Министерство образования и науки 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

Отчёт по лабораторной работе

«Вычисление арифметических выражений»

Выполнил:

студент гр. 381806-1

Сидорова А.К.

Проверил:

доцент каф. МОСТ, ИИТММ

Кустикова В.Д.

Нижний Новгород

2019 г.

Содержание

[Введение 3](#_Toc23531056)

[Постановка задачи 4](#_Toc23531057)

[Руководство пользователя 5](#_Toc23531058)

[Руководство программиста 7](#_Toc23531059)

[Описание структуры программы 7](#_Toc23531060)

[Описание структур данных 7](#_Toc23531061)

[Описание алгоритмов 9](#_Toc23531062)

[Заключение 11](#_Toc23531063)

[Литература 12](#_Toc23531064)

[Приложения 13](#_Toc23531065)

[Приложение 1. Исходный код основной функции 13](#_Toc23531066)

[Приложение 2. Класс Exceptions 13](#_Toc23531067)

[Приложение 3. Класс TCouple 14](#_Toc23531068)

[Приложение 4. Класс TStack 14](#_Toc23531069)

[Приложение 5. Класс RPN 16](#_Toc23531070)

# Введение

Данная лабораторная работа направлена на создание программы для преобразований арифметический выражений в обратную польскую запись и вычисления этих же выражений с помощью нее.

**Обратная польская запись (*англ.* *Reverse Polish notation, RPN*) –** форма записи арифметических и логических выражений, в которой операнды расположены перед знаками операций.

Например, арифметическому выражению будет соответствовать обратная польская запись в виде .

Из-за отсутствия скобок обратная польская запись короче инфиксной, то есть обыкновенной записи, привычной многим. Из-за этого свойства при вычислениях на калькуляторах повышается скорость работы оператора, а в программируемых устройствах сокращается объём тех частей программы, которые описывают вычисления. Последнее может быть немаловажно для вычислительных устройств, которые имеют ограничения на объём используемой памяти.

# Постановка задачи

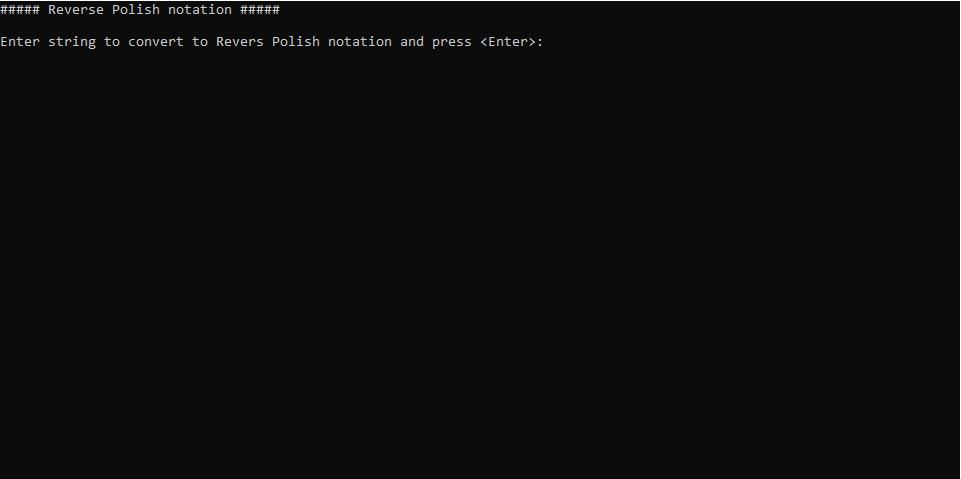
В рамках данной лабораторной работы необходимо было реализовать систему для вычисления арифметических выражений путем их преобразования в обратную польскую запись.

На вход поступает арифметическое выражение в буквенном виде, то есть вместо чисел вводятся переменные. Затем пользователю отдельно необходимо ввести значения введенных переменных, которые содержатся в выражении.

