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:

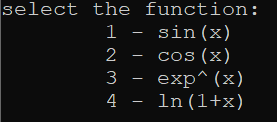
Ряд Маклорена для функций sin(x), cos(x), exp^(x), ln(1+x):

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).

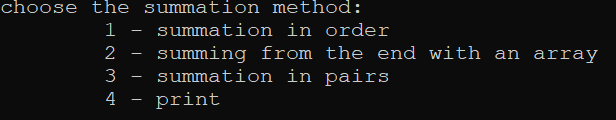
Первый элемент равняется 1, а каждый последующий можно получить из предыдущего для этого достаточно поделить предыдущий элемент на порядковый номер текущего и умножить на значение х. За счёт такого способа вычисления элементов удаётся избежать переполнения факториалом переменной типа float. Однако точность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

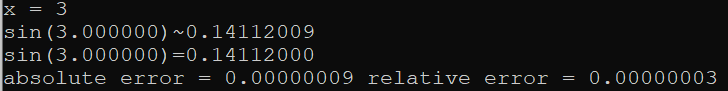
# Руководство пользователя

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

После чего нужно выбрать создавать файл с результатами суммирования всех способов на интервале или нет.

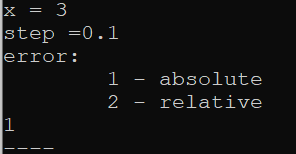
1. Если выбрано 0 (не создавать файл)

Необходимо выбрать способ суммирования (1 – прямое суммирование, 2 – суммирование с конца, 3 – попарное суммирование)

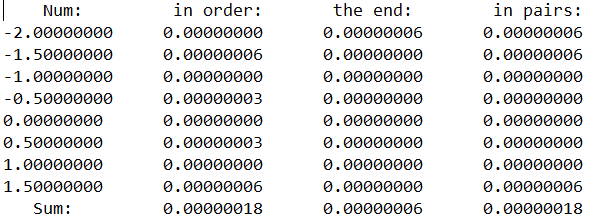
Программа запросит число х и выведет значение функции от этого числа вычисленное при помощи разложения в ряд Маклорена и значение библиотечной функции. Далее выведет абсолютную и относительную погрешность.

1. Если выбрано 1 (создавать файл)

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

typedef float (\*nexElemFunction)(float, int, float) - используется для создания дополнительного имени указателя на одну из следующих функций: nextExpElem, nextCosElem, nextSinElem, nextLnElem.

typedef float (\*summFunction)(nexElemFunction, float, int, float) - используется для создания дополнительного имени указателя на одну из следующих функций: sumInOrder, sumFromTheEnd, sumInPairs.

float nextExpElem(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 .

float nextCosElem(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 .

float nextSinElem(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 .

float nextLnElem(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 .

float sumInOrder(nexElemFunction fn, float first, int len, float x) – на вход получает функцию суммирования, первый элемент в ряде Маклорена и число для которого вычисляется функция. Возвращает приблизительное значение, полученное прямым суммированием.

float sumFromTheEnd(nexElemFunction fn, float first, int len, float x) – на вход получает функцию суммирования, первый элемент в ряде Маклорена и число для которого вычисляется функция. Возвращает приблизительное значение, полученное обратным суммированием.

float sumInPairs(nexElemFunction fn, float first, int len, float x) – на вход получает функцию суммирования, первый элемент в ряде Маклорена и число для которого вычисляется функция. Возвращает приблизительное значение, полученное попарным суммированием.

float absoluteError(float TrueValue, float MyValue) – на вход получает значение полученное библиотечной функцией и приблизительное значение, возвращает абсолютную ошибку (модуль разности).

float relativeError(float TrueValue, float MyValue) – на вход получает значение полученное библиотечной функцией и приблизительное значение, возвращает относительную ошибку (если TrueValue не равняется 0, то возвращает модуль разности делённый на TrueValue; если TrueValue равняется 0 и MyValue равняется 0, то вернёт 0; если TrueValue равняется 0 и MyValue не равняется 0, то вернёт 999).

