

# Проектно-технологическая практика

Макаров П. А., доцент кафедры ФиАТПиП,  
Сыктывкарский лесной институт (филиал)  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет имени С. М. Кирова»

Сыктывкар, 2023

## Аннотация

Методические материалы по проектно-технологической практике. Предназначены для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» на транспортно-технологическом факультете Сыктывкарского лесного института. Подготовлено для групп 325А и 325Б, проходящих практику в четвёртом семестре в 2022-2023 учебном году. Материалы разработаны на основе методических указаний [1].

## Содержание

<b>1</b>	<b>Общие положения</b>	<b>2</b>
1.1	Цели и задачи	2
1.2	Связь с другими дисциплинами	2
1.3	План работы	3
1.4	Аттестация	3
1.5	Структура и содержание отчёта	3
<b>2</b>	<b>Теоретический минимум</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Научные поисковые системы</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Программные инструменты</b>	<b>5</b>
4.1	TeX и LaTeX	5
4.2	Работа с библиографией	6
4.3	Научная графика	6
4.4	Системы компьютерной математики	6
4.5	Языки программирования, библиотеки, трансляторы, фреймворки и отладчики	7

<b>5</b>	<b>Задания на практику</b>	<b>8</b>
5.1	Темы рефератов для теоретической части . . . . .	8
5.2	Практические задания . . . . .	8
5.2.1	Численное интегрирование (P1) . . . . .	10
5.2.2	Определение корней уравнения численными методами (P2)	12
5.2.3	Численное решение дифференциальных уравнений (P3) . .	13
5.2.4	Задача численного интерполирования (P4) . . . . .	15
5.2.5	Аппроксимация (P5) . . . . .	16
5.3	Варианты заданий на практику . . . . .	16
	<b>Список использованных источников</b>	<b>20</b>

# 1 Общие положения

## 1.1 Цели и задачи

Цель практики — закрепление и углубление знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения; приобретение и формирование необходимых навыков и опыта практической работы по избранной специальности; усвоение приёмов, методов и способов обработки, представления и интерпретации результатов проведенных практических исследований; развитие творческих способностей.

Задачи практики:

1. освоение парадигм процедурного, структурного и объектно-ориентированного программирования;
2. изучение принципов абстрагирования, инкапсуляции, полиморфизма и наследования;
3. совершенствование навыков использования офисных программ;
4. овладение основами программирования.

## 1.2 Связь с другими дисциплинами

Учебная практика готовит студентов к более глубокому усвоению теоретических знаний и закреплению их на практике. Предполагается знакомство студентов со следующими дисциплинами: «Информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности», «Технологии программирования», «Теория информации».

Проектно-технологическая практика предназначена для закрепления знаний о методах и технологиях программирования, а также ознакомления студентов с методами работы системного и прикладного программного обеспечения. Практика даёт базовые навыки программирования и алгоритмизации, а также проведения работ по проектированию информационных систем.

### 1.3 План работы

1. Введение (2 ч.);
2. Изучение необходимой теории (6 ч.);
3. Непосредственное выполнение практических заданий (12 ч.);
4. Подготовка отчёта (4 ч.);
5. Защита отчёта.

Общий объём практики: 24 ч. в форме практических занятий.

### 1.4 Аттестация

Согласно учебному плану по практике предусмотрен дифференцированный зачёт. Основное требование для получения зачёта — **защита выполненного отчёта о проделанной работе.**

### 1.5 Структура и содержание отчёта

Структура отчёта:

1. Титульный лист;
2. Введение (1-2 стр.);
3. Теоретическая часть (15 стр.);
4. Практическая часть;
5. Заключение;
6. Список использованных источников и литературы (не менее 10 ед.).

Во введении ставятся цели и определяются задачи при прохождении практики.

Теоретическая часть представляет собой реферат на заданную тему объемом не менее 15 страниц. В данном разделе раскрывается понятие и основные характеристики технологии объектно-ориентированного программирования, описывается их роль, структура, история развития, классы и виды.

Практическая часть представляет собой описание программных реализаций пяти индивидуальных заданий по следующим темам:

1. Численное интегрирование;
2. Определение корней уравнения численными методами;
3. Численное решение дифференциальных уравнений;
4. Задача численного интерполирования;
5. Аппроксимация.

Оформление каждого задания в отчёте должно включать следующие элементы:

1. Точная формулировка постановки задачи;
2. Блок-схема или словесное описание реализуемого алгоритма;
3. Код программы на языках С и/или С++;
4. Распечатки или скриншоты сеансов работы программы.

В заключении отражаются результаты прохождения практики и подводятся итоги.

## 2 Теоретический минимум

В качестве основной литературы по численным методам, математическому, техническому и физическому моделированию могут быть рекомендованы источники [2–6].