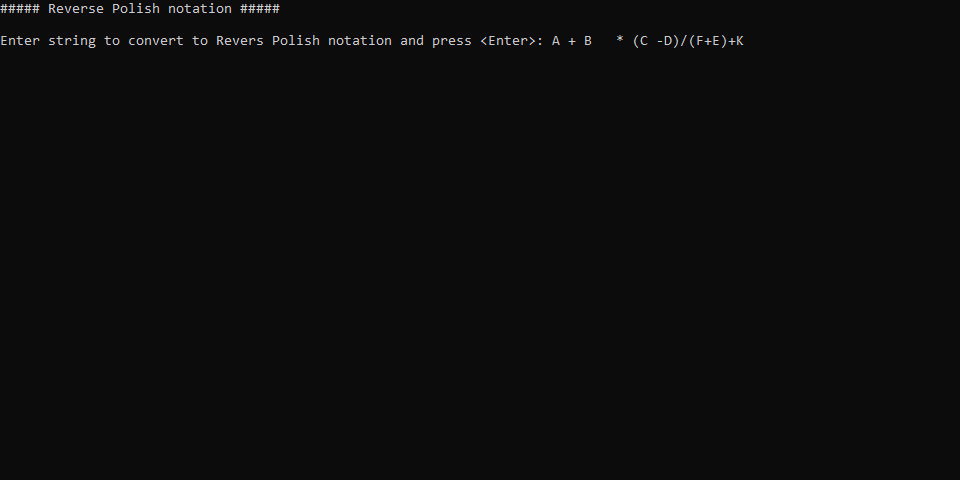
На выходе пользователь сначала получает свое выражение в форме обратной польской записи, а затем список переменных, которые содержатся в этом выражении и которые необходимо инициализировать. В конечном итоге, результатом программы является значение выражения, введенного пользователем в начале работы программы.

# Руководство пользователя

Рассмотрим один из вариантов использования программы, которая была разработана в ходе выполнения данной практической работы.

После запуска программы перед пользователем откроется окно (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**), в котором будет предложено ввести арифметическое выражение, которое впоследствии будет посчитано. Стоит учесть, что необходимо ввести выражение, состоящие исключительно из однобуквенных переменных из английских символов и символов операций (‘+’, '-', '\*', '/'). Кроме того, в выражении допускается использование пробела.

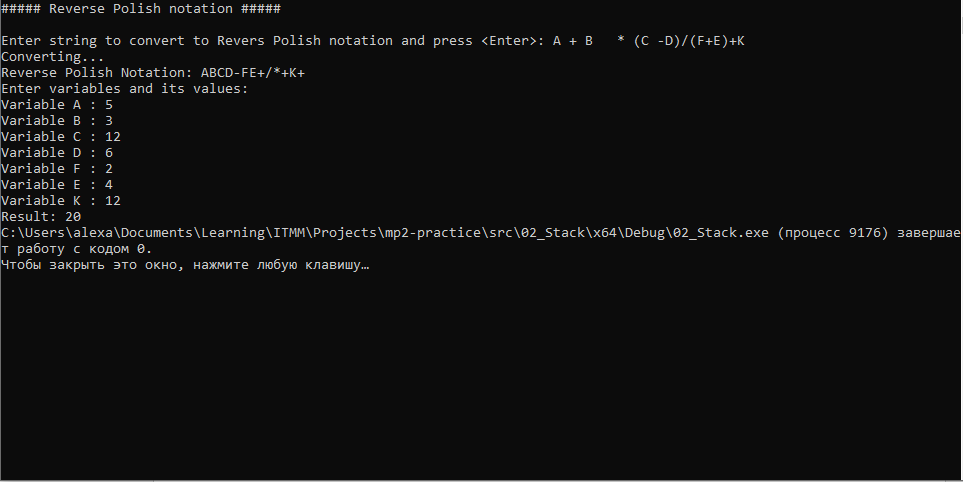
1. Пример работы демонстрационной программы

Вводим арифметическое выражение, удовлетворяющее указанным ранее правилам, и нажимаем на клавишу <Enter> (Пример работы демонстрационной программы).

