

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»
(ННГУ)

Институт информационных технологий, математики и механики

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

на тему:

**«Аналитические преобразования полиномов
от нескольких переменных (списки)»**

Выполнил: студент группы 3822Б1 ФИ2
_____ /Миронов А. И./

Подпись

Проверил: к.т.н, доцент каф. ВВиСП
_____ /Кустикова В.Д./

Подпись

Нижний Новгород
2024

Содержание

Введение.....	3
1 Постановка задачи.....	4
2 Руководство пользователя.....	5
2.1 Приложение для демонстрации работы связного списка	5
2.2 Приложение для демонстрации работы полиномов.....	6
3 Руководство программиста	7
3.1 Описание алгоритмов	7
3.1.1 Линейный односвязный список	7
3.1.2 Кольцевой список с головой	12
3.1.3 Полином	17
3.2 Описание программной реализации	19
3.2.1 Схема наследования классов.....	19
3.2.2 Описание структуры TNode	19
3.2.3 Описание класса TList	20
3.2.4 Описание класса TRingList.....	23
3.2.5 Описание класса TMonom.....	26
3.2.6 Описание класса TPolynom	29
Заключение	32
Литература	33
Приложения	34
Приложение А. Реализация класса TNode.....	34
Приложение Б. Реализация класса TList.....	34
Приложение В. Реализация класса TRingList.....	42
Приложение Г. Реализация класса TMonom	47
Приложение Д. Реализация класса TPolynom	49

Введение

Лабораторная работа направлена на изучение обработки полиномов от трёх переменных (x , y , z). Полиномы могут быть использованы для решения многих задач математического анализа, теории вероятностей, линейной алгебры и других областей математики.

В данной лабораторной работе студенты будут изучать основные принципы работы алгоритма обработки полиномов и реализовывать его на практике. Это позволит им лучше понять принципы работы связного списка и освоить навыки работы с алгоритмами обработки полиномов.

1 Постановка задачи

Цель:

Цель лабораторной работы – научиться представлять полиномы в виде связанных списков, где каждый узел списка содержит моном. Такое представление позволяет эффективно решать задачи сложения, вычитания, умножения и вычисления значений полиномов.

Задачи:

1. Изучение основных принципов работы со связным списком.
2. Создание полинома на основе списка с головой, элементами которого являются мономы. Каждый моном определяется коэффициентом и набором степеней.
3. Написание программы на C++, использующей связный список для преобразования арифметического выражения.
4. Анализ времени выполнения программы и оценка эффективности использования связного для данной задачи.
5. Тестирование программы на различных входных данных, включая выражения с разными операциями и скобками.

Результатом выполнения лабораторной работы станет полнофункциональная реализация алгоритмов работы с полиномами на связанных списках, которая может быть использована для решения задач математического анализа, теории вероятностей и других областей математики.

2 Руководство пользователя

2.1 Приложение для демонстрации работы связного списка

1. Запустите приложение с названием sample_tlist.exe. В результате появится окно, показанное ниже и вам будет предложено ввести два связного списка. Для каждого необходимо ввести целое число n и далее n (рис. 1).

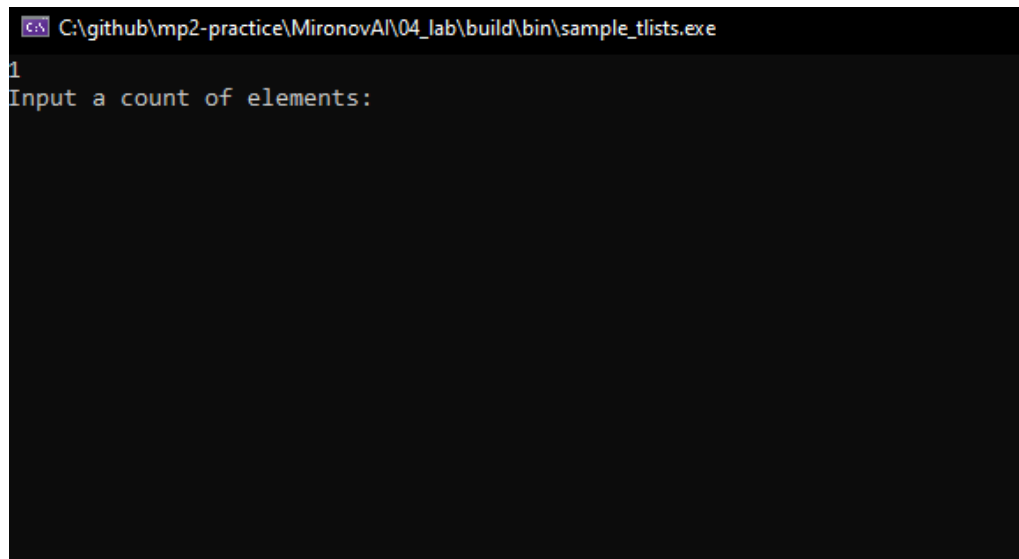


Рис. 1. Основное окно программы

2. После ввода будет выведены результаты соответствующих операций и функций стека (рис. 2).

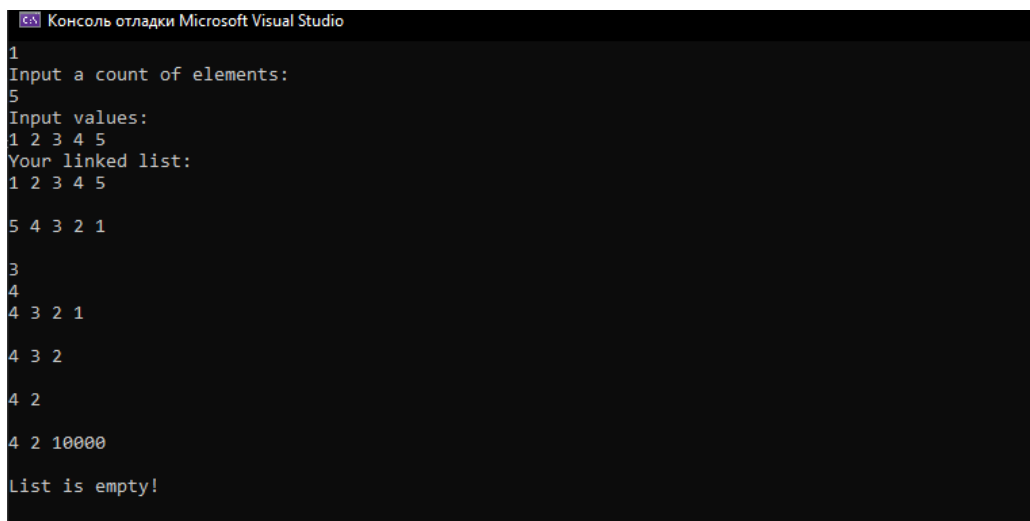


Рис. 2. Результат тестирования функций класса TList

2.2 Приложение для демонстрации работы полиномов.

1. Запустите приложение с названием `sample_tpolynom.exe`. В результате появится окно, показанное ниже, вам будет предложено ввести два полинома, в одну строку (рис. 3).

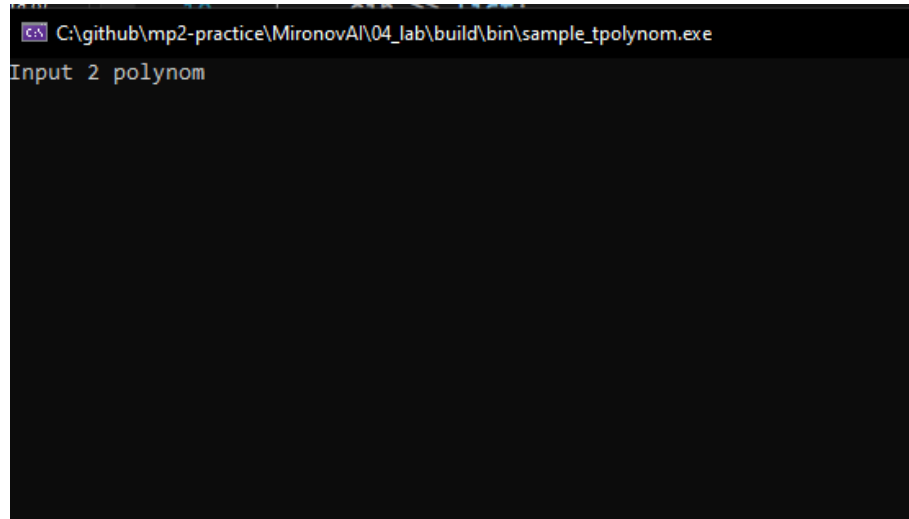


Рис. 3. Основное окно программы

2. После ввода арифметического выражения будут выведены результаты соответствующих операций и функций (рис. 4).



Рис. 4. Результат тестирования функций класса `TPolynomial`

3 Руководство программиста

3.1 Описание алгоритмов

3.1.1 Линейный односвязный список

Линейный односвязный представлен указателем на первый узел, текущий узел, последний узел. Узел односвязного списка – это структура, которая хранит в себе сам элемент, указатель на следующий узел. Если узел является последним, то указатель на следующий элемент равен pStop, который равен nullptr.

Операции, доступные с данной структурой хранения, следующие: добавление элемента, удаление элемента, взять текущий элемент (первый элемент по умолчанию), проверка на пустоту, сортировка, очистка списка.

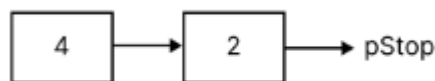
Операция добавления в начало

Операция добавления элемента реализуется при помощи указателя на первый элемент. Если структура хранения пуста, то мы просто создаем новый элемент, иначе создаём новый элемент и сдвигаем указатель на начало.

