# КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

по «МЕТОДАМ ВЫЧИСЛЕНИЙ»

для студентов 4 **курса заочной формы** обучения на 2018/19 уч.год

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

## Тема 4 РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

**Прямые** методы решения системы линейных алгебраических уравнений.
Решить систему уравнений:

$$(9+k)x_1+2x_2+3x_3=21+k$$
$$2x_1+(8+k)x_2+4x_3=34+3k$$
$$3x_1+4x_2+(12+k)x_3=39+2k,$$

$$k = 0.5n + \frac{g-n}{g+n}$$

где $n$ – номер варианта, исходя из списка по журналу, $g$ – номер года

**Задание 4.1:** Методом Гаусса по схеме единственного деления.
**Задание 4.2:** Методом Гаусса с выбором главного элемента по всей матрице.
**Задание 4.3:** По схеме Халецкого.
**Задание 4.4:** Методом квадратного корня.
**Задание 4.5:** Вычислить определитель матрицы по алгоритмам п.п. 4.1,4.3,4.4.

**Итерационные** методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

**Задание 4.6:** Для приведенной выше системы алгебраических уравнений найти ее решение методом простой итерации с точностью $\varepsilon=10^{-3}$.
**Задание 4.7:** Для приведенной выше системы алгебраических уравнений найти ее решение методом Зейделя с точностью $\varepsilon=10^{-3}$.
**Задание 4.8:** Для приведенной выше системы алгебраических уравнений определить условия сходимости методов простой итерации и Зейделя.
**Задание 4.9:** Для решения приведенной выше системы алгебраических уравнений методами простой итерации и Зейделя сделать шесть итераций.
**Задание 4.10:** Для требуемой точности вычислений $\varepsilon=10^{-3}$ определить необходимое количество итераций "***K***" и вычислить его.

## Тема 5 ВЫЧИСЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ИСОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ МАТРИЦ

**Прямые м**етоды решения проблемы собственных значений.
**Задание 5.1:** Для матрицы А из задания 4.1 определить собственные значения и отвечающие им собственные вектора методом Крылова.
**Задание 5.2:** Для матрицы А из задания 4.3 определить собственные значения и отвечающие им собственные вектора методом Данилевского.

**Итерационные м**етоды решения проблемы собственных значений.

**Задание 5.3:** Найти собственные значения и отвечающие им собственные вектора методом Якоби.

**Задание 5.4:** Найти наибольшее первое и второе собственные значения и отвечающие им собственные вектора методом итераций.

## Тема 6 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Одношаговые решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Постановка задачи. Используя приближенные методы составить таблицу приближенных значений интеграла дифференциального уравнения $y' = f(x, y)$, удовлетворяющего начальным условиям $y(x_0) = y_0$ на отрезке $[a, b]$; шаг $h = 0.1$. Все вычисления вести с четырьмя десятичными знаками. Правую границу уменьшить для получения решения в 6 точках.

**Задание 6.1:** Используя метод Эйлера решить сформулированную выше задачу.

**Задание 6.2:** Используя усовершенствованный метод Эйлера решить сформулированную выше задачу.

**Задание 6.3:** Используя метод Эйлера-Коши решить сформулированную выше задачу.

**Задание 6.4:** Используя метод Рунге-Кутта решить сформулированную выше задачу.

**Задание 6.5:** Методом Адамса продолжить решение по экстраполяционной формуле в точках 4,5,6.

*Варианты*:

1) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{5}}$, $y_0(1.8) = 2.6, x \in [1.8; 2.8]$

2) $y' = x + \cos\frac{y}{3}$, $y_0(1.6) = 4.6, x \in [1.6; 2.6]$

3) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{10}}$, $y_0(0.6) = 0.8, x \in [0.6; 1.6]$

4) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{7}}$, $y_0(0.5) = 0.6, x \in [0.5; 1.5]$