1. Пример работы демонстрационной программы

Если были соблюдены все правила и указания по вводу арифметического выражения, то программа выведет напротив *«Reverse Polish Notation»* соответственно преобразованное выражение (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

1. Пример работы демонстрационной программы

После будет предложено ввести значения тех переменных, что содержатся в выражении. То есть после *«Variable <название\_переменной>»* необходимо ввести то значение, которое должна принимать переменная *<название\_переменной>* (оно может быть целочисленным или дробным), и нажать после ввода клавишу <Enter>. После инициализации последней переменной программа подсчитает выражение и выведет результат напротив «*Result*» (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

1. Пример работы демонстрационной программы

# Руководство программиста

## Описание структуры программы

Программа состоит из следующих файлов:

* Includes\exceptions.h – заголовочный файл, который содержит в себе описание и реализацию собственного класса исключений.
* Includes\TCouple.h – заголовочный файл, который содержит в себе описание и реализацию шаблонного класса для хранения пары зависимых между собой значений – имя переменной и ее значение.
* Includes\TStack.h – заголовочный файл, в котором реализован класс стека, как структуры данных.
* Includes\RPN.h – заголовочный файл, в котором хранится статический класс RPN с методами для работы с арифметическими выражениями.
* main.cpp – исполняемый файл, в котором содержится главная функция программы.

## Описание структур данных

1. **Класс Exceptions – класс исключений.**

Класс содержит в себе:

* string msg – переменная, которая хранит в себе строку с информацией об ошибке.
* Exception(string \_msg) : msg(\_msg) {} - конструктор с параметром.
* const char\* what() const noexcept – константный метод, который возвращает строку, содержащую в себе информацию об ошибке.

1. **Класс TCouple – вспомогательный шаблонный класс пары значений.**

Класс реализован для работы с парой данных: название переменной и ее значение. Содержит в себе:

* char var – переменная, которая хранит в себе символ – имя переменной.
* ValType value – значение переменной var типа ValType.
* TCouple() – конструктор по умолчанию.

1. **Класс TStack – шаблонный класс структуры данных стек.**

Класс представляет собой реализацию такой структуры данных, как стек. Содержит в себе:

* int size – переменная, которая хранит в себе размер стека.
* int top – переменная, которая хранит в себе номер последнего элемента, хранящегося в стеке.
* ValType\* elem – указатель на область памяти, где хранятся элементы стека.
* TStack() – конструктор по умолчанию.
* TStack(const TStack<ValType>&) – конструктор копирования.
* ~TStack() – деструктор.
* bool IsEmpty() const – константный метод, который возвращает true, если стек пуст, иначе false.
* bool IsFull() const - константный метод, который возвращает true, если стек полон, иначе false.
* void Push(ValType) – метод, который добавляет на вершину стека переменную типа ValType.
* void Pop() – метод, который удаляет элемент на вершине стека.
* ValType TopWatch() const – константный метод, который только возвращает элемент на вершине стека.
* int GetSize() const – константный метод, который возвращает занимаемый размер стека.

1. **Статический класс RPN – шаблонный класс для работы с арифметическими выражениями.**

Статический класс, который содержит в себе статические методы для работы с арифметическими выражениями, для преобразования их в обратную польскую запись и соответственно для вычисления значений выражений. Класс содержит в себе:

* static int GetPriority(const char) – статический метод, который возвращает приоритет операции, то есть параметра метода (чем выше число, тем выше приоритет).
* static bool IsOperation(const char) – статический метод, который возвращает true, если параметр, то есть символ, является операцией, иначе false.
* static void GetCountAndListOfVariables(int&, string&) – статический метод, который на вход получает число – количество уникальных переменных и строку – выражение. В процессе работы метода параметры меняют свои значения. Количество различных переменных становится актуальных, а строка превращается в список различных имен переменных.
* static TCouple<ValType>\* SetDataOfVariables(string, int&) – статический метод, который на вход получает строку из уникальных символов(имен переменных) и их количество. На выходе получается массив типа TCouple, то есть некоторую базу данных, содержащую в себе список имен переменных и соответствующие им значения.
* static string CreateRPN(string) – статический метод с, который на вход получает строку – выражение, а возвращает строку, которая является преобразованным в обратную польскую запись выражением.
* static double CalculateRPN(string, TCouple<ValType>\*, int) – статический метод, который на вход получает строку – выражение в форме обратной польской записи, указатель на область памяти, в которой хранятся пары данных типа TCouple, и соответственно количество таких пар. Метод же возвращает значение выражения с данными значениями.

## Описание алгоритмов

**Описание структуры данных стек.**

В данной программе реализована такая структура данных, как стек на базе массивов. Стек представляет собой список элементов, организованный по принципу LIFO, то есть «последним пришел, первым вышел» (Схема 1).

