

**Министерство науки и высшего образования Российской  
Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО»  
Факультет программной инженерии и компьютерной  
техники**



**Вариант №13  
Лабораторная работа №2  
по дисциплине  
Вычислительная математика**

Выполнил студент группы Р3212  
**Соколов Анатолий Владимирович**  
Преподаватель:  
**Наумова Надежда Александровна**

# Содержание

<b>1</b>	<b>Обязательное задание</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Необязательное задание</b>	<b>1</b>
2.1	Вариант . . . . .	2
2.2	Цель работы . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Выполнение</b>	<b>2</b>
3.1	Точное вычисление интеграла: . . . . .	2
3.2	Вычисление по формуле Ньютона – Котеса . . . . .	2
3.3	Вычисление по формуле прямоугольников со средними высотами: . . . . .	3
3.4	Вычисление методом трапеций . . . . .	3
3.5	Вычисление методом Симпсона . . . . .	4
3.6	Блок-схема реализованного алгоритма . . . . .	5
3.7	Ссылка на GitHub с основной реализацией . . . . .	5
3.8	Примеры и результаты работы программы . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Заключение</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Список литературы</b>	<b>8</b>

## 1 Обязательное задание

### Программная реализация задачи:

1. Реализовать в программе методы по выбору пользователя
2.
  - Метод прямоугольников (3 модификации: левые, правые, средние)
  - Метод трапеций
  - Метод Симпсона
3. Методы должны быть оформлены в виде отдельной(ого) функции/класса.
4. Вычисление значений функции оформить в виде отдельной(ого) функции/класса.
5. Для оценки погрешности и завершения вычислительного процесса использовать правило Рунге.
6. Предусмотреть вывод результатов: значение интеграла, число разбиения интервала интегрирования для достижения требуемой точности.

### Вычислительная реализация задачи

1. Вычислить интеграл, приведенный в таблице 1, точно.
2. Вычислить интеграл по формуле Ньютона – Котеса при  $n = 6$ .
3. Вычислить интеграл по формулам средних прямоугольников, трапеций и Симпсона при  $n = 10$ .
4. Сравнить результаты с точным значением интеграла.
5. Определить относительную погрешность вычислений для каждого метода.
6. В отчете отразить последовательные вычисления.

## 2 Необязательное задание

1. Установить сходимост ь рассматриваемых несобственных интегралов 2 рода (2-3 функции). Если интеграл - расходящийся, выводить сообщение: «Интеграл не существует».
2. Если интеграл сходящийся, реализовать в программе вычисление несобственных интегралов 2 рода (заданными численными методами).
3. Рассмотреть случаи, когда подынтегральная функция терпит бесконечный разрыв: 1) в точке  $a$ , 2) в точке  $b$ , 3) на отрезке интегрирования

## 2.1 Вариант

Интеграл для вычислений в отчете:

$$\int_1^3 (-2x^3 - 5x^2 + 7x - 13)dx$$

## 2.2 Цель работы

Найти приближенное значение определенного интеграла с требуемой точностью различными численными методами.

## 3 Выполнение

### 3.1 Точное вычисление интеграла:

$$\int_1^3 (-2x^3 - 5x^2 + 7x - 13)dx = \left( -\frac{x^4}{2} - \frac{5x^3}{3} + \frac{7x^2}{2} - 13x \right) \Big|_1^3 = -\frac{244}{3} \approx -81.333$$

### 3.2 Вычисление по формуле Ньютона – Котеса

Берём  $n=6$ , тогда коэффициенты Котеса для равноотстоящих узлов:

$$c_6^0 = c_6^6 = \frac{42(b-a)}{840}$$

$$c_6^1 = c_6^5 = \frac{216(b-a)}{840}$$

$$c_6^2 = c_6^4 = \frac{27(b-a)}{840}$$

$$c_6^3 = \frac{272(b-a)}{840}$$

Границы известны  $a=2$ ;  $b=3$ :

$$c_6^0 = c_6^6 = \frac{84}{840}$$

$$c_6^1 = c_6^5 = \frac{432}{840}$$

$$c_6^2 = c_6^4 = \frac{54}{840}$$

$$c_6^3 = \frac{544}{840}$$

Найдём шаг разбиения:

$$h = \frac{3-2}{6} = \frac{1}{6}$$

Запишем определенный интеграл в виде:

$$\int_2^3 3x^3 - 2x^2 - 7x - 8 = c_6^0 \cdot f(a) + c_6^1 \cdot f\left(a + \frac{1}{6}\right) + c_6^2 \cdot f\left(a + \frac{2}{6}\right) + c_6^3 \cdot f(a+1) + c_6^4 \cdot f\left(a + \frac{4}{6}\right) + c_6^5 \cdot f\left(a + \frac{5}{6}\right) + c_6^6 \cdot f(b)$$

