

Особенности разработки отчетных документов в рамках лабораторных, курсовых и исследовательских работ студентов

Материалы: Образовательные программы и курсы

Курс: Материалы по образовательной деятельности

Место проведения:

Факультет РК, кафедра РК-6 "Системы автоматизированного проектирования"

Тип мероприятия: семинар

Идентификатор: СВJ0538

Продолжительность мероприятия: 2 акад. часа

Авторы: доцент РК-6, к.ф.-м.н., Соколов, Александр Павлович,
ассистент, Першин, Антон Юрьевич

Контакты: alsokolo at bmstu dot ru

Сайт: gcad.bmstu.ru

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Россия, Москва, 2019-2020



- ▶ **[Microsoft Word]** Знать базовые принципы работы в текстовом процессоре, включая операции: форматирования текста, использования автоматически собираемого содержания, работу в режиме рецензирования.
- ▶ **[L^AT_EX]** Рекомендуется знать базовые принципы разработки документов с использованием языка вёрстки L^AT_EX.



- ↑ Соколов А.П., Першин А.Ю. Инструкция по выполнению лабораторной работы. Кафедра «Системы автоматизированного проектирования», МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2018-2019. 4 стр. [PDF](#).
- ↑ Цикл статей. Начинающему автору. Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы». Январь 2006. [PDF](#).
- ↓ ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.



Цель лекции: Изучить общие принципы разработки отчетной документации. Познакомиться с часто встречающимися ошибками. Узнать о критериях оценивания качества выполнения лабораторных и курсовых работ.

Структура отчета

Оформление текста, заключения и выводов

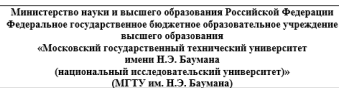
Оформление математических выражений

Подготовка иллюстративного материала

Оформление таблиц

Оформление листингов

Вопросы для самоконтроля



КАФЕДРА Системы автоматизированного проектирования (РК-6)

- ▶ шаблон отчета о лабораторной работе:
<https://archrk6.bmstu.ru/index.php/f/85083>.
- ▶ шаблон отчета о курсовой работе (курсовом проекте, НИРС):
<https://archrk6.bmstu.ru/index.php/f/787012>.

- ▶ Неверное наименование Министерства.
- ▶ Нет указания дисциплины или группы.



по дисциплине: «@Дисциплина@»

Студент	@Фамилия@ @Имя@ @Отчество@
Группа	@Группа@
Тип задания	лабораторная работа
Тема лабораторной работы	@Тема@

Студент _____ @Фамилия И.О. @
подпись, дата фамилия, и.о.

Преподаватель _____ @Фамилия И.О. @
подпись, дата фамилия, и.о.

Оценка



Содержание отчета

- ▶ Отчет должен представлять связный и логичный текст: разделы отчета должны следовать друг из друга.
- ▶ В шаблонах отчетов представлены некоторые рекомендации по содержанию разделов и их объемам.

Промежуточные разделы

- ▶ Короткие и осмысленные заголовки.
- ▶ Каждый раздел представляет результаты решения ранее поставленной задачи.
- ▶ В рамках раздела должен быть представлен материал, описывающий выполнение всех пунктов соответствующей задачи и ответы на все поставленные вопросы в рамках задачи.
- ▶ Ответы на вопросы должны быть подтверждены аналитическими выводами, графиками и/или таблицами.
- ▶ Каждый раздел должен завершаться выводами.

Заключение

- ▶ Должно содержать выводы по результату решённых задач.
- ▶ Может содержать плюсы и минусы предложенных методов, предложения по улучшению методов.

Оглавление

Задание на лабораторную работу	3
Цель выполнения лабораторной работы	3
Выполненные задачи	3
1. @Название раздела в соответствии с задачей 1@	4
2. @Название раздела в соответствии с задачей 2@	4
Заключение	4
Список использованных источников	4

Задание на лабораторную работу

@Задание@

Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – @цель выполнения@

Выполненные задачи

1. @Задача 1@
2. @Задача 2@
3. ...

Содержание отчета

- ▶ Отчет должен представлять связный и логичный текст: разделы отчета должны следовать друг из друга.
- ▶ В шаблонах отчетов представлены некоторые рекомендации по содержанию разделов и их объемам.

Промежуточные разделы

- ▶ Короткие и осмысленные заголовки.
- ▶ Каждый раздел представляет результаты решения ранее поставленной задачи.
- ▶ В рамках раздела должен быть представлен материал, описывающий выполнение всех пунктов соответствующей задачи и ответы на все поставленные вопросы в рамках задачи.
- ▶ Ответы на вопросы должны быть подтверждены аналитическими выводами, графиками и/или таблицами.
- ▶ Каждый раздел должен завершаться выводами.

Заключение

- ▶ Должно содержать выводы по результату решённых задач.
- ▶ Может содержать плюсы и минусы предложенных методов, предложения по улучшению методов.

1. @Название раздела в соответствии с задачей 1@

@Описание проведенных работ, включая иллюстрации и ссылки на дополнительную литературу, если такая потребовалась@

2. @Название раздела в соответствии с задачей 2@

@Описание проведенных работ, включая иллюстрации и ссылки на дополнительную литературу, если такая потребовалась@

Заключение

@Выводы по выполненным работам, включая краткое заключение@

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Фамилия И.О.** Тема публикации, название книги, пособия. [Электронный ресурс] // Наименование журнала. Организация, Город, Год, количество страниц¹.