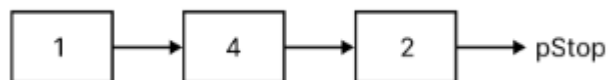
Алгоритм:

1. Создаём узел с новыми данными.
2. Меняем указатель на следующий элемент у нового узла на первый элемент списка.
3. Меняем указатель на первый элемент списка на новый узел.
4. Если список был пустой, то необходимо обновить указатели на текущий и последний элементы.

Пример:



Операция добавления элемента (1) в начало:



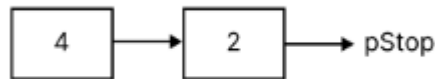
Операция добавления в конец

Операция добавления элемента реализуется при помощи указателя на последний элемент. Если структура хранения пуста, то мы просто создаем новый элемент, иначе создаём новый элемент и сдвигаем указатель на конец.

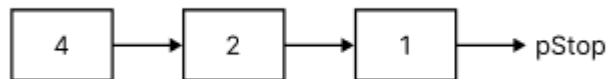
Алгоритм:

1. Создаём узел с новыми данными.
2. Если список пуст, то создаём новый узел, приравниваем указатели на первый, текущий и последний элемент списка на этот узел, пропускаем этапы 3 и 4.
3. Меняем указатель на следующий элемент у последнего узла на новый узел.
4. Меняем указатель на последний элемент списка на новый узел.

Пример:



Операция добавления элемента (1) в конец:



Операция добавления после текущего

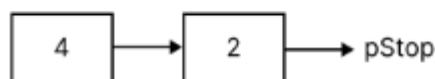
Операция добавления элемента реализуется при помощи указателя на текущий элемент (по умолчанию первый элемент, далее можно двигать). Создаём новый узел и вставляем его после текущего, изменив указатель на следующий элемент у текущего и нового элементов.

Алгоритм:

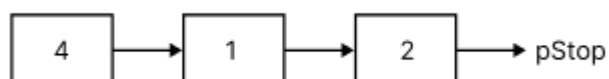
1. Создаём узел с новыми данными
2. Если список пуст, то создаём новый узел, приравниваем указатели на первый, текущий и последний элемент списка на этот узел, пропускаем этап 3.
3. Если текущий элемент – последний, то выполняется операция добавления в конец, иначе меняем указатель на следующий элемент у нового узла на следующий у текущего в списке, указатель на следующий элемент у текущего на новый узел.

Пример:

Текущий элемент: 4.



Операция добавления элемента (1) после текущего:



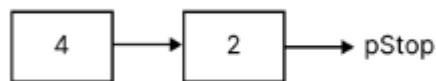
Операция удаления первого элемента

Операция удаления элемента реализуется при помощи указателя на первый элемент. Удаляется узел и двигается указатель начало.

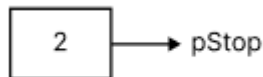
Алгоритм:

1. Сохраняем указатель на первый элемент в переменную.
2. Сдвигаем указатель на первый элемент на следующий элемент.
3. Удаляем элемент.
4. Обновляем указатели на последний и текущий элементы.

Пример:



Операция удаления первого элемента:



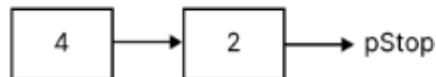
Операция удаления последнего элемента

Операция удаления элемента реализуется при помощи указателя на последний элемент. Удаляется узел и двигается указатель конца.

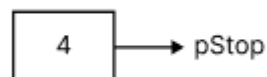
Алгоритм:

1. Если список состоит из одного элемента – выполняется операция удаление первого элемента, пропускаются этапы 2, 3, 4, 5.
2. Сохраняем указатель на последний элемент в переменную.
3. Сдвигаем указатель на последний элемент на предыдущий элемент.
4. Удаляем элемент.
5. Обновляем указатели на последний и текущий элементы.

Пример:



Операция удаления последнего элемента:



Операция удаления текущего элемента

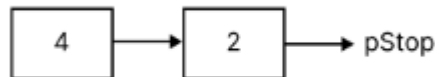
Операция удаления элемента реализуется при помощи указателя на текущий элемент.
Удаляется узел и двигается указатель текущего элемента .

Алгоритм:

1. Если текущий элемент является последним или первым, выполняются операции удаления последнего или первого элемента соответственно, пропускаем этапы 2, 3, 4, 5.
2. Сохраняем указатель на текущий элемент в переменную.
3. Сдвигаем указатель на текущий элемент на следующий элемент.
4. Удаляем элемент.
5. Обновляем указатели на первый и последний элементы.

Пример :

Текущий элемент 2.



Операция удаления текущего элемента:



Операция удаления элемента

Операция удаления элемента при помощи перебора всех элементов списка.

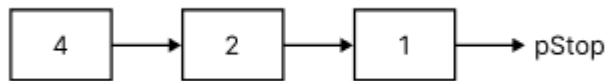
Пример :

Алгоритм:

1. Ищем элемент в списке и сохраняем его в отдельную переменную: изначально создаётся новый узел, равный первому элементу. Пока мы не нашли этот элемент или не дошли до конца, идём дальше.
2. Если элемент является последним, первым или текущим, выполняются операции удаления последнего, первого или текущего элемента соответственно, пропускаем этапы 3, 4, 5.
3. Сдвигаем указатель на следующий элемент у предыдущего элемента на следующий, после элемента, который хотим удалить.
4. Удаляем элемент.

Пример:

Удалить элемент 2.



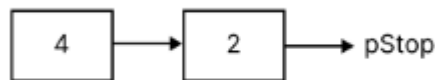
Операция удаления элемента:



Операция получения текущего элемента

Операция взятия элемента с вершины также реализуется указателя на текущий элемент. Просто возвращаем указатель на узел – текущий элемент.

Пример:



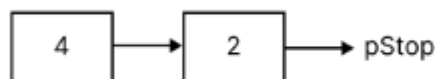
Операция взятия элемента если текущий по умолчанию:

Результат: 4

Операция поиска

Операция поиска ищет элемент в списке используя перебор из начала списка. Создаётся переменная, равная указателю на первый элемент. Пока не дошли до pStop или не нашли элемент сдвигаем указатель на следующий. Возвращаем пустой указатель, если элемент не был найден, иначе указатель на узел, в котором хранится элемент.

Пример:



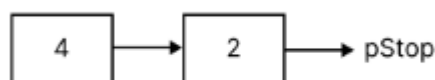
Операция поиска 2 элемента:

Результат: Указатель на 2 элемент.

Операция проверки на пустоту.

Операция проверки на полноту проверяет, есть ли хотя бы один элемент в списке. Возвращается false, если первый элемент не пустой, иначе true.

Пример 1:

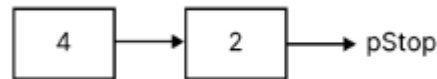


Результат: false

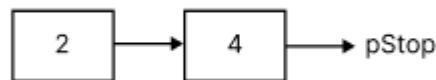
Операция сортировки.

Операция сортировки позволяет сортировать список. Используется алгоритм сортировки выбором.

Пример :



Сортировка по возрастанию:



3.1.2 Кольцевой список с головой

Кольцевой односвязный список отличается от односвязного списка наличием указателя на фиктивную голову. Это позволяет облегчить некоторые операции, и бесконечно сдвигать текущий элемент. Кольцевой односвязный список наследуется от линейного односвязного списка. Таким образом, он также реализовать указателями на первое и последнее узла. pStop у кольцевого списка равен указателю на фиктивную голову pHead

Операции, доступные с данной структурой хранения, следующие: добавление элемента , удаление элемента, взять текущий элемент (первый элемент по умолчанию), проверка на пустоту, сортировка, отчистка списка.

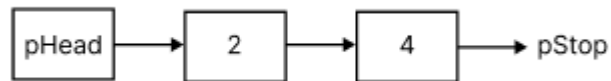
Операция добавления в начало

Операция добавления элемента реализуется при помощи указателя на первый элемент. Если структура хранения пуста, то мы просто создаем новый элемент, иначе создаём новый элемент и сдвигаем указатель на начало.

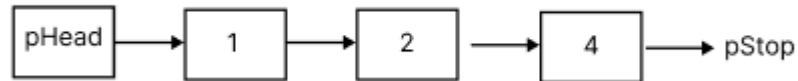
Алгоритм:

1. Создаём узел с новыми данными.
2. Меняем указатель на следующий элемент у нового узла на первый элемент списка.
3. Меняем указатель на первый элемент списка на новый узел.
4. Если список был пустой, то необходимо обновить указатели на текущий и последний элементы.
5. Меняем указатель на следующий элемент у фиктивной головы

Пример:



Операция добавления элемента (1) в начало:



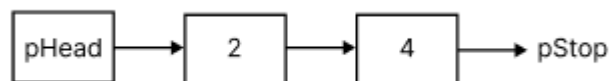
Операция добавления в конец

Операция добавления элемента реализуется при помощи указателя на последний элемент. Если структура хранения пуста, то мы просто создаем новый элемент, иначе создаём новый элемент и сдвигаем указатель на конец.

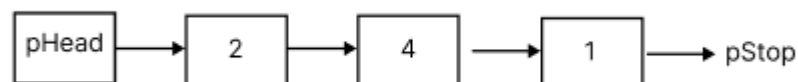
Алгоритм:

1. Создаём узел с новыми данными.
2. Если список пуст, то создаём новый узел, приравниваем указатели на первый, текущий и последний элемент списка на этот узел, пропускаем этапы 3 и 4.
3. Меняем указатель на следующий элемент у последнего узла на новый узел.
4. Меняем указатель на последний элемент списка на новый узел.
5. Меняем указатель на следующий элемент у последнего элемента на фиктивную голову

Пример:



Операция добавления элемента (1) в конец:



Операция добавления после текущего

Операция добавления элемента реализуется при помощи указателя на текущий элемент (по умолчанию первый элемент, далее можно двигать).

