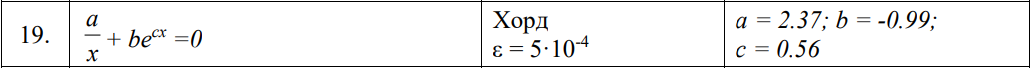
**Цель работы:**

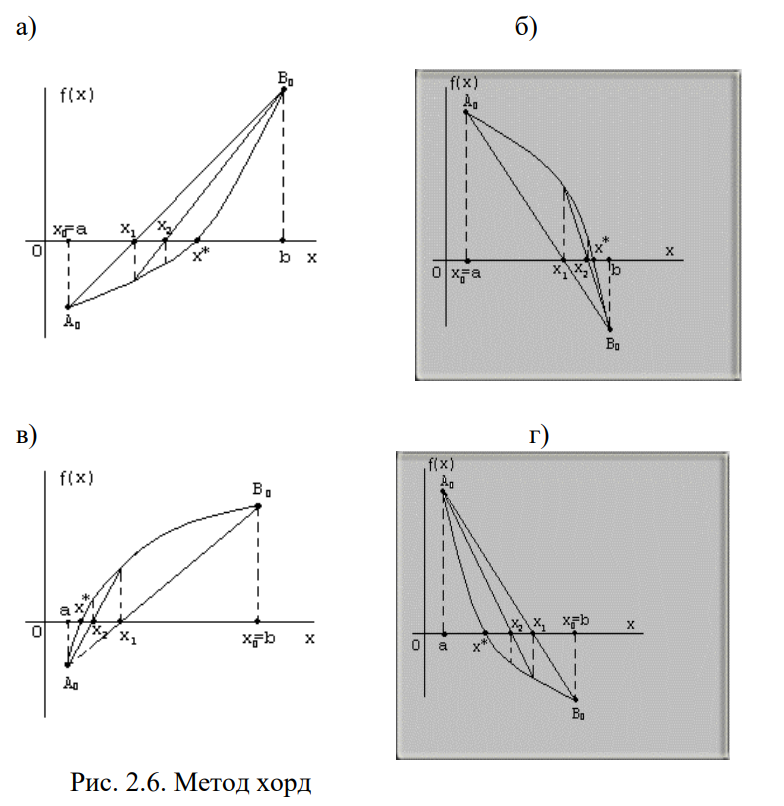
а) освоение методов решения нелинейных уравнений;   
б) совершенствование навыков по алгоритмизации и программированию вычислительных задач.

**Постановка задачи:**



**Математическая часть:**

Пусть определен интервал [a, b], в котором лежит один корень x\* уравнения (2.1) ƒ(x)=0. Учитывая, что ƒ(a)⋅ƒ(b)0, ƒ"(x)>0; ƒ'(x)⋅ƒ"(x)>0) и все приближения x1,x2,… образуют возрастающую последовательность, ограниченную значением x=x\*. Следовательно, и при этом в любом из приближений соответствующая хорда проходит через начальную точку B0[b,ƒ(b)]. 10 Для получения формулы, определяющей последующие приближения, рассмотрим переход от xn и xn+1. В этом случае уравнение хорды BnB0 как прямой, проходящей через точки Bn,B0, имеет вид . Если для определения xn+1 положить y(xn+1)=0, то получим (n=0,1,2,...) (2.15) Согласно требованиям “a”,”b”,”c” (см. п.2.1), наложенным на функцию ƒ(x) для оценки погрешностей вычислений используется неравенство где 0< m ≤ |ƒ'(x)| ≤ M < 1. Если при этом M ≤ 2m, то | xn+1-x\*| ≤ | xn+1-xn|, и для заданной погрешности ε вычисления прекращаются при | xn+1-xn| ≤ ε (как это имело место и для методов последовательных приближений и метода касательных). При выполнении упомянутых требований (“a”,”b”,”c”) возможны и иные картины построений для метода хорд, определяемые сочетаниями знаков производных ƒ'(x) и ƒ"(x). Рис. 2.6,а соответствует рассмотренному уже случаю ƒ'(x)>0, ƒ"(x)>0 (функция ƒ(x) монотонно возрастает и выпукла вниз). Случай ƒ'(x),ƒ"(x)<0 (рис. 2.6,б) приводит к аналогичным построениям, и последовательность x1,x2,… оказывается так же возрастающей. Однако в случаях ƒ'(x)>0, ƒ"(x)<0 (рис. 9,в) и ƒ'(x) <0, ƒ"(x)>0 (рис. 2.6,г) после определения каждого xn различными оказываются знаки значений функций ƒ(a) и ƒ(xn) (а не ƒ(xn) и ƒ(b), как ранее). Поэтому “неподвижной” для всех хорд оказывается точка A0[a,ƒ(a)] (а не B0[b,ƒ(b)]). В результате расчетными являются формулы (n=0,1,2,…), (2.16) а последовательность x1,x2,… оказывается убывающей. Таким образом, если ƒ'(x)⋅ƒ"(x)>0, то следует использовать формулы (2.15), выбирая за начальное значение x0=a, если же ƒ'(x)⋅ƒ"(x)<0, то используются формулы (2.16) и начальным является x0=b

