

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ
по дисциплине
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
для специальности 6-05-0612-01 Программная инженерия

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Тема 1 Итерационные методы решения нелинейных уравнений

Задание 1.1. Отделить корни уравнения графически и аналитически. Построить соответствующие графики. Применить правило Декарта и теорему Штурма.

Варианты заданий

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. $2x^3-3x^2-12x-5=0$ | 16. $2x^3-3x^2-12x+1=0$ |
| 2. $x^3-3x^2+3=0$ | 17. $x^3-3x^2-24x-5=0$ |
| 3. $x^3+3x^2-24x-10=0$ | 18. $x^3-4x^2+2=0$ |
| 4. $2x^3+9x^2-21=0$ | 19. $x^3-12x-5=0$ |
| 5. $x^3+3x^2-2=0$ | 20. $x^3+3x^2-24x+1=0$ |
| 6. $x^3+3x^2-24x+10=0$ | 21. $2x^3-3x^2-12x+12=0$ |
| 7. $2x^3+9x^2-10=0$ | 22. $2x^3+9x^2-6=0$ |
| 8. $x^3+3x^2-3=0$ | 23. $x^3-3x^2+1.5=0$ |
| 9. $2x^3-3x^2-24x-5=0$ | 24. $x^3-3x^2-24x+10=0$ |
| 10. $x^3-12x-5=0$ | 25. $2x^3+3x^2-24x-3=0$ |
| 11. $2x^3-3x^2-12x+12=0$ | 26. $x^3-12x-10=0$ |
| 12. $x^3+3x^2-24x-3=0$ | 27. $2x^3+9x^2-4=0$ |
| 13. $x^3+3x^2-1=0$ | 28. $2x^3-3x^2-12x+8=0$ |
| 14. $x^3-12x^2+6=0$ | 29. $x^3+3x^2-1=0$ |
| 15. $2x^3-12x+10=0$ | 30. $x^3-3x^2+3.5=0$ |

Задание 1.2. Один из корней, отделенных в задании 1.1, уточнить методами:

- 1) простой итерации;
- 2) методом Зейделя

с точностью $\varepsilon = 0.001$. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

Произвести графическую иллюстрацию и сравнительную характеристику примененных методов.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Тема 2 Аппроксимация функций

Задание 2.1. Для функции заданной таблично построить интерполяционный полином Лагранжа в виде

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\dots(x-x_n)}{(x_i-x_0)(x_i-x_1)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_n)} \quad (1.1)$$

и получить многочлен

$$L_4(x) = a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0. \quad (1.2)$$

Выполнить проверку, вычислив значение многочлена в точке x по формулам (1.1) и (1.2). При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

Варианты заданий

1.		2.		3.	
x	y	x	y	x	y
0,43	1,63597	0,43	1,63597	0,43	1,63597
0,48	1,73234	0,48	1,73234	0,48	1,73234
0,55	1,87686	0,55	1,87686	0,55	1,87686
0,62	2,03045	0,62	2,03045	0,62	2,03045
0,70	2,22846	0,70	2,22846	0,70	2,22846
0,75	2,35973	0,75	2,35973	0,75	2,35973
в точке $x = 0,702$		в точке $x = 0,512$		в точке $x = 0,645$	
4.		5.		6.	
x	y	x	y	x	y
0,43	1,63597	0,02	1,02316	0,35	2,73951
0,48	1,73234	0,08	1,09590	0,41	2,30080
0,55	1,87686	0,12	1,14725	0,47	1,96864
0,62	2,03045	0,17	1,21483	0,51	1,78776
0,70	2,22846	0,23	1,30120	0,56	1,59502
0,75	2,35973	0,30	1,40976	0,64	1,34310
в точке $x = 0,608$		в точке $x = 0,203$		в точке $x = 0,482$	