**Схема 1.** Принцип работы стека.

Количество элементов можно узнать по индексу первого свободного в стеке элементу.

Характеристики стека:

* Максимальное количество элементов, которые может в себя вместить стек (то есть некоторый настоящий его размер).
* Массив элементов.
* Индекс вершины стека, то есть индекс первого свободного элемента.

Операции над стеком:

* Положить элемент.
* Посмотреть элемент, который хранится на вершине стека.
* Удалить элемент.
* Проверка на полноту.
* Проверка на пустоту.

**Описание алгоритмов преобразования в польскую запись и ее вычисления**

Для упрощения описания алгоритмов введем приоритет для допустимых в выражениях арифметических операций:

* ‘\*’ и ‘/’ – приоритет 3.
* ‘+’ и ‘—’ – приоритет 2.
* ‘(’ и ‘)’ – приоритет 1**.**

Преобразование выражений в обратную польскую запись.

Пусть выражение, которое вводится в консоль, хранится в переменной str. Для хранения операций будем использовать стек Stack1, а для операций Stack2.

1. Строка str просматривается слева направо до тех пор, пока не закончится.
   1. Если символ является пробелом, то переходим к следующему символу строки.
   2. Если очередной символ – символ операции, то содержимое попадает в Stack1.
   3. Если очередной символ – ‘(‘, то кладем в Stack2.
   4. Если выпал символ - ‘)’, то все операции из Stack1 переносятся в Stack2 до появления левой скобки. Саму левую скобку удаляем из Stack1, а правую никуда не помещаем.
   5. Если очередной символ – операция, то смотрим приоритет операции, которой хранится на вершине стека Stack1. Если ее приоритет выше, чем очередного символа, то перекладываем все операции из Stack1, у которых приоритет выше или больше текущей, в Stack2. Затем сам текущий символ заносим в Stack1.
2. Дойдя до конца выражения str, все оставшиеся операции в Stack1 переносим в Stack2.
3. В Stack2 будет хранится обратная польская запись.

Вычисление значения выражения в форме обратной польской записи.

Для хранения значения операндов создадим стек Stack, а в переменной str будет хранится выражение в форме обратной польской записи. Кроме того, создадим массив TData типа TCouple для хранения пары данных – имени переменной и ее значения.

1. Строка str снова просматривается слева направо.

* 1. Если встретилась переменная, то находим ее имя в массиве TData и соответствующее ее значение, которое хранится в этом же массиве с тем же индексом, что и имя этой переменной, кладем в Stack.
  2. Если очередной символ – символ операции, то изымаем из Stack сначала первый элемент – rightOperand, а затем второй – leftOperand. Выполняем данную операцию в порядке названий переменных, то есть: leftOperand <операция> rightOperand. Если операция - деление, а правый операнд – ноль, то вызываем исключение. Само значение операции кладем обратно в Stack.

1. По окончании просмотра строки в Stack будет хранится единственная переменная – значение выражения.

# Заключение

В результате данной лабораторной работы были разработаны класс, описывающий такую структуру данных, как стек; класс, благодаря которому можно работать с двумя переменными, которые связаны между собой; статический класс, позволяющий построить обратную польскую запись для какого-либо допустимого арифметического выражения с использованием стека и затем с помощью нее вычислить его значение.

Программное решение было продемонстрировано с помощью нахождения значения для введенного пользователем арифметического выражения. Описание примера работы с программой было представлено в разделе «Руководство пользователя».

# Литература

1. Электронный ресурс.
   1. Википедия - свободная электронная энциклопедия: на русском языке [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Обратная\_польская\_запись.
   2. Алгоритмы, методы, исходники [Электронный ресурс] // URL: http://algolist.manual.ru/
2. Учебники, рабочие материалы.
   1. Гергель В. П. Рабочие материалы к учебному курсу «Методы программирования», часть 1 – Нижний Новгород.

