Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное   
учреждение высшего образования

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Институт информационных технологий, математики и механики

**Отчет по лабораторной работе**

**«Вычисление функций sin(x), cos(x), exp^(x), ln(1+x) в окрестности 0»**

**Выполнил**:

студент/ка группы 3821Б1ПМ2

Василевский А.П.

**Проверил**:

преподаватель каф. МОСТ,

Волокитин В.Д.

Нижний Новгород

2022

**Содержание**

[Постановка задачи 3](#_Toc99227367)

[Метод решения 4](#_Toc99227368)

[Руководство пользователя 6](#_Toc99227369)

[Описание программной реализации 8](#_Toc99227370)

[Подтверждение корректности 11](#_Toc99227371)

[Результаты экспериментов 12](#_Toc99227372)

[Заключение 17](#_Toc99227373)

# Постановка задачи

Задачами лабораторной работы являются реализация алгоритмов вычисления функций sin(x), cos(x), exp^(x), ln(1+x) в окрестности 0, суммирование в прямом и обратном порядке, а также попарное суммирование на языке программирования Си, измерение абсолютной и относительной ошибки вычислений.

# Метод решения

**Сортировка выбором**

Суть всех алгоритмов заключается в вычислении приблизительного значения функции при помощи разложения её в ряд Маклорена.

Функцию , имеющую (n+1) производных в точке x = 0, можно представить по формуле Маклорена:

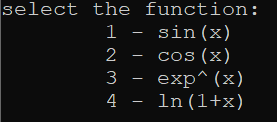
Ряд Маклорена для функций sin(x), cos(x), exp^(x), ln(1+x):

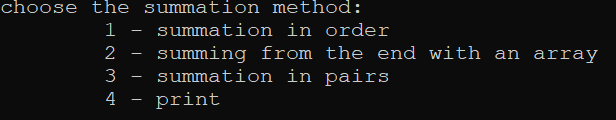
Точность вычисления этих функций повышается с увеличением количества элементов в ряде Маклорена, однако в знаменателе элементов присутствует факториал, которой быстро возрастает и поэтому может принимать значения больше чем может хранить float даже при небольших х, из-за этого при вычислении значения элементов по формуле может возникнуть большая погрешность.

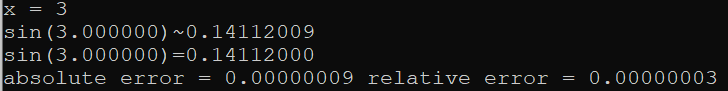
Для того чтобы появилась возможность вычислить как можно больше элементов с сохранением наибольшей точности прибегнем к следующему методу, который рассмотрим на примере функции exp^(x).

Первый элемент равняется 1, а каждый последующий можно получить из предыдущего для этого достаточно поделить предыдущий элемент на порядковый номер текущего и умножить на значение х. За счёт такого способа вычисления элементов удаётся избежать переполнения факториалом переменной типа float. Однако точность вычислений этим способом зависит также и от порядка суммирования, например, при суммировании по порядку по рядку точность будет меньше чем при суммировании с конца.

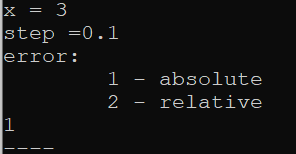
# Руководство пользователя

При запуске программы будет выводиться сообщение с предложением выбрать функцию, значение которой нужно вычислить. 

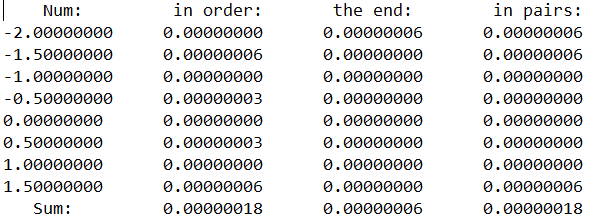
После выбора функции необходимо выбрать способ суммирования (1 – прямое суммирование, 2 – суммирование с конца, 3 – попарное суммирование, 4 – суммирование всеми способами на интервале с записью полученных значений в файл)

При выборе способа суммирования от 1 до 3 программа запросит число х и выведет значение функции от этого числа вычисленное при помощи разложения в ряд Маклорена и значение библиотечной функции. Далее выведет абсолютную и относительную погрешность.

При выборе способа суммирования 4 программа запросит помимо самого числа х ещё и шаг, с которым будет вычисляться ошибка. Далее нужно будет выбрать ошибку, которую нужно посчитать.