5) $y' = x + \cos\frac{y}{\pi}$, $y_0(1.7) = 5.3, x \in [1.7; 2.7]$

6) $y' = x + \cos\frac{y}{2.25}$, $y_0(1.4) = 2.2, x \in [1.4; 2.4]$

7) $y' = x + \cos\frac{y}{e}$, $y_0(1.4) = 2.5, x \in [1.4; 2.4]$

8) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{2}}$, $y_0(0.8) = 1.4, x \in [0.8; 1.8]$

9) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{3}}$, $y_0(1.2) = 2.1, x \in [1.2; 2.2]$

10) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{11}}$, $y_0(2.1) = 2.5, x \in [2.1; 3.1]$

11) $y' = x + \cos\frac{y}{\sqrt{5}}$, $y_0(1.8) = 2.6, x \in [1.8; 2.8]$

12) $y' = x + \cos\frac{y}{3}$, $y_0(1.6) = 4.6, x \in [1.6; 2.6]$

13) $y' = x + \sin\frac{y}{\sqrt{10}}$, $y_0(0.6) = 0.8, x \in [0.6; 1.6]$

14) $y' = x + \sin\frac{y}{\sqrt{7}}$, $y_0(0.5) = 0.6, x \in [0.5; 1.5]$

15) $y' = x + \sin\frac{y}{\pi}$, $y_0(1.7) = 5.3, x \in [1.7; 2.7]$

16) $y' = x + \sin\frac{y}{\sqrt{2.8}}$, $y_0(1.4) = 2.2, x \in [1.4; 2.4]$

17) $y' = x + \sin\frac{y}{e}$, $y_0(1.4) = 2.5, x \in [1.4; 2.4]$

18) $y' = x + \sin\frac{y}{\sqrt{2}}$, $y_0(0.8) = 1.3, x \in [0.8; 1.8]$

19) $y' = x + \sin\dfrac{y}{\sqrt{3}}$
$y_0(1.1) = 1.5, x \in [1.1; 2.1]$

20) $y' = x + \sin\dfrac{y}{\sqrt{11}}$
$y_0(0.6) = 1.2, x \in [0.6;1.6]$

21) $y' = x + \sin\dfrac{y}{1.25}$
$y_0(0.5) = 1.8, x \in [0.5;1.5]$

22) $y' = x + \sin\dfrac{y}{\sqrt{1.3}}$
$y_0(0.1) = 0.8, x \in [0.1;1.1]$

23). $y' = x + \sin\dfrac{y}{\sqrt{0.3}}$
$y_0(0.5) = 0.6, x \in [0.5;1.5]$

24) $y' = x + \sin\dfrac{y}{\sqrt{0.7}}$
$y_0(1,2)=1,4, \quad x\in[1,2;2,2].$

25) $y' = x + \cos\dfrac{y}{1,25}$
$y_0(0,4)=0,8, \quad x\in[0,4;1,4].$

26) $y' = x + \cos\dfrac{y}{\sqrt{1,5}}$
$y_0(0,3)=0,9, \quad x\in[0,3;1,3].$

27) $y' = x + \cos\dfrac{y}{\sqrt{1,3}}$
$y_0(1,2)=1,8, \quad x\in[1,2;2,2].$

28) $y' = x + \cos\dfrac{y}{\sqrt{0,3}}$
$y_0(0,7)=2,1, \quad x\in[0,7;1,7].$

29) $y' = x + \cos\dfrac{y}{\sqrt{0,7}}$
$y_0(0,9)=1,7, \quad x\in[0,9;1,9].$

30) $y' = x + \sin\dfrac{y}{\sqrt{2.8}}$
$y_0(1.4) = 2.2, x \in [1.4; 2.4]$

## Тема 7 МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Разностные методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.

**Задание 7.1:** Используя метод конечных разностей, построить решение краевой задачи для ОДУ второго порядка; шаг $h = 0.1$. В краевых условиях производную аппроксимировать на трех точечном шаблоне. Полученную систему уравнений решить методом Гаусса.

**Задание 7.2:** Методом прогонки найти решение краевой задачи из пункта 1. В краевых условиях производную аппроксимировать на двух точечном шаблоне.