# Приложения

## Приложение 1. Исходный код основной функции

#include "Includes/RPN.h"

#include "Includes/TCouple.h"

#include <string.h>

#include <iostream>

using namespace std;

void main()

{

cout << "##### Reverse Polish notation #####" << endl << endl;

cout << "Enter string to convert to Revers Polish notation and press <Enter>: ";

try

{

string str;

getline(cin, str);

cout << "Converting..." << endl;

string rpn = RPN<double>::CreateRPN(str);

cout << "Reverse Polish Notation: " << rpn << endl;

cout << "Enter variables and its values: " << endl;

TCouple<double>\* data = new

TCouple<double>[RPN<double>::GetCountVariables(str)];

char\* variables = RPN<double>::GetListOfVariables(str);

for (int i = 0; i < RPN<double>::GetCountVariables(str); i++)

{

data[i].var = variables[i];

cout << "Variable " << variables[i] << " : ";

cin >> data[i].value;

}

double result = RPN<double>::CalculateRPN(rpn, data,

RPN<double>::GetCountVariables(str));

cout << "Result: " << result;

//char str[] = "A + B \* (C -D)/(F+E)+K";

}

catch (Exception ex)

{

cout << ex.what() << endl << endl;

}

}

## Приложение 2. Класс Exceptions

#ifndef \_EXCEPTIONS\_H\_

#define \_EXCEPTIONS\_H\_

#include <iostream>

#include <string>

#include <exception>

using namespace std;

class Exception : public exception

{

private:

string msg;

public:

Exception(string \_msg) : msg(\_msg) {};

const char\* what() const noexcept

{

return msg.c\_str();

}

};

#endif

## Приложение 3. Класс TCouple

#ifndef \_COUPLE\_H\_

#define \_COUPLE\_H\_

using namespace std;

template<typename ValType>

class TCouple

{

public:

char var;

ValType value;

TCouple();

};

template<typename ValType>

TCouple<ValType>::TCouple()

{

var = 0;

value = 0;

}

#endif

## Приложение 4. Класс TStack

#ifndef \_TSTACK\_H\_

#define \_TSTACK\_H

#include "exceptions.h"

using namespace std;

template<typename ValType>

class TStack

{

private:

int size;

int top;

ValType\* elem;

public:

TStack(int);

TStack(const TStack<ValType>&);

~TStack();

bool IsEmpty() const;

bool IsFull() const;

void Push(ValType);

ValType Pop();

ValType TopWatch();

int GetSize() const;

};

//----------------------------------------------------

template<typename ValType>

TStack<ValType>::TStack(int \_size) : size(\_size)

{

if (size < 0)

throw Exception("Not correct size of stack!");

elem = new ValType[size];

memset(elem, 0, sizeof(ValType) \* size);

top = 0;

};

template<typename ValType>

TStack<ValType>::TStack(const TStack<ValType>& \_copy) : size(\_copy.size),

top(\_copy.top)

{

elem = new ValType[size];

memset(elem, \_copy.elem, sizeof(ValType) \* size);

};

template<typename ValType>

TStack<ValType>::~TStack()

{

size = 0;

top = 0;

delete[] elem;

};

template<typename ValType>

bool TStack<ValType>::IsEmpty() const

{

return(top == 0);

};

template<typename ValType>

bool TStack<ValType>::IsFull() const

{

return(top == size);

};

template<typename ValType>

void TStack<ValType>::Push(ValType \_object)

{

if (IsFull())

throw Exception("Error: stack is full!");

elem[top++] = \_object;

};

template<typename ValType>

ValType TStack<ValType>::Pop()

{

if (IsEmpty())

throw Exception("Error: stack is empty!");

return (elem[--top]);

};

template<typename ValType>

ValType TStack<ValType>::TopWatch()

{

if (IsEmpty())

throw Exception("Error: stack is empty!");

return (elem[top - 1]);

};

template<typename ValType>

int TStack<ValType>::GetSize() const

{

return top;

}

#endif

## Приложение 5. Класс RPN

#ifndef \_RPN\_H\_

#define \_RPN\_H\_

#include "TStack.h"

#include "TCouple.h"

#include "exceptions.h"

#include <cstring>

#include <cctype>

using namespace std;

template<typename ValType>

class RPN

{

private:

static int GetPriority(const char);

static bool IsOperation(const char);

public:

static int GetCountVariables(string);

static char\* GetListOfVariables(string);

static string CreateRPN(string);

static double CalculateRPN(string, TCouple<ValType>\*, int);

};

//-----------------------------------------------------------

template<typename ValType>

int RPN<ValType>::GetPriority(const char \_oper)