²Формируется согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», и ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления»



Оформление текста, заключения и выводов

Оформление текста в целом

- ▶ Нумерация страниц: снизу по центру.
- ▶ Единый и аккуратный стиль оформления:
 - ▶ единый шрифт и его размер;
 - ▶ одинаковые отступы и межстрочный интервал;
 - ▶ форматирование по ширине страницы;
 - ▶ следует включать автоматические переносы слов;
 - ▶ единое форматирование перечислений.
- ▶ Согласованность с лекциями (ссылки на них, если необходимо), а также ссылки на другие использованные источники.
- ▶ Научно-технический стиль изложения:
 - ▶ отсутствие жаргонизмов, американизмов;
 - ▶ страдательные формы.
- ▶ Корректное использование технической терминологии:
 - ▶ “погрешность”, а не “неточность”;
 - ▶ “приближение функции”, а не “приближение графика”;
 - ▶ и т.п.
- ▶ Русский язык: абзацы с красной строки, фамилии с большой буквы, производные от фамилий с маленькой.

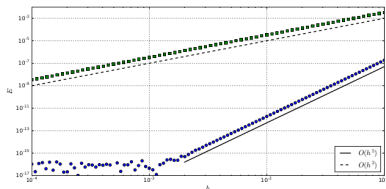


Рисунок 3.2 – Зависимость полной погрешности E численного интегрирования с помощью формулы Симпсона от шага интегрирования h для интегралов $\{f_1^{(1)}\}_{n=1}^n$ (синие круги) и $\{f_1^{(2)}\}_{n=1}^n$ (зеленые квадраты).

где $x = 1/2$ и $x = 0$ являются центральными узлами численного интегрирования для $f_1(x)$ и $f_2(x)$ соответственно. Рассчитав те же интегралы с помощью формулы Симпсона и найдя полную погрешность E , включающую в себя как остаточный член, так и вычислительную погрешность, для каждого случая, мы получаем рисунок 3.2. Для начала заметим, что численное интегрирование устойчиво с вычислительной точки зрения, и полная погрешность полностью соответствует остаточному члену вплоть до тех пор, пока E не достигнет машинного жипсина. Сам остаточный член, как мы видим, пропорционален $O(h^5)$ в случае бесконечно гладкой функции $f_1(x)$, что и предполагается равенством (3.49), в то время как в случае функции $f_2(x)$ погрешность метода пропорциональна лишь $O(h^2)$, что связано с тем, что уже первая производная от $f_2(x)$ имеет разрыв, что делает формулу (3.49) нерабочей.

3.2.3 Формула средних

Отдельно рассмотрим случай, когда на отрезке $[a; b]$ мы имеем только один узел, расположенный в центре отрезка, т.е. $x_1 = \frac{b+a}{2}$. Разложим функцию $f(x) \in C^2[a; b]$ в ряд Тейлора в этом узле:

$$f(x) = f(x_1) + f'(x_1)(x - x_1) + \frac{f''(\xi(x))}{2}(x - x_1)^2. \quad (3.52)$$



Комментарии

- ▶ (1) – использованы шрифты различных размеров в одном предложении.

Некорректно

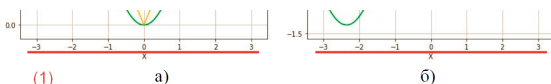


Рис. 5 Интерполяция для $N = 2$ функций: а) $f_2(x)$,
б) $f_3(x)$. Оранжевый – исходная функция, зеленый – интерполянт

Комментарии

- ▶ (1) – логическая ошибка.
- ▶ (2) – грамматическая ошибка.
- ▶ (3) – стилистическая ошибка.

Некорректно

Была разработана программа, позволяющая получить ⁽²⁾ график интерполяции кубических сплайнов ⁽³⁾ и график для её производной. Интерполированные ⁽¹⁾ данные взяты из значений ВВП России за период с 1989 по 2016 г.



Оформление текста, заключения и выводов

Частые ошибки

Комментарии

- ▶ (1) – неверные подзаголовки.
- ▶ (2) – абстрактный материал.
- ▶ (3) – неверное форматирование.
- ▶ (4), (5) – несогласованное предложение, синтаксические, стилистические и логические ошибки.
- ▶ (6), (7) – ненормативное выражение, а также представлены логические ошибки.
- ▶ (8) – в состав заключения должны входить выводы, которые сделал исследователь по результатам проведенных работ.

Некорректно

~~Задание 1:~~ (1)

(8) **Заключение**

(3)

Интерполяция Лагранжа позволяет получить приближение данной функции.

(3)

Однако в случае равноудаленного расположения узлов у границ отрезка интерполяции возникают паразитные осцилляции. Чтобы устранить эти осцилляции в качестве узлов интерполяции предпочтительно использовать нули полинома Чебышёва, для которых осцилляций не наблюдается.

~~Задание 2:~~

(4)

В случае, когда необходимо провести интерполяцию для большого

- (4) количества узлов, из двух, рассмотренных в данной работе, методов предпочтительно пользоваться методом интерполяции кубическими сплайнами, (5) нежели интерполяция полиномами Лагранжа по равномерно распределенным (6) узлам. Однако при попытке экстраполировать данные при помощи кубических (7) сплайнов, было установлено, что погрешность сильно увеличивается, при удалении от концов отрезка интерполяции.