1. Погрешности численного решения [2, Гл. 1];
2. Интерполяция и численное дифференцирование [2, Гл. 2];
3. Численное интегрирование [2, Гл. 3];
4. Приближение функций [2, Гл. 4];
5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений [2, Гл. 8 и 9];
6. Общие положения теории моделирования [3, Гл. 1], [4, Гл. 1];
7. Проектирование технических систем [4, Гл. 3 и 4];

## 3 Научные поисковые системы

- Google Академия [scholar.google.com](https://scholar.google.com) [7];
- Mendeley [www.mendeley.com](http://www.mendeley.com) [8];
- arXiv [arxiv.org](https://arxiv.org) [9];
- Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) [10];

- Web of Science [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com) [11];
- Scopus [www.scopus.com](http://www.scopus.com) [12];
- ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) [13];
- Springer Link [link.springer.com](http://link.springer.com) [14];
- Электронная библиотека Института инженеров по электротехнике и электронике [IEEE Xplore](http://IEEE Xplore) [15];
- Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных [ИСТИНА](http://ИСТИНА) [16];
- MathSciNet [mathscinet.ams.org](http://mathscinet.ams.org) [17];
- Проект Евклид [projecteuclid.org](http://projecteuclid.org) [18];
- MathNet [www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru) [19];

## 4 Программные инструменты

### 4.1 $\text{\TeX}$ и $\text{\LaTeX}$

Лично я изучал  $\text{\LaTeX}$  по книге Котельникова и Чеботарева [20], поэтому рекомендую прочесть из неё по крайней мере главы 1–6. Ещё одна классическая книга по набору и вёрстке текстов в системе  $\text{\LaTeX}$  написана Львовским [21]. По большому счёту, этих источников вполне достаточно, однако, возможно, вам больше понравится (или будет более полезной) книга Столярова [22] (по крайней мере, она гораздо короче). Кроме того, настойчиво рекомендую ознакомиться с книгой Дональда Кнута — создателя системы  $\text{\TeX}$  [23].

Также перед началом работы очень советую прочесть [Краткий курс благородного набора](#) [24]. Ещё один крайне полезный при наборе документов ресурс — [Detexify](#) [25], созданный Дэниелом Киршем.

Файлы с расширением `.tex` — это обычные текстовые файлы (написанные на языке разметки текста  $\text{\LaTeX}$ ). Открывать и редактировать их можно с помощью любого текстового редактора<sup>1</sup>, но я советую [Sublime Text](#) [26].

Для работы с издательской системой  $\text{\LaTeX}$  на локальном компьютере необходимо установить соответствующий набор программного обеспечения. Рекомендуется использовать актуальный дистрибутив [TeX Live](#) [27]. В настоящее время существуют и различные онлайн ресурсы для работы с системой  $\text{\LaTeX}$ , в частности проект [Overleaf](#) [28].

---

<sup>1</sup>Ни в коем случае не пытайтесь использовать для этого MS Word или что-то подобное!

## 4.2 Работа с библиографией

Для работы с библиографией в  $\text{\LaTeX}$  есть две возможности:

1. ручной набор списка литературы текущего документа с помощью окружения `thebibliography`;
2. создание библиографической базы данных и автоматическая генерация списка литературы.

Во втором случае практически стандартом является связка двух пакетов: `Bib $\text{\LaTeX}$`  [29] и `Biber` [30] (вариант использования `Bib $\text{\TeX}$`  [31] ещё встречается, но не является рекомендуемым). Вместе с тем, вручную составлять достаточно объёмные библиографические базы данных бывает весьма затруднительно, поэтому используются системы управления библиографической информацией, такие как `JabRef` [32] и `Mendeley Desktop` [33].

## 4.3 Научная графика

Одним из самых широко используемых инструментов для визуализации данных является `Gnuplot` [34]. Официальная документация проекта доступна по [данной ссылке](#) [35]. Также существует страница с [демонстрационными примерами](#) [36]. Кроме этих, имеется огромное множество и других источников, одно перечисление которых — весьма трудоёмкая задача. Поэтому ограничимся только ещё одной полезной [ссылкой](#) [37].

Ещё один мощный инструмент создания научной графики высокого качества — язык описания векторной графики `Asymptote` [38]. Официальная документация доступна по [данной ссылке](#) [39]. Крайне рекомендуются для изучения монографии Ю. М. Волченко [40] и P. Ivaldi [41]. В сети есть по крайней мере две обширных галереи примеров: [официальная \(англоязычная\)](#) [42] и [неофициальная \(франкоязычная\)](#) [43]. В настоящее время существует даже [веб-приложение](#) [44], позволяющее запускать программы на языке `Asymptote` непосредственно в браузере.