# Подтверждение корректности

Для подтверждения корректности во время работы программы при сообщении “write data to a file?” выберем «1 - YES», 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.

# Результаты экспериментов

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

Абсолютная ошибка для sin(x):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 | 0.00000024 | 0.00000008 | 0.00000024 |
| -3.70000005 | 0.00000090 | 0.00000045 | 0.00000079 |
| -3.40000010 | 0.00000187 | 0.00000140 | 0.00000233 |
| -3.10000014 | 0.00000349 | 0.00000197 | 0.00000197 |
| -2.80000019 | 0.00000018 | 0.00000027 | 0.00000027 |
| -2.50000024 | 0.00000010 | 0.00000010 | 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 | 0.00000007 | 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 | 0.00000008 | 0.00000000 |
| 1.09999967 | 0.00000007 | 0.00000000 | 0.00000007 |
| 1.39999962 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 1.69999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.99999952 | 0.00000000 | 0.00000007 | 0.00000000 |
| 2.29999948 | 0.00000016 | 0.00000024 | 0.00000016 |
| 2.59999943 | 0.00000023 | 0.00000023 | 0.00000012 |
| 2.89999938 | 0.00000168 | 0.00000206 | 0.00000181 |
| 3.19999933 | 0.00000306 | 0.00000364 | 0.00000306 |
| 3.49999928 | 0.00000017 | 0.00000025 | 0.00000017 |
| 3.79999924 | 0.00000088 | 0.00000058 | 0.00000088 |
| Сумма | 0.00001349 | 0.00001154 | 0.00001213 |

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 |
| -2.00000000 | 0.00000007 | 0.00000021 | 0.00000007 |
| -1.84000003 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000011 |
| -1.68000007 | 0.00000007 | 0.00000034 | 0.00000027 |
| -1.52000010 | 0.00000029 | 0.00000022 | 0.00000044 |
| -1.36000013 | 0.00000014 | 0.00000000 | 0.00000014 |
| -1.20000017 | 0.00000008 | 0.00000008 | 0.00000008 |
| -1.04000020 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.88000023 | 0.00000009 | 0.00000009 | 0.00000009 |
| -0.72000027 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.56000030 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000007 |
| -0.40000030 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.24000031 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.08000031 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.07999969 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.23999968 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.39999968 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.55999970 | 0.00000007 | 0.00000007 | 0.00000007 |
| 0.71999967 | 0.00000008 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.87999964 | 0.00000019 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.03999960 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.19999957 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.35999954 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.51999950 | 0.00000095 | 0.00000095 | 0.00000110 |
| 1.83999944 | 0.00000000 | 0.00000011 | 0.00000011 |
| 1.99999940 | 0.00000007 | 0.00000007 | 0.00000007 |
| Sum: | 0.00000248 | 0.00000216 | 0.00000264 |

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 | 0.00000112 | 0.00000045 | 0.00000180 |
| -2.79999995 | 0.00000202 | 0.00000037 | 0.00000214 |
| -2.59999990 | 0.00000201 | 0.00000161 | 0.00000191 |
| -2.39999986 | 0.00000107 | 0.00000057 | 0.00000107 |
| -2.19999981 | 0.00000034 | 0.00000061 | 0.00000027 |
| -1.99999976 | 0.00000011 | 0.00000011 | 0.00000000 |
| -1.79999971 | 0.00000027 | 0.00000000 | 0.00000009 |
| -1.59999967 | 0.00000007 | 0.00000015 | 0.00000015 |
| -1.39999962 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -1.19999957 | 0.00000020 | 0.00000010 | 0.00000000 |
| -0.99999958 | 0.00000008 | 0.00000008 | 0.00000000 |
| -0.79999959 | 0.00000013 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.59999961 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000011 |
| -0.39999962 | 0.00000009 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.19999962 | 0.00000007 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.00000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.20000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000010 |
| 0.40000039 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000008 |
| 0.60000038 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.80000037 | 0.00000000 | 0.00000011 | 0.00000000 |
| 1.00000036 | 0.00000009 | 0.00000000 | 0.00000018 |
| 1.20000041 | 0.00000000 | 0.00000007 | 0.00000007 |
| 1.40000045 | 0.00000012 | 0.00000012 | 0.00000000 |
| 1.60000050 | 0.00000010 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 1.80000055 | 0.00000008 | 0.00000000 | 0.00000008 |
| 2.00000048 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.20000052 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 2.40000057 | 0.00000000 | 0.00000009 | 0.00000009 |
| 2.60000062 | 0.00000000 | 0.00000007 | 0.00000000 |
| 2.80000067 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000012 |
| Сумма | 0.00000814 | 0.00000449 | 0.00000830 |

