

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИИ
И ДИЗАЙНА»**

Кафедра прикладной информатики

Методические указания и задания к контрольной работе

по дисциплине “Численные методы”

по направлению подготовки

230700.62

заочной формы обучения

Составитель: Григорьева Ксения Владимировна

Санкт-Петербург

2012

Требования к выполнению контрольной работы.

Контрольная работа по курсу «Численные методы» состоит из восьми заданий, каждое из которых относится к одной из следующих тем:

1. Теория погрешностей.
2. Численное решение нелинейных уравнений.
3. Методы поиска экстремума.
4. Интерполирование функций.
5. Аппроксимация функций. Метод наименьших квадратов.
6. Численное дифференцирование. Метод неопределенных коэффициентов.
7. Численное интегрирование.
8. Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Контрольную работу необходимо решить вручную, без использования программных пакетов. Оформление контрольной выполнить в тетради, представить условие задачи, указать методы ее решения, выписать подробное ее решение со всеми используемыми формулами и промежуточными вычислениями. Записать ответ.

В пункте 3 контрольной использовать три метода решения задачи интерполяции: построение канонического интерполяционного полинома, полинома Лагранжа и полинома Ньютона.

В пункте 4 решить нелинейное уравнение с использованием четырех методов: метода дихотомии (половинного деления или метода деления отрезка пополам), метода Ньютона (метода касательных), метода хорд и метода итераций.

В пункте 8 использовать «классический» метод Рунге-Кутты, а также любые одноэтапный и двухэтапный методы. Результаты сравнить.

Контрольное задание
по курсу " Численные методы "
Вариант 1

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = e^{1/2}/\cos(e + \pi)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1+1 \end{pmatrix}$, $b = \begin{pmatrix} -2 \\ 6 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	-3	-2	-1	0
y	0	2	-1	-4

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = -2,5$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 2,8x - 6,3 = 0$, б) $\sqrt{7-x^2} - \frac{x^2}{3} + 1$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_1^{2,2} \sqrt{0,7+x} dx$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
y	1,500	1,400	1,300	1,200	1,214	1,167
x	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
y	1,125	1,088	1,056	1,026	1,000	

построить формулу вида $y = a/x + b$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты):

$$\begin{cases} \frac{dy^1}{dt} = (y^2 - y^1)t, \\ \frac{dy^2}{dt} = (y^2 + y^1)t, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 2, \quad y^1(0)=1, y^2(0)=1.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 2

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \pi^{1/2} / \sin(2e + \pi)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 2+1 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} -1 \\ 7 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	2	3	4	5
y	-10	-5	-2	0

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = 4,5$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 2,7x - 9,4 = 0$, б) $e^{x/3} = 6 - 0,5x^2$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_1^{2,6} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 x} dx$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9
y	55,1	26,0	21,2	18,1	16,0	15,5
x	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0
y	15,0	14,1	13,7	13,2	12,7	12,3

построить формулу вида $y = a/x + b$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (тремя методами, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = (1.75 - 0.005y^2)y^1, \\ \dot{y}^2 = (0.0006y^1 - 1.05)y^2, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 3, \quad y^1(0) = 2000, \quad y^2(0) = 500.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 3

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \exp(1 + \pi) \cos \sqrt{1 + \pi}$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 3 & -3 \\ -3 & 4 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 0 \\ 8 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	-3	-2	-1	0
y	0	2	-1	-4

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = -2,5$

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 2,8x - 6,3 = 0$, б) $\sqrt{7 - x^2} - \frac{x^2}{3} + 1$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_1^{2,2} \sqrt{0,7 + x} dx$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
y	1,500	1,400	1,300	1,200	1,214	1,167
x	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
y	1,125	1,088	1,056	1,026	1,000	

построить формулу вида $y = a/x + b$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = 2y^1 - y^2, \\ \dot{y}^2 = y^1 + 2y^2, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 1, \quad y^1(0)=1, y^2(0)=1.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 4

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \arctg(\cos(3\pi + 1) + \sqrt{2e + 0.4})$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 4 & -4 \\ -4 & 5 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 1 \\ 9 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	0,1	0,3	0,5	0,7
y	-1	-0,3	0	-0,5

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = 0,2$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 5,8x - 23 = 0$, б) $2 - x = \operatorname{tg} x$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_{0,7}^{1,9} \sqrt{t+t^3} dt$. Оценить погрешность

результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
y	0,291	0,812	1,26	1,85	2,50	3,01
x	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
y	3,51	4,12	4,60	5,25	5,71	

построить формулу вида $y = ax + b$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = y^1 - y^2, \\ \dot{y}^2 = y^1 + y^2, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 1, \quad y^1(0)=1, y^2(0)=1.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 5