$$f(2) = -13.0$$

$$f\left(2 + \frac{1}{6}\right) = -17.296$$

$$f\left(2 + \frac{2}{6}\right) = -24.481$$

$$f(2+1) = -35.0$$

$$f\left(2 + \frac{4}{6}\right) = -49.296$$

$$f(1 + \frac{5}{3}) = -67.815$$

$$f(3) = -91.0$$

$$\frac{84}{840} \cdot -13 + \frac{432}{840} \cdot -17.296 + \frac{54}{840} \cdot -24.481 + \frac{544}{840} \cdot -35.0 + \frac{54}{840} \cdot -49.296 + \frac{432}{840} \cdot -67.815 + \frac{84}{840} \cdot -91.0 \approx -81.58$$

Относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{|81.333 - 81.58|}{81.33} * 100 = 0.3\%$$

### 3.3 Вычисление по формуле прямоугольников со средними высотами:

По условию дано  $n = 10$ , тогда делим отрезок интегрирования на 10 равных частей по формуле:

$$h = \frac{b - a}{n} = \frac{3 - 1}{10} = 0.2$$

По формуле средних прямоугольников:

$$I = h \sum_{i=1}^n y_{i-\frac{1}{2}}$$

$i$	$x_i$	$y_i$	$x_{i-1/2}$	$y_{i-1/2}$
1	1.1	-14.012	1.0	-14.012
2	1.3	-16.744	1.2	-16.744
3	1.5	-20.5	1.4	-20.5
4	1.7	-25.376	1.6	-25.376
5	1.9	-31.468	1.8	-31.468
6	2.1	-38.872	2.0	-38.872
7	2.3	-47.684	2.2	-47.684
8	2.5	-58.0	2.4	-58.0
9	2.7	-69.916	2.6	-69.916
10	2.9	-83.528	2.8	-83.528

Таблица 1: Приближенное вычисление интеграла методом средних прямоугольников

$$I = 0.1 \cdot (-14.012 - 16.744 - 20.5 - 25.376 - 31.468 - 38.872 - 47.684 - 58.0 - 69.916 - 83.528) = -81.22$$

Полученное для  $n = 10$  значение:  $-81.22$ .

Относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{|81.333 - 81.22|}{81.22} * 100 = 0.139\%$$

### 3.4 Вычисление методом трапеций

По условия дано  $n = 10$ , тогда делим отрезок интегрирования на 10 равных частей по формуле:

$$h = \frac{b - a}{n} = \frac{3 - 2}{10} = 0.1$$

По формуле трапеций:

$$I = h \cdot \left( \frac{y_0 + y_{10}}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} y_i \right)$$

$i$	$x_i$	$y_i$
0	1	-13
1	1.2	-15.256
2	1.4	-18.488
3	1.6	-22.792
4	1.8	-28.264
5	2	-35
6	2.2	-43.096
7	2.4	-52.648
8	2.6	-63.752
9	2.8	-76.504
10	3	-91

Таблица 2: Приближенное вычисление интеграла методом трапеций

$$I = 0.1 \cdot \left( \frac{-13 - 91}{2} + (-13 - 15.256 - 18.488 - 22.792 - 28.264 - 35 - 43.096 - 52.648 - 63.752 - 76.504 - 91) \right)$$

Полученное для  $n = 10$  значение:  $-81.56$ .

Относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{|81.333 - 81.56|}{81.56} * 100 = 0.279\%$$

### 3.5 Вычисление методом Симпсона

По условию дано  $n = 10$ , тогда делим отрезок интегрирования на 10 равных частей по формуле:

$$h = \frac{b - a}{n} = \frac{3 - 1}{10} = 0.2$$

По формуле Симпсона:

$$I = \frac{h}{3} (y_0 + 4 \cdot (y_1 + y_3 + y_5 + y_7 + y_9) + 2 \cdot (y_2 + y_4 + y_6 + y_8) + y_{10}) =$$

$i$	$x_i$	$y_i$
0	1	-13
1	1.2	-15.256
2	1.4	-18.488
3	1.6	-22.792
4	1.8	-28.264
5	2	-35
6	2.2	-43.096
7	2.4	-52.648
8	2.6	-63.752
9	2.8	-76.504
10	3	-91