{

switch (\_oper)

{

case '(':

return 1;

case ')':

return 1;

case '+':

return 2;

case '-':

return 2;

case '\*':

return 3;

case '/':

return 3;

default:

throw Exception("Error: Invalid character!");

}

};

template<typename ValType>

bool RPN<ValType>::IsOperation(const char \_s)

{

return (\_s == '+' || \_s == '-' || \_s == '\*' || \_s == '/' ||

\_s == '(' || \_s == ')');

};

template<typename ValType>

int RPN<ValType>::GetCountVariables(string \_str)

{

if (\_str.length() == 0)

return 0;

int count = 0;

char\* vars = new char[\_str.length() + 1];

memset(vars, 0, sizeof(char) \* (\_str.length() + 1));

for (int i = 0; i < \_str.length(); i++)

{

char symbol = static\_cast<char>(\_str[i]);

if ((symbol != ' ') && (!IsOperation(symbol)) && (strchr(vars, symbol) ==

NULL))

vars[count++] += symbol;

}

return count;

};

template<typename ValType>

char\* RPN<ValType>::GetListOfVariables(string \_str)

{

int count = 0;

char\* vars = new char[GetCountVariables(\_str) + 1];

memset(vars, 0, sizeof(char) \* (GetCountVariables(\_str) + 1));

for (int i = 0; i < \_str.length(); i++)

{

char symbol = static\_cast<char>(\_str[i]);

if ((symbol != ' ') && (!IsOperation(symbol)) && (strchr(vars, symbol) == NULL))

vars[count++] += symbol;

}

return vars;

}

template<typename ValType>

string RPN<ValType>::CreateRPN(string \_str)

{

if (\_str.length() == 0)

throw Exception("Error: String is empty!");

TStack<char> st1(\_str.length() + 1); // operations

TStack<char> st2(\_str.length() + 1); // operands

for (int i = 0; i < \_str.length(); i++)

{

char symbol = static\_cast<char>(\_str[i]);

if (symbol == ' ') // space processing

continue;

if (IsOperation(symbol)) // operation processing

{

if (symbol == '(')

{

st1.Push(symbol);

continue;

}

if (symbol == ')')

{

while (st1.TopWatch() != '(')

st2.Push(st1.Pop());

st1.Pop(); // delete '('

continue;

}

if ((st1.IsEmpty()) || (GetPriority(symbol) >=

GetPriority(st1.TopWatch())))

{

st1.Push(symbol);

continue;

}

while((!st1.IsEmpty()) && (GetPriority(symbol) <=

GetPriority(st1.TopWatch())))

st2.Push(st1.Pop());

st1.Push(symbol);

continue;

}

if (isalpha(symbol)) // variable processing

{

st2.Push(symbol);

continue;

}

throw Exception("Error: The symbols are not correct in string!"); /\* no

operation, no space, no letter\*/

}

while (!st1.IsEmpty())

{

char tmp = st1.Pop();

st2.Push(tmp);

}

string rpn(st2.GetSize(), 0);

while (!st2.IsEmpty())

{

rpn[st2.GetSize() - 1] = st2.TopWatch();

st2.Pop();

}

return rpn;

};

template<typename ValType>

double RPN<ValType>::CalculateRPN(string \_str, TCouple<ValType>\* \_data, int \_

countData)

{

if (\_str.length() == 0)

throw Exception("Error: String is empty!");

TStack<double> value(\_str.length());

for (int i = 0; i < \_str.length(); i++)

{

char symbol = static\_cast<char>(\_str[i]);

if (!IsOperation(symbol))

{

for (int j = 0; j < \_countData; j++)

{

if (\_data[j].var == symbol)

{

value.Push(static\_cast<double>(\_data[j].value));

break;

}

}

continue;

}

double rightOperand = value.Pop();

double leftOperand = value.Pop();

double res = 0;

switch (symbol)

{

case '+':

res = leftOperand + rightOperand;

break;

case '-':

res = leftOperand - rightOperand;

break;

case '\*':

res = leftOperand \* rightOperand;

break;

case '/':

if (rightOperand == 0)

throw Exception("Error: Division by zero!");

res = leftOperand / rightOperand;

break;

}

value.Push(res);

}

return value.Pop();

};

#endif