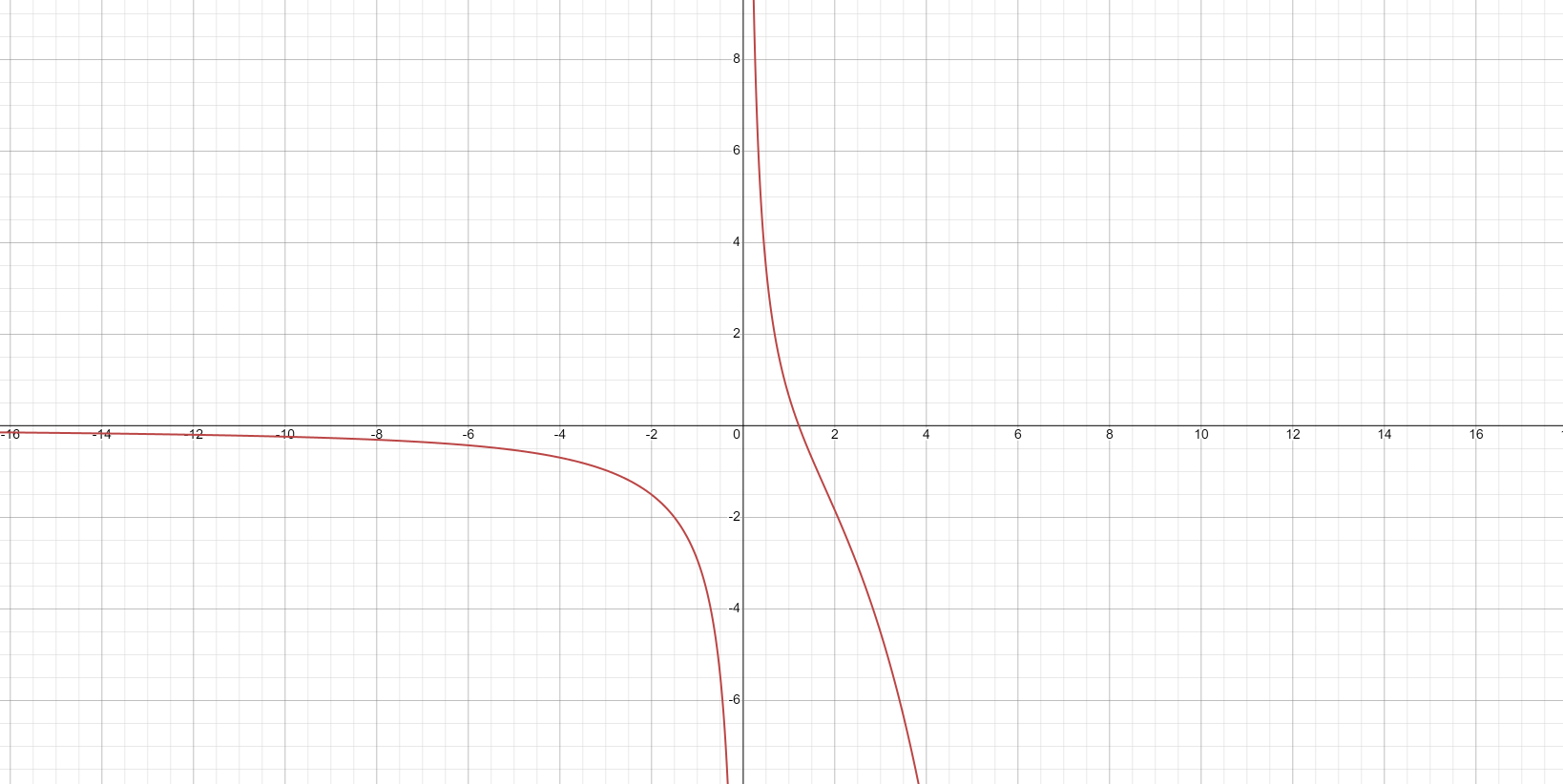
****

**Аналитические расчёты:**

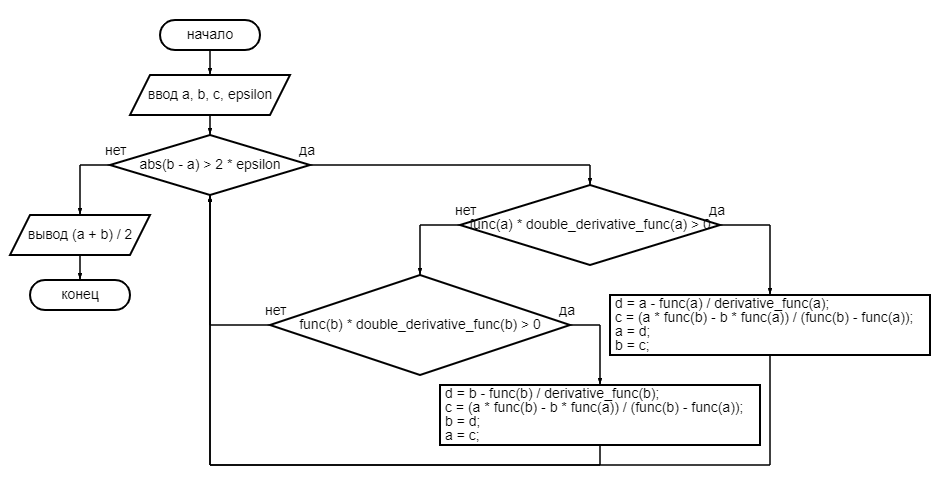
F(0.1)=22.653; F(10)=-267.485  
Поскольку F(0.1)\*F(10)<0 (т.е. значения функции на его концах имеют противоположные знаки), то корень лежит в пределах [0.1;10].  
Вычисляем значения функций в точке a = 0.1  
f(0.1) = 22.653  
f''(0.1) = 4739.672  
Поскольку f(a)•f''(a) > 0, то x0 = a = 0.1  
Остальные расчеты сведем в таблицу.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| N | x | F(x) | h = F(x)\*(x-a)/(f(x)-f(a)) |
| 1 | 10 | -267.4851 | 0.873 |
| 2 | 0.873 | 1.1008 | 0.9124 |
| 3 | 0.9124 | 0.9472 | 0.9479 |
| 4 | 0.9479 | 0.817 | 0.9796 |
| 5 | 0.9796 | 0.7058 | 1.0079 |
| 6 | 1.0079 | 0.6106 | 1.0331 |
| 7 | 1.0331 | 0.5286 | 1.0553 |
| 8 | 1.0553 | 0.458 | 1.0751 |
| 9 | 1.0751 | 0.397 | 1.0924 |
| 10 | 1.0924 | 0.3442 | 1.1078 |