## 4.4 Системы компьютерной математики

Системы компьютерной математики существенно облегчают преобразование и упрощение громоздких выражений, поиск корней систем уравнений, выполнение рутинных вычислений и тому подобную работу. Для всех этих задач в настоящее время существует множество самых разных инструментов, среди

которых я особо выделил бы свободную систему [Maxima](#) [45]. Некоторая документация доступна [по данной ссылке](#) [46]. Очень рекомендуются к прочтению пособия Е. В. Маевского, П. В. Ягодовского [47] и В. А. Ильиной, П. К. Силаева [48]. С системой возможна работа с помощью [on-line интерфейса](#) [49].

Помимо Maxima, конечно, существуют и другие системы компьютерной математики. На мой взгляд, в первую очередь стоит обратить внимание на [SAGE](#) [50]. Кроме того, я бы упомянул [Octave](#) [51] и [R](#) [52].

## 4.5 Языки программирования, библиотеки, трансляторы, фреймворки и отладчики

- [C](#) [53].
- [C++](#) [54, 55].
- [GSL](#) [56].
- [GCC](#) [57].
- [ROOT](#) [58].
- [GDB](#) [59].

Для выполнения практических заданий подготовлен сервер под управлением UNIX-подобной ОС Ubuntu Linux. Доступ к серверу возможен с помощью любого браузера по адресу <https://mp.komisc.ru:1987>. Для подключения к серверу необходимо ввести имя своего пользователя и пароль, примеры которых можно найти в таблице 1. Также доступ к серверу возможен по протоколу **SSH**.

**Замечание 1.** При вводе пароля нет причин беспокоиться о том, что он не отображается при наборе. Это совершенно естественная ситуация, связанная с требованиями безопасности. Постарайтесь набрать логин и пароль без ошибок, после чего вы без каких-либо проблем войдёте на сервер.

Таблица 1: Примеры логинов и паролей

Фамилия И. О.	login	password
Иванов И. И.	ivanovii	iiivanov
Петров П. П.	petrovpp	pppetrov
Сидоров С. С.	sidorovss	sssidorov

При отсутствии опыта работы с UNIX-подобными системами следует ознакомиться с параграфами 1, 2 и 4 [пособия Столярова](#) [60] или раздел 1.2 из [книги](#) [61] того же автора.

## 5 Задания на практику

### 5.1 Темы рефератов для теоретической части

1. Развитие языков программирования.
2. Основные элементы языков программирования.
3. Системное программирование.
4. Основы параллельного программирования.
5. Простые и составные типы данных.
6. Статическая и динамическая память. Массивы элементов.
7. Процедуры, функции и методы.
8. Указатели и ссылки.
9. Модульное программирование.
10. Императивная и декларативная парадигмы программирования.
11. Структурное программирование.
12. Объектно-ориентированное программирование.
13. Структуры и классы.
14. Инкапсуляция.
15. Модели защиты и наследования `public`, `private`, `protected`.
16. Виды классов.
17. Конструкторы и деструкторы.
18. Статический и динамический полиморфизм.
19. Наследование и виртуализация методов.
20. Множественное наследование.
21. Механизм обработки исключений.
22. Шаблоны функций и классов.
23. Схема работы, организация и варианты трансляторов языков C и C++.
24. Стандарты языков C и C++.
25. Обзор возможностей библиотеки GSL для вычислительных задач.
26. FLOSS — свободное программное обеспечение и программы с открытым исходным кодом.

### 5.2 Практические задания

Выполнение практические заданий состоит в написании исходных текстов программ на языках программирования C и/или C++ и демонстрации преподавателю работы готовых приложений на нескольких примерах. При необходи-

мости следует пояснить алгоритм работы программы, руководствуясь её исходным кодом. Каждое задание представляет собой некую проблему, исследование которой предполагает выполнение следующих этапов:

1. изучение необходимой литературы;
2. выяснение подробностей условия задания;
3. разработка вычислительного алгоритма;
4. написание и отладка расчётных программ;
5. подготовка дополнительных скриптов, позволяющих получить изображения (и/или анимацию, там где это требуется), качественно иллюстрирующие особенности рассматриваемого процесса;
6. проведение численных экспериментов, проверка результатов на корректность и выявление ограничений разработанной реализации алгоритма;
7. написание отчёта о результатах проделанной работы.

Для решения представленных задач не принципиальны архитектура вычислительной машины, конкретная операционная система, тип и версия компилятора и/или IDE. Вы можете выбрать любое наиболее удобное для вас решение, но обязательно учитывайте возможность продемонстрировать результаты своей работы в компьютерных лабораториях СЛИ. В случае затруднений в выборе, рекомендуется пользоваться сервером, описанным в разделе [4.5](#).

