

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНФОРМАТИКА

**Задания и методические указания
по выполнению, оформлению и защите курсовых работ
для студентов специальностей**

**1-40 01 02 Информационные системы и технологии,
1-36 01 01 Технология машиностроения,
1-36 01 03 Технологическое оборудование
машиностроительного производства,
1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов
и производств инженерного факультета**

Часть 4

**Барановичи
РИО БарГУ
2007**

УДК 004(075.8)
ББК 32.81я73
И74

С о с т а в и т е л и:

О. И. Наранович, С. Г. Скобля

Р е ц е н з е н т ы:

Д. А. Ционенко, кандидат физико-математических наук;
Т. Р. Якубович, кандидат физико-математических наук

И74 **Информатика** [Текст] : задания и методические указания по выполнению, оформлению и защите курсовых работ для студентов специальностей 1-40 01 02 Информационные системы и технологии, 1-36 01 01 Технология машиностроения, 1-36 01 03 Технологическое оборудование машиностроительного производства, 1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств инженерного факультета : в 4 ч. / сост. : О. И. Наранович, С. Г. Скобля. — Барановичи : РИО БарГУ, 2007. — Ч. 4. — 43 [1] с. — экз.

Данные задания и методические указания содержат индивидуальные задания, рекомендации по выполнению курсовой работы и подготовке к ее защите, требования к содержанию и оформлению курсовых работ.

Издание предназначено для студентов II курса инженерного факультета дневной и заочной форм обучения, а так же рекомендуются для слушателей факультета повышения квалификации и переподготовки кадров в сфере экономики и образования.

УДК 004(075.8)
ББК 32.81я73

© УО БарГУ, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие положения	3
Индивидуальные задания	4
Задание 1	4
Методы решения нелинейных уравнений	4
Рекомендации по решению нелинейных уравнений	6
Задание 2	14
Аппроксимация табулированных функций методом наименьших квадратов	14
Рекомендации по вычислению коэффициентов аппроксимирующего полинома	17
Задание 3	22
Методы численного интегрирования и дифференцирования функций ..	22
Рекомендации по решению задачи численного интегрирования и дифференцирования	22
Задание 4	26
Решение дифференциальных уравнений	26
Рекомендации по решению обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты	27
Требования к курсовой работе	29
Содержание курсовой работы	29
Правила оформления курсовой работы	31
Подготовка к защите и защита курсовой работы	38
Список рекомендуемой литературы	39
Приложения	40

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выполнение курсовой работы — важный этап в подготовке специалиста, который позволяет закрепить уже приобретенные навыки организации и проведения исследований, развить навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности при решении актуальных задач в области избранной студентом специальности.

Тематика курсовых работ охватывает основные темы раздела «Численные методы решения инженерных задач».

Задание по курсовой работе представляет собой один из вариантов одного из четырех заданий, приведенных в данном издании. Задание выдается научным руководителем в определенные на заседании кафедры сроки и содержит тему, исходные данные для выполнения работы, содержание, сроки выполнения курсовой работы, календарный график выполнения отдельных этапов и работы в целом.

Цель выполнения курсовой работы по информатике — научиться применять полученные в результате изучения дисциплины «Информатика» знания, а также приобретенные умения и навыки использования персонального компьютера для решения вычислительных инженерных задач, требующих наличия в решении элементов исследования; сравнивать результаты решения задачи, полученные с помощью различных средств (а в некоторых заданиях и методов); оценивать эффективность каждого из использованных средств с точки зрения простоты использования, точности полученных результатов и быстроты их получения.

Для достижения цели выполнения курсовой работы необходимо решить следующие задачи:

- произвести формулировку задачи с конкретными данными;
- провести предварительный анализ задачи, описать математический аппарат, который будет использоваться для ее решения;
- в соответствии с определенным методом решения разработать алгоритм решения задачи и представить его в виде блок-схем, снабженных описанием;
- разработать программу на языке Pascal (либо в среде Delphi), реализующую построенный алгоритм;
- решить задачу с помощью интегрированного пакета MathCad (либо Maple) или с помощью табличного процессора MS Excel;
- провести анализ полученных результатов;
- сделать общие выводы по работе.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

ЗАДАНИЕ 1

Методы решения нелинейных уравнений

1. Графически отделить корни уравнения в соответствии со своим вариантом. Параметр a задать самостоятельно путем подбора так, чтобы уравнение имело не менее трех корней. Определить, при каких значениях параметра a уравнение имеет один, два и три корня. Если уравнение не имеет указанного количества корней (одного, двух, трех), объяснить почему.

2. Разработать алгоритмы уточнения корней уравнения методами половинного деления, хорд, касательных и построить блок-схемы алгоритмов.

3. На языке программирования Pascal (или Delphi) создать программу для уточнения корней уравнения указанными методами, реализующую разработанные алгоритмы. С помощью программы уточнить три любых корня уравнения с точностью $\epsilon = 1,0 \cdot 10^{-4}$.

4. Решить задачу средствами MathCad или Excel.

5. Построить график функции $F(x, a)$ от x для параметра a , использовавшегося при отделении и уточнении корней.

Примечание. Результаты решения должны быть представлены в виде таблицы, включающей решения уравнения $F(x, a) = 0$.

Примерная форма таблицы:

Метод решения	Параметр a	Корни уравнения $F(x, a) = 0$
Метод деления отрезка пополам	a	
Метод хорд		
Метод касательных		
Средствами MathCad		

Варианты индивидуальных заданий представлены в таблице 1.1 (см. с. 6—7).

Т а б л и ц а 1.1 — Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Уравнение
1	$e^{-ax} + \cos(a\sqrt[7]{x^8}) + \frac{1}{101} \ln ax + ax^4 + a = 0$
2	$\ln \ln ax + ax^{\frac{3}{4}} + a \ln^3 x - \sqrt{xa} + a = 0$
3	$\ln(xa) + \cos(ax)/\operatorname{tg}(ax) + \sqrt{(x+7)/a} + (x+7)a + a = 0$
4	$a\sqrt{x} + \sqrt{\ln(ax)} + ax^3 - ax^{\frac{5}{6}} + a = 0$
5	$\ln^4(ax) + x^{3,4} a^2 + a^3 x^4 + \sqrt{a^3} \cos(x) + x = 0$
6	$ae^{-4x} + a \ln(x+50) + a\sqrt{(x+70)^4} + a^3 \ln x/(x^3+1) + a = 0$
7	$a \cos^3 x + a \sin(ax) + a \operatorname{tg}^4 x + a \ln^2 x + a = 0$
8	$a \operatorname{tg} x + a \ln(\sin x) + a \ln(\operatorname{tg}(x)) + a^3 \cos x + a = 0$
9	$\sqrt[3]{a/\cos x} + e^{-ax} + \operatorname{tg}(ax^2) \sin^2 ax - ax^{\frac{3}{4}} + a = 0$
10	$ae^{-x} + \cos(ax) + \frac{1}{5x} \ln ax + ax^4 + a = 0$
11	$\ln ax + a \cos x^4 \sin x^{-3} - a \ln^3 x + \sqrt{x/a} + a = 0$
12	$a \ln(xa) + \cos^2(ax)/\operatorname{tg}(ax) + \sqrt{(x+7)/a} + (x+7)^3 a + a = 0$
13	$a\sqrt{\ln x} + \sqrt{\operatorname{tg}(ax)} - ax^{\frac{5}{6}} + ax^3/\cos x + a = 0$
14	$\ln(\sqrt{a}x) + x^3 a^2 + \sin ax^4 - \sqrt{a^3} \operatorname{tg}(\sqrt{x}) + a = 0$
15	$ae^{-4x} + a \ln(x-5x^3) + a\sqrt{(x+a)^3} + \ln a/(x^3-2a) + a = 0$
16	$\sqrt{a} \cos^3 x + a \sin(ax) + a \operatorname{tg}^3 ax + a \ln^2 ax + a = 0$
17	$a \cos^{\frac{3}{4}} x/a + a\sqrt{\sin(\ln a^2 x)} + \ln(\operatorname{atg}(x)) + \cos x^{\frac{9}{2}} + a = 0$
18	$ax^5 - \sqrt{\cos a} \sin ax + ae^{-ax} x + x^{-2a} + a = 0$
19	$e^{-ax} + \cos(ax - ax^2) + \ln\left(\sqrt{\frac{ax}{x^3}}\right) + \sin ax^2 + a = 0$

Окончание табл. 1.1

20	$ax^{3a} + a \ln^3 x - \sqrt{xa} + a \ln x^{-a} + a = 0$
21	$\ln(ax) + \cos(x^a) / \ln(a^x) - (x + 7a) + a \frac{e^{-2ax}}{\ln(ax^{2/7})} + a = 0$
22	$a\sqrt{x^a} + \cos^{1/2} x^3 + \ln(a \operatorname{tg}(x)) + a\sqrt{\frac{e^{-x}}{x^a}} + a = 0$
23	$\ln(\cos(ax)) + a^2 e^{-ax} - ax^5 + \sqrt{a^3} \ln x + a = 0$
24	$e^{-a/5} + a \ln(ax) + a\sqrt{a^4 \cos^2 x} - a / (x^3 + 7a) + a = 0$
25	$a \ln^{3/a} x + a \sin(ae^{-x}) + (x - a) + a \frac{\operatorname{tg}^2 x^3}{\ln(x - a)} + a = 0$

Рекомендации по решению нелинейных уравнений

Рассмотрим решение задачи нахождения корней уравнения

$$3 \sin \sqrt{x} + \frac{x}{15} - 1,8 = 0 \quad (1)$$

на отрезке $[0; 5]$ методом касательных с точностью $\epsilon = 1,0 \cdot 10^{-3}$.