| 11 | 1.1078 | 0.2985 | 1.1212 |
| 12 | 1.1212 | 0.2589 | 1.133 |
| 13 | 1.133 | 0.2245 | 1.1434 |
| 14 | 1.1434 | 0.1948 | 1.1524 |
| 15 | 1.1524 | 0.169 | 1.1603 |
| 16 | 1.1603 | 0.1466 | 1.1672 |
| 17 | 1.1672 | 0.1271 | 1.1733 |
| 18 | 1.1733 | 0.1103 | 1.1785 |
| 19 | 1.1785 | 0.09566 | 1.1831 |
| 20 | 1.1831 | 0.08297 | 1.1871 |
| 21 | 1.1871 | 0.07197 | 1.1905 |
| 22 | 1.1905 | 0.06242 | 1.1935 |
| 23 | 1.1935 | 0.05414 | 1.1962 |
| 24 | 1.1962 | 0.04695 | 1.1984 |
| 25 | 1.1984 | 0.04072 | 1.2004 |
| 26 | 1.2004 | 0.03532 | 1.2021 |
| 27 | 1.2021 | 0.03063 | 1.2036 |
| 28 | 1.2036 | 0.02656 | 1.2049 |
| 29 | 1.2049 | 0.02303 | 1.206 |
| 30 | 1.206 | 0.01997 | 1.207 |
| 31 | 1.207 | 0.01732 | 1.2079 |
| 32 | 1.2079 | 0.01502 | 1.2086 |
| 33 | 1.2086 | 0.01303 | 1.2092 |
| 34 | 1.2092 | 0.0113 | 1.2098 |
| 35 | 1.2098 | 0.0098 | 1.2103 |