При написании исходных текстов помните, что они должны быть грамотными и, по возможности, простыми. Имена переменным и функциям следует выбирать осмысленными, исходя из их функционального назначения. Не пренебрегайте возможностью использовать лаконичные и ёмкие комментарии, которые помогут лучше разобраться в коде вашей программы. Старайтесь красиво форматировать исходный код, это значительно упростит его восприятие и лично вами, и другими людьми. Продумывайте интерфейс ваших программ так, чтобы неподготовленный пользователь смог понять их предназначение и научиться ими правильно пользоваться. Кроме того, необходимо предусмотреть “внештатные” ситуации, которые могут возникнуть при исполнении ваших программ, и включить в исходный код их обработку.

### 5.2.1 Численное интегрирование (P1)

Требуется вычислить приближённое значение определённого интеграла

$$I = \int_a^b f(x) dx. \quad (1)$$

Параметры  $a$  и  $b$  тем или иным способом должен задавать пользователь программы. Программа обязательно должна учитывать возможность вычисления интеграла в каждом конкретном случае и оценивать погрешность  $\Delta I$  выполненных расчётов. Для тех случаев, когда это возможно, расчёты выполнить с относительной погрешностью

$$\delta = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\%, \quad (2)$$

не превышающей 1%.

Конкретный вид функции  $f(x)$  определяется индивидуальным вариантом задания, а их полный перечень приведён в Таблице 2.

Используемые в данном задании методы расчётов перечислены в Таблице 3 и также зависят от варианта работы.

**Метод прямоугольников.** Для приближённого вычисления интеграла (1) введём на интервале  $[a, b]$  сетку  $a = t_0 > t_1 > \dots > t_n = b$  и заменим на каждом подотрезке  $[t_{i-1}, t_i]$  подынтегральную функцию  $f(x)$  её значением в точке  $\tau_i \in [t_{i-1}, t_i]$ . Тогда приближённое значение интеграла можно записать в виде суммы:

$$I \approx \sum_{i=1}^n f(\tau_i) \cdot (t_i - t_{i-1}). \quad (3)$$

В зависимости от выбора точки  $\tau_i$  мы можем получить следующие варианты:

1. формула “левых прямоугольников”:  $\tau_i = t_{i-1}$ ;
2. формула “правых прямоугольников”:  $\tau_i = t_i$ ;
3. наиболее точная формула “средних прямоугольников”:  $\tau_i = (t_{i-1} + t_i)/2$ .

**Метод трапеций.** Также вводим на интервале  $[a, b]$  сетку  $a = t_0 > t_1 > \dots > t_n = b$ , после чего вычисляем приближённое значение

Таблица 2: Варианты функций  $f(x)$  для практического задания P1 (п. 5.2.1)

Вариант	$f(x)$	Вариант	$f(x)$
F01	$\sqrt[3]{3x^2 + 5x - 1}$	F11	$\frac{x \sin x}{\sqrt{1 + x^2}}$
F02	$(x^7 + 1)\sqrt{1 + x^4}$	F12	$\sqrt{x^3 + e^x}$
F03	$\frac{\sqrt[3]{x + 1}}{\ln x}$	F13	$\sqrt[3]{e^{-x} \sin x}$
F04	$\sqrt[5]{\sin(2x + 1) + 5}$	F14	$\frac{x^2}{\sqrt{x + 1}}$
F05	$\frac{\cos^6(3x + 2)}{\sqrt{1 + x^2}}$	F15	$e^{\sqrt{x}}$
F06	$e^3 x \sqrt[5]{x + 1}$	F16	$\cos x^2$
F07	$\frac{x^2 + 1}{\sqrt[7]{x^3 - 1}}$	F17	$e^{-x^2}$
F08	$x^2 \operatorname{arctg} \sqrt{x}$	F18	$\frac{3^x}{\cos x}$
F09	$(x + 1)\sqrt[5]{1 - x^3}$	F19	$\sqrt{x} \cos x$
F10	$\frac{\operatorname{tg} 2x}{\sqrt{1 + x^3}}$	F20	$\cos\left(\frac{x^2}{3x - 1}\right)$

интеграла (1) следующим образом:

$$I \approx \sum_{i=1}^n \frac{f(t_{i-1}) + f(t_i)}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}). \quad (4)$$

**Формула Ньютона — Симпсона.**

$$I \approx \frac{b - a}{6} \left( f(a) + 4f\left(\frac{a + b}{2}\right) + f(b) \right). \quad (5)$$

**Формула Котеса (составная формула Симпсона).** Для более точного вычисления интеграла интервал  $[a, b]$  разбивают на  $N = 2n$  элементарных отрезков одинаковой длины  $h = (b - a)/N$  и применяют формулу Симпсона на составных отрезках. Каждый составной отрезок состоит из соседней пары элементарных отрезков. Значение исходного интеграла является суммой результа-