7.		8.		9.	
x	y	x	y	x	y
0,02	1,02316	0,35	2,73951	0,41	2,57418
0,08	1,09590	0,41	2,30080	0,46	2,32513
0,12	1,14725	0,47	1,96864	0,52	2,09336
0,17	1,21483	0,51	1,78776	0,60	1,86203
0,23	1,30120	0,56	1,59502	0,65	1,74926
0,30	1,40976	0,64	1,34310	0,72	1,62098
в точке $x = 0,102$		в точке $x = 0,436$		в точке $x = 0,616$	
10.		11.		12.	
x	y	x	y	x	y
0,02	1,02316	0,35	2,73951	0,41	2,57418
0,08	1,09590	0,41	2,30080	0,46	2,32513
0,12	1,14725	0,47	1,96864	0,52	2,09336
0,17	1,21483	0,51	1,78776	0,60	1,86203
0,23	1,30120	0,56	1,59502	0,65	1,74926
0,30	1,40976	0,64	1,34310	0,72	1,62098
в точке $x = 0,114$		в точке $x = 0,552$		в точке $x = 0,487$	
13.		14.		15.	
x	y	x	y	x	y
0,02	1,02316	0,35	2,73951	0,41	2,57418
0,08	1,09590	0,41	2,30080	0,46	2,32513
0,12	1,14725	0,47	1,96864	0,52	2,09336
0,17	1,21483	0,51	1,78776	0,60	1,86203
0,23	1,30120	0,56	1,59502	0,65	1,74926
0,30	1,40976	0,64	1,34310	0,72	1,62098
в точке $x = 0,285$		в точке $x = 0,526$		в точке $x = 0,665$	
16.		17.		18.	
x	y	x	y	x	y
0,41	2,57418	0,68	0,80866	0,11	9,05421
0,46	2,32513	0,73	0,89492	0,15	6,61659
0,52	2,09336	0,80	1,02964	0,21	4,69170
0,60	1,86203	0,88	1,20966	0,29	3,351069
0,65	1,74926	0,93	1,34087	0,35	2,73951
0,72	1,62098	0,99	1,52368	0,40	2,36522
в точке $x = 0,537$		в точке $x = 0,774$		в точке $x = 0,275$	

19.		20.		21.	
x	y	x	y	x	y
0,68	0,80866	0,11	9,05421	0,05	0,050042
0,73	0,89492	0,15	6,61659	0,10	0,100335
0,80	1,02964	0,21	4,69170	0,17	0,171657
0,88	1,20966	0,29	3,351069	0,25	0,255342
0,93	1,34087	0,35	2,73951	0,30	0,309336
0,99	1,52368	0,40	2,36522	0,36	0,376403
в точке $x = 0,896$		в точке $x = 0,314$		в точке $x = 0,263$	
22.		23.		24.	
x	y	x	y	x	y
0,68	0,80866	0,11	9,05421	0,68	0,80866
0,73	0,89492	0,15	6,61659	0,73	0,89492
0,80	1,02964	0,21	4,69170	0,80	1,02964
0,88	1,20966	0,29	3,351069	0,88	1,20966
0,93	1,34087	0,35	2,73951	0,93	1,34087
0,99	1,52368	0,40	2,36522	0,99	1,52368
в точке $x = 0,715$		в точке $x = 0,235$		в точке $x = 0,955$	
25.		26.		27.	
x	y	x	y	x	y
0,11	9,05421	0,51	9,05421	0,115	5,05421
0,15	6,61659	0,55	6,61659	0,159	4,61659
0,21	4,69170	0,61	4,69170	0,218	3,69170
0,29	3,351069	0,69	3,35106	0,294	2,35106
0,35	2,73951	0,75	2,73951	0,353	1,73951
0,40	2,36522	0,80	2,36522	0,408	0,36522
в точке $x = 0,332$		в точке $x = 0,7491$		в точке $x = 0,256$	
28.		29.		30.	
x	y	x	y	x	y
0,41	2,57418	0,68	0,80866	0,11	9,05421
0,46	2,32513	0,73	0,89492	0,15	6,61659
0,52	2,09336	0,80	1,02964	0,21	4,69170
0,60	1,86203	0,88	1,20966	0,29	3,351069
0,65	1,74926	0,93	1,34087	0,35	2,73951
0,72	1,62098	0,99	1,52368	0,40	2,36522
в точке $x = 0,437$		в точке $x = 0,9475$		в точке $x = 0,3535$	

Задание 2.2. Используя интерполяционную формулу Ньютона для неравноотстоящих узлов интерполяции вычислить значение функции заданной таблично в точке x . Таблицу данных взять из задания 2.1. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