После чего в файл “table.txt” (при отсутствии будет создан автоматически) будут записаны ошибки выбранного типа на интервале от -|х| до |х| с шагом |step| и записаны в следующем формате: в первой столбце записано число от которого вычисляется функция, во втором столбце ошибка прямого суммирования, в третьем столбце ошибка обратного суммирования, в четвёртом столбце ошибка попарного суммирования. В последней строке будет записана суммарная ошибка каждого из столбцов.



# Описание программной реализации

void sinchoose() – вызывается при выборе вычисления . Предоставляет выбор числа и способа суммирования на основе введённых данных вызывает функцию для подсчёта и выводит приблизительное значение, значение библиотечной функции и ошибку (абсолютную и относительную).

void coschoose() – вызывается при выборе вычисления . Предоставляет выбор числа и способа суммирования на основе введённых данных вызывает функцию для подсчёта и выводит приблизительное значение, значение библиотечной функции и ошибку (абсолютную и относительную).

void expchoose() – вызывается при выборе вычисления . Предоставляет выбор числа и способа суммирования на основе введённых данных вызывает функцию для подсчёта и выводит приблизительное значение, значение библиотечной функции и ошибку (абсолютную и относительную).

void lnchoose() – вызывается при выборе вычисления . Предоставляет выбор числа и способа суммирования на основе введённых данных вызывает функцию для подсчёта и выводит приблизительное значение, значение библиотечной функции и ошибку (абсолютную и относительную).

float next(float pred, int i, float x) – на вход получает предыдущий член в ряде Маклорена номер текущего и число для которого вычисляется функция. Возвращает следующий член в ряде для функций ln(1+num) и .

float next\_cos(float pred, int i, float x) – на вход получает предыдущий член в ряде Маклорена номер текущего и число для которого вычисляется функция. Возвращает следующий член в ряде для функции cos(x).

float next\_sin(float pred, int i, float x) – на вход получает предыдущий член в ряде Маклорена номер текущего и число для которого вычисляется функция. Возвращает следующий член в ряде для функции sin(x).

float\* arr\_sin(float x, int len) – создаёт массив длины х из элементов ряда Маклорена для функции sin длины len и возвращает указатель на этот массив.

float\* arr\_cos(float x, int len) – создаёт массив длины х из элементов ряда Маклорена для функции cos длины len и возвращает указатель на этот массив.

float\* arr\_exp(float x, int len) – создаёт массив длины х из элементов ряда Маклорена для функции exp длины len и возвращает указатель на этот массив.

float\* arr\_ln(float x, int len) – создаёт массив длины х из элементов ряда Маклорена для функции ln длины len и возвращает указатель на этот массив.

float sum\_in\_order(float\* arr, int len) – осуществляет прямое суммирование элементов массива длины len.

float sum\_from\_the\_end(float\* arr, int len) – осуществляет обратное суммирование элементов массива длины len.

float sum\_in\_pairs(float\* arr, int len) – осуществляет попарное суммирование элементов массива длины len.

# Подтверждение корректности

Для подтверждения корректности во время работы программы при выборе метода суммирования выберем четвёртый вариант, введём “x” и “step”, а также выберем интересующую нас ошибку. Программой будет создан файл в котором будет записана ошибка для трёх способов суммирования на интервале от -|x| до |x| с шагом в step, а в последней строчке будет записана суммарная погрешность для каждого из способов суммирования. На основе суммарной погрешности можно сделать вывод о точности вычислений.

Абсолютная ошибка вычисляется как модуль разности между значением реализованной функции и её библиотечным аналогом, корректность которого подтверждена. Относительная вычисляется как абсолютная делённая на число. Поэтому при х = 0 относительная ошибка в программе принимает значение “nan”