Этап 1. Отделение корней и предварительный анализ

Отделим корни уравнения (1), построив график функции $f(x) = 3 \sin \sqrt{x} + \frac{x}{15} - 1,8$ на заданном отрезке. Воспользуемся для построения графика табличным процессором Excel. Введем в ячейки A1:C3 следующие формулы и значения, представленные на рисунке 1.1.

	A	B	C
1	x	f(x)	h
2	0	=3*SIN(КОРЕНЬ(A2))+A2/15-1,8	0,25
3	=A2+\$C\$2	=3*SIN(КОРЕНЬ(A3))+A3/15-1,8	

Рисунок 1.1 — Фрагмент листа с формулами

С помощью автозаполнения скопируем формулы, расположенные в ячейках А3 и В3 в ячейки А4:В4, А5:В5 и т. д. до тех пор, пока в столбце А не появится значение 10 (значение правого конца отрезка). В результате этих действий в столбцах А и В будет представлена таблица значений функции на заданном отрезке с шагом 0,25.

Выделив ячейки, содержащие значения аргумента и функции, построим с помощью мастера диаграмм график функции (тип диаграммы — точечная диаграмма со значениями, соединенными сглаживающими линиями без маркеров). Примерный вид графика функции представлен на рисунке 1.2.

По графику видно, что уравнение имеет два корня. В качестве отрезка локализации первого корня можно выбрать отрезок $[0,1; 1]$, а отрезком локализации второго корня — отрезок $[6,5; 7,5]$.

Определим, для какого из концов каждого отрезка выполняется условие сходимости метода

$$f(x_0)f''(x_0) > 0. \quad (2)$$

Для этого вычислим вторую производную функции. Первая производная функции:

$$f'(x) = \frac{3\cos(\sqrt{x})}{2\sqrt{x}} + \frac{1}{15}.$$

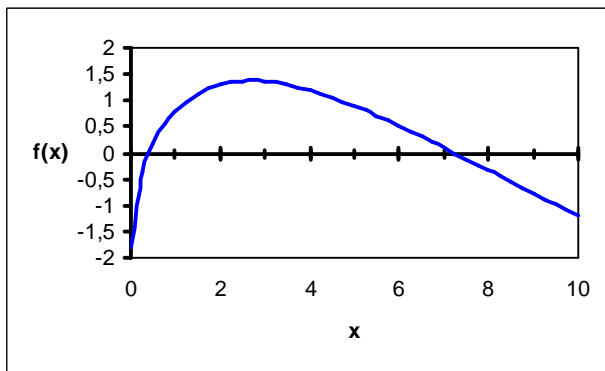


Рисунок 1.2 — График функции уравнения

Вторая производная функции:

$$f''(x) = - \left(\frac{\sin(\sqrt{x})}{x} + \frac{\cos(\sqrt{x})}{x^{\frac{3}{2}}} \right).$$

Итак, проверим выполнение условия (2) для обоих концов каждого отрезка:

$$f(0,1)f''(0,1) = 21,401;$$

$$f(1)f''(1) = -0,82 ;$$

$$f(6,5)f''(6,5) = -8,257 \cdot 10^{-3};$$

$$f(7,5)f''(7,5) = 6,949 \cdot 10^{-4}.$$

Таким образом, условие выбора начального приближения корня выполняется для левого конца первого отрезка и для правого конца второго отрезка. Следовательно, начальными приближениями корней для данного метода можно выбрать 0,1 и 7,5.

Погрешность данного метода на k -ом шаге оценивается по формуле:

$$e \leq \frac{|f(x_k)|}{M},$$

где M — минимальное значение модуля первой производной функции на отрезке $[a; b]$.

Найдем значение M . Для этого построим таблицу значений второй производной функции на отрезках $[0,1; 1]$ и $[6,5; 7,5]$ с помощью Excel аналогично тому, как мы делали это для построения графика функции, и выберем из таблицы минимальное значение модуля первой производной функции на каждом из отрезков.

Таблицы имеют вид, представленный на рисунке 1.3.

	A	B	C	D
1	x	f'(x)	h	 f'(x)
2	0,1	4,57488218	0,1	4,574882
3	0,2	3,090911471		3,090911
4	0,3	2,404655184		2,404655
5	0,4	1,979635332		1,979635
6	0,5	1,679388997		1,679389
7	0,6	1,450683449		1,450683
8	0,7	1,26777494		1,267775
9	0,8	1,116442933		1,116443
10	0,9	0,988081029		0,988081
11	1	0,877120125		0,87712
12				
13	6,5	-0,421533094		0,421533
14	6,6	-0,424093776		0,424094
15	6,7	-0,426413112		0,426413
16	6,8	-0,428499151		0,428499
17	6,9	-0,430359519		0,43036
18	7	-0,432001933		0,432002
19	7,1	-0,433433222		0,433433
20	7,2	-0,434660339		0,43466
21	7,3	-0,435689988		0,43569
22	7,4	-0,436528193		0,436528
23	7,5	-0,437181393		0,437181

Рисунок 1.3 — Таблицы значений производных

Минимальное значение модуля производной на первом отрезке оказалось равным 0,87712, а на втором — 0,421533.

Этап 2. Уточнение корней

Рассмотрим блок-схему алгоритма уточнения корней методом касательных (рис. 1.4).

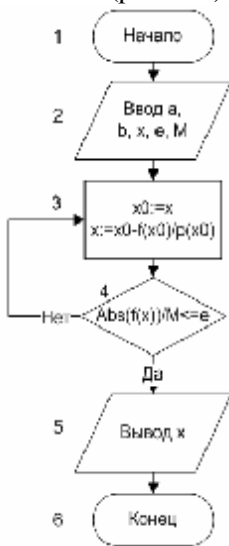


Рисунок 1.4 — Блок-схема алгоритма метода касательных

В блоке 2 осуществляется ввод исходных данных: значений левого и правого концов отрезка локализации корня a и b , начального приближения корня x (выбранного в соответствии с условием (2)), допустимой погрешности уточнения корня e и предварительно найденного минимального значения модуля производной функции $f(x)$ на отрезке локализации корня M .

В теле цикла с постусловием (блок 3) осуществляется присвоение текущего приближения корня переменной, в которой будет храниться предыдущее приближение корня, и вычисляется следующее приближение корня в соответствии с рекуррентной формулой для вычисления k -го приближения корня:

$$x_k = x_{k-1} - \frac{f(x_{k-1})}{f'(x_{k-1})}.$$

В блоке 3 буквами f и p обозначена функция $f(x)$ и ее производная соответственно.

В блоке 4 осуществляется проверка условия достижения заданной точности, которое и является условием выхода из цикла (прекращения вычислений). После завершения выполнения цикла выводится уточненное значение корня.

При реализации этого алгоритма на языке программирования Pascal, текст программы будет иметь примерно следующий вид

```

Program MetKas;
var x,e,M:real;
  {Описание функции}
function f(x:real):real;
begin
  
```

```

f:=3*sin(sqrt(x))+x/15-1.8
end;
{Описание производной функции}
function p(x:real):real;
begin
p:=(3*cos(sqrt(x)))/(2*sqrt(x))+1/15
end;
{Описание функции, реализующей алгоритм метода уточнения корней}
function МК(x,e,M:real):real;
var x0:real;
begin
repeat
x0:=x;
x:=x0-f(x0)/p(x0);
until abs(f(x))/M<=e;
МК:=x;
end;
{Раздел операторов}
begin
writeln('Введите исходные данные x, e, M');
readln(x,e,M);
{Находим с помощью функции МК уточненное значение корня и присваиваем его
переменной x}
x:=МК(x,e,M);
writeln('Уточненное значение корня x=',x:7:4);
readln;
end.

