

**Подпрограммы – параметры
других подпрограмм.
Указатели на функции в Си**

лекция №5

В каких задачах используются подпрограммы-параметры (в Си функции-параметры)?

- Когда некоторый алгоритм, описанный как подпрограмма, применим к множеству алгоритмов, каждый из которых также задается подпрограммой.
- **Классические примеры** таких ситуаций дают численные методы. В подпрограммах численных методов (вычисления определенного интеграла, нахождения экстремумов и нулей функций, вывода графиков, линий уровня, таблиц функций) обрабатываемые функции задаются как параметры.
- Возможности использования параметров-подпрограмм имеются во всех алгоритмических языках, предназначенных для решения вычислительных задач (СИ, Фортран, Паскаль, Матлаб, ...).

Средства СИ для работы с подпрограммами-параметрами: указатели на функцию

Скобки обязательны, чтобы * не относилась к типу функции. Допустимо: тип* (*имя_функции(с_ф_п))

- Указатель на функцию:
*тип (*имя_функции)(список формальных параметров)*

По имени функции определяется адрес ее начала (точки входа) как указатель на функцию.

- В списке формальных параметров основной функции приводится полный заголовок указателя на формальную функцию (возможно, без имен формальных параметров):
*тип (*имя_формальной_функции)(список формальных параметров)*

В теле основной функции формальная функция вызывается так:
*(*имя_формальной_функции)(список фактических параметров)*

- В список фактических параметров подставляется указатель **имя_фактической_функции*.
Заголовок фактической функции должна совпадать с формальным указателем на функцию с точностью до обозначений (т. е. типы функций и формальных параметров должны быть одинаковыми).

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИИ В СИ

Заголовок

Тип Имя функции (Список формальных параметров)

Б
л
о
к

{ Описание данных

Операторы

return (выражение, возвращаемое функцией)

}

как в главной функции

тип возвращаемого значения; если отсутствует, то **int**;
если **void**, то значение не возвращается, т. е. имеем аналог
подпрограммы общего назначения, в этом случае **return** не нужен

В списке формальных параметров может стоять
указатель на функцию

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИИ В СИ

Заголовок

Тип **ИмяФункции** (СписокФормальныхПараметров)

Два смысла: 1) имя алгоритма, точнее - адрес точки входа в функцию
2) возвращаемое значение (имя функции можно использовать в выражениях).

Если имя функции **main**, то это главная функция, она первой получает управление после запуска программы. **main** обязательно присутствует в программе. Пока рассматриваем **main** без параметров.

В списке формальных параметров может стоять указатель на функцию

Пример 1. Решение **двух** уравнений (в одной программе) на отрезке $[0.1, 2]$ с погрешностью 0.0001 (задача 1.8.N,N+1 – таблица 1).

$$\begin{array}{c}
 \text{fx1(x)} \\
 \hline
 x^2 - 1 = 0
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{c}
 \text{fx2(x)} \\
 \hline
 \frac{\ln(x+1)}{0.001 + \sqrt[4]{x} \sin^2 x} - \frac{1}{\pi x \sqrt[3]{x}} - e^{x/7} = 0
 \end{array}$$

Си-программа

```
#include <stdio.h>
#define _USE_MATH_DEFINES
#include <math.h>
#include <conio.h>
#include <locale.h>
/*fx1 и fx2 - функции, задающие левую часть
уравнений, их заголовки соответствуют указателю
на функцию вызывающей функции root */
double fx1(double x)
{
    return (x*x-1);
}
double fx2(double x)
{
    return
(log(x+1)/(0.001+pow(x,1.0/4)*pow(sin(x),2))-1/(M_PI*x
*pow(x,1.0/3))-exp(x/7));
}
```

Си-программа (продолжение)

/*root - функция вычисления корня уравнения $f(x)=0$
на отрезке $[a,b]$ методом дихотомии*/

/*с точностью ϵ */

double root(double(*f)(double),double a,double b,
double e)

{double x; *указатель на функцию,
задающую левую часть
уравнения*

while(fabs(b-a)>e)

{x=(a+b)/2.0;

if ((*f)(a)*(*f)(x)>0)

a=x;

else

b=x;

}

x=(a+b)/2;

return x;

}

*вызов формальной
функции*

Си-программа (продолжение)

```
void main()
{double r1,r2; /*значения корней*/
  setlocale(LC_ALL, "");

  r1=root(*fx1,0.1,2,1e-4);
  r2=root(*fx2,0.1,2,1e-4);

  printf("корень первого уравнения=%7.4f f(r1)=%8.5f \n"
        "корень второго уравнения=%7.4f
        f(r2)=%8.5f\n",r1,fx1(r1),r2,fx2(r2));
  _getch();
}
```