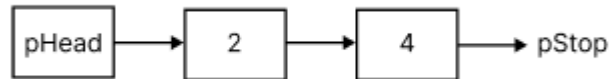
Алгоритм:

1. Создаём узел с новыми данными
2. Если список пуст, то создаём новый узел, приравниваем указатели на первый, текущий и последний элемент списка на этот узел, пропускаем этап 3.

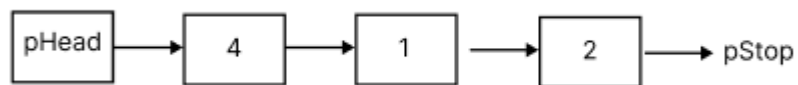
3. Если текущий элемент – последний, то выполняется операция добавления в конец, иначе меняем указатель на следующий элемент у нового узла на следующий у текущего в списке, указатель на следующий элемент у текущего на новый узел.

Пример:

Текущий элемент: 4



Операция добавления элемента (1) после текущего:



Операция удаления первого элемента

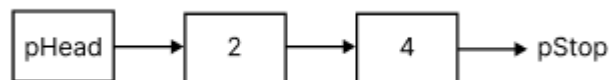
Операция удаления элемента реализуется при помощи указателя на первый элемент.

Удаляется узел и двигается указатель на начало.

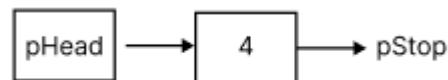
Алгоритм:

1. Сохраняем указатель на первый элемент в переменную.
2. Сдвигаем указатель на первый элемент на следующий элемент.
3. Удаляем элемент.
4. Обновляем указатели на следующий у фиктивной головы

Пример:



Операция удаления первого элемента:



Операция удаления последнего элемента

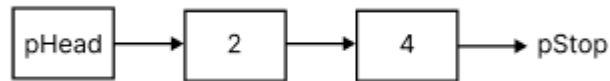
Операция удаления элемента реализуется при помощи указателя на последний элемент. Удаляется узел и двигается указатель на последний элемент списка.

Алгоритм:

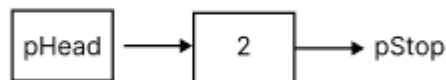
1. Если список состоит из одного элемента – выполняется операция удаление первого элемента, пропускаются этапы 2, 3, 4, 5.

2. Сохраняем указатель на последний элемент в переменную.
3. Сдвигаем указатель на последний элемент на предыдущий элемент.
4. Удаляем элемент.
5. Обновляем указатели на последний и текущий элементы.

Пример:



Операция удаления последнего элемента:



Операция удаления текущего элемента

Операция удаления элемента реализуется при помощи указателя на текущий элемент.

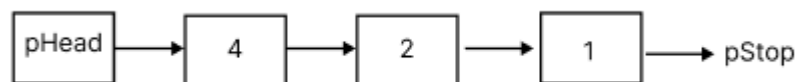
Удаляется узел и двигается указатель на текущий элемент списка.

Алгоритм:

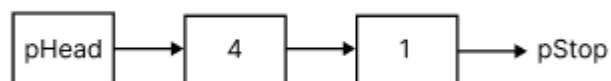
1. Если текущий элемент является последним или первым, выполняются операции удаления последнего или первого элемента соответственно, пропускаем этапы 2, 3, 4, 5.
2. Сохраняем указатель на текущий элемент в переменную.
3. Сдвигаем указатель на текущий элемент на следующий элемент.
4. Удаляем элемент.
5. Обновляем указатели на первый и последний элементы.

Пример :

Текущий элемент 2.



Операция удаления текущего элемента:



Операция удаления элемента

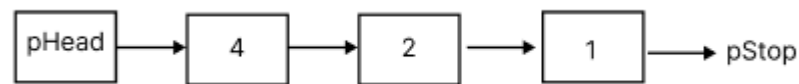
Операция удаления элемента при помощи перебора всех элементов списка.

Алгоритм:

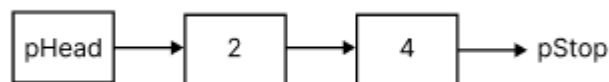
1. Ищем элемент в списке и сохраняем его в отдельную переменную: изначально создаётся новый узел, равный первому элементу. Пока мы не нашли этот элемент или не дошли до конца, идём дальше.
2. Если элемент является последним, первым или текущим, выполняются операции удаления последнего, первого или текущего элемента соответственно, пропускаем этапы 3, 4, 5.
3. Сдвигаем указатель на следующий элемент у предыдущего элемента на следующий, после элемента, который хотим удалить.
4. Удаляем элемент.

Пример :

Удалить элемент 2.



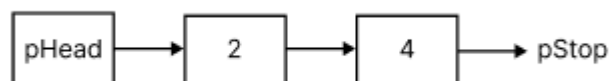
Операция удаления элемента:



Операция получения текущего элемента

Операция взятия элемента с вершины также реализуется указателя на текущий элемент. Возвращается указатель на текущий элемент.

Пример:



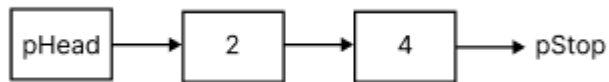
Операция взятия элемента если текущий по умолчанию:

Результат: 2

Операция поиска

Операция поиска ищет элемент в списке при помощи перебора с первого элемента. Пока не дошли до pStop или не нашли элемент сдвигаем указатель на следующий. Возвращаем пустой указатель, если элемент не был найден, иначе указатель на узел, в котором хранится элемент.

Пример:



Операция поиска 2 элемента:

Результат: Указатель на 2 элемент

Операция проверки на пустоту

Операция проверки на полноту проверяет, есть ли хотя бы один элемент в списке. Также реализуется при помощи указателя на первый элемент.

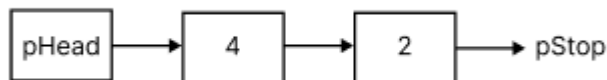
Пример :



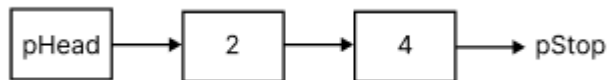
Операция сортировки

Операция сортировки позволяет сортировать список. Используется сортировка выбором.

Пример :



Сортировка по возрастанию:



3.1.3 Полином

Программа предоставляет возможности для работы с полиномами: суммирование, произведение, дифференцирование полиномов.

Полином реализован при помощи кольцевого списка с фиктивной головой из мономов. Моном реализуется классом, хранящий коэффициент, степени при независимых переменных x , y и z .

Алгоритм на входе требует строку, которая представляет некоторый полином. Алгоритм допускает наличия трёх независимых переменных и положительные целые степени независимых переменных.

Операция суммирования полиномов

Операция суммирования полиномов согласно математическим правилам.

Алгоритм:

1. Создаём копию левого полинома
2. Последовательно перебираем все мономы правого полинома. Если подобный уже есть, то складываем коэффициенты, иначе добавляем моном в список мономов.

Пример:

$$(-2x^2 + 3x*y*z + 1) + (3x^2+1)$$

Результат:

$$x^2 + 3x*y*z + 2$$

Операция вычитания полиномов

Операция вычитания полиномов согласно математическим правилам. Используется операция сложения полиномов, однако все коэффициенты правого полинома берутся с противоположными знаками.

Пример:

$$(-2x^2 + 3x*y*z + 1) - (3x^2+1)$$

Результат:

$$-5x^2 - 3x*y*z$$

Операция произведения полиномов

Операция произведения полиномов согласно математическим правилам.

Алгоритм:

1. Создаём пустой результирующий полином.
2. Последовательно перебираем все мономы левого полинома. Для каждого левого монома перебираем каждый моном правого полинома. Если их произведение уже есть в результирующем полиноме, то складываются коэффициенты, иначе добавляется результирующий полином.

Пример:

$$(-2x^2 + 3x*y*z + 1) * (3x^2+1)$$

Результат:

$$-6x^4 + x^2 + 9x^2yz + 3xyz + 3x*y*z + 2$$

Операция дифференцирования полиномов

Операция дифференцирования полинома согласно математическим правилам.

Алгоритм:

1. Создаём пустой результирующий полином.

2. Последовательно перебираем все мономы полинома. Если их дифференциал уже есть в результирующем полиноме, то складываются коэффициенты, иначе моном добавляется результирующий.

Возможно дифференцирование по независимым переменным x , y или z .