Таблица 3: Методы численного интегрирования

Вариант	Метод
М1	левых прямоугольников
М2	правых прямоугольников
М3	средних прямоугольников
М4	трапеций
М5	Ньютона — Симпсона
М6	составная формула Симпсона

тов интегрирования на составных отрезках:

$$I \approx \frac{h}{3} \cdot \left[ f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{N/2-1} f(x_{2i}) + 4 \sum_{i=1}^{N/2} f(x_{2i-1}) + f(x_N) \right], \quad (6)$$

где  $x_i$  — чередующиеся границы и середины составных отрезков, на которых применяется формула Симпсона. Один составной отрезок  $[x_{i-1}, x_{i+1}]$  состоит из двух элементарных отрезков  $[x_{i-1}, x_i]$  и  $[x_i, x_{i+1}]$ .

### 5.2.2 Определение корней уравнения численными методами (P2)

Пользуясь тем или иным численным методом (список которых приведён в Таблице 4), получить с заданной точностью  $\varepsilon$  (определяемую пользователем программы) приближённое значение всех действительных корней  $x^*$  уравнения

$$f(x) = 0. \quad (7)$$

Таблица 4: Методы численного определения корней уравнения

Вариант	Метод
М1	бисекции
М2	одной касательной
М3	Ньютона
М4	секущих
М5	Мюллера
М6	обратной параболической интерполяции

**Метод бисекции.**

## Метод одной касательной.

**Метод Ньютона.** Задаётся начальное приближение  $x_0$  вблизи предположительного корня  $x^*$ , после чего строится касательная к графику исследуемой функции в точке приближения, для которой находится её пересечение с осью абсцисс  $x_1$ . Затем точка  $x_1$  берётся в качестве следующего приближения. Далее эти действия повторяются до тех пор пока не будет достигнута необходимая точность. Таким образом, алгоритм сводится к итерационной процедуре вычисления:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}, \quad i = 0, 1, \dots \quad (8)$$

Критерием завершения процесса поиска корня  $x^*$  могут служить условия  $|x_{i+1} - x_i| < \varepsilon$  либо  $|f(x_{i+1})| < \varepsilon$ .

## Метод секущих.

## Метод Мюллера.

## Метод обратной параболической интерполяции. ...

Перечень функций  $f(x)$  для данного задания приведён в Таблице 5.

Таблица 5: Варианты функций  $f(x)$  для практического задания Р2 (п. 5.2.2)

Вариант	$f(x)$	Вариант	$f(x)$
F01	$x^2 - e^x$	F06	$x^3 + (x - 3) \sin x$
F02	$x^2 - \sin x$	F07	$x^2 e^x - \frac{1}{2}$
F03	$x^3 + 3x + 2.2$	F08	$x^3 + 4x - 3$
F04	$e^x - x - 2$	F09	$3x - 5 \cos \pi x - 1$
F05	$x^3 + \cos \frac{x}{\pi}$	F10	$(5x^2 - 1)e^x - 1$

### 5.2.3 Численное решение дифференциальных уравнений (Р3)

Используя тот или иной численный метод (полный список методов приведён в Таблице 6), построить приближённое решение задачи Коши для следующего

дифференциального уравнения:

$$\frac{dy(x)}{dx} = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0 \quad (9)$$

на интервале  $x \in [a, b]$  с шагом  $\Delta x$ .

Таблица 6: Методы численного решения дифференциальных уравнений

Вариант	Метод
M1	явный метод Эйлера
M2	модифицированный метод Эйлера с пересчётом
M3	двухшаговый метод Адамса-Башфорта
M4	классический метод Рунге-Кутты четвёртого порядка

**Явный метод Эйлера.**

**Модифицированный метод Эйлера с пересчётом.**

**Двухшаговый метод Адамса-Башфорта.**

**Классический метод Рунге-Кутты четвёртого порядка. ...**

Параметры  $a$ ,  $b$ ,  $x_0$ ,  $y_0$  и  $\Delta x$  тем или иным способом должен задавать пользователь программы. Список функций  $f(x, y)$  приведён в Таблице 7.