Подстановка указателя на фактическую функцию

Приближенное решение уравнения на отрезке

Известно, что уравнение

$$F(x)=0 \quad (*)$$

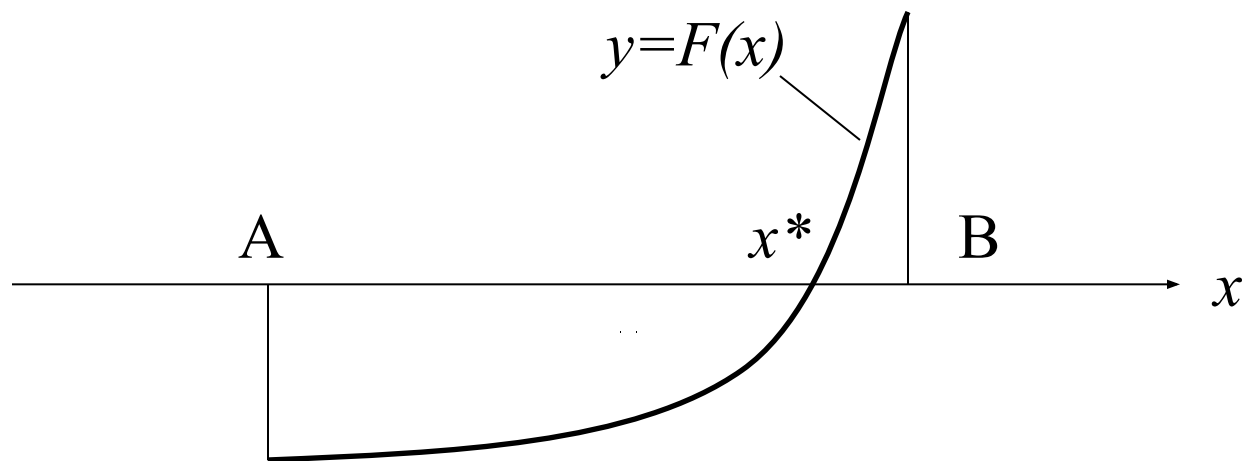
на отрезке $[A,B]$ имеет ровно один корень.

Требуется найти приближенное значение корня с точностью ε :

$$|x^*-x_{np}| < \varepsilon,$$

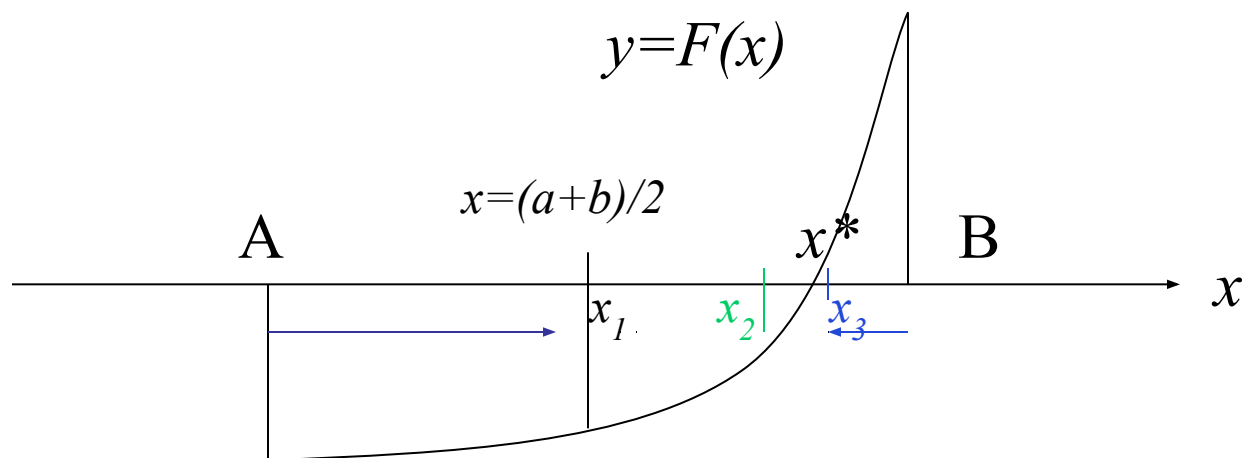
где x^* - точное значение корня,
 x_{np} — приближенное значение корня.