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \sin(2e + 0.45)^{1/2} / \operatorname{arctg}(6\pi + 1)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 5 & -5 \\ -5 & 6 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 2 \\ 10 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	0,2	0,3	0,4	0,5
y	4	3,4	3,8	3

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = 0,1$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 0,86x - 3,8 = 0$, б) $3\sin \frac{x}{2} = 2x^2 - 4$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_2^{3,2} \frac{dx}{x^2 \operatorname{tg} x}$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,5
y	-3,20	-2,60	-1,30	0,12	1,40	2,51
x	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
y	3,09	4,30	5,50	6,10	7,19	8,11

построить формулу вида 1) $y = ax + b$; 2) $y = \frac{a}{x} + b$; 3) $y = ae^{bx}$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = y^2, \\ \dot{y}^2 = 2y^2 - 5y^1 + 1, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 2,5, \quad y^1(0)=0,2, \quad y^2(0)=2.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 6

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \sin(4.5e + 0.6)/(1 + \pi - 12\pi^2)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 6 & -6 \\ -6 & 7 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	2	2,5	3	3,5
y	-0,5	1	0,3	0

построить интерполяционный полином.

4. С точностью до 0,0005 вычислить все корни уравнений: а) $x^3 + 1,4x^2 - 2,9 = 0$,
б) $3\sin \frac{x}{2} = 2x^2 - 4$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_{1,2}^{3,4} \frac{dx}{\sqrt{x^2 - 1}}$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
y	2,15	2,24	2,73	2,82	2,85	3,24
x	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
y	3,31	3,72	3,86	4,12	4,21	4,53

построить формулу вида $y = ax^2 + bx + c$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = y^2, \\ \dot{y}^2 = 4(y^2 - 2y^1 + t - 1/2), \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 2, \quad y^1(0)=1, \quad y^2(0)=3/2.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 7

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = [\cos(2.6e + 0.1)]^{1/2} / \exp(1 + \pi)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 7 & -7 \\ -7 & 8 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 4 \\ 12 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	-1	0	1	2
y	5	1	0	-3

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = 0,5$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить все корни уравнений: а) $x^3 + 1,6x - 7,2 = 0$,
б) $x^2 = \operatorname{ctg}(\pi/3)x$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_{1,3}^{2,5} \sqrt{1+2 \cdot t^2} dt$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	1	2	3	4	5	6
y	2,91	6,14	9,25	11,8	16,1	18,3
x	7	8	9	10	11	12
y	22,0	25,5	28,1	32,0	35,1	37,5

построить формулу вида $y = ax + b$, $y = ax^2 + bx$ определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (тремя методами, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = z(t) - \cos t, \\ \dot{z}(t) = x(t) + \sin t, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 3, \quad x(0)=0, z(0)=0.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 8

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = [1 + \operatorname{arctg}(0.8\pi + 0.2)]^{1/2} \exp(2e + 1)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 8 & -8 \\ -8 & 9 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 5 \\ 13 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	-1	-0,5	0	0,5
y	-2	0	1	3,5

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = 0,1$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 5,8x - 23 = 0$, б) $2 - x = \operatorname{tg}x$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_{0,8}^{2,0} \sqrt{1+x^3} dx$. Оценить погрешность результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	1	2	3	4	5	6
y	2,05	4,91	7,92	11,1	14,1	17,0
x	7	8	9	10	11	12
y	20,1	23,0	26,1	29,1	32,2	35,2

построить формулу вида $y = ax + b$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = 2.3y^1 - y^2, \\ \dot{y}^2 = y^1 + 2.3y^2, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 1.2, \quad y^1(0)=1, y^2(0)=1.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 9

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \sin(0.8\pi^2 + 0.1\sqrt{\sin(e + 0.74)})$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 9 & -9 \\ -9 & 10 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 6 \\ 14 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	3,1	3,2	3,3	3,4
y	0	-1	-2,5	-3

построить интерполяционный полином и вычислить его значение при $x = 3$.

4. С точностью до 0,0005 вычислить наименьший по модулю корень уравнения: а) $x^3 + 13,4x^2 - 3,2 = 0$, б) $\ln x + \sqrt{x} = 0$.

5. Приняв шаг $h=0,1$, вычислить интеграл $\int_{-0,9}^{0,4} t^2 \sqrt{1+t^4} dt$. Оценить погрешность

результата по правилу Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	-2	0	1	2	4	5
y	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00	3,40
x	6	8	9	10	12	13
y	3,80	4,70	5,10	5,30	6,40	6,80

построить формулу вида 1) $y = ax + b$; 2) $y = ax^2 + bx + c$ определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = -ty^2, \\ \dot{y}^2 = y^1/t, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 2, \quad y^1(0)=0, y^2(0)=1.$$

Контрольное задание
по курсу "Численные методы"
Вариант 10

1. Оценить погрешность, если аргументы функции имеют 4 верных знака определить, с каким числом верных знаков следует взять аргументы, чтобы значение функции имело три значащих цифры: $y = \cos(2.8\pi + \sqrt{1+e}) \arctg(1.5e + 0.2)$.