# Результаты экспериментов

Для каждой функции построена таблица, в которой каждому значению числа х соответствует ошибка вычислений для каждого типа суммирования.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -4.00000000 | 0.00000018 | 0.00000006 | 0.00000018 |
| -3.70000005 | 0.00000048 | 0.00000024 | 0.00000042 |
| -3.40000010 | 0.00000048 | 0.00000036 | 0.00000060 |
| -3.10000014 | 0.00000015 | 0.00000008 | 0.00000008 |
| -2.80000019 | 0.00000006 | 0.00000009 | 0.00000009 |
| -2.50000024 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000000 |
| -2.20000029 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -1.90000033 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000000 |
| -1.60000038 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000006 |
| -1.30000043 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -1.00000048 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.70000046 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.40000045 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.10000044 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.19999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.49999958 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.79999959 | 0.00000000 | 0.00000006 | 0.00000000 |
| 1.09999967 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 1.39999962 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 1.69999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.99999952 | 0.00000000 | 0.00000006 | 0.00000000 |
| 2.29999948 | 0.00000012 | 0.00000018 | 0.00000012 |
| 2.59999943 | 0.00000012 | 0.00000012 | 0.00000006 |
| 2.89999938 | 0.00000040 | 0.00000049 | 0.00000043 |
| 3.19999933 | 0.00000018 | 0.00000021 | 0.00000018 |
| 3.49999928 | 0.00000006 | 0.00000009 | 0.00000006 |
| 3.79999924 | 0.00000054 | 0.00000036 | 0.00000054 |
| Сумма | 0.00000329 | 0.00000257 | 0.00000305 |

Относительная ошибка для sin(x):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -4.00000000 | 0.00000004 | 0.00000001 | 0.00000004 |
| -3.70000005 | 0.00000013 | 0.00000006 | 0.00000011 |
| -3.40000010 | 0.00000014 | 0.00000011 | 0.00000018 |
| -3.10000014 | 0.00000005 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| -2.80000019 | 0.00000002 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| -2.50000024 | 0.00000002 | 0.00000002 | 0.00000000 |
| -2.20000029 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -1.90000033 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| -1.60000038 | 0.00000004 | 0.00000004 | 0.00000004 |
| -1.30000043 | 0.00000009 | 0.00000000 | 0.00000005 |
| -1.00000048 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.70000046 | 0.00000009 | 0.00000000 | 0.00000009 |
| -0.40000045 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.10000044 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.19999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.49999958 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.79999959 | 0.00000000 | 0.00000007 | 0.00000000 |
| 1.09999967 | 0.00000005 | 0.00000000 | 0.00000005 |
| 1.39999962 | 0.00000004 | 0.00000000 | 0.00000004 |
| 1.69999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.99999952 | 0.00000000 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| 2.29999948 | 0.00000005 | 0.00000008 | 0.00000005 |
| 2.59999943 | 0.00000005 | 0.00000005 | 0.00000002 |
| 2.89999938 | 0.00000014 | 0.00000017 | 0.00000015 |
| 3.19999933 | 0.00000006 | 0.00000007 | 0.00000006 |
| 3.49999928 | 0.00000002 | 0.00000003 | 0.00000002 |
| 3.79999924 | 0.00000014 | 0.00000009 | 0.00000014 |
| Сумма | 0.00000126 | 0.00000092 | 0.00000109 |

Абсолютная ошибка для cos(x):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -4.00000000 | 0.00000024 | 0.00000000 | 0.00000024 |
| -3.70000005 | 0.00000030 | 0.00000030 | 0.00000048 |
| -3.40000010 | 0.00000006 | 0.00000012 | 0.00000000 |
| -3.10000014 | 0.00000018 | 0.00000012 | 0.00000030 |
| -2.80000019 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000012 |
| -2.50000024 | 0.00000012 | 0.00000012 | 0.00000018 |
| -2.20000029 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -1.90000033 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -1.60000038 | 0.00000003 | 0.00000007 | 0.00000003 |
| -1.30000043 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| -1.00000048 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.70000046 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.40000045 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.10000044 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.19999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.49999958 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.79999959 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 1.09999967 | 0.00000003 | 0.00000000 | 0.00000003 |
| 1.39999962 | 0.00000000 | 0.00000001 | 0.00000000 |
| 1.69999957 | 0.00000009 | 0.00000004 | 0.00000004 |
| 1.99999952 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.29999948 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 2.59999943 | 0.00000006 | 0.00000018 | 0.00000006 |
| 2.89999938 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000012 |
| 3.19999933 | 0.00000018 | 0.00000024 | 0.00000030 |
| 3.49999928 | 0.00000018 | 0.00000024 | 0.00000018 |
| 3.79999924 | 0.00000000 | 0.00000024 | 0.00000000 |
| Сумма | 0.00000184 | 0.00000176 | 0.00000231 |