Ответ: x = 1.21-(1.21) = 1.210268911944; F(x) = 0.00849

****

**Схема алгоритма:**



**Текст программы:**

/\*

19 Вариант

(a / x) + b \* pow(M\_E, c \* x) = 0

a = 2.37; b = -0.99; c = 0.56

ε = 5·10-4

\*/

#include <iostream>

**using** **namespace** std**;**

#include <cmath>

#include <iomanip>

#define \_USE\_MATH\_DEFINES

#define DEFAULT\_VAREBLES false

#define DEFAULT\_RANGE false

// проверка ввода

double read\_double**(**const char**\*** promt **=** ""**){**

double x**;**

cout **<<** promt**;**

**while** **(** **(**scanf**(**"%lf"**,&**x**)** **)** **!=** 1 **)** **{**

cout **<<** "Неверное введенное значение, попробуйте еще." **<<** endl **<<** promt**;**

**while(**getchar**()** **!=** '\n'**);**

**}**

**return** x**;**

**}**

// класс реализующий метод ХОРД

class Method\_HORD **{**

public**:**

Method\_HORD**(**double**,** double**,** double**,** double**);**

double func**(**double**);**

double derivative\_func**(**double**);**

double double\_derivative\_func**(**double**);**

double find**(**double**,** double**);**

int iterCount**;**

private**:**

double a**,** b**,** c**;**

double epsilon**;**

**};**

// конструктор

Method\_HORD**::**Method\_HORD**(**double \_a**,** double \_b**,** double \_c**,** double \_epsilon**)** **{**

a **=** \_a**;**

b **=** \_b**;**

c **=** \_c**;**

epsilon **=** \_epsilon**;**

cout **<<** "Исходные данные: " **<<** endl**;**

cout **<<** " A = " **<<** a **<<** endl**;**

cout **<<** " B = " **<<** b **<<** endl**;**

cout **<<** " C = " **<<** c **<<** endl**;**

cout **<<** " E = " **<<** epsilon **<<** endl**;**

**}**

// функция

double Method\_HORD::func(double x) {

return (a / x) + b \* exp(c \* x);

}

// функция

double Method\_HORD::derivative\_func(double x) {

return (b \* c) \* exp(c \* x) - (a / pow(x, 2));