Оформление текста, заключения и выводов

Частые ошибки

Комментарии

- ▶ (1), (2) – представлен двусмысленный материал, который следовал непосредственно после иллюстрации, представленной на предыдущем слайде!
- ▶ (3) – абстрактный материал.
- ▶ (4) – неверный вывод.
- ▶ (5) – логическая ошибка.
- ▶ (6) – стилистическая ошибка.
- ▶ (7) – стилистическая ошибка.
- ▶ (8) – стилистическая ошибка.
- ▶ (10), (12) – неточные формулировки.
- ▶ (11) – неверное форматирование текста.
- ▶ (9), (13) – неверный вывод и стилистически неверно подготовленный материал.

Некорректно

Проанализировав график производной от кубического сплайна можно определить год с наибольшим ВВП за данный период. Нас интересуют участки графика, где значение больше нуля. Наибольшим значением производной является значение графика за 2010 год, следовательно, и рост ВВП в 2010 году будет наибольшим.

Проведа те же вычисления полиномами Лагранжа, отраженного на рисунке 7, выяснили, что в этом случае появляются паразитные осцилляции на границах и степень функции увеличиваются пропорционально количеству узлов. Из вышесказанного можно сделать вывод, что метод интерполяции кубическими сплайнами является предпочтительным для достаточно большого набора узлов.

Особенности набора формул

- ▶ Формулы должны быть набраны.
- ▶ Длинные или важные – в разрыве текста (на новой строке по центру), – выключные формулы.
- ▶ Короткие – в тексте, – включные формулы.
- ▶ Пример выключной формулы с описанием:

$$f(x) = \sum_{i=0}^N a_i x^i; \quad (1)$$

где $f(x) : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ – полиномиальная зависимость, $N \in \mathbb{N}$ – порядок полинома, $a_i \in \mathbb{R}$ – неопределённые коэффициенты, x – независимая переменная.

где $\xi \in (x_1; x_3)$. Для того, чтобы избавиться от второй производной, воспользуемся формулой для численного дифференцирования с остаточным членом (3.21). После подстановки равенство выше принимает вид:

$$\begin{aligned} \int_a^b f(x) dx &= 2hf(x_2) + \frac{h^3}{3} \left[\frac{f(x_1) - 2f(x_2) + f(x_3)}{h^2} - \frac{h^2}{12} f^{(4)}(\xi_1) \right] + \frac{f^{(4)}(\xi_2)}{24} \int_{x_1}^{x_3} (x - x_2)^4 dx \\ &= \frac{h}{3} [f(x_1) + 4f(x_2) + f(x_3)] - \frac{h^5}{36} f^{(4)}(\xi_1) + \frac{h^5}{60} f^{(4)}(\xi_2), \end{aligned} \quad (3.46)$$

где $\xi_1, \xi_2 \in (x_1; x_3)$. Так как в общем случае $\xi_1 \neq \xi_2$ нам необходимо каким-то образом скомбинировать два последних члена. Для этого рассмотрим остаточный член в общем случае и предположим, что существует такое $\xi \in (x_1; x_3)$, что:

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{h}{3} [f(x_1) + 4f(x_2) + f(x_3)] + \alpha f^{(4)}(\xi), \quad (3.47)$$

где $\alpha \in \mathbb{R}$ – неопределённый коэффициент. Для того чтобы найти его, заметим, что $f^{(4)}(\xi) = 24$ для любого нормированного многочлена 4-й степени. Тогда рассмотрим в качестве $f(x)$ многочлен $(x - x_2)^4$:

$$\begin{aligned} \int_{x_1}^{x_3} (x - x_2)^4 dx &= \frac{2h^5}{5} \\ \Rightarrow \frac{2h^5}{5} &= \frac{h}{3} [(x_1 - x_2)^4 + 4(x_2 - x_2)^4 + (x_3 - x_2)^4] - 24\alpha \\ \Rightarrow \alpha &= -\frac{h^5}{90} \end{aligned} \quad (3.48)$$

Таким образом мы получаем формулу Симпсона с явным выражением для остаточного члена:

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{h}{3} [f(x_1) + 4f(x_2) + f(x_3)] - \frac{h^5}{90} f^{(4)}(\xi), \quad (3.49)$$

где $x_1 = a$, $x_2 = x_1 + h$ и $x_3 = x_2 + 2h = b$. Малость погрешности формулы Симпсона, $O(h^5)$, при использовании всего лишь трех узлов объясняет ее частое использование в реальных приложениях.