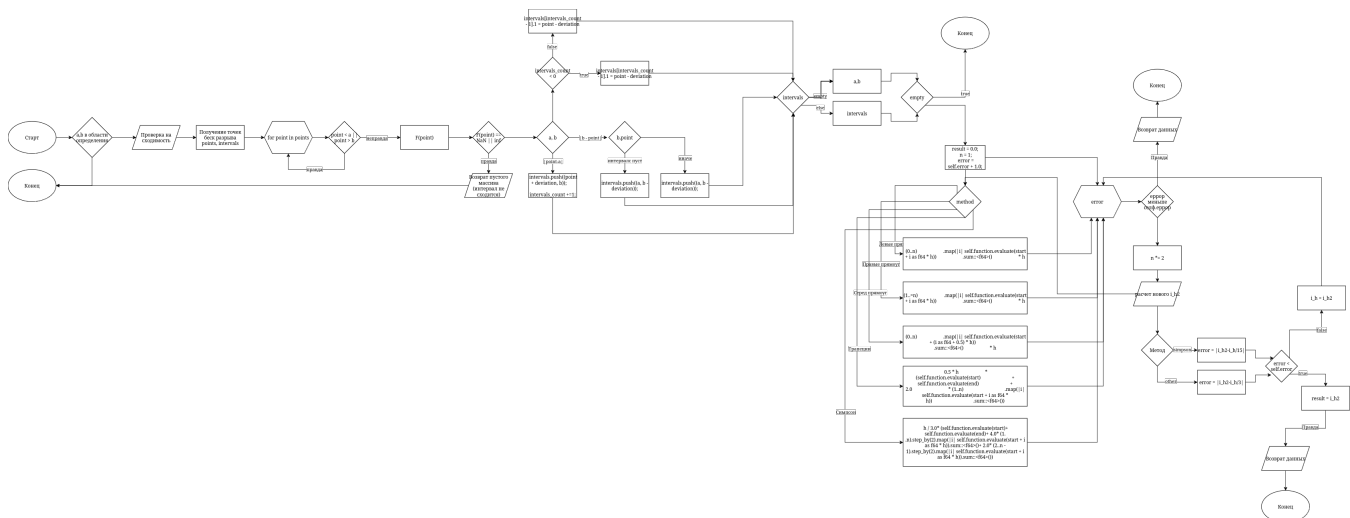
Таблица 3: Приближенное вычисление интеграла методом Симпсона

$$\frac{0.2}{3} (-13 + 4 \cdot (-13 - 18.488 - 28.264 - 43.096 - 52.648 - 76.504) + 2 \cdot (-18.488 - 28.264 - 43.096 - 63.752) - 91) = -80.0115$$

Относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{|81.333 - 68.252|}{68.252} * 100 = 1.6247\%$$

### 3.6 Блок-схема реализованного алгоритма



### 3.7 Ссылка на GitHub с основной реализацией

Github

### 3.8 Примеры и результаты работы программы

Skuf Prod. Ла6.1 Ла6.2 Ла6.3 Ла6.4 Ла6.5 Ла6.6

## Лабораторная работа

«Численное интегрирование»

Equation ID:  
0

0.  $x.\text{powi}(3) - 3.0 * x.\text{powi}(2) + 7.0 * x - 10.0$   
1.  $x.\text{sin}()$   
2.  $x$   
3.  $x / (1.0 + x.\text{powi}(2)).\text{sqrt}()$   
4.  $1.0 / x$   
5.  $1.0 / x.\text{sqrt}()$

Нижняя граница  
-1

Верхняя граница  
1

Calculation error:  
0.01

Method ID:  
0

0. LeftRectangles  
1. RightRectangles  
2. MiddleRectangles  
3. Trapezoid  
4. Simpson

Рассчитать

Ввод параметров из файла  
Browse... input

Рассчитать

## Решение

Количество разбиений  
128

Значение интеграла  
-7.2695465087890625

Рис. 1: UI 1

## Лабораторная работа

«Численное интегрирование»

Equation ID:

0

0.  $x.\text{powi}(3) - 3.0 * x.\text{powi}(2) + 7.0 * x - 10.0$

1.  $x.\text{sin}()$

2.  $x$

3.  $x / (1.0 + x.\text{powi}(2)).\text{sqrt}()$

4.  $1.0 / x$

5.  $1.0 / x.\text{sqrt}()$

Нижняя граница

-1

Верхняя граница

1

Calculation error:

0.01

Method ID:

0

0. LeftRectangles

1. RightRectangles

2. MiddleRectangles

3. Trapezoid

4. Simpson

Рассчитать

Ввод параметров из файла

Browse...

input

Рассчитать

### Решение

Количество разбиений

128

Значение интеграла

-7.2695465087890625

Рис. 2: UI 2

## 4 Заключение

В ходе выполнения данной ЛР я ознакомился с основными методами интегрирования. Вообще с кайфом написал даже не 2к строк кода, а всего 800



## **5 Список литературы**

- [1] Слайды с лекций (2023). // Кафедра информатики и вычислительной техники – Малышева Татьяна Алексеевна, к.т.н., доцент.