```

Результаты работы этой программы:

```

Введите исходные данные x, e, M
0.1
0.001
0.87712
Уточненное значение корня x= 0.3998
Введите исходные данные x, e, M
7.5
0.001
0.421533
Уточненное значение корня x= 7.2175

```

Описанные в данной (и в приведенных ниже) программе функции можно использовать для создания приложения в среде Delphi.

Решение поставленной задачи с использованием для уточнения корней метода хорд производится практически аналогично. Рекуррентное соотношение для вычисления приближений корня по методу хорд имеет вид

$$x_k = \frac{cf(x_{k-1}) - x_{k-1}f(c)}{f(x_{k-1}) - f(c)},$$

где c — значение конца отрезка, для которого выполняется условие

$$f(c)f''(c) > 0.$$

В качестве начального приближения выбирается конец отрезка, оставшийся после выбора c . То есть если $c = a$, то начальным приближением корня выбирают b и наоборот.

Блок-схема алгоритма уточнения корней этим методом отличается от блок-схемы алгоритма уточнения корней методом касательных лишь списком вводимых исходных значений (блок 2) и рекуррентной формулой (блок 3).

Текст программы для уточнения корней заданного в условии задачи уравнения методом хорд, написанной на языке Pascal, может иметь следующий вид:

```
Program MetChord;  
var c,x,e,M:real;  
{Описание функции}  
function f(x:real):real;  
begin  
  f:=3*sin(sqrt(x))+x/15-1.8  
end;  
{Описание функции, реализующей алгоритм метода уточнения корней}  
function MCh(c,x,e,M:real):real;  
var x0:real;  
begin  
  repeat  
    x0:=x;  
    x:=(c*f(x0)-x0*f(c))/(f(x0)-f(c));  
  until abs(f(x))/M<=e;  
  MCh:=x;  
end;  
{Раздел операторов}
```

begin

writeln('Введите исходные данные с, x, e, M');

readln(c,x,e,M);

{Находим с помощью функции MCh уточненное значение корня и присваиваем его переменной x}

x:=MCh(c,x,e,M);

writeln('Уточненное значение корня x=',x:7:4);

readln;

end.

При уточнении корней методом деления отрезка пополам необходимо только отделить корни уравнения. Никаких других исследований проводить не требуется. Именно поэтому метод деления отрезка пополам, несмотря на более низкую скорость сходимости в сравнении с методами хорд и касательных, имеет не меньшую ценность при использовании персонального компьютера, так как часто позволяет получить результат гораздо быстрее, чем методы, требующие предварительного, порой изощренного анализа.

Блок-схема алгоритма уточнения корней методом деления отрезка пополам приведена на рисунке 1.5.

После ввода значений концов отрезка и допустимой погрешности (блок 2) в теле цикла с постусловием вычисляется приближение корня (блок 3). Затем в блоках 4 и 6 выполняется поиск отрезка, содержащего корень. Если выполняется условие $f(a)f(x) < 0$ (блок 4), то корень лежит на отрезке $[a; x]$ и значение правого конца этого отрезка x заносится в переменную b (блок 5); если это условие не выполняется, то проверяется условие $f(b)f(x) < 0$. Если оно выполняется, корень лежит на отрезке $[x; b]$ и значение левого конца этого отрезка x заносится в переменную a (блок 7). Если же ни одно из этих условий не выполняется, то, очевидно, $f(x) = 0$, т. е. x — точный корень уравнения, который и выводится.

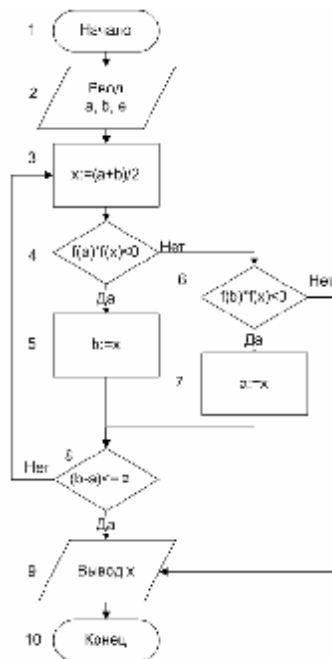


Рисунок 1.5 — Блок-схема алгоритма метода половинного деления

В блоке 8 осуществляется проверка условия достижения заданной точности вычислений корня, которое и является условием выхода из цикла. После окончания вычислений найденное значение корня выводится.

Пример программы для уточнения корней заданного в условии уравнения методом деления отрезка пополам, написанной на языке Pascal:

Program MetDOP;

var a,b,x,e:real;

{Описываем функцию}

function f(x:real):real;

begin

f:=3*sin(sqrt(x))+x/15-1.8

end;

{Описываем функцию, реализующую основной алгоритм}

function DOP(a,b,e:real):real;

label 1;

var x:real;

begin

repeat

x:=(a+b)/2;

if f(a)*f(x)<0 **then** b:=x

else

if f(b)*f(x)<0 **then** a:=x

else goto 1;

until (b-a)<=e;

1:

DOP:=x;

end;

{Раздел операторов}

begin

writeln('Введите исходные данные a, b, e');

readln(a,b,e);

{Уточним значение корня с помощью функции DOP и присвоим его переменной x}

x:=DOP(a,b,e);

writeln('Уточненное значение корня x=',x:7:4);

readln;

end.

Рекомендации по решению нелинейных уравнений в среде MathCad можно найти в [8] или [10].

ЗАДАНИЕ 2

Аппроксимация табулированных функций методом наименьших квадратов

1. Разработать алгоритм нахождения коэффициентов трех аппроксимирующих полиномов (многочленов) вида

$$P_n(x) = A_0 + A_1x + A_2x^2 + \dots + A_mx^n$$

для табулированной функции $y = f(x)$ в соответствии со своим вариантом. Исходные данные приведены в таблице 2.1 (см. с. 16—17). Степени полиномов указаны в таблице 2.2. Построить блок-схему алгоритма. Создать программу на языке Pascal (Delphi), реализующую разработанный алгоритм.

2. Рассчитать среднеквадратичные отклонения для каждого из трех случаев по формуле

$$d = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{40} (y(x) - y_i)^2}.$$

3. Построить графики трех полученных приближающих функций в одной системе координат. На графике должны содержаться исходные точки $(x_i; y_i)$.

4. Решить задачу средствами MathCad (Excel).

Примечание. При построении многочлена для функции $\ln y = f(x_i)$ необходимо данные $|y_i|$ линеализировать, прологарифмировав данные столбца.

Результаты решения задачи с помощью созданной программы и в среде MathCad (Excel) нужно представить в виде построенных с помощью найденных коэффициентов трех полиномов; таблицы, содержащей полученные с их помощью значения функции в точках x_i и среднеквадратичных отклонений.

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 2.2 (см. с. 17).

Т а б л и ц а 2.1 — Значения переменных x_i для построения многочлена $y = f(x)$
(исходные данные)

n	x_1	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
1	0,1	2,57	0,15	2,98	3,19	6,54	7,26
2	0,3	3,87	-0,01	3,45	1,59	6,63	7,95
3	0,5	5,67	0,46	3,84	0,4	6,83	8,77
4	0,7	8,39	1,71	3,87	0,22	7,34	9,72
5	0,9	12,9	3,94	3,24	1,95	8,44	10,78
6	1,1	20,47	7,4	1,73	6,84	10,48	12,45
7	1,3	32,84	12,41	-0,67	16,58	13,71	14,74
8	1,5	52,17	19,47	-3,78	33,4	18,7	18,18
9	1,7	81,1	29,21	-7,07	60,08	25,87	23,36
10	1,9	122,68	42,49	-9,62	100,1	35,76	30,99
11	2,1	180,44	60,43	-10,04	157,67	48,93	41,97
12	2,3	268,38	84,42	-6,39	237,83	65,97	57,38
13	2,5	360,93	116,18	3,89	346,5	87,52	78,45
14	2,7	493,01	157,8	24,08	490,6	114,23	106,65
15	2,9	660	211,78	58,21	678,09	146,8	143,64
16	3,1	867,76	281,04	111,19	918,06	185,93	191,28
17	3,3	1122,64	369	188,86	1220,08	232,35	251,71
18	3,5	1431,43	479,59	298,07	1597,9	286,78	327,27
19	3,7	1801,46	617,3	446,74	2062,29	349,99	420,58
20	3,9	2240,52	787,21	643,99	2928,34	422,73	534,52
21	4,1	2756,88	995,04	900,13	3311,95	505,74	672,24
22	4,3	3359,35	1247,17	1226,83	4130,59	599,78	837,2
23	4,5	4057,19	1550,71	1637,14	5103,4	705,6	1033,14
24	4,7	4860,21	1913,5	2145,58	6251,27	823,94	1264,13
25	4,9	5778,7	2344,18	2768,2	7596,91	955,52	1534,54
26	5,1	6823,5	2852,21	3532,71	9164,91	1101,05	1849,11
27	5,3	8005,85	3447,91	4428,49	10980,87	1261,21	2212,91
28	5,5	9337,7	4142,52	5506,72	13076,4	1436,67	2631,36
29	5,7	10831,38	4948,19	6780,41	15479,26	1628,06	3110,26
30	5,9	12499,79	5878,09	8274,53	18223,42	1835,97	3665,8