Задание 2.3. Используя интерполяционную формулу Ньютона для равноотстоящих узлов интерполяции вычислить значение функции заданной таблично в точке x . Оценить погрешность интерполяционной формулы. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

Варианты заданий

x	y	x	y
1,215	0,106044	1,415	0,888551
1,220	0,113276	1,420	0,889599
1,225	0,119671	1,425	0,890637
1,230	0,125324	1,430	0,891667
1,235	0,130328	1,435	0,892687
1,240	0,134776	1,440	0,893698
1,245	0,138759	1,445	0,894700
1,250	0,142367	1,450	0,895693
1,255	0,145688	1,455	0,896677
1,260	0,148809	1,460	0,897653
1. в точке $x_1=1,2273, x_2=1,253$		7. в точке $x_1=1,4156, x_2=1,4527$	
2. в точке $x_1=1,223, x_2=1,257$		8. в точке $x_1=1,4256, x_2=1,4452$	
3. в точке $x_1=1,2208, x_2=1,2435$		9. в точке $x_1=1,4263, x_2=1,4575$	
x	y	x	y
1,340	4,25562	0,101	1,26183
1,345	4,35325	0,106	1,27644
1,350	4,45422	0,111	1,29122
1,355	4,56184	0,116	1,30617
1,360	4,67344	0,121	1,32130
1,365	4,79038	0,126	1,33660
1,370	4,91306	0,131	1,35207
1,375	5,04192	0,136	1,36773
1,380	5,17744	0,141	1,38357
1,385	5,32016	0,146	1,39959

4. в точке $x_1=1,2273$, $x_2=1,253$		10.в точке $x_1=1,4156$, $x_2=1,4527$	
5. в точке $x_1=1,223$, $x_2=1,257$		11.в точке $x_1=1,4256$, $x_2=1,4452$	
6. в точке $x_1=1,2208$, $x_2=1,2435$		12.в точке $x_1=1,4263$, $x_2=1,4575$	
x	y	x	y
0,15	0,860708	1,115	8,65729
0,20	0,818731	1,120	8,29329
0,25	0,778801	1,125	7,95829
0,30	0,740818	1,130	7,64893
0,35	0,704688	1,135	7,39235
0,40	0,670320	1,140	7,30962
0,45	0,637628	1,145	6,84813
0,50	0,606531	1,150	6,61658
0,55	0,576950	1,155	6,39954
0,60	0,548812	1,160	6,19548
13.в точке $x_1=0,2073$, $x_2=0,53$		19.в точке $x_1=1,116$, $x_2=1,1527$	
14.в точке $x_1=0,223$, $x_2=0,557$		20.в точке $x_1=1,156$, $x_2=1,4452$	
15.в точке $x_1=0,2208$, $x_2=0,5435$		21.в точке $x_1=1,1383$, $x_2=1,1575$	
x	y	x	y
0,340	5,61543	0,01	0,26183
0,345	5,46547	0,06	0,27644
0,350	5,32159	0,11	0,29122
0,355	5,15326	0,16	0,30617
0,360	5,06478	0,21	0,32130
0,365	4,94856	0,26	0,33660
0,370	4,83170	0,31	0,35207
0,375	4,72545	0,36	0,36773
0,380	4,61855	0,41	0,38357
0,385	4,5182	0,46	0,39959
16.в точке $x_1=0,3573$, $x_2=0,3843$		22.в точке $x_1=0,156$, $x_2=0,4527$	
17.в точке $x_1=0,349$, $x_2=0,3781$		23.в точке $x_1=0,026$, $x_2=0,4052$	
18.в точке $x_1=0,3489$, $x_2=0,3759$		24.в точке $x_1=0,1163$, $x_2=0,3776$	

x	y	x	y
0,180	5,61543	0,01	0,26183
0,185	5,46547	0,06	0,27644
0,190	5,32159	0,11	0,29122
0,195	5,15326	0,16	0,30617
0,200	5,06478	0,21	0,32130
0,205	4,94856	0,26	0,33660
0,210	4,83170	0,31	0,35207
0,215	4,72545	0,36	0,36773
0,220	4,61855	0,41	0,38357
0,225	4,5182	0,46	0,39959
25.в точке $x_1=0,1857, x_2=0,2165$		28.в точке $x_1=0,156, x_2=0,3627$	
26.в точке $x_1=0,198, x_2=0,2209$		29.в точке $x_1=0,026, x_2=0,4058$	
27.в точке $x_1=0,1908, x_2=0,2189$		30.в точке $x_1=0,1563, x_2=0,377$	

Задание 2.4. Используя первую или вторую формулу Ньютона для равноотстоящих узлов интерполяции вычислить значения первой и второй производных в точке x . Данные взять из задания 2.3. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Тема 3 Численное интегрирование

Задание 3.1. Используя квадратурную формулу трапеций вычислить определенный интеграл при $n = 4$. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой. Оценить погрешность результата.