Пример:

$$3x*y*z$$

Результат дифференцирования (по x , y и z):

$$3yz, 3xz, 3yz.$$

3.2 Описание программной реализации

3.2.1 Схема наследования классов

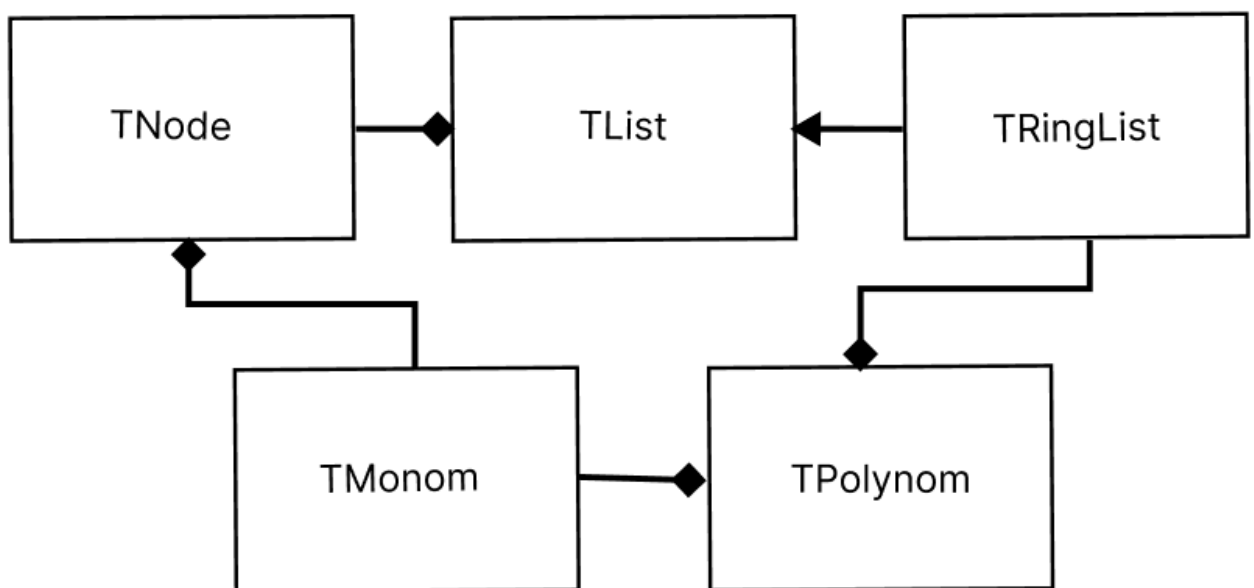


Рис. 5. Схема наследования классов

3.2.2 Описание структуры TNode

```
template <class Type>
struct TNode
{
    Type value;
    TNode<Type>* next;

    TNode(const Type& value = Type());

    bool operator<(const TNode<Type>& node) const;
    bool operator>(const TNode<Type>& node) const;
    bool operator==(const TNode<Type>& node) const;
    bool operator!=(const TNode<Type>& node) const;
};
```

Назначение: представление узла списка

Поля:

value – данные, которые хранит узел

next – указатель на следующий узел

Методы:

TNode(const Type& value = Type());

Назначение: конструктор по умолчанию, конструктор с параметрами.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

bool operator<(const TNode<Type>& node) const;

Назначение: перегрузка оператора меньше

Входные параметры:

node – узел, который сравниваем

Выходные параметры:

true или false

bool operator==(const TNode<Type>& node) const;

Назначение: перегрузка оператора меньше

Входные параметры:

node – узел, который сравниваем

Выходные параметры:

true или false

3.2.3 Описание класса TList

```
template <class Type>
```

```
class TList
```

```
{
```

```
protected:
```

```
    TNode<Type>* head;           // first element
```

```
    TNode<Type>* curr;          // current node
```

```
    TNode<Type>* last;          // last element
```

```
    TNode<Type>* stop;
```

```
public:
```

```
    TList();
```

```
    TList(const TList<Type>& list);
```

```
    TList(const TNode<Type>* node);
```

```
    virtual ~TList();
```

```
    virtual void pop_first();
```

```
    virtual void pop_last();
```

```
    virtual void pop_curr();
```

```
    void remove(const TNode<Type>* node);
```

```
    void remove(const Type& value);
```

```
    virtual void push_back(const Type& value);
```

```
    virtual void push_front(const Type& value);
```

```
    virtual void push_after_curr(const Type& value);
```

```
    virtual TNode<Type>* find_prev(const Type& value) const;
```

```
    virtual TNode<Type>* find(const Type& value) const;
```

```
    TNode<Type>* get_curr() const;
```

```

    int get_size() const;

    void start();
    bool empty() const;
    virtual void next();
    void sort(bool reverse=true);
    virtual void clear();
    virtual void copy(const TNode<Type>* node);

    friend istream& operator>>(istream& buf, TList<Type>& list);
    friend ostream& operator<<(ostream& buf, TList<Type>& list);

};

```

Назначение: представление списка.

Поля:

head – указатель на первый элемент списка.

curr – указатель на текущий элемент списка (по умолчанию равен указателю на первый элемент).

last – указатель на последний элемент списка (стой).

Методы:

TList();

Назначение: конструктор по умолчанию.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

TList(const TList<Type>& list);

Назначение: конструктор копирования.

Входные параметры:

list – список, на основе которого создаем новый список.

Выходные параметры: отсутствуют.

TList(const TNode<Type>& node);

Назначение: конструктор с параметрами.

Входные параметры:

node – узел, на основе которого создаем новый список.

Выходные параметры: отсутствуют.

virtual ~TList();

Назначение: деструктор.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

virtual void copy();

Назначение: копирование списка.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

virtual void pop_first();

Назначение: удаление первого элемента.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

virtual void pop_last();

Назначение: удаление последнего элемента.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

virtual void pop_curr();

Назначение: удаление текущего элемента.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

void remove(const TNode<Type>* node);

Назначение: удаление элемента.

Входные параметры:

node – узел, который хотим удалить.

Выходные параметры отсутствуют.

void remove(const Type& value);

Назначение: удаление элемента.

Входные параметры:

value – элемент, который хотим удалить.

Выходные параметры отсутствуют.

virtual void push_front(const Type& value);

Назначение: добавление элемента в начало.

Входные параметры:

value – добавляемый элемент.

Выходные параметры отсутствуют.

```
virtual void push_back(const Type& value);
```

Назначение: добавление элемента в конец.

Входные параметры:

value – добавляемый элемент.

Выходные параметры отсутствуют.

```
virtual void push_after_curr(const Type& value);
```

Назначение: добавление элемента после текущего элемента.

Входные параметры:

value – добавляемый элемент.

Выходные параметры отсутствуют.

```
TNode<Type>* find(const Type& value) const;
```

Назначение: поиск элемента.

Входные параметры:

value – элемент, который ищем.

Выходные параметры:

Указатель на элемент

```
bool empty() const;
```

Назначение: проверка на пустоту.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

```
void sort(int reverse) const;
```

Назначение: сортировка списка.

Входные параметры:

reverse – флаг, показывающий в каком порядке сортировать (по возрастанию по умолчанию).

Выходные параметры отсутствуют.

```
virtual void clear();
```

Назначение: очистка списка.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

3.2.4 Описание класса TRingList

```
template <class Type>  
class TRingList: public TList<Type>  
{
```

```

private:
    TNode<Type>* fict_head;
public:

    TRingList();
    TRingList(const TRingList<Type>& list);
    TRingList(const TNode<Type>* node);
    virtual ~TRingList();
    void pop_first();
    void pop_last();
    void pop_curr();

    void next();
    void clear();
    void push_after_curr(const Type& value);
    void push_back(const Type& value);
    void push_front(const Type& value);
    bool operator==(const TRingList<Type>& list) const;
    friend ostream& operator<<(ostream& buf, TRingList<Type>& list)
    {
        TNode<Type>* tmp = list.fict_head->next;

        if (list.empty())
        {
            buf << "List is empty!\n";
            return buf;
        }

        while (tmp != list.fict_head)
        {
            buf << tmp->value << endl;
            tmp = tmp->next;
        }

        return buf;
    }
};

```

Назначение: представление кольцевого списка.

Поля:

fict_head – указатель на фиктивную голову (не является элементом списка, предназначен для итерации).

Методы:

Класс TRingList наследуется от TList, некоторые методы из TList также будут работать и с TRingList. Среди таких методов, которые не перекрываются в TRingList: remove, find, sort, empty, start. (смотреть абзац 3.2.2).

TRingList() ;

Назначение: конструктор по умолчанию.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

TRingList(const TRingList<Type>& list);

Назначение: конструктор копирования.

Входные параметры:

list – список, на основе которого создаем новый список.

Выходные параметры: отсутствуют.

TRingList(const TNode<Type>& node);

Назначение: конструктор с параметрами.

Входные параметры:

node – узел, на основе которого создаем новый список.

Выходные параметры: отсутствуют.

virtual ~TRingList();

Назначение: деструктор.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

void pop_first();

Назначение: удаление первого элемента.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

void pop_last();

Назначение: удаление последнего элемента.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

void pop_curr();

Назначение: удаление текущего элемента.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

void push_front(const Type& value);

Назначение: добавление элемента в начало.

Входные параметры:

value – добавляемый элемент.

Выходные параметры отсутствуют.

void push_back(const Type& value);

Назначение: добавление элемента в конец.

Входные параметры:

value – добавляемый элемент.

Выходные параметры отсутствуют.

```
void push_after_curr(const Type& value);
```

Назначение: добавление элемента после текущего элемента.

Входные параметры:

value – добавляемый элемент.

Выходные параметры отсутствуют.

```
TNode<Type>* find(const Type& value) const;
```

Назначение: поиск элемента.

Входные параметры:

value – элемент, который ищем.

Выходные параметры:

Указатель на элемент

```
void clear();
```

Назначение: очистка списка.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры отсутствуют.

3.2.5 Описание класса TMonom

```
class TMonom
{
private:

    double coef;
    int degree_x;
    int degree_y;
    int degree_z;

public:
    TMonom(const TMonom& monom);
    TMonom(const double coef = 0.0, const int degree_x = -1, const int degree_y
= -1, const int degree_z = -1);

    bool operator<(const TMonom& monom) const;
    bool operator>(const TMonom& monom) const;
    bool operator==(const TMonom& monom) const;
    bool operator!=(const TMonom& monom) const;
    TMonom operator*(const TMonom& monom) const;

    double get_coef() const;
```

```

void set_coef(double num);
void inc_coef(double digit);

double eval(double x, double y, double z);
TMonom dif_x() const;
TMonom dif_y() const;
TMonom dif_z() const;

friend ostream& operator<<(ostream& buf, TMonom& monom)

```

Назначение: представление монома

Поля:

`coef` – коэффициент монома

`degree_x` – степень при независимой переменной `x`

`degree_y` – степень при независимой переменной `y`

`degree_z` – степень при независимой переменной `z`

Методы:

```
TMonom(const TMonom& monom);
```

Назначение: конструктор по копирования.