Окончание табл. 2.1

31	6,1	14356,37	6946,36	10016,04	21344,1	2060,97	4274,55
32	6,3	16415,09	8768,24	12033,99	24878,92	2303,59	4973,5
33	6,5	18690,45	9560,03	14359,59	28867,9	2564,29	5760,63
34	6,7	21197,51	11139,19	17026,29	33353,59	2843,52	6641,98
35	6,9	23951,86	12924,34	20069,86	38381,12	3141,65	7627,6
36	7,1	26969,66	14935,29	23528,45	43998,25	3459	8725,62
37	7,3	30267,6	17193,14	27442,7	50255,62	3795,83	9945,22
38	7,5	33862,96	19720,24	31855,77	57806,5	4152,36	11296,05
39	7,7	37773,55	22540,29	36813,46	64907,16	4528,7	12788,24
40	7,9	42017,77	25678,32	42364,27	73416,84	4924,93	14432,44

Т а б л и ц а 2.2 — Варианты индивидуальных заданий

Номер	Вид функции	Степень многочлена	Номер	Вид функции	Степень многочлена
1	$y_2 = f(x_1)$	2, 4, 6	14	$y_6 = f(y_2)$	2, 4, 5
2	$y_3 = f(x_1)$	2, 3, 4	15	$y_4 = f(y_3)$	3, 4, 6
3	$y_4 = f(x_1)$	3, 4, 7	16	$y_5 = f(y_3)$	3, 5, 7
4	$y_5 = f(x_1)$	3, 4, 6	17	$y_6 = f(y_3)$	2, 4, 6
5	$y_6 = f(x_1)$	2, 3, 5	18	$y_5 = f(y_4)$	2, 3, 4
6	$y_2 = f(y_1)$	2, 7, 8	19	$y_6 = f(y_4)$	3, 4, 7
7	$y_3 = f(y_1)$	3, 5, 6	20	$y_6 = f(y_5)$	3, 5, 7
8	$y_4 = f(y_1)$	3, 7, 8	21	$\ln y_2 = f(x_1)$	2, 4, 6
9	$y_5 = f(y_1)$	2, 5, 6	22	$\ln y_3 = f(x_1)$	2, 3, 4
10	$y_6 = f(y_1)$	3, 4, 5	23	$\ln y_4 = f(x_1)$	3, 4, 7
11	$y_3 = f(y_2)$	3, 4, 7	24	$\ln y_5 = f(x_1)$	2, 3, 4
12	$y_4 = f(y_2)$	3, 6, 7	25	$\ln y_6 = f(x_1)$	3, 4, 7
13	$y_5 = f(y_2)$	2, 3, 6			

Рекомендации по вычислению коэффициентов аппроксимирующего полинома

Предположим, что в результате эксперимента были получены данные, представленные в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Исходные данные

<i>x</i>	<i>y</i>
0,215	5,82
0,441	4,63
0,638	4,10
0,865	3,34
1,05	3,0
1,30	3,29
1,55	4,32
1,82	5,72

Вычислим коэффициенты аппроксимирующего полинома 3-й степени по методу наименьших квадратов и представим экспериментально полученную зависимость между *x* и *y* графически.

С теоретическими сведениями, касающимися полиномиальной аппроксимации по методу наименьших квадратов и реализации этого метода средствами MathCad можно познакомиться в [8].

Напишем программу на языке Pascal, вычисляющую коэффициенты аппроксимирующего полинома степени от 1 до 8. Чтобы избавиться от ручного ввода данных при отладке программы, сохраним построчно экспериментальные значения аргумента и функции в текстовых файлах *Xi.txt* и *Yi.txt* соответственно.

Содержимое файла *Xi.txt* будет иметь вид

0.215
0.441
0.638
0.865
1.05
1.30
1.55
1.82

Содержимое файла *Yi.txt*:

5.82
4.63
4.10
3.34
3.0
3.29
4.32
5.72

Разделителем целой и дробной частей должна быть точка. Файлы Xi.txt и Yi.txt должны быть помещены в папку создаваемой программы.

Основной алгоритм реализуем в отдельной процедуре. Решение системы линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов будет производиться по методу Гаусса.

Текст программы:

```
Program Approximation;
var n,m:integer;
{Процедура, реализующая основной алгоритм}
procedure Polynom(n,m:integer);
var T:array [0..16] of extended;
    C,A:array[0..8] of extended;
    B:array [0..8,0..9] of extended;
    DataX,DataY:text;
    StrXi,StrYi:string;
    i,j,k,s,Code:integer;
    Xi,Yi,Y,Bik,Delta:extended;
begin
    {Обнуляем массивы}
    for i:=0 to 16 do T[i]:=0;
    for i:=0 to 8 do begin
    C[i]:=0;
    A[i]:=0
    end;
    for i:=0 to 8 do
    for j:=0 to 9 do B[i,j]:=0;
    {Открываем файлы}
    assign(DataX,'Xi.txt');
    assign(DataY,'Yi.txt');
    reset(DataX);
    reset(DataY);
    {Вводим исходные данные из файлов}
    for i:=1 to m do begin
    readln(DataX,StrXi);
    readln(DataY,StrYi);
    val(StrXi,Xi,Code);
    val(StrYi,Yi,Code);
    {Вычисляем коэффициенты T и C}
    for j:=1 to 2*n do T[j]:=T[j]+exp(j*ln(Xi));
```

```

for j:=0 to n do C[j]:=C[j]+Yi*exp(j*ln(Xi));
end;
T[0]:=m;
{Закрываем файлы}
close(DataX);
close(DataY);
{Формируем расширенную матрицу системы уравнений}
for i:=0 to n do
for j:=0 to n do
B[i,j]:=T[j+i];
for i:=0 to n do B[i,n+1]:=C[i];
{Приводим ее к треугольному виду (прямой ход метода Гаусса)}
for k:=0 to n-1 do
for i:=k to n do begin
Bik:=B[i,k];
for j:=k to n+1 do
if i=k then B[i,j]:=B[i,j]/Bik
else B[i,j]:=B[i,j]/Bik-B[k,j];
end;
{Вычисляем и выводим коэффициенты (обратный ход метода Гаусса)}
writeln('Коэффициенты полинома степени ',n);
for i:=n downto 0 do
A[i]:=(B[i,n+1]-B[i,1]*A[1]-B[i,2]*A[2]-B[i,3]*A[3]-B[i,4]*A[4]-
B[i,5]*A[5]-B[i,6]*A[6]-B[i,7]*A[7]-B[i,8]*A[8])/B[i,i];
for i:=0 to n do
writeln('A[' ,i, ']=' ,A[i]);
{Вычисляем среднеквадратичное отклонение}
writeln('Среднеквадратичное отклонение');
{Открываем файлы}
reset(DataX);
reset(DataY);
Delta:=0;
{Считываем из файлов данные}
for i:=1 to m do begin
readln(DataX,StrXi);
readln(DataY,StrYi);
val(StrXi,Xi,Code);
val(StrYi,Yi,Code);
Y:=0;
{Вычисляем значение функции с помощью полинома}

```

```

for j:=0 to n do Y:=Y+A[j]*exp(j*ln(Xi));
  {Вычисляем сумму квадратов разностей экспериментального значения функции и
  рассчитанного с помощью полинома}
  Delta:=Delta+sqr(Y-Yi);
end;
  {Окончательное вычисление среднеквадратичного отклонения}
  Delta:=sqr(Delta/m);
  writeln('Дельта = ',Delta);
  {Закрываем файлы}
  close(DataX);
  close(DataY);
end;
  {Тело программы}
begin
  writeln('Введите степень полинома');
  readln(n);
  writeln('Введите количество точек');
  readln(m);
  {Вычисляем коэффициенты с помощью процедуры Polynom}
  Polynom(n,m);
  readln;
end.

```

Результат выполнения программы:

```

Введите степень полинома
4
Введите количество точек
8
Коэффициенты полинома степени 4
A[0]=6.47563
A[1]=-2.11271
A[2]=-6.64807
A[3]=6.86877
A[4]=-1.48356
Среднеквадратичное отклонение
Дельта = 0.08868

```

Таким образом, если точность коэффициентов ограничить тремя цифрами после запятой, искомая аппроксимирующая функция будет иметь вид

$$P(x) = 6,476 - 2,113x - 6,648x^2 + 6,869x^3 - 1,484x^4 .$$

С помощью данной программы можно вычислить коэффициенты аппроксимирующего полинома и другой степени (не меньшей 1 и не большей 8) при другом количестве экспериментальных точек.

