удобной форме:

$$a_n x^n \pm |a_{n-1}| x^{(n-1)} \pm \dots \pm |a_2| x^2 \pm |a_1| x \pm |a_0|,$$

причем члены с нулевыми коэффициентами выводить не нужно.

3. Универсальные типы. Используя исходный код структуры «Дробь» и класса «Полином», составить описание универсальной структуры «Универсальная дробь» для инкапсуляции объектов-дробей вида

$$\frac{A}{B},$$

где A и B (числитель и знаменатель) – целые числа или полиномы. Значениями по умолчанию должны быть $A = 0$, $B = 1$.

В случае с целыми числами (типа `int`) получаем обычную рациональную дробь. В случае с полиномами получаем полиномиальную дробь вида

$$\frac{b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + \dots + b_m x^m}{a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n}.$$

Используя исходный код структуры «Дробь» и класса «Полином», составить описание универсального класса «Универсальный полином» для инкапсуляции объектов-полиномов вида

$$a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n,$$

где a_i – числа с плавающей точкой или дроби.

В случае с числами с плавающей точкой (тип `double`) получаем обычный степенной полином. В случае с дробями получаем полином, коэффициентами которого являются рациональные дроби:

$$\frac{A_0}{B_0} + \frac{A_1}{B_1} x + \frac{A_2}{B_2} x^2 + \dots + \frac{A_n}{B_n} x^n.$$

Реализовать все операции, доступные для дробей и полиномов в ЛР №4.

4. События. Описать в классе «Полином» события, сигнализирующие об изменении размеров или коэффициентов полинома.

5. Обеспечить документирование кода проекта. Все классы и члены классов должны быть снабжены специальными комментариями для генерации XML-файла документации. По данному XML-коду сформировать документацию в любом удобном для просмотра формате.

УКАЗАНИЕ. Чтобы с экземплярами универсального типа T , представляющего числитель и знаменатель дроби, а также коэффициенты полинома, можно было выполнять различные операции, в частности – арифметические, необходимо выполнить следующие действия:

1. Используемый в старых версиях .NET подход подразумевает описание ограничений для типа T . То есть, все эти типы должны реализовывать некоторый общий интерфейс:

```
interface Интерфейс
{
    ...
}
struct Int : Интерфейс, ...
{
    ...
}
struct Double: Интерфейс, ...
{
    ...
}
struct Дробь<T> : Интерфейс, ... where T: Интерфейс
{
    ...
}
class Полином<T> : Интерфейс, ... where T: Интерфейс
{
    ...
}
```

Другой вариант – они должны являться потомками общего абстрактного класса:

```
abstract class Класс
{
    ...
}
class Int : Класс, ...
{
    ...
}
class Double: Класс, ...
```

```

{
    ...
}
class Дробь<T> : Класс, ... where T: Класс
{
    ...
}
class Полином<T> : Класс, ... where T: Класс
{
    ...
}

```

В интерфейсе или абстрактном классе должны быть описаны все операции, которые будут применяться числителю и знаменателю дроби, а также коэффициентам полинома.

Первый вариант предпочтительнее, т.к. типы `Int`, `Double` и «Дробь» не имеет смысла делать ссылочными. Можно интерфейс или абстрактный класс также сделать универсальными:

```

interface Интерфейс<T>
{
    ...
}
struct Int : Интерфейс<Int>, ...
{
    ...
}
...

```

ИЛИ

```

abstract class Класс<T>
{
    ...
}
class Int : Класс<Int>, ...
{
    ...
}
...

```

При этом типы `Int` и `Double` – это обертки для инкапсуляции целых чисел (типа `int`) и чисел с плавающей точкой (типа `double`). Они должны иметь неявные преобразования в инкапсулируемый тип и обратно.