Входные параметры:

`monom` – мономом, который копируем.

Выходные параметры: отсутствуют.

```
TMonom(const double coef = 0.0, const int degreex = -1, const int
degreey = -1, const int degreez = -1);
```

Назначение: конструктор с параметрами, конструктор по умолчанию.

Входные параметры:

`coef` – коэффициент монома,

`degree_x` – степень при `x`,

`degree_y` – степень при `y`,

`degree_z` – степень при `z`.

Выходные параметры: отсутствуют.

```
bool operator<(const TMonom& monom) const;
```

Назначение: перегрузка оператора меньше.

Входные параметры:

`monom` – мономом, который сравниваем.

Выходные параметры:

`true` или `false`.

```
bool operator==(const TMonom& monom) const;
```

Назначение: перегрузка оператора меньше.

Входные параметры:

monom – моном, который сравниваем.

Выходные параметры:

true или false.

TMonom operator*(const TMonom& monom) const;

Назначение: перегрузка оператора умножения мономов.

Входные параметры:

monom – моном, который умножаем.

Выходные параметры:

Моном, который равен произведению мономов.

double get_coef() const;

Назначение: получение коэффициента монома.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры:

Коэффициент.

double eval(double x, double y, double z);

Назначение: нахождение значения монома в точке.

Входные параметры:

x, y, z – координаты точки.

Выходные параметры:

Значение монома в точке.

TMonom dif_x() const;

Назначение: производной по x.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры:

Моном, являющийся производной по x исходного монома.

TMonom dif_y() const;

Назначение: производной по y.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры:

Моном, являющийся производной по y исходного монома.

TMonom dif_z() const;

Назначение: производной по z.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры:

Моном, являющийся производной по z исходного монома.

3.2.6 Описание класса TPolynom

```
class TPolynom {
private:
    TRingList<TMonom> monoms;

    void del_zeros();
    void parse(string polynom);
    void x(string token, char& stage, int& i, double& coef,
            int& degreex, int& degreey, int& degreez);
    void y(string token, char& stage, int& i, double& coef,
            int& degreex, int& degreey, int& degreez);
    void z(string token, char& stage, int& i, double& coef,
            int& degreex, int& degreey, int& degreez);
    void c(string token, char& stage, int& i, double& coef,
            int& degreex, int& degreey, int& degreez);
    string preparation(string polynom);

public:
    TPolynom();
    TPolynom(const string& polynom_string);
    TPolynom(const TRingList<TMonom>& list);
    TPolynom(const TPolynom& polynom);

    const TPolynom& operator=(const TPolynom& polynom);
    bool operator==(const TPolynom& polynom) const;
    TPolynom operator+(const TPolynom& polynom);
    TPolynom operator-(const TPolynom& polynom);
    TPolynom operator*(const TPolynom& polynom);
    double operator()(double x, double y, double z);

    TPolynom dif_x() const;
    TPolynom dif_y() const;
    TPolynom dif_z() const;

    TRingList<TMonom> get_monoms();
    friend ostream& operator<<(ostream& buf, TPolynom& polynom);
};
```

Назначение: работа с полиномами

Поля:

RingList<TMonom> monoms — СПИСОК МОНОМОВ.

Методы:

TPolynom();

Назначение: конструктор по умолчанию.

Входные параметры отсутствуют:

Выходные параметры: отсутствуют.

TPolynom(const TPolynom& polynom);

Назначение: конструктор копирования.

Входные параметры:

polynom – полином, на основе которого создаем новый полином.

Выходные параметры: отсутствуют.

TPolynom(const string& polynom);

Назначение: конструктор с параметрами.

Входные параметры:

polynom – строка, на основе которого создаем новый полином.

Выходные параметры: отсутствуют.

const TPolynom& operator=(const TPolynom& polynom);

Назначение: операция присваивания.

Входные параметры:

polynom – полином, на основе которого создаем новый полином.

Выходные параметры: ссылка на присвоенный полином.

bool operator==(const TPolynom& polynom) const;

Назначение: операция равенства.

Входные параметры:

polynom – полином, с которым сравниваем.

Выходные параметры: true или false – равны полиномы или нет.

TPolynom operator+(const TPolynom& polynom);

Назначение: суммирование полиномов.

Входные параметры:

polynom – строка, на основе которого создаем новый полином.

Выходные параметры: сумма полиномов.

TPolynom operator-(const TPolynom& polynom);

Назначение: разность полиномов.

Входные параметры:

polynom – строка, на основе которого создаем новый полином.

Выходные параметры: разность полиномов.

TPolynom operator*(const TPolynom& polynom);

Назначение: умножение полиномов.

Входные параметры:

polynom – строка, на основе которого создаем новый полином.

Выходные параметры: произведение полиномов.

double operator() (double x, double y, double z);

Назначение: вычисления полинома в точке.

Входные параметры:

x – значение переменной *x*,

y – значение переменной *y*,

z – значение переменной *z*

Выходные параметры: результат вычисления полинома в точке.

TPolynom dif_x() const;

Назначение: дифференцирование полинома по *x*.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры: дифференциал полинома по *x*.

TPolynom dif_y() const;

Назначение: дифференцирование полинома по *y*.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры: дифференциал полинома по *y*.

TPolynom dif_z() const;

Назначение: дифференцирование полинома по *z*.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры: дифференциал полинома по *z*.

TPolynom dif_x() const;

Назначение: дифференцирование полинома по *x*.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры: дифференциал полинома по *x*.

TRingList<TMonom> get_monoms();

Назначение: получение списка мономов.

Входные параметры отсутствуют.

Выходные параметры: список мономов.

Заключение

В ходе выполнения лабораторной работы студенты изучили основные принципы работы алгоритма обработки полиномов от трех переменных (x , y , z) и реализовали его на практике. Были изучены основные принципы работы со связным списком, а также реализована возможность создания полинома на основе списка коэффициентов и степеней.

Также была проведена проверка программы на различных входных данных, включая выражения с разными операциями. Результатом выполнения лабораторной работы стала полнофункциональная реализация алгоритмов работы с полиномами на связных списках, которая может быть использована для решения задач математического анализа, теории вероятностей и других областей математики.

В процессе выполнения лабораторной работы студенты освоили навыки работы с алгоритмами обработки полиномов и научились представлять полиномы в виде связных списков, что позволит им решать более сложные задачи в будущем.

Литература

1. Связный список [https://ru.wikipedia.org/wiki/Связный_список].
2. Полином [<https://ru.wikipedia.org/wiki/Многочлен>].

Приложения

Приложение А. Реализация класса TNode

```
template <class Type>
TNode<Type>::TNode(const Type& new_value) : value(new_value), next(nullptr) {}

template <class Type>
bool TNode<Type>::operator<(const TNode<Type>& node) const
{
    return this->value < node.value;
}

template <class Type>
bool TNode<Type>::operator>(const TNode<Type>& node) const
{
    return this->value > node.value;;
}

template <class Type>
bool TNode<Type>::operator==(const TNode<Type>& node) const
{
    return this->value == node.value;;
}

template <class Type>
bool TNode<Type>::operator!=(const TNode<Type>& node) const
{
    return this->value != node.value;;
}
```

Приложение Б. Реализация класса TList

```
#ifndef _TLIST_H_
#define _TLIST_H_
#endif
#define _TLIST_H_

#include "tnode.h"
#include <iostream>

using namespace std;

template <class Type>
class TList
{
protected:
    TNode<Type>* head;           // first element
    TNode<Type>* curr;          // current node
    TNode<Type>* last;          // last element
    TNode<Type>* stop;

public:
    TList();
    TList(const TList<Type>& list);
    TList(const TNode<Type>* node);
    virtual ~TList();
    virtual void pop_first();
```

```

virtual void pop_last();
virtual void pop_curr();
void remove(const TNode<Type>* node);
void remove(const Type& value);

virtual void push_back(const Type& value);
virtual void push_front(const Type& value);
virtual void push_after_curr(const Type& value);

virtual TNode<Type>* find_prev(const Type& value) const;
virtual TNode<Type>* find(const Type& value) const;

TNode<Type>* get_curr() const;
int get_size() const;

void start();
bool empty() const;
virtual void next();
void sort(bool reverse=true);
virtual void clear();
virtual void copy(const TNode<Type>* node);

friend istream& operator>>(istream& buf, TList<Type>& list)
{
    int count;
    cout << "Input a count of elements:\n";
    cin >> count;
    cout << "Input values:" << endl;
    while (count)
    {
        count--;
        Type value; cin >> value;
        list.push_back(value);
    }

    return buf;
}
friend ostream& operator<<(ostream& buf, TList<Type>& list)
{
    TNode<Type>* tmp = list.head;
    if (list.empty())
    {
        buf << "List is empty!\n";
        return buf;
    }
    while (tmp != nullptr)
    {
        buf << tmp->value << " ";
        tmp = tmp->next;
    }
    buf << endl;

    return buf;
}

};

template <class Type>
TList<Type>::TList()
{
    head = nullptr;
    last = nullptr;
}