Аналогичную процедуру можно реализовать и на Delphi.

Следует заметить, что для вычисления x^j в рассмотренной программе использовалась формула

$$x^j = e^{j \ln x} ,$$

которая приводит к ошибке при $x \leq 0$.

Так как степень, в которую возводится величина x , в данной задаче — целое число, то избежать ошибки можно, введя дополнительный цикл, в котором выполнялось бы возведение величины x в степень путем умножения самой на себя требуемое количество раз.

График найденной функции (1), содержащий и экспериментальные точки, можно построить средствами Excel. Примерный вид графика, построенного с шагом $h = \frac{1,82 - 0,215}{50}$, представлен на рисунке 2.1.

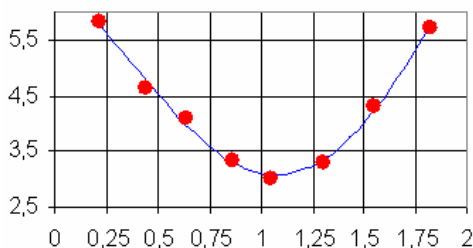


Рисунок 2.1 — График функции $P(x)$

ЗАДАНИЕ 3

Методы численного интегрирования и дифференцирования функций

1. Разработать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования функции $f_i(x)$. Варианты функции представлены в таблице 1.1 (с. 6—7) (параметр a положить равным 1). Пределы интегрирования функции равны $x_H = 2, x_K = 10$. Студенты, выполняющие четный вариант, при интегрировании реализуют метод Симпсона, нечетный вариант — метод трапеции. Построить блок-схемы алгоритмов.

2. Создать программы (программу) на языке Pascal (Delphi), реализующие разработанные алгоритмы. Рассчитать значение интеграла для различных шагов разбиения, построить график зависимости значения интеграла от количества шагов разбиения. Вычислить таблицу значений производной функции и построить ее график.

3. Решить задачу средствами MathCad (Excel).

Примечание. Результаты решения задачи с помощью программы и в среде MathCad (Excel) нужно представить в виде таблицы, содержащей полученные значения производной функции; таблицы, содержащей значения интеграла для разных шагов разбиения.

Рекомендации по решению задачи численного интегрирования и дифференцирования

Пусть необходимо вычислить интеграл функции $f(x) = x \sin x$ на отрезке $[0; 5]$ по методу Симпсона и построить таблицу значений первой производной этой функции.

Этап 1. Вычисление определенного интеграла

Рассмотрим блок-схему алгоритма вычисления определенного интеграла методом Симпсона (рис. 3.1, см. с. 24). В блоке 2 осуществляется ввод концов отрезка (a и b), количества промежутков разбиения исходного отрезка (n) и максимальное значение модуля четвертой производной функции $f(x)$ на отрезке $[a; b]$ (M). Затем вычисляется шаг и два слагаемых формулы Симпсона (блок 3). В цикле с заданным числом повторений для всех значений x (кроме $x_0 = a$ и $x_n = b$) проверяется условие

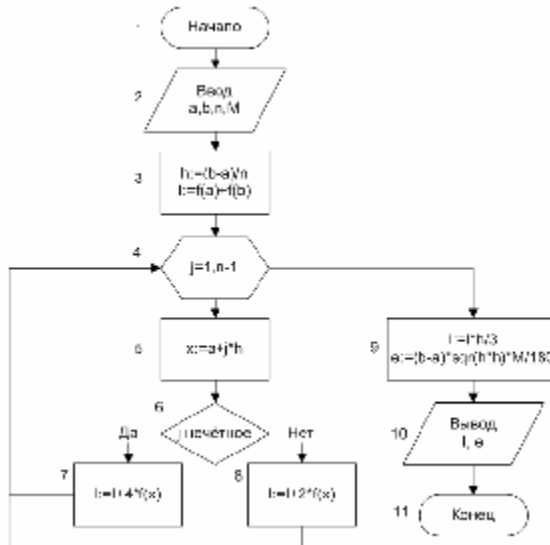


Рисунок 3.1 — Блок-схема алгоритма интегрирования методом Симпсона

нечетности точки (блок 6). Если для некоторого x_j индекс j нечетный, то значение функции в этой точке, в соответствии с формулой Симпсона, добавляется к величине I с коэффициентом 4 (блок 7), если j — четное, то с коэффициентом 2 (блок 8). После окончания цикла значение I умножается на $h/3$, и рассчитывается максимально возможная погрешность вычислений e (блок 9). Затем найденные значения I и e выводятся.

Программа, написанная на языке Pascal, реализующая данный алгоритм, имеет следующий вид:

```

Program Integral;
var a,b,h,M,I,x,e:real;
    j,n:integer;
function f(x:real):real;
begin
    f:=x*sin(x);
end;
begin
    writeln('Введите концы отрезка a, b ');
  
```

```

readln(a,b);
writeln('Введите число отрезков разбиения для вычисления интеграла n: ');
readln(n);
writeln('Введите максимальное значение модуля 4-й производной M: ');
readln(M);
h:=(b-a)/n;
I:=f(a)+f(b);
for j:=1 to n-1 do begin
  x:=a+j*h;
  if odd(j)=true then I:=I+4*f(x)
  else I:=I+2*f(x);
end;
I:=I*h/3;
e:=(b-a)*sqr(h*h)*M/180;
writeln('Значение интеграла I=',I:7:5);
writeln('Погрешность не превышает ',e);
readln;
end.

```

Результат выполнения программы:

Введите концы отрезка a, b:

0

5

Введите число отрезков разбиения для вычисления интеграла n:

200

Введите максимальное значение модуля 4-й производной M:

10

Значение интеграла I=-2.37724

Погрешность не превышает 1.08506944444E-07

В рассмотренном примере погрешность вычисления интеграла рассчитывалась по формуле

$$R \leq \frac{(b-a)h^4}{180} M,$$

где $M = \max |f^{IV}(x)|, a \leq x \leq b.$

В данном примере производная 4-й степени функции $f^{IV}(x) = -4\cos x + x\sin x$. Модуль ее максимального значения не превышает 10.

Если функция $f(x)$ не имеет производной 4-й степени либо если для ее вычисления требуются очень громоздкие преобразования, для оценки погрешности вычисления интеграла можно воспользоваться приближенной формулой, описанной, например, в [7, с. 291].

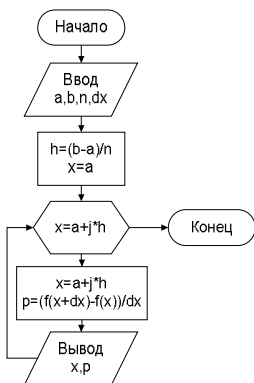


Рисунок 3.2 — Блок-схема алгоритма вычисления производной функции

Этап 2. Вычисление таблицы значений первой производной функции

Для вычисления таблицы значений производной воспользуемся приближенной формулой

$$f'(x) \approx \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x},$$

позволяющей рассчитать приближенное значение первой производной функции в точке x с высокой степенью точности при малых Δx .

Алгоритм вычислений прост, поэтому ограничимся только приведением его блок-схемы (рис. 3.2).

ЗАДАНИЕ 4

Решение дифференциальных уравнений

1. Разработать алгоритм решения дифференциального уравнения вида $y' = f(x, y)$ методом Рунге-Кутты. Варианты функций $f(x, y)$ представлены в таблице 1.1 (с. 6—7) и должны быть сформулированы по правилу $a = y$.

Граничные условия выбрать с учетом формул:

$$x_0 = \frac{n+1}{25}; \quad x_n = \frac{n+1}{25} + 2;$$

$$y_0 = \frac{n+4}{25};$$

$$k = \begin{cases} 3n+20, & n \leq 10 \\ 3n-5, & n > 10 \end{cases},$$

где n — вариант задания. Уравнение решается на отрезке $[x_0; x_n]$ при разбиении его на k равных частей. Точность вычислений $\epsilon = 1,0 \cdot 10^{-5}$. Создать блок-схему алгоритма.

2. Создать программу на языке Pascal (Delphi), реализующую разработанный алгоритм. Программа должна вычислять таблицу значений функции $y = f(x)$ при трех различных шагах разбиения. Один из них — k , два других выбрать самостоятельно.

3. С помощью программы исследовать влияние числа разбиений k на вид решения $y_i(x)$.

4. Построить графики функции $y = f(x)$ для трех случаев (отличающихся количеством отрезков разбиения).

5. Решить задачу средствами MathCad (Excel).

Примечание. Результаты решения задачи с помощью программы и в среде MathCad (Excel) нужно представить в виде таблицы, содержащей полученные значения функции $y = f(x)$ и таблицы, содержащей значения интеграла для разных шагов разбиения.