}

// функция

double Method\_HORD::double\_derivative\_func(double x) {

return (b \* c \* c) \* exp(c \* x) + (a \* a) / pow(x, 3);

}

double Method\_HORD::find(double a, double b) {

iterCount = 0;

double d, c;

while (abs(abs(b) - abs(a)) > 2 \* epsilon) {

if (func(a) \* double\_derivative\_func(a) > 0) {

d = a - func(a) / derivative\_func(a);

c = (a \* func(b) - b \* func(a)) / (func(b) - func(a));

a = d;

b = c;

} else if (func(b) \* double\_derivative\_func(b) > 0) {

d = b - func(b) / derivative\_func(b);

c = (a \* func(b) - b \* func(a)) / (func(b) - func(a));

b = d;

a = c;

}

iterCount++; // узнать кол-во итераций

//cout << iterCount << " " << a << " " << b << endl;

}

return (a + b) / 2;

}

int main() {

// смена кодировки

system("chcp 65001");

// переменные для подстановки в функцию

double a, b, c, epsilon;

if (DEFAULT\_VAREBLES) {

a = 2.37;

b = -0.99;

c = 0.56;

epsilon = 5 \* pow(10, -4);

} else {

a = read\_double("A = ");

b = read\_double("B = ");

c = read\_double("C = ");

epsilon = read\_double("E = ");

}

// диапазон

double xMin, xMax;

if (DEFAULT\_RANGE) {

xMin = 0.1;

xMax = 10;

} else {

while (true) {

xMin = read\_double("xMin = ");

xMax = read\_double("xMax = ");

if (xMax <= xMin) {

cout << "xMin не может быть больше или равен xMax." << endl;

} else if (xMin <= 0) {

cout << "xMin не может быть меньше или равен 0." << endl;

} else break;

}

}

Method\_HORD method\_HORD(a, b, c, epsilon);

// рассчёт

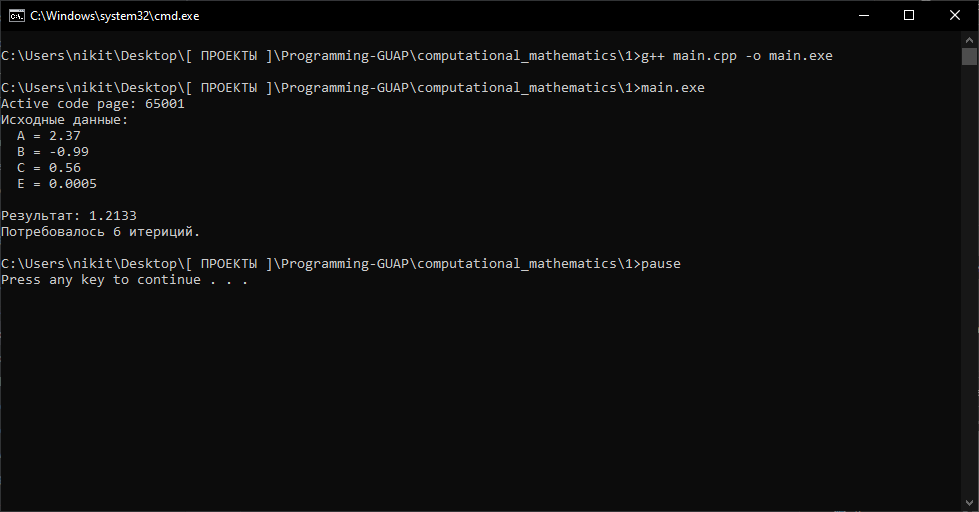
cout << endl << "Результат: " << method\_HORD.find(xMin, xMax) << endl;

cout << "Потребовалось " << method\_HORD.iterCount << " итериций." << endl;

return 0;

}

**Скриншоты программы:**

****

**Сравнение результатов:**

Аналитическим методом у нас получилось 1.210268911944, а программа дала ответ 1.2133

**Вывод:** Мы освоили методы решения нелинейных уравнений и усовершенствовали навыки алгоритмизации вычислительных задач.