Необходимо отметить, что такая малая погрешность сохраняется только при достаточной гладкости функции $f(x)$. Для того, чтобы численно исследовать зависимость остаточного члена формулы Симпсона от гладкости интегрируемой функции, мы проведем следующий вычислительный эксперимент. Рассмотрим две функции $f_1(x) = e^x$ и $f_2(x) = |x|$, первая из которых является бесконечно гладкой, а вторая – лишь непрерывной. Построим на основе последовательности шагов $\{h_i\}_{i=1}^n$ соответствующую последовательность интегралов:

$$\{I_i^{(1)}\}_{i=1}^n, \quad \text{где } I_i^{(1)} = \int_{\frac{1}{2}-h_i}^{\frac{1}{2}+h_i} e^x dx = e^{\frac{1}{2}+h_i} - e^{\frac{1}{2}-h_i}, \quad (3.50)$$

$$\{I_i^{(2)}\}_{i=1}^n, \quad \text{где } I_i^{(2)} = \int_{-h_i}^{h_i} |x| dx = h_i^2, \quad (3.51)$$

Использование

- ▶ Ссылки на выражения по номеру: “из выражения (4) вычитается выражение (3)”.
- ▶ Следует давать определения переменным и функциям, необходимым для работы: “пусть $f_i(x)$ – i -я сгенерированная функция”.
- ▶ Определение дается один раз и далее используется в тексте.
- ▶ Не стоит заменять отдельные слова математическими знаками.

Орфография и пунктуация

- ▶ математические выражения являются частью предложения;
- ▶ выключные формулы должны завершаться точкой с запятойпунктуация действует и для формул на отдельной строке.

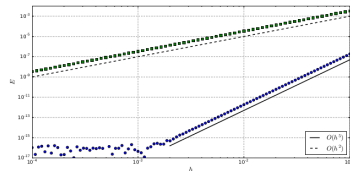


Рисунок 3.2 – Зависимость полной погрешности E численного интегрирования с помощью формулы Симпсона от шага интегрирования h для интегралов $\{f_i^{(1)}\}_{i=1}^n$ (синие кружки) и $\{f_i^{(2)}\}_{i=1}^n$ (желтые квадраты).

где $x = 1/2$ и $x = 0$ являются центральными узлами численного интегрирования для $f_1(x)$ и $f_2(x)$ соответственно. Рассчитав те же интегралы с помощью формулы Симпсона и найдя полную погрешность E , включившую в себя как остаточный член, так и вычислительную погрешность, для каждого случая, мы получаем рисунок 3.2. Для начала заметим, что численное интегрирование устойчиво с вычислительной точки зрения, и полная погрешность полностью соответствует остаточному члену вплоть до тех пор, пока E не достигнет машинного эквивалента. Сам остаточный член, как мы видим, пропорционален $O(h^5)$ в случае бесконечно гладкой функции $f_1(x)$, что и предполагается равенством (3.49), а то время как в случае функции $f_2(x)$ погрешность метода пропорциональна лишь $O(h^3)$, что связано с тем, что уже первая производная от $f_2(x)$ имеет разрыв, что делает формулу (3.49) нерабочей.

3.2.3 Формула средних

Отдельно рассмотрим случай, когда на отрезке $[a; b]$ мы имеем только один узел, расположенный в центре отрезка, т.е. $x_1 = \frac{b-a}{2}$. Разложим функцию $f(x) \in C^3[a; b]$ в ряд Тейлора в этом узле:

$$f(x) = f(x_1) + f'(x_1)(x - x_1) + \frac{f''(\xi(x))}{2}(x - x_1)^2. \quad (3.52)$$



Комментарии

- ▶ (1) – формулы следует набирать с использованием специальных редакторов.



Некорректно

$$\int_{-1}^1 P_m(x) dx = \sum_{i=1}^3 c_i P_m(x_i) \quad (1)$$

дра 3-й степени:

$$x_1 = 0, x_2 = \sqrt{\frac{3}{5}}, x_3 = -\sqrt{\frac{3}{5}}$$

Подготовка иллюстративного материала

Оформление

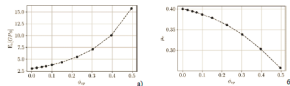


Рис. 2: Модуль Юнга а) и коэффициент Пуассона б) дисперсно-армированного микросферным компонентом

Поставив задачу идентификации упругих свойств микросфер $P^P = (E_p, \mu_p)^T$ (модуля Юнга и коэффициента Пуассона) по известным свойствам компонента $P^{CP} = (E_c^{CP}, \mu_c^{CP})^T$, полученным на основе решения задачи прямой гомогенизации ранее, и матрицы $P^* = (E_p, \mu_p)^T$ при разных объемных концентрациях микросфер ϕ_p :

$$F(P^P) = [N^{(i)}(P^P) - P^{CP}]^T \frac{P^* - P^{CP}}{P^* - P^{CP}} \rightarrow \min \quad (31)$$

$$F(P^P) = F(E_p, \mu_p) = (E_c - E_c^{CP})^2 + (\mu_c - \mu_c^{CP})^2 \xrightarrow{E_c, \mu_c} \min \quad (32)$$

где E_c, μ_c – свойства компонента, получаемые путём решения задачи прямой гомогенизации, E_c^{CP}, μ_c^{CP} – целевые свойства компонента.

Для решения задачи оптимизации использовался алгоритм последовательного квадратичного программирования (SQP) [52]. Предварительно был проведен анализ ландшафта целевой функции $F(P^P)$, для чего она была вычислена на равномерной сетке варьируемых упругих параметров микросфер, многократно решая задачу прямой гомогенизации. Вычислительные эксперименты проводились при трех различных объемных концентрациях микросфер ϕ_p . Полученные зависимости целевой функции от параметров микросфер представлены на рисунке 3.