Рекомендации по решению обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты

Блок-схема алгоритма простейшей реализации метода Рунге-Кутты представлена на рисунке 4.1 (см. с. 28). В блоке 2 осуществляется ввод концов отрезка $[x_0; x_n]$, значение функции $y_0 = y(x_0)$ и количество промежутков разбиения n . Далее производится присваивание переменным x_i и y_i , хранящим текущее значение аргумента и функции, начальных значений и рассчитывается шаг h (блок 3). Затем эти значения выводятся. После этого в цикле с предусловием по методу Рунге-Кутты вычисляется значение функции и аргумента в следующей точке (блок 5), которые затем и выводятся (блок 7).

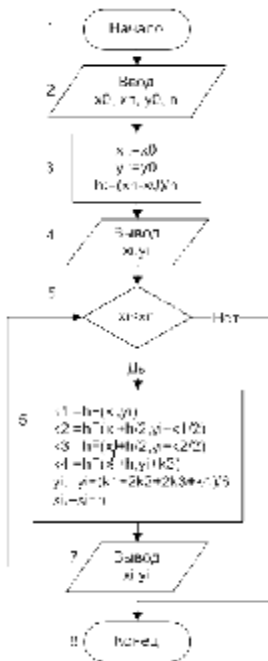


Рисунок 4.1 — Блок-схема алгоритма решения ОДУ методом Рунге-Кутты четвертого порядка

Замечания:

1. Функция $F(x,y)$ представляет правую часть обыкновенного дифференциального уравнения вида $y' = F(x, y)$. Если уравнение имеет более высокий порядок, то прибегают к использованию метода понижения производной (см. литературу по численным методам).

2. Если функция $y(x)$ на каком-нибудь промежутке нарастает очень быстро, то имеет смысл доработать данный алгоритм, добавив в него проверку условия

$$\left| \frac{k_2 - k_3}{k_1 - k_2} \right| \leq 0,05.$$

При невыполнении этого условия шаг нужно уменьшить вдвое, повторить вычисление слагаемых k_1, k_2, k_3, k_4 и проверку условия (1) и т. д. Такая модификация метода позволит существенно увеличить его точность.

3. Данный алгоритм не предусматривает ни оценки погрешности вычисляемых значений, ни погрешности метода в целом, поэтому при необходимости такой оценки он должен быть доработан.

Ниже приведен текст программы на языке Pascal, реализующей данный алгоритм для уравнения $y' = y^2 + \frac{1}{2x^2}$.

Program MRK;

var x0,xn,y0,h,x,y,k1,k2,k3,k4:real;

n,j:integer;

{Описываем функцию}

function F(x,y:real):real;

begin

F:=y*y+1/(2*x*x);

end;

{Тело программы}

begin

writeln('Введите концы отрезка x0, xn: ');

readln(x0,xn);

writeln('Введите начальное значени функции y0:');

readln(y0);

```

writeln('Введите число отрезков разбиения n: ');
readln(n);
h:=(xn-x0)/n;
writeln('Таблица значений функции');
writeln('-----');
writeln(' x | y(x) ');
writeln('-----');
writeln(x0:7:3,' | ',y0:7:5);
x:=x0; y:=y0;
for j:=1 to n do begin
  {Приостанавливаем выполнение программы до нажатия клавиши Enter после вы-
  вода каждые 10 значений}
  if j mod 10 = 0 then readln;
  k1:=h*F(x,y);
  k2:=h*F(x+h/2,y+k1/2);
  k3:=h*F(x+h/2,y+k2/2);
  k4:=h*F(x+h,y+k3);
  y:=y+(k1+2*k2+2*k3+k4)/6;
  x:=x+h;
  writeln(x:7:3,' | ',y:7:5);
end;
readln;
end.

```

Проверить результаты работы программы можно введя следующие данные: $x_0 = 1$, $x_n = 1,5$, $y_0 = 0,9$ и произвольное количество шагов n .

Оценить погрешность вычисления некоторого y_n можно по приближенной формуле Рунге [7, с. 334].

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Содержание курсовой работы

Курсовая работа должна быть логичной, научной по своему содержанию, в ней в систематизированной форме должны быть изложены материалы проведенного исследования и его результаты.

В названии курсовой работы (проекта) следует избегать использования усложненной терминологии и сокращений, аббревиатур.

Текст работы (пояснительной записки проекта) должен демонстрировать:

- знакомство автора с основной литературой вопроса;
- умение выделить проблему и определить методы ее решения;
- умение последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов;
- владение существующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение функциональным стилем научного изложения.

Курсовая работа должна состоять из следующих частей:

- титульного листа;
- реферата;
- оглавления;
- введения;
- основной части (разделов и подразделов);
- заключения;
- списка использованных источников;
- приложения.

Титульный лист является первой страницей работы и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска работы. На титульном листе (см. приложение А) приводятся следующие сведения:

- полное наименование вышестоящей организации, вуза, факультета, кафедры;
- тема курсовой работы;
- дисциплина;
- фамилия, имя, отчество, группа студента;
- фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание научного руководителя;

– место и год выполнения курсовой работы.

В реферате указываются:

- сведения об объеме курсовой работы;
- количестве таблиц, иллюстраций, использованных источников, приложений;
- перечень ключевых слов (от 5 до 15), которые в наибольшей степени характеризуют содержание работы и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и оформляются прописными буквами, в строчку, через запятую;
- объект исследования, цель работы, методы исследования, полученные результаты, их новизна и практическая значимость.

Оглавление включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и номера страниц, с которых начинаются эти элементы курсовой работы.

Во введении (объем — две-три страницы) раскрывается актуальность и новизна темы, ее научная и практическая значимость, основные направления исследования, формулируются цели и задачи исследования, указываются предмет и объект исследования, а также характеризуются источники и материалы, использованные в процессе исследования.

Основная часть курсовой работы, как правило, состоит из теоретического и практического разделов.

Основная часть должна содержать данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненного исследования:

- выбор направления исследования, включающий обоснование принятого направления исследования, метода решения задач и их сравнительную оценку, разработку общей методики исследования;

- теоретические и (или) экспериментальные исследования, включающие определение характера и содержания теоретических исследований, методов исследований;

- обобщения и оценку результатов исследования, включающие оценку полноты решения поставленной задачи и предложения по дальнейшим направлениям работы, оценку достоверности полученных результатов и их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ.

Основную часть курсовой работы следует делить на разделы. Разделы могут включать в себя пункты или подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Каждый подпункт должен содержать законченную информацию.

В заключении (объем — не менее двух страниц) подводятся итоги работы, делаются выводы, приводятся рекомендации по конкретному использованию результатов курсовой работы.

Заключение должно быть кратким, обстоятельным и соответствовать поставленным целям и задачам.

Если в курсовой работе используется специфическая терминология, мало-распространенные сокращения, аббревиатуры, условные обозначения и тому подобное, их объединяют в перечень условных обозначений и сокращений (помещается перед введением), располагают в алфавитном порядке в виде колонки, а справа от них приводят их расшифровку.

В случае повторения в курсовой работе специальных терминов, сокращений, аббревиатур, условных обозначений и тому подобного менее пяти раз их расшифровку приводят в тексте при первом упоминании.

Содержание курсовой работы (проекта) должно соответствовать требованиям, предъявляемым кафедрами.

Рекомендуемый объем курсовых работ — 30—35 печатных страниц. Приложения не входят в указанный объем.

Курсовая работа (проект) должна быть подписана автором на последнем листе работы.

Правила оформления курсовой работы

Данные правила соответствуют Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации (утверждена постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь 22 февраля 2006 г. № 2).

Работа (проект) выполняется машинописным способом или с применением печатающих устройств ЭВМ на белой бумаге формата А4 (210 x 297 мм). При компьютерном наборе текста следует использовать текстовый редактор Microsoft Word со следующими параметрами: шрифт — Times New Roman, 14 пунктов, выравнивание текста — по ширине, междустрочный интервал — полуторный, отступ для первой строки абзаца — 1,25 мм (5 пробелов), поля: левое — 30 мм, правое — 15 мм, верхнее — 25 мм, нижнее — 20 мм. Это составляет 1 800 знаков на странице, включая пробелы, знаки препинания, т. е. 60—64 знака в строке, 28—30 строк на странице.

В исключительном случае курсовая работа может быть выполнена от руки аккуратным почерком с соблюдением указанных выше параметров страницы.

Текст основной части курсовой работы делят на главы, разделы, подразделы, пункты.

Заголовки структурных частей курсовой работы «РЕФЕРАТ», «ОГЛАВЛЕНИЕ», «ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ», «ВВЕДЕНИЕ», «ГЛАВА», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЯ» печатают прописными буквами в середине строк, используя полужирный шрифт на один-два пункта больше, чем шрифт основного текста. Так же печатают заголовки глав.