Приближенное решение уравнения на отрезке



Если уравнение (*) имеет на отрезке $[A,B]$ ровно один корень, то $F(A) \cdot F(B) \leq 0$.

Метод деления отрезка пополам (дихотомии)



Если $F(x) * F(A) > 0$, то $x^* \notin [A, x] \Rightarrow$ корень надо искать на правой половине отрезка $x^* \in [x, B] : \mathbf{A=x}$;

иначе $x^* \in [A, x] \Rightarrow$ корень надо искать на левой половине отрезка: $\mathbf{B=x}$.

Далее деление пополам нового отрезка.

Метод деления отрезка пополам (дихотомии)

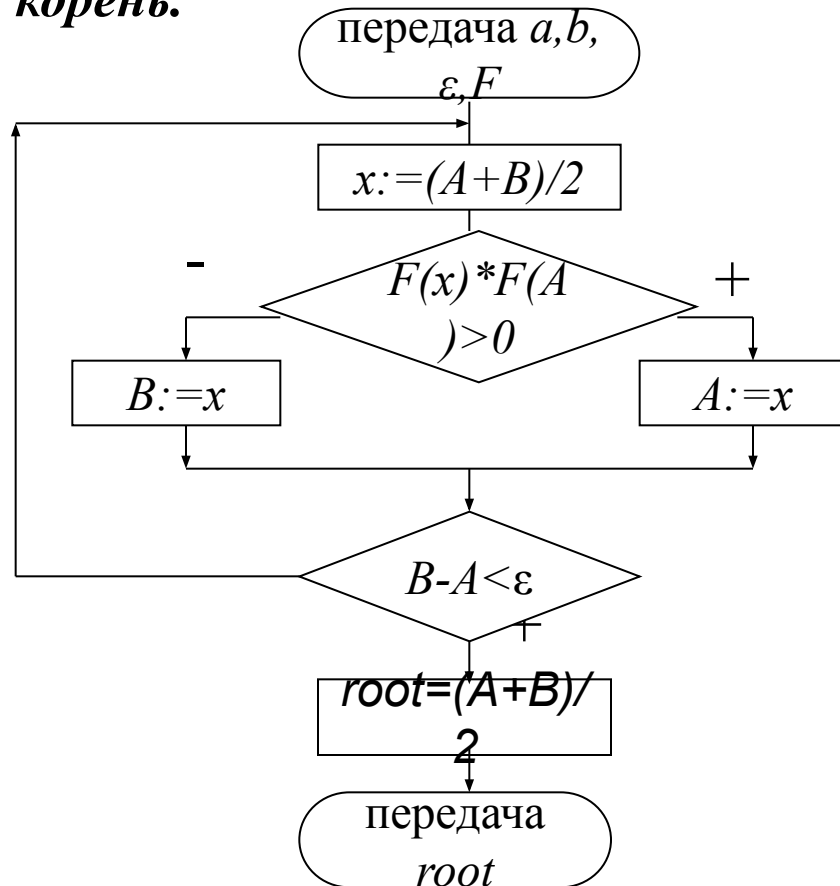
i -ая итерация (цикл): вычисление x_i - середины i -го отрезка и выбор его левой или правой половины.

$$\{x_i\} \rightarrow x^* \text{ при } i \rightarrow \infty.$$

Условие продолжения цикла: $B-A > \varepsilon$.

Метод деления отрезка пополам (дихотомии) – блок-схема функции root

Алгоритм для идеального случая: на $[A, B]$ ровно один корень.



Можно определить число N итераций (циклов), необходимых для обеспечения погрешности ε . В конце N -го цикла длина отрезка, накрывающего корень, равна:

$$l = \frac{B - A}{2^N}.$$

Число итераций можно вычислить из соотношения:

$$l \leq \varepsilon.$$

Откуда:

$$\log_2(B-A) - N \leq \log_2(\varepsilon),$$

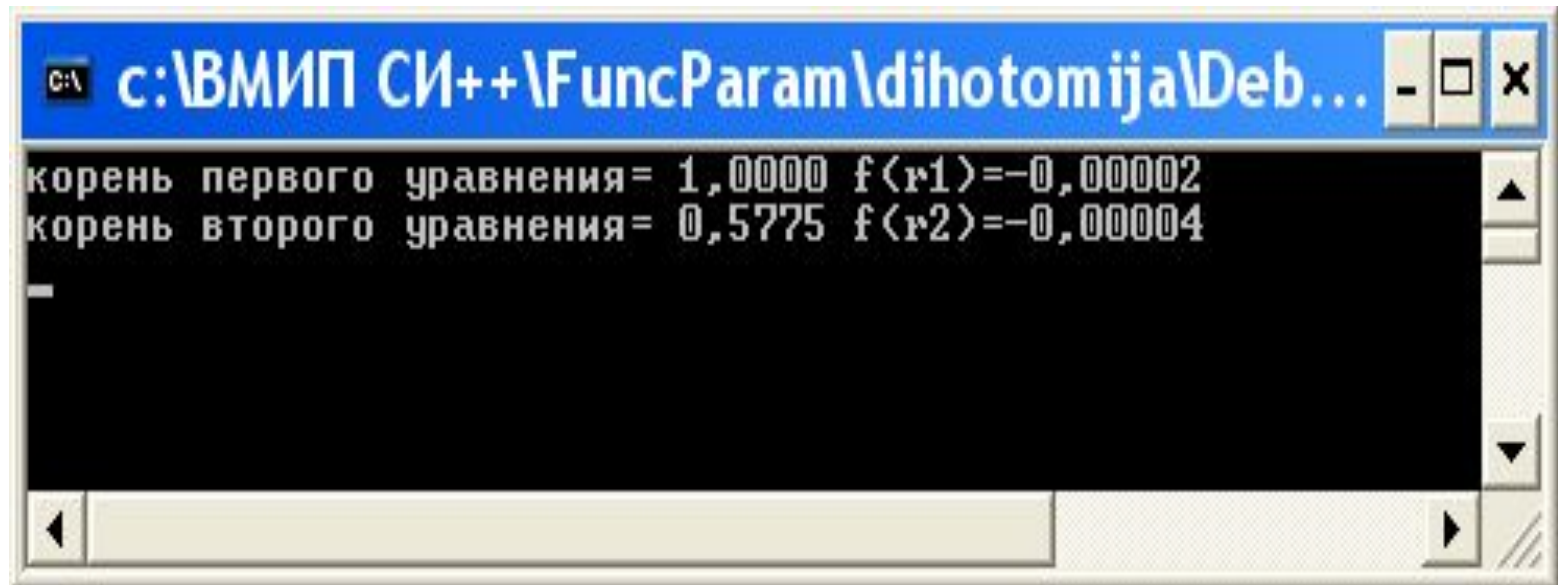
и, следовательно,

$$N = \lceil \log_2(B-A) - \log_2 \varepsilon \rceil,$$

где $\lceil \cdot \rceil$ - ближайшее максимальное целое.

Как протестировать программу?