2. Пусть $A = \begin{pmatrix} 10 & -10 \\ -10 & 11 \end{pmatrix}$; $b = \begin{pmatrix} 7 \\ 15 \end{pmatrix}$. Решить задачу минимизации квадратичной функции методом наискорейшего спуска. Построить линии уровня с указанием векторов спуска. Найти точное x^* и приближенное x^k решение СЛАУ $Ax + b = 0$.

3. Для функции, заданной таблицей

x	0,2	0,4	0,6	0,8
y	0,8	1,4	4	9,8

построить интерполяционный полином.

4. С точностью до 0,0005 вычислить корни уравнений: а) $x^3 + x - 3,1 = 0$, б) $e^x = 2\sqrt{1-x}$.

5. Вычислить интеграл $\int_0^2 \frac{3tdt}{\sqrt{1+t^3}}$. Оценить погрешность результата по правилу

Рунге (методом двойного счёта).

6. Для функции, заданной таблицей

x	0,00	0,11	0,25	0,33	0,42	0,6
y	0,823	1,32	1,63	1,61	1,49	2,0
x	0,78	0,93	1,08	1,20	1,42	
y	2,27	1,74	1,81	1,72	2,01	

построить формулу вида $y = ax + b$, определив a и b методом наименьших квадратов.

7. Найти методом численного дифференцирования производные первых трех порядков для полинома из пункта 4а) в точке $x = -2,5$.

8. Найти приближенное решение ЗК для СОДУ методами типа Рунге-Кутты (три метода, один из которых «классический», сравнить полученные результаты).

$$\begin{cases} \dot{y}^1 = y^2 + 0.5y^1, \\ \dot{y}^2 = 0.5y^2 - y^1, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 1.2, \quad y^1(0)=1, y^2(0)=1.$$

Вопросы для экзамена.

№ п/п Формулировка вопроса (задания)

- 1 Теория погрешностей. Примеры.
- 2 Численное решение нелинейных уравнений. Метод дихотомии.
- 3 Численное решение нелинейных уравнений. Метод Ньютона.
- 4 Численное решение нелинейных уравнений. Метод хорд.
- 5 Численное решение нелинейных уравнений. Комбинированный метод хорд и касательных.
- 6 Численное решение нелинейных уравнений. Метод итераций.
- 7 Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации.
- 8 Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Зейделя.
- 9 Методы поиска экстремума. Градиентные методы.
- 10 Интерполирование функций.
- 11 Аппроксимация функций. Метод наименьших квадратов.
- 12 Численное дифференцирование. Метод неопределенных коэффициентов.
- 13 Численное интегрирование. Метод прямоугольников.
- 14 Численное интегрирование. Метод трапеций.
- 15 Численное интегрирование. Метод Симпсона. Правило Рунге.
- 16 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. «Классический метод Рунге-Кутты».
- 16 Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. «Классический метод Рунге-Кутты».

Список литературы, которую можно найти в интернете или библиотеке СПГУТД.

1. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. – М.: Высшая школа, 1994.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. М.: Лаборатория базовых знаний, 2003. 632 с.
3. Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях – М.: Высшая школа, 2000.
4. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т.2. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1959.
5. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач, М. 1988.
6. Вержбицкий В.М. Численные методы (математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения): Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 382 с.
7. Гловацкая А.П. Методы и алгоритмы вычислительной математики. Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1999. – 408 с.
8. Григорьева К. В. Численные методы. Часть 1. Минимизация квадратичной функции и приближенное решение задачи Коши: учебное пособие / К. В. Григорьева. Под ред. д. ф.-м. н., проф. С. Е. Михеева. Изд-во СПбГУТД. – СПб., 2012. – 167 с.
9. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. 2.: Учебное пособие для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 365 с.
10. Лапчик М.П., Рагулина М.И., Хеннер Е.К. Численные методы: Учебное пособие для студентов вузов / Под редакцией М.П. Лапчика. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 384 с. (с. 320-346).
11. Карманов В. Г. Математическое программирование, М., 1986.
12. Пшеничный Б.Н., Данилин Ю. М. Численные методы в экстремальных задачах, М. 1975.
13. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989.
14. Форсайт Дж., Малькольм К., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. – М.: Изд-во «Мир», 1980.
15. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969.