2. В новых версиях .NET для упрощения этой задачи была добавлена динамическая типизация – специальный тип `dynamic`. Его отличие состоит в

том, что проверка типа происходит не на этапе компиляции, а на этапе выполнения программы (runtime). Сравните:

```
T Procedure1<T>(T a, T b)
{
    return a + b;
}

T Procedure2<T>(T a, T b)
{
    return (dynamic)a + (dynamic)b;
}
```

Компиляция процедуры `Procedure1` приведет к ошибке – операцию сложения невозможно применить к операндам типа `T`, т.к. нет гарантии, что данная операция применима к любому типу `T`. В противоположность этому, процедура `Procedure2` будет успешно скомпилирована, т.к. компилятор предполагает, что операнд типа `dynamic` поддерживает любую операцию. В принципе, здесь достаточно было преобразовать к типу `dynamic` только один операнд. Ошибка, если параметры процедуры `Procedure2` не поддерживают операцию сложения, можно увидеть только во время выполнения программы – будет выброшено исключение `RuntimeBinderException`.

8.2 ЗАДАЧИ НА ПРАКТИКУ

Написать программу, демонстрирующую использование универсальных и закрытых коллекций .NET:

1) последовательные коллекции (`Array`, `HashSet`, `List`, `SortedSet`, `SortedList`, `ArrayList`, `BitArray`);

2) ассоциативные коллекции (`Dictionary`, `SortedDictionary`, `Hashtable`);

3) коллекции-адаптеры (`Stack`, `LinkedList`, `PriorityQueue`, `Queue`);

4) потокобезопасные коллекции (`ConcurrentDictionary`, `ConcurrentStack`, `ConcurrentQueue` и др.);

5) интерфейсы (IEnumerable, IEnumerator, ICollection, IList, ISet и др.);

6) делегаты (Func, Action, Predicate, Comparison и др.).

9 КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовой проект выполняется на языке C++ или C#. Предусмотрен следующий порядок выполнения курсового проекта:

- 1) выбор предметной области;
- 2) объектный анализ и декомпозиция предметной области;
- 3) обоснование проектных решений (классы, структуры, интерфейсы);
- 4) программная реализация на языке C++ или C#;
- 5) тестирование и документирование кода;
- 6) подготовка пояснительной записки;
- 7) защита курсового проекта.

9.1 ТЕМЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Тему курсового проекта можно предлагать самостоятельно. Примеры тем:

- предметная область «Геометрические фигуры»;
- предметная область «Служащие фирмы»;
- предметная область «Коллекции хранения данных»;
- предметная область «Методы решения уравнений»;
- предметная область «Детали автомобиля»;
- предметная область «Родственные связи»;
- предметная область «Литературные издания»;
- предметная область «Компоненты электронной схемы»;
- предметная область «Транспортные средства»;
- предметная область «Университет»;
- предметная область «Поликлиника»;
- предметная область «Аэропорт»;
- предметная область «Гостиница»;
- предметная область «Магазин»;
- предметная область «Отдел кадров»;
- предметная область «Библиотека»;

– предметная область «Автокасса».

9.2 СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать следующие элементы:

- 1) титульный лист (образец титульного листа приведен в приложении Б);
- 2) задание (шаблон задания приведен в приложении Б);
- 3) реферат (шаблон реферата приведен в приложении Б);
- 4) оглавление;
- 5) раздел с анализом предметной области;
- 6) раздел с описанием проектирования объектной иерархии;
- 7) раздел с описанием программной реализации;
- 8) раздел с описанием тестирования программы;
- 9) заключение;
- 10) список использованных источников;
- 11) приложение с листингом программы.