Таблица 7: Варианты функций  $f(x, y)$  для практического задания РЗ (п. 5.2.3)

Вариант	$f(x, y)$	Вариант	$f(x, y)$
F01	$x - y$	F07	$y^2 - x^2$
F02	$\sin(xy)$	F08	$y^2 + x^2$
F03	$x + y$	F09	$y + x^2$
F04	$y^2 + x$	F10	$\cos(y^2 - x)$
F05	$y^2 - x$	F11	$y - x^2$
F06	$\sin(x + y)$	F12	$\cos(y + x^2)$

## 5.2.4 Задача численного интерполирования (P4)

Известны данные (см. Таблицу 8) о некоторой зависимости  $y = y(x)$ , измеренные экспериментально и представленные парами значений вида  $(x_i, y_i)$ . Тем или иным методом интерполяции (варианты методов для данного задания приведены в Таблице 9) требуется найти недостающие значения функции  $y(x)$  в диапазоне  $[\min\{x_i\}, \max\{x_i\}]$  с шагом  $\Delta x$ . Шаг  $\Delta x$  задать следующим образом:

$$\Delta x = \frac{|\max\{x_i\} - \min\{x_i\}|}{10(N - 1)}, \quad (10)$$

где  $N$  — это число известных наборов  $(x_i, y_i)$ .

Таблица 8: Варианты данных для практических заданий P4 (п. 5.2.4) и P5 (п. 5.2.5)

Вариант	$(x_i, y_i)$
D01	(1, 2.5), (2, 4), (3, 3.5), (4, 5), (5, 6)
D02	(0, -1), (2, 0.2), (3, 0.5), (3.5, 0.8)
D03	(-1.2, 35), (-0.7, 37), (-0.3, 31), (0.2, 38), (0.8, 40.5)
D04	(1, 51), (1.2, 49), (2, 55), (2.7, 56.5)
D05	(-0.9, 2.07), (0.1, 3.14), (0.8, 3.01), (1.5, 3.47), (2.3, 4.06)
D06	(1, 3.9), (2, 4.9), (3, 3.4), (4, 1.4), (5, 1.9)
D07	(-2.1, 3.1), (-0.7, 2.4), (-0.1, 1.3), (1.5, 2.6), (1.9, 2.8)
D08	(1, 5.3), (2, 6.3), (3, 4.8), (4, 3.8), (5, 3.3)
D09	(1.2, -2.7), (1.6, -1.5), (2.1, -0.7), (2.3, -0.1), (2.9, 0.9)
D10	(-0.2, 34), (0.3, 38), (0.7, 39), (1.2, 37), (1.9, 40), (2.3, 41.5)

Написанная вами программа должна считывать исходную интерполяционную сетку из файла `input.dat` и выдавать конечные результаты на экран либо в файл с именем, заданным пользователем.

**Метод ближайшего соседа.**

**Метод линейной интерполяции.**

**Метод интерполяционного многочлена Лагранжа.**

Таблица 9: Методы численного интерполирования

Вариант	Метод
M1	ближайшего соседа
M2	линейной интерполяции
M3	интерполяционного многочлена Лагранжа
M4	канонического полинома

**Метод канонического полинома.** . . .

### 5.2.5 Аппроксимация (P5)

Методом наименьших квадратов необходимо найти функцию  $f(x)$ , которая наилучшим образом приближает данные, приведённые в Таблице 8. Тип искомой функции  $f(x)$  определяется номером индивидуального варианта, а полный их перечень приведён в Таблице 10.

Таблица 10: Функции  $f(x)$  для задания P5 (п. 5.2.5)

Вариант	Функция	Искомые параметры
F1	линейная: $f(x) = a_1x + a_0$	$a_1, a_0$
F2	параболическая: $f(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$	$a_2, a_1, a_0$
F3	показательная: $f(x) = be^{ax}$	$a, b$
F4	степенная: $f(x) = cx^n$	$n, c$

Программа должна считывать исходный набор данных из файла `input.dat` и определять значения искомых параметров аппроксимирующей функции с их погрешностями. Результаты расчётов должны выдаваться на экран. Решение данной задачи необходимо сравнить с решением задачи P4.

**Метод наименьших квадратов.**

## 5.3 Варианты заданий на практику

Номер варианта индивидуальных заданий на практику закрепляется за каждым студентом по согласованию с преподавателем. Полный перечень вариантов приведён в Таблице 11. Для расшифровки этой таблицы следует использовать данные приведённые в Таблицах 2–10. При возникновении любых возможных проблем обращайтесь к преподавателю.