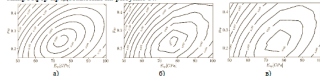


Рис. 3: Линии уровня целевой функции $F(P^P)$ задачи идентификации свойств микросфер при различных концентрациях: а) $\phi_p = 0.5$; б) $\phi_p = 0.4$; в) $\phi_p = 0.3$

Согласно данным, представленным на рисунке 3, можно видеть, что с уменьшением объемной доли микросфер представленные линии уровня целевой функции в области оптимальных значений указывают на формирование плато. Другими словами, рисунок 3 демонстрирует соответствующее падение чувствительности целевой функции к параметру μ_p с уменьшением объемной доли микросфер. Несмотря на полученные особенности целевой функции алгоритм последовательного квадратичного программирования сходится на

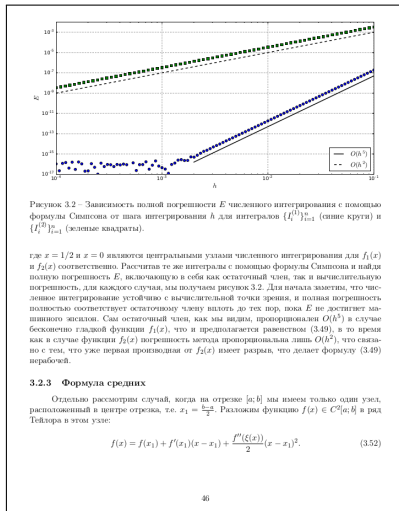


Описание рисунка

- ▶ Подпись – под рисунком, форматирование по центру в формате:
“Рисунок 1 – Подробное описание.”.
- ▶ Каждый рисунок должен быть описан в тексте и на каждый рисунок должна быть ссылка в тексте:
не “ниже приведены графики”, а “на рисунке 1 изображено...”.
- ▶ Все элементы рисунка должны быть описаны в тексте (кривые, характерные точки и т.д.):
- ▶ Легенду следует представлять только при наличии алгебраических обозначений кривых.
- ▶ Заголовок над рисунком не нужен (title);

Отображение данных на рисунках

- ▶ Для непрерывных функций – кривые с большим количеством узлов.
- ▶ Для дискретных данных – точки.
- ▶ Следует корректно определить пределы по осям.
- ▶ Следует разумно выбирать масштаб отображения по осям.





Подготовка иллюстративного материала

Оформление

Описание рисунка

- ▶ Подпись – под рисунком, форматирование по центру в формате: “Рисунок 1 – Подробное описание.”.
- ▶ Каждый рисунок должен быть описан в тексте и на каждый рисунок должна быть ссылка в тексте: не “ниже приведены графики”, а “на рисунке 1 изображено...”.
- ▶ Все элементы рисунка должны быть описаны в тексте (кривые, характерные точки и т.д.):
- ▶ Легенду следует представлять только при наличии алгебраических обозначений кривых.
- ▶ Заголовок над рисунком не нужен (title);

Отображение данных на рисунках

- ▶ Для непрерывных функций – кривые с большим количеством узлов.
- ▶ Для дискретных данных – точки.
- ▶ Следует корректно определить пределы по осям.
- ▶ Следует разумно выбирать масштаб отображения по осям.

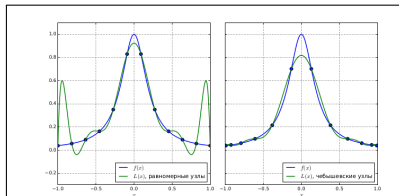


Рисунок 2.6 – Интерполяция функции Рунге $f(x) = \frac{1}{1+25x^2}$ с помощью равномерно распределенных (левый график) и чебышевских (правый график) узлов (сплош. точки).

произвольному. Более того, увеличение степени интерполирующих многочленов (что приводит, например, к кусочно-квадратичной интерполяции, кусочно-кубической интерполяции и т.д.) не исправляет эту ситуацию. Проблема гладкости в кусочной интерполяции решается с помощью введения дополнительных условий на значения интерполирующих многочленов в узлах, а именно, условий равенства их производных. На практике самым распространенным случаем является равенство первых и вторых производных в узлах, что требует использования кубических интерполирующих многочленов между парами узлов. Подобная интерполяция называется интерполяцией кубическими сплайнами.

2.8.1 Интерполяция кубическими сплайнами

Определение 2.8.1. Пусть функция $f(x)$ задана в n интерполирующих узлах $a = x_1, x_2, \dots, x_n = b$ на отрезке $[a; b]$. Тогда кубическим сплайном для функции $f(x)$ называется функция $S(x)$, для которой верно:

1. $S(x)$ кусочно задан кубическими многочленами $S_i(x)$ на каждом отрезке $[x_i; x_{i+1}]$, $i = 1, \dots, n-1$;
2. $S_i(x_i) = f(x_i)$ и $S_i(x_{i+1}) = f(x_{i+1})$, $i = 1, \dots, n-1$;
3. значения смежных многочленов совпадают в общих узлах: $S_i(x_{i+1}) = S_{i+1}(x_{i+1})$, $i = 1, \dots, n-2$;

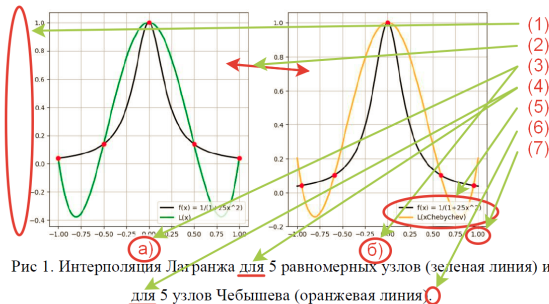
Подготовка иллюстративного материала

Частые ошибки

Комментарии

- ▶ (1) – каждая ось должна быть подписана.
- ▶ (2) – представленные графики следовало бы представлять на одной координатной плоскости.
- ▶ (3) – обе представленные координатные плоскости следует обозначать буквами снизу.
- ▶ (4) – стилистическая ошибка.
- ▶ (5) – неаккуратно подготовленная легенда.
- ▶ (6) – лишняя точка.
- ▶ (7) – мелкий шрифт и недостаточное разрешение иллюстрации.