*Варианты*:

1) $y'' + \dfrac{y'}{x} + 2y = x$
$\begin{cases} y(0.7) = 0.5 \\ 2y(1) + 3y'(1) = 1.2 \end{cases}$

2) $y'' - xy' + 2y = x + 1$
$\begin{cases} y(0.9) - 0.5y'(0.9) = 2 \\ y(1.2) = 1 \end{cases}$

3) $y'' + xy' + y = x + 1$
$\begin{cases} y(0.5) + 2y'(0.5) = 1 \\ y'(0.8) = 1.2 \end{cases}$

4) $y'' + 2y' - \dfrac{y}{x} = 3$
$\begin{cases} y(0.2) = 2 \\ 0.5y(0.5) - y'(0.5) = 1 \end{cases}$

5) $y'' + 2y' - xy = x^2$
$\begin{cases} y'(0.6) = 0.7 \\ y(0.9) - 0.5y'(0.9) = 1 \end{cases}$

6) $y'' - y' - \dfrac{2y}{x} = x + 0.4$
$\begin{cases} y(1.1) - 0.5y'(1.1) = 2 \\ y'(1.4) = 4 \end{cases}$

7) $y'' - 3y' + \dfrac{y}{x} = 1$
$\begin{cases} y(0.4) = 2 \\ y(0.7) + 2y'(0.7) = 0.7 \end{cases}$

8) $y'' + 3y' - \dfrac{y}{x} = x + 1$
$\begin{cases} y'(1.2) = 1 \\ 2y(1.5) - y'(1.5) = 0.5 \end{cases}$

9) $y'' - \dfrac{y'}{2} + 3y = 2x^2$
$\begin{cases} y(1) + 2y'(1) = 0.6 \\ y(1.3) = 1 \end{cases}$

10) $\begin{array}{l} y'' + 1.5y' - xy = 0.5 \\ \begin{cases} 2y(1.3) - y'(1.3) = 1 \\ y(1.6) = 3 \end{cases} \end{array}$

11) $\begin{array}{l} y'' + 2xy' - y = 0.4 \\ \begin{cases} 2y(0.3) + y'(0.3) = 1 \\ y'(0.6) = 2 \end{cases} \end{array}$

12) $\begin{array}{l} y'' - 0.5xy' + y = 2 \\ \begin{cases} y(0.4) = 1.2 \\ y(0.7) + 2y'(0.7) = 1.4 \end{cases} \end{array}$

13) $\begin{array}{l} y'' + \dfrac{2y'}{x} - 3y = 2 \\ \begin{cases} y'(0.8) = 1.5 \\ 2y(1.1) + y'(1.1) = 3 \end{cases} \end{array}$

14) $\begin{array}{l} y'' + 2x^2y' + y = x \\ \begin{cases} 2y(0.5) - y'(0.5) = 1 \\ y(0.8) = 3 \end{cases} \end{array}$

15) $\begin{array}{l} y'' - 3xy' + 2y = 1.5 \\ \begin{cases} y'(0.7) = 1.3 \\ 0.5y(1) + y'(1) = 2 \end{cases} \end{array}$

16) $\begin{array}{l} y'' + 2xy' - 2y = 0.6 \\ \begin{cases} y'(2) = 1 \\ 0.4y(2.3) - y'(2.3) = 1 \end{cases} \end{array}$

17) $\begin{array}{l} y'' + \dfrac{y'}{x} - 0.4y = 2x \\ \begin{cases} y(0.6) - 0.3y'(0.6) = 0.6 \\ y'(0.9) = 1.7 \end{cases} \end{array}$

18) $\begin{array}{l} y'' + \dfrac{y'}{2x} + 0.8y = x \\ \begin{cases} y(1.7) + 1.2y'(1.7) = 2 \\ y'(2) = 1 \end{cases} \end{array}$

19) $\begin{array}{l} y'' - \dfrac{y'}{3} + xy = 2 \\ \begin{cases} y(0.8) = 1.6 \\ 3y(1.1) - 0.5y'(1.1) = 1 \end{cases} \end{array}$