Таблица 11: Варианты заданий на практику

Вариант	Реферат	Задача				
		P1	P2	P3	P4	P5
V01	1	F01, M1+M5	F01, M1	F01, M1	D01, M1+M2	D01, F1+F2
V02	2	F02, M2+M5	F01, M2	F01, M2	D01, M1+M3	D01, F1+F3
V03	3	F03, M3+M5	F01, M3	F01, M3	D01, M1+M4	D01, F1+F4
V04	4	F04, M4+M5	F01, M4	F01, M4	D02, M1+M2	D02, F1+F2
V05	5	F05, M6+M5	F01, M5	F02, M1	D02, M1+M3	D02, F1+F3
V06	6	F06, M1+M5	F01, M6	F02, M2	D02, M1+M4	D02, F1+F4
V07	7	F07, M2+M5	F02, M1	F02, M3	D03, M1+M2	D03, F1+F2
V08	8	F08, M3+M5	F02, M2	F02, M4	D03, M1+M3	D03, F1+F3
V09	9	F09, M4+M5	F02, M3	F03, M1	D03, M1+M4	D03, F1+F4
V10	10	F10, M6+M5	F02, M4	F03, M2	D04, M1+M2	D04, F1+F2
V11	11	F11, M1+M5	F02, M5	F03, M3	D04, M1+M3	D04, F1+F3
V12	12	F12, M2+M5	F02, M6	F03, M4	D04, M1+M4	D04, F1+F4
V13	13	F13, M3+M5	F03, M1	F04, M1	D05, M1+M2	D05, F1+F2
V14	14	F14, M4+M5	F03, M2	F04, M2	D05, M1+M3	D05, F1+F3
V15	15	F15, M6+M5	F03, M3	F04, M3	D05, M1+M4	D05, F1+F4
V16	16	F16, M1+M5	F03, M4	F04, M4	D06, M1+M2	D06, F1+F2
V17	17	F17, M2+M5	F03, M5	F05, M1	D06, M1+M3	D06, F1+F3
V18	18	F18, M3+M5	F03, M6	F05, M2	D06, M1+M4	D06, F1+F4
V19	19	F19, M4+M5	F04, M1	F05, M3	D07, M1+M2	D07, F1+F2
V20	20	F20, M6+M5	F04, M2	F05, M4	D07, M1+M3	D07, F1+F3
V21	21	F01, M4+M5	F04, M3	F06, M1	D07, M1+M4	D07, F1+F4
V22	22	F02, M6+M5	F04, M4	F06, M2	D08, M1+M2	D08, F1+F2
V23	23	F03, M4+M5	F04, M5	F06, M3	D08, M1+M3	D08, F1+F3
V24	24	F04, M1+M5	F04, M6	F06, M4	D08, M1+M4	D08, F1+F4
V25	25	F05, M2+M5	F05, M1	F07, M1	D09, M1+M2	D09, F1+F2
V26	26	F06, M3+M5	F05, M2	F07, M2	D09, M1+M3	D09, F1+F3

## Список использованных источников

- [1] Д.А. Плешев и Ф.Ф. Асадуллин. *Учебная, технологическая и преддипломная практика: методические указания*. Сыктывкар: СЛИ, 2021, с. 40.
- [2] Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков и Г.М. Кобельков. *Численные методы*. 9-е изд. М.: “Лаборатория знаний”, 2020, с. 636.
- [3] Л.П. Мохрачева. *Типовые математические схемы моделирования. Примеры и задачи*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018, с. 144.
- [4] В.В. Аюпов. *Математическое моделирование технических систем*. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017, с. 242.
- [5] Х. Гулд и Я. Тобочник. *Компьютерное моделирование в физике*. Т. 1. М.: Мир, 1990, с. 350.
- [6] Х. Гулд и Я. Тобочник. *Компьютерное моделирование в физике*. Т. 2. М.: Мир, 1990, с. 400.
- [7] *Google Академия*. URL: <https://scholar.google.com/>.

- [8] *Mendeley*. URL: <https://www.mendeley.com>.
- [9] *arXiv.org*. URL: <https://arxiv.org/>.
- [10] *Научная электронная библиотека*. URL: <https://www.elibrary.ru/>.
- [11] *Web of Science*. URL: <https://webofknowledge.com>.
- [12] *Scopus*. URL: <https://www.scopus.com>.
- [13] *ScienceDirect*. URL: <https://www.sciencedirect.com>.
- [14] *Springer Link*. URL: <https://link.springer.com/>.
- [15] *Электронная библиотека Института инженеров по электротехнике и электронике*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org>.
- [16] *ИСТИНА – Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных*. URL: <https://istina.msu.ru/>.
- [17] *MathSciNet*. URL: <https://mathscinet.ams.org>.
- [18] *Проект Евклид*. URL: <https://projecteuclid.org>.
- [19] *MathNet*. URL: <http://www.mathnet.ru/>.
- [20] И.А. Котельников и П.З. Чеботарёв. *Л<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X по-русски*. 3-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2004, с. 496.
- [21] С.М. Львовский. *Набор и вёрстка в системе Л<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*. 5-е изд., перераб. М.: МЦНМО, 2014, с. 400.
- [22] А.В. Столяров. *Сверстай диплом красиво: Л<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X за три дня*. М.: МАКС Пресс, 2010, с. 100. URL: <http://stolyarov.info/books/latex3days>.
- [23] Д.Э. Кнут. *Все про T<sub>E</sub>X*. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003, с. 560.
- [24] А.В. Костырка. *Краткий курс благородного набора*. URL: <https://kostyrka.ru/main/ru/typesetting-and-typography-crash-course-by-kostyrka>.
- [25] D. Kirsch. *Detexify – Л<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X symbol recognition*. URL: <http://detexify.kirelabs.org/classify.html>.
- [26] *Sublime Text*. URL: <https://www.sublimetext.com>.
- [27] *T<sub>E</sub>X Live*. URL: <https://tug.org/texlive/>.
- [28] *Overleaf*. URL: <https://www.overleaf.com/>.
- [29] *BibL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X – Sophisticated Bibliographies in Л<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*. URL: <https://ctan.org/pkg/biblatex>.
- [30] *Biber – A BibT<sub>E</sub>X replacement for users of BibL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*. URL: <https://ctan.org/pkg/biber>.
- [31] A. Feder. *BibT<sub>E</sub>X*. URL: <http://www.bibtex.org/>.
- [32] *JabRef*. URL: <https://www.jabref.org/>.