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 | 0.00000012 | 0.00000036 |
| -0.74000001 | 0.00000048 | 0.00000000 | 0.00000024 |
| -0.66000003 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.58000004 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.50000006 | 0.00000012 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.42000008 | 0.00000018 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| -0.34000009 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| -0.26000011 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.18000011 | 0.00000003 | 0.00000001 | 0.00000000 |
| -0.10000011 | 0.00000004 | 0.00000003 | 0.00000003 |
| -0.02000012 | 0.00000001 | 0.00000001 | 0.00000001 |
| 0.05999988 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000005 |
| 0.13999988 | 0.00000001 | 0.00000001 | 0.00000001 |
| 0.21999988 | 0.00000004 | 0.00000001 | 0.00000003 |
| 0.29999989 | 0.00000009 | 0.00000006 | 0.00000003 |
| 0.37999988 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.45999986 | 0.00000006 | 0.00000003 | 0.00000000 |
| 0.53999984 | 0.00000003 | 0.00000000 | 0.00000003 |
| 0.61999983 | 0.00000003 | 0.00000003 | 0.00000006 |
| 0.69999981 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| 0.77999979 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000000 |
| 0.85999978 | 0.00000006 | 0.00000000 | 0.00000006 |
| Сумма | 0.00000330 | 0.00000071 | 0.00000109 |

Относительная ошибка для ln(1+num):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Х | Прямое суммирование | Суммирование с конца | Попарное суммирование |
| -0.89999998 | 0.00000072 | 0.00000010 | 0.00000000 |
| -0.81999999 | 0.00000014 | 0.00000007 | 0.00000021 |
| -0.74000001 | 0.00000035 | 0.00000000 | 0.00000018 |
| -0.66000003 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.58000004 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000007 |
| -0.50000006 | 0.00000017 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.42000008 | 0.00000033 | 0.00000000 | 0.00000011 |
| -0.34000009 | 0.00000007 | 0.00000007 | 0.00000000 |
| -0.26000011 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| -0.18000011 | 0.00000015 | 0.00000008 | 0.00000000 |
| -0.10000011 | 0.00000042 | 0.00000028 | 0.00000028 |
| -0.02000012 | 0.00000065 | 0.00000074 | 0.00000065 |
| 0.05999988 | 0.00000096 | 0.00000096 | 0.00000090 |
| 0.13999988 | 0.00000011 | 0.00000011 | 0.00000011 |
| 0.21999988 | 0.00000022 | 0.00000007 | 0.00000015 |
| 0.29999989 | 0.00000034 | 0.00000023 | 0.00000011 |
| 0.37999988 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.45999986 | 0.00000016 | 0.00000008 | 0.00000000 |
| 0.53999984 | 0.00000007 | 0.00000000 | 0.00000007 |
| 0.61999983 | 0.00000006 | 0.00000006 | 0.00000012 |
| 0.69999981 | 0.00000011 | 0.00000000 | 0.00000011 |
| 0.77999979 | 0.00000010 | 0.00000010 | 0.00000000 |
| 0.85999978 | 0.00000010 | 0.00000000 | 0.00000010 |
| Сумма | 0.00000525 | 0.00000296 | 0.00000317 |

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.