Заголовки разделов печатают строчными буквами (кроме первой прописной) с абзацного отступа полужирным шрифтом на один-два пункта больше, чем шрифт основного текста.

Заголовки подразделов печатают с абзацного отступа строчными буквами (кроме первой прописной) полужирным шрифтом основного текста. Пункты, как правило, заголовков не имеют. При необходимости заголовков пункта печатают с абзацного отступа полужирным шрифтом основного текста в подбор к тексту.

В конце заголовков глав, разделов и подразделов точку не ставят. Если заголовок состоит из двух или более предложений, их разделяют точкой (точками). В конце заголовка пункта ставят точку.

Расстояние между заголовком (за исключением заголовка пункта) и текстом должно составлять два-три межстрочных интервала. Если между двумя заголовками текст отсутствует, то расстояние между ними устанавливается в полтора-два межстрочных интервала. Расстояние между заголовком и текстом, после которого заголовок следует, может быть больше, чем расстояние между заголовком и текстом, к которому он относится.

Каждую структурную часть курсовой работы (проекта) следует начинать с нового листа.

Нумерация страниц дается арабскими цифрами. Первой страницей курсовой работы (проекта) является титульный лист, который включают в общую нумерацию страниц. На титульном листе номер страницы не ставят, на последующих листах номер проставляют в центре нижней части листа без точки в конце.

Нумерация глав, разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц, формул, уравнений дается арабскими цифрами без знака «№».

Номер главы ставят после слова «ГЛАВА». Разделы «РЕФЕРАТ», «ОГЛАВЛЕНИЕ», «ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЯ» не имеют номеров. Не нумеруют и подразделы раздела «Общая характеристика работы».

Разделы нумеруют в пределах каждой главы. Номер раздела состоит из номера главы и порядкового номера раздела, разделенных точкой.

Подразделы нумеруют в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из порядковых номеров главы, раздела, подраздела, разделенных точками.

Пункты нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из порядковых номеров главы, раздела,

подраздела, пункта, разделенных точками. Номера пунктов выделяют полужирным шрифтом.

Заголовок главы печатают с новой строки, следующей за номером главы. Заголовки разделов, подразделов, пунктов приводят после их номеров через пробел. Пункт может не иметь заголовка.

В конце нумерации глав, разделов, подразделов, пунктов, а также их заголовков точку не ставят.

Иллюстрации (фотографии, рисунки, чертежи, схемы, диаграммы, графики, карты и другое) и таблицы служат для наглядного представления в курсовой работе характеристик объектов исследования, полученных теоретических и (или) экспериментальных данных и выявленных закономерностей. Не допускается одни и те же результаты представлять в виде иллюстрации и таблицы.

Иллюстрации и таблицы следует располагать в курсовой работе (проекте) непосредственно на странице с текстом после абзаца, в котором они упоминаются впервые, или отдельно на следующей странице. Они должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота курсовой работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах курсовой работы, включают в общую нумерацию страниц. Если размеры иллюстраций и таблиц больше формата А4, их размещают на листе формата А3. Такой лист учитывают как одну страницу.

Иллюстрации и таблицы обозначают соответственно словами «рисунок» и «таблица» и нумеруют последовательно в пределах каждой главы. На все таблицы и иллюстрации должны быть ссылки в тексте курсовой работы. Слово «рисунок», «таблица» в подписях к рисунку, таблице и в ссылках на них не сокращают.

Номер иллюстрации (таблицы) должен состоять из номера главы и порядкового номера иллюстрации (таблицы), разделенных точкой. Если в курсовой работе (проекте) приведено лишь по одной иллюстрации (таблице), то их нумеруют последовательно в пределах работы в целом.

Иллюстрации должны быть выполнены с помощью компьютерной техники либо чернилами, тушью или пастой черного цвета на белой непрозрачной бумаге. Качество иллюстраций должно обеспечивать возможность их четкого копирования. Допускается использовать в качестве иллюстраций распечатки с приборов, а также иллюстрации в цветном исполнении.

В курсовой работе (проекте) допускается использование как полных фотографий, так и распечаток цифровых фотографий. Фото-

снимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги. На оборотной стороне каждой наклеиваемой иллюстрации проставляется номер страницы, на которую она наклеивается.

Иллюстрации, как правило, имеют наименование и пояснительные данные (подрисучный текст), располагаемые по центру страницы.

Пояснительные данные помещают под иллюстрацией, а со следующей строки — слово «Рисунок», номер и наименование иллюстрации, отделяя знаком тире номер от наименования. Точку в конце нумерации и наименования иллюстрации не ставят. Не допускается перенос слов в наименовании рисунка.

Слово «Рисунок», его номер и наименование иллюстрации печатают полужирным шрифтом, причем слово «Рисунок», его номер, а также пояснительные данные к нему — шрифтом на один-два пункта меньше шрифта основного текста.

Цифровой материал курсовой работы (проекта) оформляют в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь краткий заголовок, который состоит из слова «Таблица», ее порядкового номера и названия, отделенного от номера знаком тире. Заголовок следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа.

При оформлении таблиц необходимо руководствоваться следующими правилами:

- основной шрифт таблицы — на один-два пункта меньше, чем основной шрифт текста;

- не следует включать в таблицу графу «Номер по порядку». При необходимости нумерации показателей, включенных в таблицу, порядковые номера указывают в боковике таблицы непосредственно перед их наименованием;

- таблицу с большим количеством строк допускается переносить на следующий лист. При переносе части таблицы на другой лист ее заголовки указывают один раз над первой частью, слева над другими частями пишут слово «Продолжение». Если в работе несколько таблиц, то после слова «Продолжение» указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1.2»;

- таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы, повторяя в каждой части таблицы боковик. Заголовок таблицы помещают только над первой ее частью, а над остальными пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием ее номера;

– таблицу с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, отделяя их друг от друга двойной линией и повторяя в каждой части головку таблицы. При большом размере головки допускается не повторять ее во второй и последующих частях, а заменять соответствующими номерами граф. При этом графы нумеруют арабскими цифрами;

– если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух или более слов, то его заменяют словами «То же» при первом повторении, а далее — кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических, физических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк;

– заголовки граф и строк следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф — со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они имеют самостоятельное значение. Допускается нумеровать графы арабскими цифрами, если необходимо давать ссылки на них по тексту работы;

– заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается располагать заголовки граф параллельно графам таблицы.

– головка таблицы отделяется линией от остальной ее части. Слева, справа и снизу таблица также ограничивается линиями. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки и графы таблицы, могут не проводиться, если это не затрудняет ее чтение;

– не допускается разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями;

– в случае прерывания таблицы и переноса ее части на следующую страницу в конце первой части таблицы нижняя, ограничивающая ее черта, не проводится.

Формулы и уравнения в работе (если их более одной) нумеруют в пределах главы. Номер формулы (уравнения) состоит из номера главы и порядкового номера формулы (уравнения) в главе, разделенных точкой. Номера формул (уравнений) пишут в круглых скобках у правого поля листа на уровне формулы (уравнения).

При оформлении формул и уравнений необходимо соблюдать следующие правила:

– формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку;

– выше и ниже каждой формулы и уравнения оставляется по одной свободной строке;

– если формула или уравнение не умещаются в одну строку, они должны быть перенесены после знака равенства (=) или после знаков «плюс» (+), «минус» (–), умножения (×) и деления (:). При этом повторяют знак в начале следующей строки;

– ссылки на формулы по тексту работы (проекта) дают в скобках;

– пояснение значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу или уравнение, следует приводить непосредственно под формулой или уравнением в той же последовательности, в какой они даны в формуле (уравнении). Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слов «где» без двоеточия.

При необходимости следует давать пояснения или справочные данные к содержанию иллюстрации (таблицы) или к тексту непосредственно в виде примечаний, которые приводят непосредственно под ними. Если примечание одно, то после слова «Примечание», написанного с абзачного отступа, ставится тире и с прописной буквы излагается примечание. В случае нескольких примечаний каждое из них печатается с новой строки с абзачного отступа и нумеруется арабскими цифрами.

Слово «Примечания» и их содержание печатаются шрифтом на один-два пункта меньше шрифта основного текста.

Автор работы (проекта) обязан давать ссылки на источники, материалы или отдельные результаты из которых приводятся в его работе или на идеях и выводах которых разрабатываются проблемы, задачи, вопросы, изучению которых посвящена работа (проект).

При использовании сведений из источника с большим количеством страниц автор работы (проекта) должен указать в том месте работы (проекта), где дается ссылка на этот источник, номера страниц, иллюстраций, таблиц, формул, уравнений, на которые дается ссылка. Например: «[14, с. 26, таблица 2]» (14 — номер источника в списке использованных источников, 26 — номер страницы, 2 — номер таблицы).