Некорректно



Комментарии

- ▶ На представленной иллюстрации отсутствуют подписи отдельных двух представленных координатных плоскостей.
- ▶ (1) – свободное поле.
- ▶ (2) – неверный размер шрифта, а также недостаточное разрешение представленной иллюстрации (комментарии были представлены ранее).
- ▶ (3) – стилистически неверно подготовленное предложение.
- ▶ (4) – материал основного текста не соответствует материалу, представленному на иллюстрации.
- ▶ (5) – содержательный смысл представленной иллюстрации не выражен явно.

Некорректно

На рисунке изображены графики интерполированной функции и ее производной, полученной по данным о ВВП России с 1989 по 2016 гг.

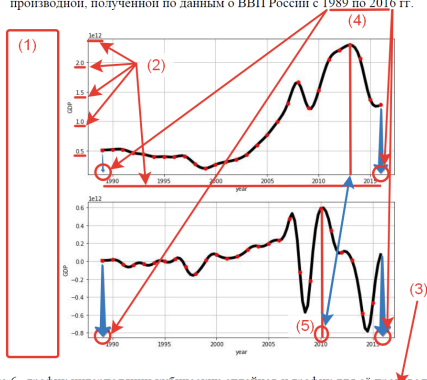


Рис 6. график интерполяции кубических сплайнов и график для её производной

Подготовка иллюстративного материала

Частые ошибки

Комментарии

- ▶ Формат для иллюстраций.
- ▶ Свободное поле в составе иллюстрации.
- ▶ Заимствование иллюстраций.
- ▶ (1) – свободное поле.
- ▶ (2) – небрежное обозначение.
- ▶ (3) – неверный размер шрифта, а также недостаточное разрешение представленной иллюстрации.

Некорректно

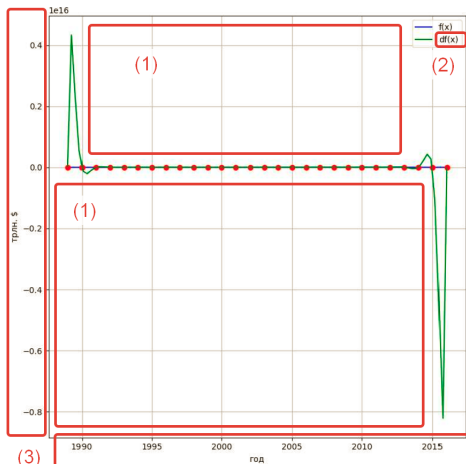


Рис 7. Интерполяция Лагранжа

Особенности оформления

- ▶ Таблицы следует использовать для данных, требующих системный подход для представления.
 - ▶ Все таблицы должны быть набраны.
 - ▶ Подпись – сверху, форматирование по правому краю в формате: “Таблица 1 – Подробное описание.”.
 - ▶ Каждая таблица должна быть описана в тексте и на каждую таблицу должна быть ссылка в тексте.

данных задачах за 100-200 вычислений прямой задачи гомогенизации. Соответствующие графики истории сходимости представлены на рисунке 4.

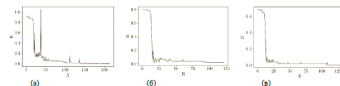


Рис. 4: Сходимость оптимизационной задачи идентификации свойств сфер при различных концентрациях: а) $\phi_p = 0.5$; б) $\phi_p = 0.4$; в) $\phi_p = 0.3$

В таблице 1 представлены результаты решения и их погрешности. Следует отметить, что с уменьшением концентрации ϕ_p сильно растет погрешность решения.

Таблица 1

Решение задачи идентификации свойств армирующих сфер			
Концентрация, ϕ_p , %	0.5	0.4	0.3
Матрица, $P^m = (E_m, \mu_m)^T, ([\Gamma]a), [6/p])^T$	(3.0; 0.4)	(3.0; 0.4)	(3.0; 0.4)
КМ, $P^{cp} = (E^{cp}, \mu^{cp})^T, ([\Gamma]a), [6/p])^T$	(16.; 0.26)	(10.; 0.3)	(7.; 0.34)
Решение, $P^p = (E_p, \mu_p)^T, ([\Gamma]a), [6/p])^T$	(76.013; 0.230)	(70.546; 0.249)	(60.241; 0.250)
Погрешность	(0.0002; 0.000)	(0.072; 0.085)	(0.055; 0.089)

Исследование показало, что задачу идентификации свойств армирующих микросфер в такой постановке можно решать для очень высоких концентраций наполнителя - от 50 %.