- [33] *Страница загрузки Mendeleey Desktop*. URL: <https://www.mendeley.com/download-desktop-new/>.
- [34] *Gnuplot homepage*. URL: <http://www.gnuplot.info/>.
- [35] *Official gnuplot documentation*. URL: <http://www.gnuplot.info/documentation.html>.
- [36] *Demos for gnuplot*. URL: <http://gnuplot.sourceforge.net/demo/>.
- [37] *Gnuplot и с чем его едят*. URL: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/517450/>.
- [38] *Asymptote homepage*. URL: <https://asymptote.sourceforge.io/>.
- [39] *Asymptote documentation*. URL: <https://asymptote.sourceforge.io/doc/index.html>.
- [40] Ю.М. Волченко. *Научная графика на языке Asymptote*. URL: <http://math.volchenko.com/AsyMan.pdf>.
- [41] P. Ivaldi. *Euclidean geometry with Asymptote*. URL: [http://www.piprime.fr/files/res/geometry\\_en.pdf](http://www.piprime.fr/files/res/geometry_en.pdf).
- [42] *Asymptote Gallery*. URL: <https://asymptote.sourceforge.io/gallery/index.html>.
- [43] *Asymptote examples collection*. URL: <https://asy.marris.fr/asymptote/>.
- [44] *Asymptote Web Application*. URL: <http://asymptote.ualberta.ca/>.
- [45] *Maxima homepage*. URL: <https://maxima.sourceforge.io/ru/index.html>.
- [46] *Maxima Documentation*. URL: <https://maxima.sourceforge.io/ru/documentation.html>.
- [47] Е.В. Маевский и П.В. Ягодовский. *Компьютерная математика. Высшая математика в СКМ Maxima. Часть I. Введение*. М.: Финансовый университет, 2013.
- [48] В.А. Ильина и П.К. Силаев. *Система аналитических вычислений МАХИМА для физиков-теоретиков*. М., 2007.
- [49] *Maxima on line*. URL: <http://maxima.cesga.es>.
- [50] *SAGE homepage*. URL: <https://www.sagemath.org/>.
- [51] *Octave homepage*. URL: <https://www.gnu.org/software/octave/>.
- [52] *The R Project for Statistical Computing*. URL: <https://www.r-project.org/>.
- [53] Б. Керниган и Д. Ритчи. *Язык программирования Си*. 3-е изд., испр. СПб.: Невский Диалект, 2001, с. 352.
- [54] А.В. Столяров. *Введение в язык Си++*. 5-е изд., испр. и доп. М.: МАКС Пресс, 2020, с. 156. URL: <http://stolyarov.info/books/cppintro>.

- [55] *cplusplus.com*. URL: <http://www.cplusplus.com>.
- [56] *GSL homepage*. URL: <https://www.gnu.org/software/gsl/>.
- [57] *GCC, the GNU Compiler Collection*. URL: <https://gcc.gnu.org/>.
- [58] *ROOT homepage*. URL: <https://root.cern/>.
- [59] *GDB: The GNU Project Debugger*. URL: <https://www.sourceware.org/gdb/>.
- [60] А.В. Столяров. *Архитектура ЭВМ и системное программное обеспечение. Пособие по выполнению лабораторных работ на ЭВМ в среде ОС UNIX*. М.: МГТУ ГА, 2009, с. 48. URL: <http://stolyarov.info/books/unixref>.
- [61] А.В. Столяров. *Программирование: введение в профессию*. 2-е изд., испр. и доп.: в 3 томах. Т. I. Азы программирования. М.: МАКС Пресс, 2021, с. 704. URL: [http://stolyarov.info/books/programming\\_intro/e2](http://stolyarov.info/books/programming_intro/e2).