20) $\begin{array}{l} y'' + 0.8y' - xy = 1.4 \\ \begin{cases} y(1.8) = 0.5 \\ 2y(2.1) + y'(2.1) = 1.7 \end{cases} \end{array}$

21) $\begin{array}{l} y'' + 2y' - \dfrac{y}{x} = \dfrac{1}{x} \\ \begin{cases} 0.5y(0.9) + y'(0.9) = 1 \\ y(1.2) = 0.8 \end{cases} \end{array}$

22) $\begin{array}{l} y'' - \dfrac{y'}{4} + \dfrac{2y}{x} = \dfrac{x}{2} \\ \begin{cases} 1.5y(1.3) - y'(1.3) = 0.6 \\ 2y(1.6) = 0.3 \end{cases} \end{array}$

23) $\begin{array}{l} y'' - 0.5y' + 0.5xy = 2x \\ \begin{cases} y'(1) = 0.5 \\ 2y(1.3) - y'(1.3) = 2 \end{cases} \end{array}$

24) $\begin{array}{l} y'' + 2y' - 1.5xy = \dfrac{2}{x} \\ \begin{cases} y'(0.8) = 1 \\ y(1.1) + 2y'(1.1) = 1 \end{cases} \end{array}$

25) $\begin{array}{l} y'' + 2xy' - 1{,}5 = x \\ \begin{cases} 1{,}4y(1{,}1) + 0{,}5y'(1{,}1) = 2, \\ y'(1{,}4) = 2{,}5 \end{cases} \end{array}$

26) $\begin{array}{l} y'' - \dfrac{xy'}{2} + 0{,}5y = 2x \\ \begin{cases} 0{,}4y(0{,}2) - y'(0{,}2) = 1{,}5, \\ y'(0{,}5) = 0{,}4 \end{cases} \end{array}$

27) $\begin{array}{l} y'' + 0{,}6xy' - 2y = 1 \\ \begin{cases} y(1{,}5) = 0{,}6, \\ 2y(1{,}8) - 0{,}8y'(1{,}8) = 3 \end{cases} \end{array}$

28) $\begin{array}{l} y'' + \dfrac{y'}{2x} - y = \dfrac{2}{x} \\ \begin{cases} y(0{,}6) = 1{,}3, \\ 0{,}5y(0{,}9) - 1{,}2y'(0{,}9) = 1 \end{cases} \end{array}$

29) $\begin{array}{l} y'' - 0{,}5x^2y' + 2y = x^2 \\ \begin{cases} y(1{,}6) + 0{,}7y'(1{,}6) = 2, \\ y(1{,}9) = 0{,}8 \end{cases} \end{array}$

30) $\begin{array}{l} y'' - xy' + 2xy = 0{,}8 \\ \begin{cases} y(1{,}2) + 0{,}5y'(1{,}2) = 1, \\ y'(1{,}5) = 2 \end{cases} \end{array}$



## Тема 8 РЕШЕНИЕ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Задача Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике: найти приближенное решение уравнения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 12\alpha x^2 + 12\beta y^2$$

где $h = 0.25, n = 4, x \in [0;1], y \in [0;1]$, удовлетворяющее на границе краевым условиям

$$u(x,y)\big|_{\Gamma} = \alpha x^4 + \beta y^4,$$

с точностью до $\varepsilon = 0.01$.

*Варианты*: $\alpha = n/10$; $\beta = n/5$, $n$ - номер варианта.

**Задание 8.1:** Используя метод простой итерации, найти приближенное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона.

**Задание 8.2:** Используя метод Зейделя, найти приближенное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона.

**Задание 8.3:** Численное решение уравнения теплопроводности.

Используя метод сеток, найти решение смешанной задачи для дифференциального уравнения параболического типа

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(x,t), u = u(x,t)$$

с заданными начальными условиями $u(x,0) = u_0(x)$

и краевыми условиями $u(0,t) = u_1(t), u(1,t) = u_2(t)$, где $x \in [0,1], t \in [0, 0.02]$

Решение выполнить при $h = 0.1$ по явной схеме $\sigma = \frac{1}{2}$, условие устойчивости $\frac{\tau}{h^2} \le \frac{1}{4}$.