9.2 ВОПРОСЫ НА ЗАЩИТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Обоснование проектных решений (использование классов, структур, интерфейсов)
2. Обоснование способа декомпозиции предметной области.
3. Организация структуры программного проекта или решения.
4. Соблюдение стандартов кодирования.
5. Комментирование кода.
6. Реализация в классах и структурах необходимых интерфейсов.
7. Устранение синтаксических и семантических ошибок в программе.
8. Тестирование программы.
9. Генерация документации к коду.
10. Формирование библиотеки классов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко, В. В. Объектно-ориентированное программирование: учебное пособие / В. В. Романенко. – Томск : ТУСУР, 2016. – 475 с.
2. Павловская, Т. А. С/C++. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов / Т. А. Павловская. – Санкт-Петербург : Питер, 2013. – 461 с.
3. Павловская, Т. А. С#. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов / Т. А. Павловская. – Санкт-Петербург : Питер, 2013. – 432 с.
4. Орлов, С. А. Технологии разработки программного обеспечения: современный курс по программной инженерии / С. А. Орлов. – Санкт-Петербург : Питер, 2012. – 608 с.
5. Семкин, А. О. Информационные технологии. Языки и системы программирования: учебное пособие / А. О. Семкин, А. С. Перин. – Томск : ТУСУР, 2021. – 180 с.
6. Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 01-2021. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления [Электронный ресурс]: база нормативных документов ТУСУР. – Томск : ТУСУР, 2021. – 52 с. URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/70> (дата обращения: 23.11.2023).
7. Положение о проверке самостоятельности выполнения письменных работ бакалавров, специалистов и магистров в ТУСУР [Электронный ресурс]: база нормативных документов ТУСУР. – Томск : ТУСУР, 2016. – 10 с. URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/81> (дата обращения: 23.11.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(СПРАВОЧНОЕ)
ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра автоматизированных систем управления АСУ)

ТЕМА РАБОТЫ

Отчет по лабораторной работе №__ по дисциплине
«Теория языков программирования и методы трансляции»

Выполнил: студент гр. _____

_____ И. О. Фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

Проверил: _____

_____ И. О. Фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

Томск 20__

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(СПРАВОЧНОЕ)
ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА, ЗАДАНИЯ И РЕФЕРАТА
ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра автоматизированных систем управления (АСУ)

ТЕМА ПРОЕКТА

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине
«Объектно-ориентированное программирование»

Обучающийся гр. _____

_____ И. О. Фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

Руководитель: _____

_____ И. О. Фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

Томск 20__

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра автоматизированных систем управления (АСУ)

ЗАДАНИЕ

на курсовое проектирование по дисциплине

«Объектно-ориентированное программирование»

Студенту _____

группы _____ факультета _____

1. Тема курсового проекта: _____

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: « ____ » _____ 20__ г.

3. Цель проекта: _____

4. Задачи проекта: _____

5. Исходные данные: _____

6. Дата выдачи задания: « ____ » _____ 20__ г.

Задание выдал:

И. О. Фамилия

Задание принял к исполнению: « ____ » _____ 20__ г.

студент гр. _____

И. О. Фамилия

Реферат

Пояснительная записка к курсовому проекту состоит из XX страниц, содержит XX таблиц, XX рисунков, XX источников.

В результате проведенной работы... (*описание результатов курсового проектирования*).

Пояснительная записка к курсовому проекту выполнена в (*указать название и версию программы*).

ПРИЛОЖЕНИЕ В (СПРАВОЧНОЕ) ОПЕРАЦИИ ВЕКТОРНО-МАТРИЧНОЙ АЛГЕБРЫ

Пусть A , B и C – вектора в трехмерном пространстве с компонентами (A_x, A_y, A_z) , (B_x, B_y, B_z) и (C_x, C_y, C_z) соответственно. Тогда для $C = A \pm B$ имеет место:

$$C_x = A_x \pm B_x;$$

$$C_y = A_y \pm B_y;$$

$$C_z = A_z \pm B_z.$$

Модулем вектора A называют число $m = |A|$, определяемое как корень квадратный из суммы квадратов компонентов вектора.

Векторным произведением двух векторов A и B называют вектор $C = [A, B]$, компоненты которого определяются на основе следующих соотношений:

$$C_x = A_y \times B_z - A_z \times B_y;$$

$$C_y = A_z \times B_x - A_x \times B_z;$$

$$C_z = A_x \times B_y - A_y \times B_x;$$

Вектор C перпендикулярен векторам A и B одновременно, его направление совпадает с движением правого винта, вращаемого от A к B , при этом $|C| = |A| \times |B| \times \sin(\alpha)$, где α – угол между векторами.

Скалярным произведением двух векторов A и B называют скалярную величину $s = (A, B)$, определяемую как

$$s = A_x \times B_x + A_y \times B_y + A_z \times B_z.$$

Для скалярного произведения имеет место соотношение:
 $s = |A| \times |B| \times \cos(\alpha)$, где α – угол между векторами.