```

```

        curr = nullptr;
        stop = nullptr;
    }

template <class Type>
void TList<Type>::copy(const TNode<Type>* node)
{
    TNode<Type>* tmp = node->next;
    head = new TNode<Type>(node->value);
    curr = head;
    last = head;
    stop = nullptr;
    while (tmp != nullptr)
    {
        last->next = new TNode<Type>(tmp->value);
        last = last->next;
        tmp = tmp->next;
    }
}

template <class Type>
TList<Type>::TList(const TList<Type>& list): TList<Type>()
{
    if (list.empty())
    {
        return;
    }
    copy(list.head);
}

template <class Type>
TList<Type>::TList(const TNode<Type>* node)
{
    if (node == nullptr)
    {
        return;
    }
    copy(node);
}

template <class Type>
TList<Type>::~~TList<Type>()
{
    clear();
}

template <class Type>
bool TList<Type>::empty() const
{
    return head == nullptr;
}

template <class Type>
void TList<Type>::next()
{
    if (curr == nullptr)
    {
        string ex = "next isn`t exist";
    }
}

```

```

        throw ex;
    }
    curr = curr->next;
}

template <class Type>
int TList<Type>::get_size() const
{
    TNode<Type>* tmp = head;
    int size = 0;
    while (tmp != stop)
    {
        size++;
        tmp = tmp->next;
    }
    return size;
}

template <class Type>
TNode<Type>* TList<Type>::get_curr() const
{
    return curr;
}

template <class Type>
TNode<Type>* TList<Type>::find_prev(const Type& value) const
{
    TNode<Type>* tmp = head;

    if (head->value == value)
    {
        return nullptr;
    }

    while (tmp != stop)
    {
        if (tmp->next->value == value) break;
        tmp = tmp->next;
    }
    if (tmp == stop)
    {
        return nullptr;
    }
    return tmp;
}

template <class Type>
TNode<Type>* TList<Type>::find(const Type& value) const
{
    if (head == nullptr) return nullptr;
    TNode<Type>* tmp = head;

    while (tmp != stop)
    {
        if (tmp->value == value)
        {
            break;
        }
        tmp = tmp->next;
    }

```

```

    }
    if (tmp == stop)
    {
        return nullptr;
    }
    return tmp;
}

template <class Type>
void TList<Type>::pop_first()
{
    if (head == nullptr)
    {
        string ex = "SizeError: can't remove empty list";
        throw ex;
    }

    if (last == head)
    {
        *this = TList<Type>();
        return;
    }
    if (curr == head)
    {
        curr = head->next;
    }
    TNode<Type>* tmp = head->next;
    delete head;
    head = tmp;
}

template <class Type>
void TList<Type>::pop_last()
{
    if (head == nullptr)
    {
        string ex = "SizeError: can't remove empty list";
        throw ex;
    }

    if (last == head)
    {
        *this = TList<Type>();
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp = head;
    while (tmp->next != last)
    {
        tmp = tmp->next;
    }

    if (curr == last)
    {
        curr = tmp;
    }

    delete tmp->next;
    tmp->next = nullptr;
}

```

```

        last = tmp;
    }

template <class Type>
void TList<Type>::remove(const TNode<Type>* node)
{
    if (head == nullptr)
    {
        string ex = "SizeError: can`t remove empty list";
        throw ex;
    }

    if (node == nullptr)
    {
        return;
    }

    if (head == node)
    {
        this->pop_first();
        return;
    }

    if (last == node)
    {
        this->pop_last();
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp = head;

    while (tmp->next != node && tmp != stop)
    {
        tmp = tmp->next;
    }

    if (tmp == stop)
    {
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp1 = tmp->next->next;

    // rightward shift
    if (curr == node)
    {
        curr = tmp1;
    }

    delete tmp->next;
    tmp->next = tmp1;
}

template <class Type>
void TList<Type>::remove(const Type& value)
{
    TNode<Type>* tmp = head;

```

```

    if (head == nullptr)
    {
        string ex = "SizeError: can't remove empty list";
        throw ex;
    }

    if (head->value == value)
    {
        this->pop_first();
        return;
    }

    while (tmp->next != stop)
    {
        if (tmp->next->value == value)
        {
            break;
        }
        tmp = tmp->next;
    }

    if (tmp->next == stop)
    {
        return;
    }
    if (tmp->next->next == stop && tmp->next->value == value)
    {
        this->pop_last();
        return;
    }
    TNode<Type>* tmp1 = tmp->next->next;

    // rightward shift
    if (curr == tmp->next)
    {
        curr = tmp1;
    }
    delete tmp->next;
    tmp->next = tmp1;
}

template <class Type>
void TList<Type>::pop_curr()
{
    if (head == curr)
    {
        this->pop_first();
        return;
    }
    if (last == curr)
    {
        this->pop_last();
        return;
    }
    TNode<Type>* tmp1 = head, *tmp = curr;
    while (tmp1->next != curr) tmp1 = tmp1->next;
    curr = curr->next;
    tmp1->next = curr;
    delete tmp;
}

```



```

template <class Type>
void TList<Type>::push_back(const Type& value)
{
    if (last == nullptr)
    {
        last = new TNode<Type>(value);
        head = last;
        curr = head;
        return;
    }

    last->next = new TNode<Type>(value);
    last = last->next;
}

template <class Type>
void TList<Type>::push_front(const Type& value)
{
    if (head == nullptr)
    {
        head = new TNode<Type>(value);
        last = head;
        curr = head;
        return;
    }
    TNode<Type>* new_head = new TNode<Type>(value);
    new_head->next = head;
    head = new_head;
}

template <class Type>
void TList<Type>::push_after_curr(const Type& value)
{
    if (curr == last)
    {
        this->push_back(value);
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp = curr->next;
    curr->next = new TNode<Type>(value);
    curr->next->next = tmp;
}

template<class Type>
void TList<Type>::sort(bool reverse)
{
    if (head == nullptr)
        return;

    TNode<Type>* tmp1 = head;
    while (tmp1->next != stop)
    {
        TNode<Type>* tmp2 = tmp1->next;
        while (tmp2 != stop)
        {
            if (reverse)
            {
                if (tmp1->value < tmp2->value)
                {

```

```

        Type tmp = tmp1->value;
        tmp1->value = tmp2->value;
        tmp2->value = tmp;
    }
    tmp2 = tmp2->next;
}
else
{
    if (tmp1->value > tmp2->value)
    {
        Type tmp = tmp1->value;
        tmp1->value = tmp2->value;
        tmp2->value = tmp;
    }
    tmp2 = tmp2->next;
}
}
tmp1 = tmp1->next;
}
}

```

```

template<class Type>
void TList<Type>::clear()
{
    while (head != stop)
    {
        TNode<Type>* tmp;
        tmp = head;
        head = head->next;
        delete tmp;
    }
    curr = nullptr;
    last = nullptr;
    stop = nullptr;
}

```

```

template<class Type>
void TList<Type>::start()
{
    curr = head;
}

```

```

#endif //

```

Приложение В. Реализация класса TRingList

```

#ifndef _TRingList_H_
#define _TRingList_H_

#include "tlist.h"
#include <iostream>
using namespace std;

template <class Type>
class TRingList: public TList<Type>
{
private:

```

```

        TNode<Type>* fict_head;
public:

    TRingList();
    TRingList(const TRingList<Type>& list);
    TRingList(const TNode<Type>* node);
    virtual ~TRingList();
    void pop_first();
    void pop_last();
    void pop_curr();

    void next();
    void clear();
    void push_after_curr(const Type& value);
    void push_back(const Type& value);
    void push_front(const Type& value);
    bool operator==(const TRingList<Type>& list) const;
    friend ostream& operator<<(ostream& buf, TRingList<Type>& list)
    {
        TNode<Type>* tmp = list.fict_head->next;

        if (list.empty())
        {
            buf << "List is empty!\n";
            return buf;
        }

        while (tmp != list.fict_head)
        {
            buf << tmp->value << endl;
            tmp = tmp->next;
        }

        return buf;
    }
};

template <class Type>
TRingList<Type>::TRingList()
{
    fict_head = new TNode<Type>;
    last = fict_head;
    last->next = fict_head;
    stop = fict_head;
}

template <class Type>
TRingList<Type>::TRingList(const TRingList<Type>& list): TRingList<Type>()
{
    if (list.empty())
    {
        return;
    }
    TNode<Type>* tmp = list.head->next;
    head = new TNode<Type>(list.head->value);
    curr = head;
    last = head;

    while (tmp != list.stop)
    {
        last->next = new TNode<Type>(tmp->value);
    }
}

```

```

        last = last->next;
        tmp = tmp->next;
    }
    last->next = fict_head;
}

template <class Type>
TRingList<Type>::TRingList(const TNode<Type>* node) : TRingList<Type>()
{
    if (node == nullptr)
    {
        return;
    }
    TNode<Type>* tmp = node->next;
    head = new TNode<Type>(node->value);
    curr = head;
    last = head;

    while (tmp != nullptr)
    {
        if (tmp->value == Type() && tmp->next == head)
        {
            break;
        }
        last->next = new TNode<Type>(tmp->value);
        last = last->next;
        tmp = tmp->next;
    }
    last->next = fict_head;
}

template <class Type>
TRingList<Type>::~~TRingList()
{
    if (fict_head != nullptr)
    {
        delete fict_head;
    }
    if (last != nullptr) last->next = nullptr;
    stop = nullptr;
}

template<class Type>
bool TRingList<Type>::operator==(const TRingList<Type>& list) const
{
    TNode<Type>* t = head, *t2 = list.head;
    if (t == nullptr || t2 == nullptr)
    {
        throw "Your polynoms must not be empty!\n";
    }
    while ((t != fict_head) && (t2 != list.fict_head))
    {
        if (t->value != t2->value)
        {
            return false;
        }
        t = t->next;
        t2 = t2->next;
    }
    return (t == fict_head) && (t2 == list.fict_head);
}