*Варианты:*

| № | $u(x,0)$ | $u_1(t)$ | $u_2(t)$ | $f(x,t)$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | x(1-x)+0.5 | 1-10t | 0.3685 | t(1-x)+0.5 |
| 2 | cos2x | 1 | 2t+0.85 | t+cosx |
| 3 | $x(x+1)$ | $0.8+t$ | 1.2 | $x(t+1.5)$ |
| 4 | $2+\lg(x+1)$ | $2t$ | 1.235 | $3+\lg(xt+19)$ |
| 5 | $\sin 2x$ | 0 | $t+2.5$ | $\sin 2x + 2t$ |
| 6 | $3x(2-x)$ | $1.4+5t$ | $10t$ | $3x(2-t)$ |
| 7 | $1+\sin x$ | 0.2 | $t+4t^2$ | $t+\sin x$ |
| 8 | $\sin(x+0.5)$ | $0.08+t$ | 5.75 | $e^t+3x$ |
| 9 | $0.5+2x(x-1)$ | $12t$ | $1+5t$ | $1-xt$ |
| 10 | $\sin x + 0.1$ | $0.8+2t$ | 4 | $te^x+2$ |
| 11 | $\cos(2x+0.5)$ | $4.5t$ | 0 | $\cos(2t+0.5x)$ |
| 12 | $2x(x+0.2)+0.4$ | 3(1-t) | $1+2t$ | $5x(t+0.4)+1.2$ |
| 13 | $\lg(x+0.8)+1$ | 6(t+0.12) | 0.275 | $\log(t+1.2)+x$ |
| 14 | $\sin(x+0.3)$ | 0 | $10(t+0.1)$ | $10(t+x)$ |
| 15 | $x^2+0.5$ | $3t(t+20)$ | $t+0.75$ | $x^2+0.5t$ |
| 16 | $(x-0.2)(x+1)+1$ | 0.25 | $0.75t$ | $4+(x-0.5)(t+1)$ |
| 17 | $x(0.4+2x)$ | $6.5+t$ | 1 | $x(1+2t)$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 18 | $\sin(x+0.48)$ | $2-5t$ | 0.8 | $\sin(x+5t)$ |
| 19 | $\cos(x+0.6)$ | 0.8 | $3.75+2t$ | $(x+6)t+2$ |
| 20 | $\lg(x+3.5)$ | $8(t+0.1)$ | 2.8 | $2.4\lg(x+5)+e^t$ |
| 21 | 2+x(1-x) | $2+t(1-t)$ | 1.4 | $2+t(1-x)$ |
| 22 | $(0.5-x)+1$ | 1.2 | $t(1+t)$ | $(0.5-x)(1+t)$ |
| 23 | $\cos(x+0{,}5)$ | 0,385 | 6(t+0,5) | ln(1,5+t)+2x |
| 24 | x-0,4x$^2$ | 2,5+t-t$^2$ | 4t | $e^t+\lg x$ |
| 25 | (x-3)(x+2) | 4,5t | 2,85 | 5x+t |
| 26 | x(x+0,6) | 2,5(1,5-2t) | 0,95 | (6+2x)t+1,5 |
| 27 | 2-x$^2$ | 3.75 | 3,75t+1 | 2t+3x |
| 28 | 3,5+x$^2$ | 0,8t+2 | 3,25 | (3+3x)t |
| 29 | 10x | 1,25 | 100t | 50x |
| 30 | 1,75-x$^2$ | t$^2$+2t+8 | 15 | 100xt |

**Задание 8.4:** Численное решение уравнения колебания струны.

Используя метод сеток составить решение смешанной задачи для дифференциального уравнения гиперболического типа

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+f(x,t),u=u(x,t)$$

при заданных начальных условиях $u(x,0)=u_0(x)$, $\frac{\partial u(x,0)}{\partial t}=\overline{u}_0(x)$,

и краевых условиях $u(0,t)=u_1(t),u(1,t)=u_2(t)$, $x\in[0,0.4]$.