Относительная ошибка для cos(x):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -4.00000000 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -3.70000005 | 0.00000008 | 0.00000008 | 0.00000013 |
| -3.40000010 | 0.00000002 | 0.00000004 | 0.00000000 |
| -3.10000014 | 0.00000006 | 0.00000004 | 0.00000010 |
| -2.80000019 | 0.00000002 | 0.00000002 | 0.00000004 |
| -2.50000024 | 0.00000005 | 0.00000005 | 0.00000007 |
| -2.20000029 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -1.90000033 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -1.60000038 | 0.00000002 | 0.00000004 | 0.00000002 |
| -1.30000043 | 0.00000002 | 0.00000002 | 0.00000000 |
| -1.00000048 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.70000046 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000009 |
| -0.40000045 | 0.00000015 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.10000044 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.19999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.49999958 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.79999959 | 0.00000007 | 0.00000000 | 0.00000007 |
| 1.09999967 | 0.00000003 | 0.00000000 | 0.00000003 |
| 1.39999962 | 0.00000000 | 0.00000001 | 0.00000000 |
| 1.69999957 | 0.00000005 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| 1.99999952 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.29999948 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000003 |
| 2.59999943 | 0.00000002 | 0.00000007 | 0.00000002 |
| 2.89999938 | 0.00000002 | 0.00000000 | 0.00000004 |
| 3.19999933 | 0.00000006 | 0.00000007 | 0.00000009 |
| 3.49999928 | 0.00000005 | 0.00000007 | 0.00000005 |
| 3.79999924 | 0.00000000 | 0.00000006 | 0.00000000 |
| Сумма | 0.00000096 | 0.00000060 | 0.00000092 |

Абсолютная ошибка для :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -3.00000000 | 0.00000006 | 0.00000002 | 0.00000009 |
| -2.79999995 | 0.00000012 | 0.00000002 | 0.00000013 |
| -2.59999990 | 0.00000015 | 0.00000012 | 0.00000014 |
| -2.39999986 | 0.00000010 | 0.00000005 | 0.00000010 |
| -2.19999981 | 0.00000004 | 0.00000007 | 0.00000003 |
| -1.99999976 | 0.00000001 | 0.00000001 | 0.00000000 |
| -1.79999971 | 0.00000004 | 0.00000000 | 0.00000001 |
| -1.59999967 | 0.00000001 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| -1.39999962 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000001 |
| -1.19999957 | 0.00000006 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| -0.99999958 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| -0.79999959 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.59999961 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.39999962 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.19999962 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.00000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.20000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000012 |
| 0.40000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000012 |
| 0.60000038 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.80000037 | 0.00000000 | 0.00000024 | 0.00000000 |
| 1.00000036 | 0.00000024 | 0.00000000 | 0.00000048 |
| 1.20000041 | 0.00000000 | 0.00000024 | 0.00000024 |
| 1.40000045 | 0.00000048 | 0.00000048 | 0.00000000 |
| 1.60000050 | 0.00000048 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.80000055 | 0.00000048 | 0.00000000 | 0.00000048 |
| 2.00000048 | 0.00000048 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.20000052 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.40000057 | 0.00000000 | 0.00000095 | 0.00000095 |
| 2.60000062 | 0.00000000 | 0.00000095 | 0.00000000 |
| 2.80000067 | 0.00000191 | 0.00000000 | 0.00000191 |
| Сумма | 0.00000486 | 0.00000325 | 0.00000490 |

Относительная ошибка для :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -3.00000000 | 0.00000002 | 0.00000001 | 0.00000003 |
| -2.79999995 | 0.00000004 | 0.00000001 | 0.00000005 |
| -2.59999990 | 0.00000006 | 0.00000005 | 0.00000005 |
| -2.39999986 | 0.00000004 | 0.00000002 | 0.00000004 |
| -2.19999981 | 0.00000002 | 0.00000003 | 0.00000001 |
| -1.99999976 | 0.00000001 | 0.00000001 | 0.00000000 |
| -1.79999971 | 0.00000002 | 0.00000000 | 0.00000001 |
| -1.59999967 | 0.00000001 | 0.00000002 | 0.00000002 |
| -1.39999962 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000001 |
| -1.19999957 | 0.00000005 | 0.00000002 | 0.00000000 |
| -0.99999958 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| -0.79999959 | 0.00000007 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.59999961 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000010 |
| -0.39999962 | 0.00000015 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.19999962 | 0.00000030 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.00000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.20000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000060 |
| 0.40000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000030 |
| 0.60000038 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.80000037 | 0.00000000 | 0.00000030 | 0.00000000 |
| 1.00000036 | 0.00000024 | 0.00000000 | 0.00000048 |
| 1.20000041 | 0.00000000 | 0.00000020 | 0.00000020 |
| 1.40000045 | 0.00000034 | 0.00000034 | 0.00000000 |
| 1.60000050 | 0.00000030 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.80000055 | 0.00000026 | 0.00000000 | 0.00000026 |
| 2.00000048 | 0.00000024 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.20000052 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.40000057 | 0.00000000 | 0.00000040 | 0.00000040 |
| 2.60000062 | 0.00000000 | 0.00000037 | 0.00000000 |
| 2.80000067 | 0.00000068 | 0.00000000 | 0.00000068 |
| Сумма | 0.00000288 | 0.00000180 | 0.00000323 |