Варианты заданий

№	Функция	Интервал
1.	$f(x) = \sqrt{1 + \cos^2(x)}$	[0;3]
2.	$f(x) = \sin(2x^2 + 1)$	[0;1]
3.	$f(x) = (x + 1,9) \cdot \sin\left(\frac{x}{3}\right)$	[1;2]
4.	$f(x) = \frac{1}{x} \cdot \ln(x + 2)$	[2;3]
5.	$f(x) = \sqrt{\lg(x)}$	[0;0,5]
6.	$f(x) = 2,6 \cdot x^2 \cdot \ln(x)$	[1,2;2,2]
7.	$f(x) = (x^2 + 1) \cdot \sin(x - 0,5)$	[0,5;1,5]
8.	$f(x) = x^2 \cdot \cos\left(\frac{x}{4}\right)$	[2;3]
9.	$f(x) = 3x + \ln(x)$	[1;2]
10.	$f(x) = 3x^2 + \lg(x)$	[-0,5;0,5]
11.	$f(x) = \sqrt{x} \cdot e^{-x}$	[0,1;1,1]
12.	$f(x) = \frac{-21}{(6 - 7x)^2}$	[-2;0]
13.	$f(x) = \frac{8}{(3x + 4)^2}$	[0;1]
14.	$f(x) = \frac{-15}{(2 - x)^3}$	[3;5]
15.	$f(x) = \frac{9}{(5x + 7)^2}$	[2;3]
16.	$f(x) = \frac{-3}{(15x - 9)^3}$	[-1;0]
17.	$f(x) = \frac{1 + e^{2x}}{5}$	[0;3]
18.	$f(x) = e^x \cdot \sin(x^2)$	[0;5]
19.	$f(x) = \frac{17}{(1 - 3x)^3}$	[-3;-1]

№	Функция	Интервал
20.	$f(x) = \frac{12}{(4x-9)^2}$	[0;1]
21.	$f(x) = \frac{5}{(4x-3)^3}$	[4;5]
22.	$f(x) = \frac{-4}{(1+8x)^2}$	[0;3]
23.	$f(x) = \frac{3x + \sin(x)}{x^2}$	[0,1;1,1]
24.	$f(x) = (x+1,9) \cdot \sin\left(\frac{x}{3}\right)$	[1;2]
25.	$f(x) = x^2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{x}{2}\right)$	[1,5;2,5]
26.	$f(x) = \frac{e^x}{x}$	[1,7]
27.	$f(x) = \frac{\cos(x)}{x}$	$[\pi; \pi/2]$
28.	$f(x) = \frac{1}{1+x^2}$	[0;1]
29.	$f(x) = \frac{1}{1+x}$	[0;9]
30.	$f(x) = \frac{1}{\lg(x)}$	[4;10]

Задание 3.2. Вычислить определенный интеграл из задания 3.1 по формуле трапеций с точностью $\varepsilon = 0.001$. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

Задание 3.3. Вычислить определенный интеграл из задания 3.1 по квадратурной формуле Симпсона при $n = 8$. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой. Оценить погрешность результата.

Задание 3.4. Вычислить определенный интеграл из задания 3.1 по квадратурной формуле Гаусса для $n = 4$. При вычислениях оставлять 5 цифр после запятой.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 4

Тема 4 Решение обыкновенных дифференциальных уравнений

Задание 4.1. Используя метод Эйлера, итерационный метод Эйлера, метод Рунге-Кутты 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 пятью знаками после запятой.