6.1.1. Применение регуляризации Тихонова

Решаем задачу идентификации с использованием регуляризации Тихонова (18). Коэффициент регуляризации принимаем $\rho = 10^{-4}$. Минимизируем целевую функцию вида:

$$F_{\text{об}}(P^p) = \|x_0^{(2)}(P^p) - P^{cp}\|_2^2 + \rho \|P^p\|_2^2 \rightarrow \min \quad (33)$$

$$F_{\text{об}}(P^p) = F_{\text{об}}(E_p, \mu_p) = (E_p - E^{cp})^T + (\mu_p - \mu^{cp})^T + \rho(E_p^2 + \mu_p^2) \rightarrow \min \quad (34)$$

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 2. Погрешности решения для концентраций $\phi_p = 40\%$ и $\phi_p = 30\%$ улучшились. Также решались задачи идентификации при концентрациях $\phi_p = 20\%$ и $\phi_p = 10\%$.

Таблица 2

Решение задачи идентификации с регуляризацией Тихонова					
Концентрация, ϕ_p , %	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Матрица, $P^m = (E_m, \mu_m)^T, ([\Gamma]a), [6/p])^T$	(3.0; 0.4)	(3.0; 0.4)	(3.0; 0.4)	(3.0; 0.4)	(3.0; 0.4)
КМ, $P^{cp} = (E^{cp}, \mu^{cp})^T, ([\Gamma]a), [6/p])^T$	(16.; 0.26)	(10.; 0.3)	(7.; 0.34)	(3.; 0.367)	(4.; 0.386)
Решение (микросферы).	(76.0; 0.23)	(76.012; 0.231)	(76.2646; 0.238)	(75.984; 0.23)	(60.88; 0.2545)

Table 1: Статистика времени ожидания для каждого начального условия

	Число точек	m	μ_L	σ_L
S9	169	759.0	802.901	154.129
S11	201	732.5	782.461	162.041
S13	201	734.5	779.407	155.159
S15	197	753.5	796.669	191.269
S17	193	741.0	780.407	146.545
S19	217	723.5	764.050	163.264

Подготовка таблиц в LaTeX

- Оформление подписи и её форматирование зависит от используемого стиля, поэтому может не соответствовать ГОСТ 7.32-2001.



Оформление таблиц

Частые ошибки

Комментарии

- ▶ (1) – обозначение параметра следует вставлять в текст сразу после его наименования.
- ▶ (2) – несоответствующие обозначения.
- ▶ (3) – формат представления числовых значений должен быть одинаковым.
- ▶ (4) – Подпись к таблицам следует форматировать по правому краю страницы.
- ▶ (5) – Подпись должна быть самостоятельным элементом текста.

Некорректно

(5) Таблица 1. Значения абсолютной погрешности интегрирования E_i для полиномов степени i при использовании квадратуры Гаусса (1)

(2)	<u>1</u>	0	1	2	3	4	5	6	(4)
E_i	<u>0.0</u>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<u>8.88e-16</u>	<u>0.003</u>	(3)

- ▶ Использование листингов – только для презентации важного кода.
- ▶ Количество кода, выносимого в листинг должно быть небольшим (не желательно более 10 строк).
- ▶ Оформление листингов:
 - ▶ все листинги должны быть набраны, а не вставлены в форме скриншота;
 - ▶ подпись – **сверху, форматирование по левому краю**:
формат: “Листинг 1 – Подробное описание.”
 - ▶ каждый листинг должен быть описан в тексте и на каждый листинг должна быть ссылка в тексте: не “ниже приведен листинг”, а “...код в листинге 1...” или “...алгоритм был реализован на языке Python (Листинг 1)...”;
 - ▶ листинги должны иметь неярый фон и аккуратную подсветку синтаксиса.

Листинг 1: Функция построения траектории динамической системы

```
1 def build_trajectory(x_0, t_end, h):
2     N = int(t_end // h)
3     t = np.linspace(0, t_end, N + 1)
4     x = np.zeros((2, len(t)))
5     x[:, 0] = x_0
6     for i in range(N):
7         x[:, i + 1] = rk4(x[:, i], t[i], rhs
8                           , h)
9     return t, x
```


учет влияния на квантовую систему внешнего классического поля $\vec{E}(t) = -\frac{1}{c}\dot{\vec{A}}(t)$, определяемого через векторный потенциал $\vec{A}(t)$ в калибровке Гамильтона. Характеристики отклика определяются характером взаимодействием квазичастиц с внешним полем (взаимодействие предполагается стандартным) и формой зависимости энергии квазичастиц ε от их импульса \vec{p} .

$$(1) \quad \varepsilon(\vec{p}, t) = v_F \sqrt{P^2} = v_F \sqrt{(P_1)^2 + (P_2)^2},$$

где $P_k = p_k - (e/c)A_k(t)$ компоненты квазиимпульса (их только две, поскольку рассужден является двумерной системой). Для целей численного анализа уравнение удобно представить, в форме системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) [4]:

$$(2) \quad \dot{f} = \frac{1}{2}\lambda u, \quad \dot{u} = \lambda(1-2f) - \frac{2\varepsilon}{h}v, \quad \dot{v} = \frac{2\varepsilon}{h}u,$$

где ключевой параметр, определяющий скорость изменения состояний, имеет вид:

$$(3) \quad \lambda(\vec{p}, t) = \frac{ev_F^2[E_1P_2 - E_2P_1]}{\varepsilon^2(\vec{p}, t)}.$$

В предположении вакуумного характера начального состояния задача Коши для системы уравнений (2) решается с начальными условиями $f(t_0) = u(t_0) = v(t_0) = 0$. В общем случае начальные условия могут отличаться от вакуумных.