Абсолютная ошибка для ln(1+num):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -0.89999998 | 0.00000167 | 0.00000024 | 0.00000000 |
| -0.81999999 | 0.00000024 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.74000001 | 0.00000048 | 0.00000000 | 0.00000024 |
| -0.66000003 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000012 |
| -0.58000004 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.50000006 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.42000008 | 0.00000018 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.34000009 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| -0.26000011 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.18000011 | 0.00000003 | 0.00000001 | 0.00000001 |
| -0.10000011 | 0.00000004 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| -0.02000012 | 0.00000001 | 0.00000001 | 0.00000001 |
| 0.05999988 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000006 |
| 0.13999988 | 0.00000001 | 0.00000001 | 0.00000001 |
| 0.21999988 | 0.00000004 | 0.00000001 | 0.00000000 |
| 0.29999989 | 0.00000009 | 0.00000006 | 0.00000006 |
| 0.37999988 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.45999986 | 0.00000006 | 0.00000003 | 0.00000006 |
| 0.53999984 | 0.00000003 | 0.00000000 | 0.00000003 |
| 0.61999983 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000006 |
| 0.69999981 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.77999979 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000006 |
| 0.85999978 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| Сумма | 0.00000330 | 0.00000059 | 0.00000091 |

Относительная ошибка для ln(1+num):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -0.89999998 | 0.00000185 | 0.00000026 | 0.00000000 |
| -0.81999999 | 0.00000029 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.74000001 | 0.00000064 | 0.00000000 | 0.00000032 |
| -0.66000003 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000018 |
| -0.58000004 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.50000006 | 0.00000024 | 0.00000000 | 0.00000012 |
| -0.42000008 | 0.00000043 | 0.00000000 | 0.00000014 |
| -0.34000009 | 0.00000009 | 0.00000009 | 0.00000009 |
| -0.26000011 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.18000011 | 0.00000017 | 0.00000008 | 0.00000008 |
| -0.10000011 | 0.00000045 | 0.00000030 | 0.00000030 |
| -0.02000012 | 0.00000065 | 0.00000075 | 0.00000075 |
| 0.05999988 | 0.00000093 | 0.00000093 | 0.00000093 |
| 0.13999988 | 0.00000011 | 0.00000011 | 0.00000011 |
| 0.21999988 | 0.00000020 | 0.00000007 | 0.00000000 |
| 0.29999989 | 0.00000030 | 0.00000020 | 0.00000020 |
| 0.37999988 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.45999986 | 0.00000013 | 0.00000006 | 0.00000013 |
| 0.53999984 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 0.61999983 | 0.00000005 | 0.00000005 | 0.00000010 |
| 0.69999981 | 0.00000009 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.77999979 | 0.00000008 | 0.00000008 | 0.00000008 |
| 0.85999978 | 0.00000007 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| Сумма | 0.00000681 | 0.00000297 | 0.00000357 |

По данным предоставленным в таблицах относительной ошибки можно сделать следующий вывод: наибольшей точностью обладает обратное суммирование, после него идет попарное суммирование, а самой худшей точностью обладает прямое суммирование. Причём для exp^x разница между попарным и прямым суммированием мала по сравнению с остальными функциями. Это вызвано тем что разложения в ряд Маклорена для sin(x), cos(x), ln(1+x) знакопеременные, в то время как для exp^(x) знакопостоянное.

# Заключение

В ходе лабораторной работы были реализованы алгоритмы вычисления функций sin(x), cos(x), exp^(x), ln(1+x) в окрестности 0 по ряду Маклорена с использованием прямого, обратного и попарного суммирования на языке программирования Си и проведена проверка корректности. Были описаны алгоритмы работы вычисления функций sin(x), cos(x), exp^(x), ln(1+x) в окрестности 0 и проведено измерение погрешности для разных способов суммирования.