Варианты заданий

№	Функция	Интервал	y_0
1.	$f(x, y) = 3x^2 + 0,1xy$	$[0; 1]$	$y(0) = 0,2$
2.	$f(x, y) = 0,185(x^2 + \cos(0,7x)) + 1,843y$	$[0,2; 1,2]$	$y(0,2) = 0,25$
3.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{3}\right)$	$[1,6; 2,6]$	$y(1,6) = 4,6$
4.	$f(x, y) = x + \sin\left(\frac{y+1}{\sqrt{13}}\right)$	$[0,2; 1,2]$	$y(0,2) = 1,1$
5.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{e}\right)$	$[1,4; 2,4]$	$y(1,4) = 2,5$
6.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{\pi}\right)$	$[1,7; 2,7]$	$y(1,7) = 5,3$
7.	$f(x, y) = -3y^2 + \sqrt{4x^2 + 1}$	$[2,6; 4,6]$	$y(2,6) = 3,5$
8.	$f(x, y) = 2 - \sin^2(x + y)$	$[2; 3]$	$y(2) = 2,3$
9.	$f(x, y) = 1,6x + 0,5y^2$	$[0; 1]$	$y(0) = 0,3$
10.	$f(x, y) = x - \cos\left(\frac{y}{\sqrt{5}}\right)$	$[1,8; 2,8]$	$y(1,8) = 2,6$
11.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{\sqrt{11}}\right)$	$[2,1; 3,1]$	$y(2,1) = 2,5$
12.	$f(x, y) = e^{2x} + 0,25y^2$	$[0; 0,5]$	$y(0) = 2,6$
13.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{\sqrt{2}}\right)$	$[-2; -1]$	$y(-2) = 3$
14.	$f(x, y) = 0,133 \cdot (x^2 + \sin(2x)) + 0,872y$	$[0,2; 1,2]$	$y(0,2) = 0,25$
15.	$f(x, y) = \sin(x + y) + 1,5$	$[1,5; 2,5]$	$y(1,5) = 4,5$

№	Функция	Интервал	y_0
16.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{1,25}\right)$	$[0,4;1,4]$	$y(0,4)=0,8$
17.	$f(x, y) = 2,5x + \cos(y + 0,6)$	$[1;3]$	$y(1)=1,5$
18.	$f(x, y) = \cos(1,5y + x)^2 + 1,4$	$[1;2]$	$y(1)=1,5$
19.	$f(x, y) = \frac{1}{1+x^3y} + 2y$	$[1,5;2]$	$y(1,5)=2,1$
20.	$f(x, y) = \cos(y) + 3x$	$[0;2]$	$y(0)=1,3$
21.	$f(x, y) = \cos(1,5x - y^2) - 1,3$	$[-1;1]$	$y(-1)=0,2$
22.	$f(x, y) = x + \sin\left(\frac{y}{3}\right)$	$[1,6;2,6]$	$y(1,6)=4,6$
23.	$f(x, y) = e^{-(y-1)} + 2x$	$[0;0,5]$	$y(0)=0,3$
24.	$f(x, y) = 1 + 2y \cdot \sin(x) - y^2$	$[1;2]$	$y(1)=0$
25.	$f(x, y) = \frac{\cos(y)}{x+2} - 0,3y^2$	$[0;1]$	$y(0)=0$
26.	$f(x, y) = 0,166 \cdot (x^2 + \sin(1,1 \cdot x)) + 0,883 \cdot y$	$[0,2;1,2]$	$y(0,2)=0,25$
27.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y+x}{\pi}\right)$	$[1,7;2,7]$	$y(1,7)=5,6$
28.	$f(x, y) = x + \cos\left(\frac{y}{e}\right)$	$[1,4;2,4]$	$y(1,4)=2,5$
29.	$f(x, y) = x + \sin\left(\frac{y}{\sqrt{10}}\right)$	$[0,6;1,6]$	$y(0,6)=0,8$
30.	$f(x, y) = y + \cos\left(\frac{x}{\pi}\right)$	$[1;2]$	$y(1)=5,9$