```

```

}

template <class Type>
void TRingList<Type>::next()
{
    curr = curr->next;
}

template <class Type>
void TRingList<Type>::pop_first()
{
    if (head == nullptr)
    {
        string ex = "SizeError: can`t remove empty list";
        throw ex;
    }

    if (last == head)
    {
        *this = TRingList<Type>();
        return;
    }
    if (curr == head)
    {
        curr = head->next;
    }
    TNode<Type>* tmp = head->next;
    fict_head->next = tmp;
    delete head;
    head = tmp;
}

template <class Type>
void TRingList<Type>::pop_last()
{
    if (head == nullptr)
    {
        string ex = "SizeError: can`t remove empty list";
        throw ex;
    }

    if (last == head)
    {
        *this = TRingList<Type>();
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp = head;
    while (tmp->next != last)
    {
        tmp = tmp->next;
    }

    if (curr == last)
    {
        curr = tmp;
    }

    delete tmp->next;
    tmp->next = fict_head;
}

```

```

        last = tmp;
    }

template <class Type>
void TRingList<Type>::push_back(const Type& value)
{
    if (head == nullptr)
    {
        head = new TNode<Type>(value);
        last = head;
        last->next = fict_head;
        fict_head->next = head;
        curr = head;
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp = new TNode<Type>(value);
    tmp->next = fict_head;
    last->next = tmp;
    last = last->next;
}

template <class Type>
void TRingList<Type>::push_front(const Type& value)
{
    if (head == nullptr)
    {
        head = new TNode<Type>(value);
        last = head;
        curr = head;
        last->next = fict_head;
        fict_head->next = head;
        return;
    }
    TNode<Type>* new_head = new TNode<Type>(value);
    new_head->next = head;
    head = new_head;
    fict_head->next = head;
}

template <class Type>
void TRingList<Type>::pop_curr()
{
    if (head == curr)
    {
        this->pop_first();
        return;
    }
    if (last == curr)
    {
        this->pop_last();
        return;
    }
    TNode<Type>* tmp1 = head, * tmp = curr;
    while (tmp1->next != curr) tmp1 = tmp1->next;
    curr = curr->next;
    tmp1->next = curr;
}

```

```

        delete tmp;
    }

template <class Type>
void TRingList<Type>::push_after_curr(const Type& value)
{
    if (curr == last)
    {
        this->push_back(value);
        return;
    }

    TNode<Type>* tmp = curr->next;
    curr->next = new TNode<Type>(value);
    curr->next->next = tmp;
}

template<class Type>
void TRingList<Type>::clear()
{
    if (head == nullptr)
    {
        return;
    }
    while (head != fict_head)
    {
        TNode<Type>* tmp;
        tmp = head;
        head = head->next;
        delete tmp;
    }
    head = nullptr;
    curr = nullptr;
    last = fict_head;
    last->next = fict_head;
}

#endif //

```

Приложение Г. Реализация класса TMonom

```

#include "tmonom.h"
#include <algorithm>

TMonom::TMonom(const TMonom& monom)
{
    coef = monom.coef;
    degree_x = monom.degree_x;
    degree_y = monom.degree_y;
    degree_z = monom.degree_z;
}

TMonom::TMonom(const double coef_, const int degreex_, const int degreey_, const
int degreez_)
{

```

```

        coef = coef_;
        degree_x = degree_x_;
        degree_y = degree_y_;
        degree_z = degree_z_;
    }

bool TMonom::operator<(const TMonom& monom) const {
    return ((degree_x < monom.degree_x) || (degree_x == monom.degree_x &&
        degree_y < monom.degree_y) ||
        (degree_x == monom.degree_x && degree_y == monom.degree_y &&
        degree_z < monom.degree_z));
}

bool TMonom::operator>(const TMonom& monom) const {
    return ((degree_x > monom.degree_x) || (degree_x == monom.degree_x &&
        degree_y > monom.degree_y) ||
        (degree_x == monom.degree_x && degree_y == monom.degree_y &&
        degree_z > monom.degree_z));
}

bool TMonom::operator==(const TMonom& monom) const {
    return degree_x == monom.degree_x && degree_y == monom.degree_y &&
        degree_z == monom.degree_z;
}

bool TMonom::operator!=(const TMonom& monom) const {
    return !(*this == monom);
}

TMonom TMonom::operator*(const TMonom& monom) const
{
    return TMonom(monom.coef * this->coef, monom.degree_x + this->degree_x,
        this->degree_y + monom.degree_y, this->degree_z + monom.degree_z);
}

double TMonom::eval(double x, double y, double z)
{
    return coef * std::pow(x, degree_x) * std::pow(y, degree_y) * std::pow(z,
        degree_z);
}

double TMonom::get_coef() const
{
    return coef;
}

void TMonom::set_coef(double digit)
{
    coef = digit;
}

void TMonom::inc_coef(double digit)
{
    coef += digit;
}

```



```

}

TMonom TMonom::dif_x() const
{
    if (*this == TMonom())
    {
        return TMonom();
    }
    if (degree_x == 0)
    {
        return TMonom(0, 0, 0, 0);
    }
    return TMonom(coef * degree_x, degree_x - 1, degree_y, degree_z);
}

TMonom TMonom::dif_y() const
{
    if (*this == TMonom())
    {
        return TMonom();
    }
    if (degree_y == 0)
    {
        return TMonom(0, 0, 0, 0);
    }
    return TMonom(coef * degree_y, degree_x, degree_y - 1, degree_z);
}

TMonom TMonom::dif_z() const
{
    if (*this == TMonom())
    {
        return TMonom();
    }
    if (degree_z == 0)
    {
        return TMonom(0, 0, 0, 0);
    }
    return TMonom(coef * degree_z, degree_x, degree_y, degree_z - 1);
}

```

Приложение Д. Реализация класса TPolynom

```

#include "tpolynom.h"
#include <iostream>
#include <sstream>
using namespace std;

void TPolynom::del_zeros()
{
    int was = 0;
    monoms.start();
    TNode<TMonom>* t = monoms.get_curr();
    if (t == nullptr)
    {
        return;
    }
}

```

```

while (t->value != TMonom())
{
    if (t->value.get_coef() != 0)
    {
        was = 1;
        break;
    }
    t = t->next;
}
t = monoms.get_curr();
if (was == 1)
{
    while (t->value != TMonom())
    {
        if (t->value.get_coef() == 0)
        {
            TNode<TMonom>* t1 = t;
            t = t->next;
            monoms.remove(t1);
        }
        t = t->next;
    }
    return;
}
// if all of elements equal 0 we create new list with only 1 "0"
monoms.clear();
monoms.push_front(TMonom(0, 0, 0, 0));
return;

}
string TPolynom::preparation(string polynom)
{
    string new_string, new_string1;

    int i = 0;
    while (i < polynom.size())
    {
        if (polynom[i] == ' ')
        {
            ++i;
            continue;
        }
        new_string += polynom[i];
        ++i;
    }
    i = 0;
    while (i < new_string.size())
    {
        if (new_string[i] == '+' || new_string[i] == '-')
        {
            new_string1 += " ";
            new_string1 += new_string[i];
            new_string1 += " ";
            ++i;
            continue;
        }
        new_string1 += new_string[i];
        ++i;
    }
    return new_string1;
}

```

```

void TPolynom::x(string token, char& stage, int& i, double& coef, int& degreeex,
int& degreey, int& degreez)
{
    // we here --> token[i] == 'x'
    string digit;
    stage = 'x';
    i++;
    if (token[i] == '^')
    {
        i++;
        if (i >= token.size() || token[i] < '0' || token[i] > '9')
        {
            // string like 2x^yz
            throw "Wrong string\n";
        }
    }
    while (i < token.size() && ((token[i] >= '0' && token[i] <= '9') ||
token[i] == '.'))
    {
        digit += token[i];
        i++;
    }

    if (digit != "")
    {
        degreeex += stod(digit);
    }
    else
    {
        degreeex = 1;
    }
    if (i >= token.size())
    {
        return;
    }
    if (token[i] == 'x')
    {
        x(token, stage, i, coef, degreeex, degreey, degreez);
    }
    else if (token[i] == 'y')
    {
        y(token, stage, i, coef, degreeex, degreey, degreez);
    }
    else if (token[i] == 'z')
    {
        z(token, stage, i, coef, degreeex, degreey, degreez);
    }
    else
    {
        throw "Wrong string";
    }
}

```

```

void TPolynom::y(string token, char& stage, int& i, double& coef, int& degreeex,
int& degreey, int& degreez)
{
    string digit;
    stage = 'y';
    i++;
    if (token[i] == '^')

```

```

    {
        i++;
        if (i >= token.size() || token[i] < '0' || token[i] > '9')
        {
            // string like 2x^yz
            throw "Wrong string\n";
        }
    }
    while (i < token.size() && ((token[i] >= '0' && token[i] <= '9') ||
token[i] == '.'))
    {
        digit += token[i];
        i++;
    }

    if (digit != "")
    {
        degreey += stod(digit);
    }
    else
    {
        degreey = 1;
    }

    if (i >= token.size())
    {
        return;
    }
    if (token[i] == 'x')
    {
        x(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
    }
    else if (token[i] == 'y')
    {
        y(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
    }
    else if (token[i] == 'z')
    {
        z(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
    }
    else
    {
        throw "Wrong string";
    }
}

```

```

void TPolynom::z(string token, char& stage, int& i, double& coef, int& degreex,
int& degreey, int& degreez)
{
    string digit;
    stage = 'z';
    i++;
    if (token[i] == '^')
    {
        i++;
        if (i >= token.size() || token[i] < '0' || token[i] > '9')
        {
            // string like 2x^yz
            throw "Wrong string\n";
        }
    }
}