Ссылки на источники в тексте работы (проекта) осуществляются путем приведения номера в соответствии со списком использованных источников. Номер источника по списку заключается в квадратные скобки или помещается между двумя косыми чертами.

Сведения об использованных в курсовой работе (проекте) источниках приводятся в разделе «Список использованных источников» в алфавитном порядке фамилий первых авторов и (или) заглавий.

Сведения об источниках печатают с абзацного отступа, после номера точку не ставят. Содержание сведений об источниках должно соответствовать ГОСТ 7.1-2003. Примеры оформления сведений об источниках различного вида приведены в Положении о курсовых работах (проектах) № 01-01.

Раздел «Приложения» оформляют в конце рукописи либо в виде отдельной части (книги). Располагают приложения в порядке появления ссылок на них в тексте работы (проекта). Не допускается включение в приложение материалов, на которые отсутствуют ссылки в тексте работы (проекта).

Каждое приложение следует начинать с нового листа с указанием в правом верхнем углу слова «ПРИЛОЖЕНИЕ», напечатанного прописными буквами. Приложение должно иметь содержательный заголовок, который размещается с новой строки по центру листа с прописной буквы.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А (за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь). Допускается обозначать приложения буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

При оформлении приложений отдельной частью (книгой) на титульном листе под названием курсовой работы (проекта) печатают прописными буквами слово «ПРИЛОЖЕНИЯ».

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на разделы и подразделы, которые нумеруются в пределах каждого приложения, при этом перед номером раздела (подраздела) ставится буква, соответствующая обозначению приложения (например: А 1.2 — второй подраздел первого раздела приложения А). Так же нумеруются в приложении иллюстрации, таблицы, формулы и уравнения.

Более подробно требования к содержанию и оформлению курсовой работы и ее частей приведены в Положении о курсовых работах (проектах) № 01-01.

ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ И ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Защита курсовой работы (проекта) является особой формой проверки глубины осмысления изученного материала, эффективным способом выработки и демонстрации навыков научных выступлений, умения кратко, аргументированно и четко излагать представленный в работе материал.

Защита курсовой работы (проекта) принимается комиссией в составе двух-трех человек, назначаемых заведующим кафедрой. В состав комиссии входит непосредственный руководитель курсовой работы (проекта). Допускается защита работы (проекта) без присутствия руководителя, но при наличии его рецензии.

Состав комиссии, порядок и формы ее работы определяются заведующим кафедрой и доводятся до сведения студентов, руководителей курсовых работ и членов комиссий не позднее чем за неделю до защиты.

Защита состоит из краткого (8—10 мин) выступления студента по выполненной курсовой работе (проекту), ответов на вопросы присутствующих.

Одной из форм аттестации по курсовым работам является дифференцированный зачет.

Кафедры определяют критерии оценивания курсовых работ (проектов) и доводят их до сведения студентов в начале семестра.

Оценка за курсовую работу (проект) выставляется по результатам защиты в ведомость и зачетную книжку студента (неудовлетворительная оценка — только в ведомость) и заверяется подписями членов комиссии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовую работу (проект) или не защитивший ее по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность по дисциплине.

Деканат ведет учет результатов защиты курсовых работ (проектов). В случае недопуска к защите курсовой работы или получения неудовлетворительной оценки по результатам защиты студент не допускается к экзаменационной сессии, а в случае студентов заочной формы обучения — к сдаче соответствующего экзамена и считается имеющим академическую задолженность по дисциплине.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волков, Е. А.* Численные методы : учеб. пособие для вузов / Е. А. Волков. — 3-е изд., испр. — СПб. : Лань, 2004. — 256 с.
2. *Голицына, О. Л.* Основы алгоритмизации и программирования : учеб. пособие / О. Л. Голицына, И. И. Попов. — М. : ФОРУМ, 2004. — 432 с.
3. *Гусак, А. А.* Математический анализ и дифференциальные уравнения : справ. пособие к решению задач / А. А. Гусак. — Минск : ТетраСистемс, 2003. — 416 с.
4. *Зильберглейт, М. А.* Методика и техника подготовки курсовых и дипломных работ : пособие для студентов высших учеб. заведений технолог. специальностей / М. А. Зильберглейт, Л. И. Петрова. — Минск : Беларуская навука, 2003. — 318 с.
5. Информатика : метод. указания и задания к лаб. работам для студентов специальностей 40 01 02, 36 01 03, 36 01 01 : в 4 ч. / сост. : О. И. Наранович, С. Г. Скобля. — Барановичи, 2005. — Ч. 3. — 40 с.
6. *Культин, Н. Б.* Основы программирования в Delphi 7 / Н. Б. Культин. — СПб. : БХВ — Петербург, 2003. — 608 с.
7. *Лапчик, М. П.*, Численные методы : учеб. пособие для студентов вузов / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. Е. Хеннер ; под ред. М. П. Лапчика. — М. : Академия, 2004. — 384 с.
8. *Макаров, Е. Г.* Инженерные расчеты в MathCad : учебный курс / Е. Г. Макаров. — СПб. : Питер, 2005. — 448 с.
9. *Офицеров, Д. В.* Программирование в интегрированной среде Турбо-Паскаль : справ. пособие / Д. В. Офицеров, В. А. Старых. — Минск : Беларусь, 1992. — 240 с.
10. *Плис, А. И.* MathCad. Математический практикум для инженеров и экономистов : учеб. пособие / А. И. Плис, Н. А. Сливина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Финансы и статистика, 2003. — 656 с.
11. Справочное пособие по приближенным методам решения задач высшей математики / Л. И. Бородич [и др.]. — М. : Высш. шк., 1986. — 189 с.
12. *Фаронов, В. В.* Delphi. Программирование на языке высокого уровня : учеб. для вузов / В. В. Фаронов. — СПб. : Питер, 2005. — 640 с.
13. *Фаронов, В. В.* Турбо Паскаль 7.0 : Практика программирования : учеб. пособие / В. В. Фаронов. — М. : Нолидж, 1997. — 432 с.

**Образец оформления титульного листа
курсовой работы**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет _____

Кафедра _____

Дата регистрации работы в деканате _____

Дата регистрации работы на кафедре _____

Отметка о допуске к защите _____

Оценка за защиту _____

КУРСОВАЯ РАБОТА (КУРСОВОЙ ПРОЕКТ)

по дисциплине _____

Тема: _____

Исполнитель:

(студент(ка), курс, группа)

(Ф. И. О.)

Руководитель:

(ученое звание, ученая степень, должность)

(Ф. И. О.)

**Образец оформления рецензии
на курсовую работу**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

РЕЦЕНЗИЯ

на курсовую работу (проект)
(регистрационный № ____)

студента _____

(Ф. И. О.)

Факультет _____

Курс _____

Дисциплина _____

Рецензент _____

(Ф. И. О.)

Дата получения работы для рецензирования _____

Дата возвращения работы после рецензирования _____

Оценка _____ Подпись преподавателя-рецензента _____

Текст рецензии _____

**Образец оформления реферата
к курсовой работе**

РЕФЕРАТ

Курсовая работа: 30 с., 3 рис., 4 табл., 21 источник, 3 прил.

ИНТЕГРАЛ, ПРОИЗВОДНАЯ, ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННОЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ, МЕТОД СИМПСОНА.

Объектом и предметом исследования является

Цель работы

При выполнении работы использованы методы

В процессе работы проведены следующие исследования и разработки

Элементами научной новизны полученных результатов являются

Областью возможного практического применения являются

Технико-экономическая и социальная значимость

Автор подтверждает, что приведенный в работе расчетно-аналитический материал правильно и объективно отражает состояние исследуемого процесса, а все заимствованные из литературных и других источников теоретические, методологические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

(подпись студента)

Учебное издание

Наранович Оксана Ивановна
Скобля Сергей Геннадьевич

ИНФОРМАТИКА

**Задания и методические указания
по выполнению, оформлению и защите курсовых работ
для студентов специальностей**

1-40 01 02 Информационные системы и технологии,

1-36 01 01 Технология машиностроения,

**1-36 01 03 Технологическое оборудование
машиностроительного производства,**

**1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов
и производств инженерного факультета**

Часть 4

Технический редактор: *О. И. Ющук*
Компьютерная верстка *А. В. Гутьричка*

Ответственный за выпуск: *Е. Г. Хохол*

Подписано в печать 17.12.2007.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 2,55. Уч.-изд. л. 2,44.
Заказ 302. Тираж экз.

ЛИ 02330/0133468 от 09.02.2005

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Барановичский государственный университет»
225404 г. Барановичи, ул. Войкова, 21