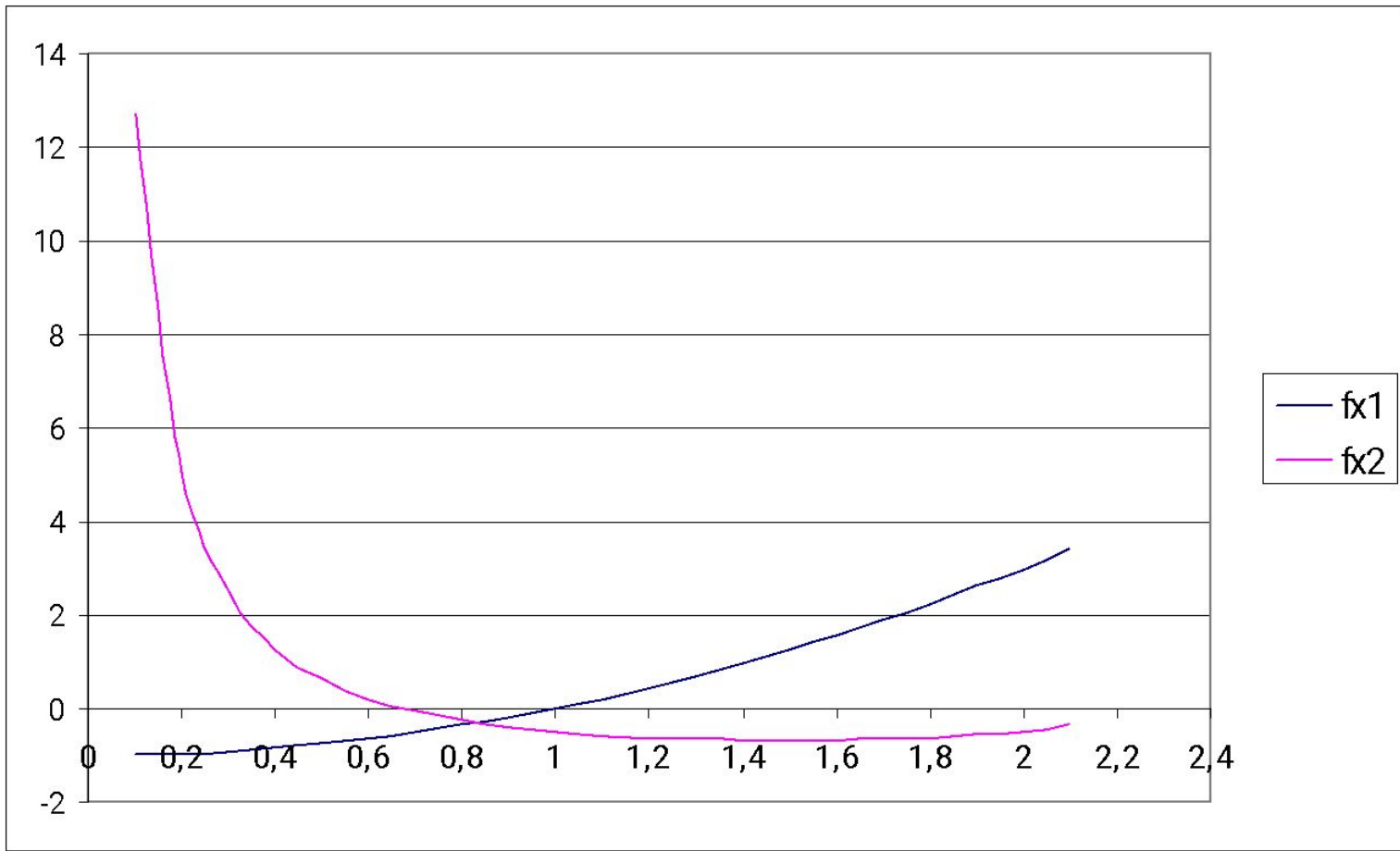
1. Вывести не только r_1 , r_2 , но и $f(r_1)$, $f(r_2)$. Эти значения функций должны быть близкими к нулю. Если они сильно отличаются от нуля, то программа работает неправильно. Однако их близость к нулю не гарантирует правильность программы.



```
c:\ВМИП СИ++\FuncParam\dihotomija\Deb...
корень первого уравнения= 1,0000 f(r1)=-0,00002
корень второго уравнения= 0,5775 f(r2)=-0,00004
-
```

Как протестировать программу?

2. Построить графики функций или решить уравнение в другой вычислительной среде



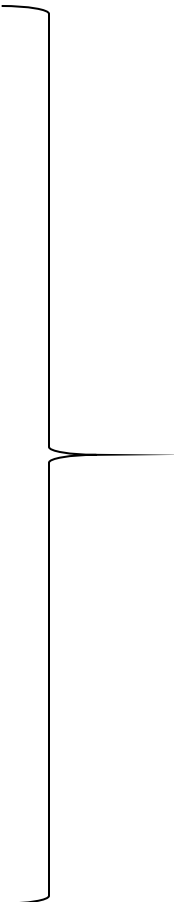
Как еще можно использовать указатели на функции

- Описывается шаблон указателя на функцию:
*тип (*имя_функции)(список формальных параметров);*
*/*такой функции не существует, просто объявлен шаблон*/*
- *имя_функции = имя_функции_существующей;*
- Далее, когда пишется имя функции шаблона, вызывается существующая функция.

Пример 2

```
#include <conio.h>
#include <stdio.h>
```

```
int add(int a, int b)
{return (a+b);
}
int substruct(int a, int b)
{return (a-b);
}
int multiply(int a, int b)
{return (a*b);
}
int divide(int a, int b)
{return (a/b);
}
```



Объявлены реальные
функции,
соответствующие
одному шаблону

Продолжение примера 2

```
void main()
{int a,b; int operation;
  int (*f)(int, int); //объявляется шаблон
  printf("input a,b, operation\n");
  scanf_s("%d%d%d",&a,&b,&operation);
  printf("op=%d\n", operation);

  switch (operation)
  {
    case 1: f=add; break;
    case 2: f=substruct; break;
    case 3: f=multiplicate; break;
    case 4: f=divide; break;
    default:
      puts("no such operation");
  }
  printf("f(a,b)=%d\n", f(a,b)); //вызывается выбранная функция
  _getch();
}
```