```

```

        while (i < token.size() && ((token[i] >= '0' && token[i] <= '9') ||
token[i] == '.'))
        {
            digit += token[i];
            i++;
        }

        if (digit != "")
        {
            degreez += stod(digit);
        }
        else
        {
            degreez = 1;
        }

        if (i >= token.size())
        {
            return;
        }
        if (token[i] == 'x')
        {
            x(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
        }
        else if (token[i] == 'y')
        {
            y(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
        }
        else if (token[i] == 'z')
        {
            z(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
        }
        else
        {
            throw "Wrong string";
        }
    }
}

```

```

void TPolynom::c(string token, char& stage, int& i, double& coef, int& degreex,
int& degreey, int& degreez)
{
    string digit;
    stage = 'c';
    while (i < token.size() && ((token[i] >= '0' && token[i] <= '9') ||
token[i] == '.'))
    {
        digit += token[i];
        i++;
    }

    if (digit != "")
    {
        coef *= stod(digit);
    }
    if (i >= token.size())
    {
        return;
    }
    if (token[i] == 'x')
    {
        x(token, stage, i, coef, degreex, degreey, degreez);
    }
}

```

```

    }
    else if (token[i] == 'y')
    {
        y(token, stage, i, coef, degreeex, degreey, degreez);
    }
    else if (token[i] == 'z')
    {
        z(token, stage, i, coef, degreeex, degreey, degreez);
    }
    else
    {
        throw "Wrong string";
    }
}

void TPolynom::parse(string polynom)
{
    polynom = preparation(polynom); // пробелы добавить при +-

    string token;
    double curr_coef = 1;
    int degreeex = 0, degreey = 0, degreez = 0;
    char stage = 's';
    if (polynom.size() >= 3)
    {
        string t;
        t += (char)polynom[0];
        t += (char)polynom[1];
        t += (char)polynom[2];
        if (t == " - ")
        {
            curr_coef = -1;
            string tmp;
            for (int i = 3; i < polynom.size(); ++i) tmp += polynom[i];
            polynom = tmp;
        }

        if (t == " + ")
        {
            string tmp;
            for (int i = 3; i < polynom.size(); ++i) tmp += polynom[i];
            polynom = tmp;
        }
    }

    stringstream stream(polynom);
    while (stream >> token)
    {
        if (token == "-" || token == "+")
        {
            TMonom tmp(curr_coef, degreeex, degreey, degreez);
            monoms.push_back(tmp);
            curr_coef = 1;
            degreeex = 0; degreey = 0; degreez = 0;
            stage = 's';
            if (token == "-")
            {

```

```

        curr_coef = -1;
    }
    continue;

}
int i = 0;
while (i < token.size())
{
    if (token[i] == 'x' || token[i] == 'y' || token[i] == 'z')
    {
        if (token[i] == 'x')
        {
            x(token, stage, i, curr_coef, degreeex, degreey,
degreeez);
        }
        else if(token[i] == 'y')
        {
            y(token, stage, i, curr_coef, degreeex, degreey,
degreeez);
        }
        else
        {
            z(token, stage, i, curr_coef, degreeex, degreey,
degreeez);
        }
    }
    else if (token[i] >= '0' && token[i] <= '9')
    {
        c(token, stage, i, curr_coef, degreeex, degreey,
degreeez);
    }
    else
    {
        throw "Wrong string";
    }
}

}
if (stage != 's')
{
    TMonom tmp(curr_coef, degreeex, degreey, degreeez);
    monoms.push_back(tmp);
}
monoms.sort();
}

TPolynomial::TPolynomial()
{
    monoms = TRingList<TMonom>();
}

TPolynomial::TPolynomial(const string& polynom_string)
{
    monoms = TRingList<TMonom>();
    parse(polynom_string);
    this->del_zeros(); this->monoms.sort(); this->monoms.start();
}

TPolynomial::TPolynomial(const TRingList<TMonom>& list)
{
    monoms = TRingList<TMonom>(list);
    this->del_zeros(); this->monoms.sort(); this->monoms.start();
}

```

```

}

TPolynom::TPolynom(const TPolynom& polynom) : monoms(polynom.monoms)
{
}

const TPolynom& TPolynom::operator=(const TPolynom& polynom) {

    (*this).monoms.clear();
    (*this).monoms = TRingList<TMonom>(polynom.monoms);
    return *this;
}

TPolynom TPolynom::operator+(const TPolynom& polynom) {

    TPolynom sum(*this);
    sum.monoms.start();
    TRingList<TMonom> tmp(polynom.monoms);
    tmp.start();

    TNode<TMonom>* tmp1 = tmp.get_curr();

    if (tmp1 == nullptr)
    {
        return *this;
    }

    while (tmp1->value != TMonom())
    {
        TNode<TMonom>* t = sum.monoms.find(tmp1->value);

        if (t == nullptr)
        {
            sum.monoms.push_back(tmp1->value);
        }
        else
        {
            t->value.inc_coef(tmp1->value.get_coef());
        }
        tmp1 = tmp1->next;
    }
    sum.del_zeros(); sum.monoms.sort();
    return sum;
}

TPolynom TPolynom::operator-(const TPolynom& polynom) {

    TPolynom sum(*this);
    sum.monoms.start();
    TRingList<TMonom> tmp(polynom.monoms);
    tmp.start();

    TNode<TMonom>* tmp1 = tmp.get_curr();

    if (tmp1 == nullptr)
    {
        return *this;
    }

    while (tmp1->value != TMonom())
    {
        TNode<TMonom>* t = sum.monoms.find(tmp1->value);
        tmp1->value.set_coef(-(tmp1->value.get_coef()));
    }
}

```



```

        if (t == nullptr)
        {
            sum.monoms.push_back(tmp1->value);
        }
        else
        {
            t->value.inc_coef(tmp1->value.get_coef());
        }
        tmp1 = tmp1->next;
    }
    sum.del_zeros(); sum.monoms.sort();
    return sum;
}

TPolynomial TPolynomial::operator*(const TPolynomial& polynom) {

    TPolynomial prod;

    TRingList<TMonom> l1(this->monoms), l2(polynom.monoms);
    l1.start();
    l2.start();
    TNode<TMonom>* t1 = l1.get_curr(), * t2 = l2.get_curr();
    if (t1 == nullptr || t2 == nullptr)
    {
        throw "Cant multiply empty polynom";
    }

    while (t1->value != TMonom())
    {
        t2 = l2.get_curr();
        while (t2->value != TMonom())
        {
            // find list1[i] * list2[j] in prod
            // if it is in list, we need sum coeff
            // else we need add new monom
            TMonom monom = t1->value * t2->value;
            TNode<TMonom>* t = prod.monoms.find(monom);
            if (t == nullptr)
            {
                prod.monoms.push_back(monom);
            }
            else
            {
                t->value.inc_coef(monom.get_coef());
            }

            t2 = t2->next;
        }

        t1 = t1->next;
    }
    prod.del_zeros(); prod.monoms.sort();
    return prod;
}

double TPolynomial::operator()(double x, double y, double z) {

    double res = 0;
    monoms.start();
    TNode<TMonom>* t = monoms.get_curr();
    while (t->value != TMonom())
    {

```

```

        res += t->value.eval(x, y, z);
        t = t->next;
    }
    return res;
}
bool TPolynom::operator==(const TPolynom& polynom) const
{
    return monoms == polynom.monoms;
}

TPolynom TPolynom::dif_x() const {

    TPolynom polynom(*this);
    polynom.monoms.start();
    TPolynom res;
    TNode<TMonom>* t = polynom.monoms.get_curr();
    if (t == nullptr)
    {
        throw "Your polynom is empty!";
    }
    while(t->value != TMonom())
    {
        TMonom diff_x = t->value.dif_x();
        TNode<TMonom>* tmp = res.monoms.find(diff_x);
        if (tmp == nullptr)
        {
            res.monoms.push_back(diff_x);
        }
        else
        {
            tmp->value.inc_coef(diff_x.get_coef());
        }
        t = t->next;
    }
    res.del_zeros(); res.monoms.sort();
    return res;
}

TPolynom TPolynom::dif_y() const {

    TPolynom polynom(*this);
    polynom.monoms.start();
    TPolynom res;
    TNode<TMonom>* t = polynom.monoms.get_curr();
    if (t == nullptr)
    {
        throw "Your polynom is empty!";
    }
    while(t->value != TMonom())
    {
        TMonom diff_y = t->value.dif_y();
        TNode<TMonom>* tmp = res.monoms.find(diff_y);
        if (tmp == nullptr)
        {
            res.monoms.push_back(diff_y);
        }
        else
        {
            tmp->value.inc_coef(diff_y.get_coef());
        }
        t = t->next;
    }
}

```

```

        res.del_zeros(); res.monoms.sort();
        return res;
    }
    TPolynom TPolynom::dif_z() const {

        TPolynom polynom(*this);
        polynom.monoms.start();
        TPolynom res;
        TNode<TMonom>* t = polynom.monoms.get_curr();
        if (t == nullptr)
        {
            throw "Your polynom is empty!";
        }

        while(t->value != TMonom())
        {
            TMonom diff_z = t->value.dif_z();

            TNode<TMonom>* tmp = res.monoms.find(diff_z);
            if (tmp == nullptr)
            {
                res.monoms.push_back(diff_z);
            }
            else
            {
                tmp->value.inc_coef(diff_z.get_coef());
            }
            t = t->next;
        }
        res.del_zeros(); res.monoms.sort();
        return res;
    }
}

```