ЛИТЕРАТУРА

1. Березовская, Е. М. Численные методы линейной алгебры: системы уравнений и собственные значения : практическое пособие / Е. М. Березовская, М. И. Жадан. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – 47 с. – Режим доступа : <http://elib.gsu.by/handle/123456789/7478>.
2. Воробьева, В. Е. Основы численных методов и их реализация в MS Excel : учебное пособие / В. Е. Воробьева, Ф. И. Воробьева. – Казань : КНИТУ, 2022. – 124 с. – Режим доступа : по подписке : <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=702265>.
3. Коновалова, Е. И. Численные методы линейной алгебры : учебное пособие / Е. И. Коновалова, Л. В. Яблокова. – Самара : Самарский университет, 2022. – 152 с. – Режим доступа : для авториз. пользователей : <https://e.lanbook.com/book/336686>.
4. Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. – Москва : Лаборатория знаний, 2015. – 243 с.
5. Бахвалов, Н. С. Численные методы. Решения задач и упражнения: учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. А. Корнев, Е. В. Чижонков. – Москва : Лаборатория знаний, 2016. – 355 с.
6. Бахвалов, Н.С. Численные методы : учебное пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2023. – 636 с.
7. Березин, И. С. Методы вычислений: учебное пособие: в 2 т. / И. С. Березин, Н. П. Жидков. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва : Наука, 1966.
8. Березовская, Е. М. Дифференциальные уравнения и краевые задачи: тексты лекций: в 3 ч. / Е. М. Березовская, М. И. Жадан. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – Ч. 3. – 55 с.
9. Березовская, Е. М. Методы вычислений : тексты лекций : в 2 ч. / Е. М. Березовская, М. И. Жадан. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – Ч. 1 : Интерполирование и нелинейные уравнения. – 80 с. – Режим доступа: <http://elib.gsu.by/handle/123456789/1589>.
10. Березовская, Е. М. Методы численного анализа: тексты лекций: в 2 ч. / Е. М. Березовская. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – Ч. 1 : Интерполяция и интегрирование. – 131 с. – Режим доступа: <http://elib.gsu.by/handle/123456789/3523>.
11. Вабищевич, П. Н. Численные методы: Вычислительный практикум. Практическое применение численных методов при использовании алгоритмического языка Python / П. Н. Вабищевич. – Москва : Ленанд, 2019. – 320 с.
12. Вержбицкий, В. М. Численные методы: линейная алгебра и нелинейные уравнения: учебное пособие / В. М. Вержбицкий. – Москва : Оникс 21 век, 2005. – 432 с.

13. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. – Санкт-Петербург : Лань, 2008. – 400 с.
14. Дьяконов, В. П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство / В. П. Дьяконов. – Издательство: ДМК Пресс, 2010. – 624 с.
15. Жуков, Б. А. Численные методы. Теория и практика в системах Maple и MathCad: учебное пособие / Б. А. Жуков, Ю. Ю. Андреева. – Волгоград: ВолгГТУ, 2018. – 60 с.
16. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах: учебное пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. – Москва : Лань, 2015. – 448 с.
17. Колдаев, В. Д. Численные методы и программирование : учебное пособие / В. Д. Колдаев. – Москва: Форум, 2018. – 336 с.
18. Копченова, Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах: учебное пособие / В. Н. Копченова, И. А. Марон. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар : Лань, 2008. – 368 с.
19. Крылов, В. И. Вычислительные методы: учебное пособие: в 2 т. / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырский. – Москва : Наука, 1976. – 1977.
20. Можаровский, В. В. Вычислительные методы алгебры : практическое руководство / В. В. Можаровский, Т. М. Дёмова. – Гомель : Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, 2017. – 45 с. – Режим доступа : <http://elib.gsu.by/jspui/handle/123456789/2789>.
21. Поршнев, С. В. Численные методы на базе Mathcad / С. В. Поршнев, И. В. Беленкова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.

Электронные ресурсы

22. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова // Научная библиотека [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: https://scask.ru/i_book_clm.php?id=1.
23. Березин, И. С. Методы вычислений / И. С. Березин, Н. П. Жидков // Научная библиотека [Электронный ресурс]. – 2023. – Т.1. – Режим доступа: https://scask.ru/i_book_calc1.php?id=1.
24. Березин, И. С. Методы вычислений / И. С. Березин, Н. П. Жидков // Научная библиотека [Электронный ресурс]. – 2023. – Т.2. – Режим доступа: https://scask.ru/i_book_calc2.php?id=1.
25. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин // Научная библиотека [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: https://scask.ru/q_book_dig_m.php?id=1.