Решение выполнить при $h=0.1,\tau=0.1*h=0.01$ по явной схеме $\sigma=1$.

Первое начальное условие и краевые условия взять из задания 8.3.

*Варианты **второго** краевого условия:*

| № | $\frac{\partial u(x,0)}{\partial t}=\overline{u}_0(x)$ | № | $\frac{\partial u(x,0)}{\partial t}=\overline{u}_0(x)$ |
|---|---|---|---|
| 1 | cosx | 16 | x+cosx |
| 2 | x$^2$ | 17 | x+sin2x |
| 3 | $2\sin x$ | 18 | $1-x^2$ |
| 4 | $(x+1)^2$ | 19 | $x^2(x+1)$ |
| 5 | $x(2-x)$ | 20 | $2x+0.5$ |
| 6 | $\sin(x+0.2)$ | 21 | $(x+1)\sin x$ |
| 7 | $1+x^2$ | 22 | $(x+0.5)\sin x$ |
| 8 | $\cos(x+0.5)$ | 23 | $\cos(x+0.3)$ |
| 9 | cos2x | 24 | $x^2+0.5$ |
| 10 | $x^2+x$ | 25 | $(x+1)^2$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11 | $2x+1$ | 26 | $2x^2$ |
| 12 | $2-x^2$ | 27 | $\cos(x+0{,}5)$ |
| 13 | $3{,}5+x^2$ | 28 | $x-0{,}4x^2$ |
| 14 | $10x$ | 29 | $(x-3)(x+2)$ |
| 15 | $1{,}75-x^2$ | 30 | $x(x+0{,}6)$ |

**ЛИТЕРАТУРА**


1 Березин, И.С. Методы вычислений: в 2 т. Т.1. / И.С.Березин, Н.П.Жидков. – М.: Наука, 1966. – 630с.

2 Демидович, Б.П. Численные метода анализа / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. – М.: Наука, 1967. – 368с.

3 Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – М.: Наука, 1970. – 664с.

4 Крылов, В.И. Вычислительные методы: в 2 т. Т.1. / В.И. Крылов, В.В. Бобков, П.И. Монастырный. – М.: Наука, 1976. – 304с.

5 Крылов, В.И. Вычислительные методы: в 2 т. Т.2. / В.И. Крылов, В.В. Бобков, П.И. Монастырный. – М.: Наука, 1977. – 400с.

6 Сборник задач по методам вычислений / под ред. П.И. Монастырного. – Мн.: БГУ, 1983. – 287с.

7 Калиткин, Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М.: Наука, 1978. – 512с.

8 Воробьева, Г.Н. Практикум по вычислительной математике / Г.Н. Воробьева, А.Н. Данилова. – М.: Высш. школа, 1990. – 208с.

9 Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. – М.: Высш. школа, 2000. – 230с.

10 Бахвалов, Н.С. Численные методы : учеб. Пособие для физ.-мат. специальностей вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков; под общ. ред. Н.И. Тихонова. – 2-е изд. – М.: Физмалит: Лаб. базовых данных; СПб.: Нев.диалект, 2002. – 630с.

11 Численные методы: лабораторный практикум. Ч.1 / С.И. Голик [и др.]. М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф.Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2001. – 60с.

12 Березовская, Е.М. Методы численного анализа : тексты лекций для студентов вузов специальности 1-31 03 06 «Экономическая кибернетика»: в 2 ч. Ч.1. Интерполяция и интегрирование / Е.М. Березовская; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2007. – 131с.

13 Березовская, Е.М. Методы вычислений : тексты лекций для студентов вузов специальности 1-31 03 01-02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)»: в 2 ч. Ч.1. Интерполирование и нелинейные уравнения / Е. М. Березовская, М. И. Жадан; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2010. – 80с.