Ключевым объектом для описания характеристик системы является функция распределения $f(\vec{p}, t)$. Через неё, например, определяется поверхностная плотность носителей заряда:

$$(4) \quad n(t) = 4 \int \frac{d\vec{p}_1 d\vec{p}_2}{(2\pi)^2} f(\vec{p}_1, \vec{p}_2, t).$$

Интегрирование выполняется в пределах первой зоны Бриллюэна. Функции $u(\vec{p}, t)$ и $v(\vec{p}, t)$ носят вспомогательный характер и описывают особенности эволюции поляризационных эффектов и энергии системы.

Для корректного воспроизведения характеристик моделируемой системы необходимо получить полную информацию о $f(\vec{p}, t)$, $u(\vec{p}, t)$ и $v(\vec{p}, t)$. В системе уравнений (2) пары значений $\{p_1, p_2\}$ выступают в качестве параметров. Их выбор может очень существенно влиять на поведение решений и характер этой зависимости в настоящее время

В настоящее время количество ядер в универсальном процессоре может исчисляться десятками. Каждое такое устройство является фактически мультипроцессором с достаточно сложной внутренней организацией. Многоядерные универсальные процессоры сделали аппаратный параллелизм нормой даже для систем начального уровня, а высокопроизводительные параллельные вычисления массово доступными уже при небольших бюджетах.

Однако масштабирование числа аппаратных ядер универсального процессора со сложной архитектурой относительно дорого и тоже приближается к естественному пределу, определяемому достижимыми параметрами литографии. В тоже время, для решения многих вычислительно сложных задач с большим потенциалом параллелизма архитектура ядер универсального процессора избыточна. Это породило идею о использовании специализированных математических ускорителей (сопроцессоров), в которых приоритет отдается именно количеству доступных для использования ядер. Пусть и максимально упрощенной архитектуры. На определенном этапе стало понятно, что это единственно доступный путь дальнейшего увеличения максимальной производительности типовых систем.

К сожалению, адаптация программных решений для использования возможностей математических ускорителей не является тривиальной задачей, в том числе и силу их архитектурных отличий от универсальных процессоров. При решении такой задачи для программного комплекса моделирования поведения графена в внешних электрических полях пришлось преодолеть ряд трудностей. Представленный в работе опыт может быть полезен и при решении других задач. Особенно имеющих высокий потенциал распараллеливания при высокой вычислительной сложности алгоритмов, реализуемых независимыми потоками.

1. Аппаратные ускорители для параллельных вычислений

Специализированные сопроцессоры, ускоряющие выполнение математических операций, имеют давнюю историю успешного применения. В настоящее время многоядерные математические ускорители являются практически обязательным элементом вычислительных систем с максимальными характеристиками производительности. В последней доступной версии (июнь 2019 на время написания работы) списка TOP-500 [1] с использованием ускорителей реализованы

6

? (скрыто), ? (скрыто), ? (скрыто)

не имеет аналитических оценок. Численные эксперименты показывают, что может быть необходимо использовать **плотные сетки** с очень большим количеством узлов. Это обстоятельство и определяет вычислительную сложность представляемой задачи. Положительным моментом является возможность рассматривать каждую **точку импульсного пространства** независимо.

3. Параллельная реализация решения системы ОДУ в двумерном пространстве параметров с использованием CUDA

Распараллеливание собственно процедуры решения задачи Коши для **системы ОДУ является трудной** задачей и **не обещает** существенных преимуществ [5, 6]. Поэтому для решения системы уравнений (2) **могут** использоваться любые подходящие последовательные алгоритмы, а потенциал аппаратного параллелизма реализуется за счет одновременного решения большого количества систем уравнений для различных значений параметров $\{p_1, p_2\}$. На универсальных процессорах такой подход может реализовываться, например, с использованием MPI и возможностей библиотеки GSL [7]. Прямая адаптация **этого кода** для использования на ускорителях NVIDIA невозможна в силу того, что библиотеки GSL скомпилированы для использования процессорах архитектуры x86.

Следовательно, было необходимо реализовывать собственную версию **какого-либо проверенного** алгоритма или искать другое готовое решение. Аналогичная дилемма рассматривалась в работах [8, 9]. В качестве примера первого подхода можно привести работу [10]. Реализация базовых вариантов проверенных алгоритмов не вызывает трудностей и на начальном этапе было проведено тестирование с использованием классического Рунге-Кутты 4-го порядка. **Но оснащение таких решений привычными сервисами контроля ошибок**, автоматического выбора размера шага интегрирования и т.п. приводит к необходимости воспроизведения функциональности уже существующих библиотечных решений, что представляется непродуктивным. Поэтому было решено воспользоваться подходом, представленным в работе [9]. Он основывается на использовании библиотечных решателей Odeint из библиотеки Boost C++ [11] с привлечением функциональности библиотеки шаблонов Thrust [12]. Последняя является элементом экосистемы NVIDIA и обеспечивает удобное оперирование данными в векторном формате **для связки** host - device (центральный процессор - сопроцессор NVIDIA). Также предоставляется



Спасибо за внимание!