

ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Під час виконання курсової роботи потрібно розробити програмний застосунок для чисельного обчислення значення аналітичної функції шляхом підсумовування наявних значень для цих функцій у степеневих рядах. Одержані у результаті розробки програмний застосунок повинен забезпечувати обчислення значення певної функції та дозволяти виконання обчислювального експерименту для вивчення та дослідження швидкості збіжності рядів і точності одержуваних значень функцій.

Таким чином виконання курсової роботи передбачає розробку алгоритму та його реалізацію (написання коду) для наближеного обчислення значення функції через її розклад в степеневий ряд відповідно до варіанта завдання. Крім цього необхідно підготувати оформити поясннювальну записку до курсової роботи та підготувати електронний звіт.

Електронний звіт студента повинен містити:

- електронний варіант пояснрювальної записки;
- початкові файли програми (потрібні лише ті файли, які необхідні для компіляції та компонування програми в середовищі Microsoft Visual Studio);
- виконуваний ехе-файл розробленого програмного застосунка (файл має виконуватися незалежно від його розташування на комп’ютері користувача);
- текстові файли, що були використані в програмі для визначення розрахункових параметрів та збереження отриманих результатів обчислення значень функції.

Відповідно до календарного плану необхідно надати керівнику на перевірку електронний звіту до виконаної курсової роботи, отримати допуску до захисту курсової роботи, пройти співбесіди із захисту курсової роботи у визначений керівником час, на якій необхідно продемонструвати роботу розробленої програми на персональному комп’ютері та відповісти на запитання щодо етапів її розробки.

Під час виконання кожного з етапів курсової роботи слід пам’ятати, що до роботи висувається така вимога, як відсутність plagiatu. Курсові роботи, в яких або в програмному коді, або в тексті пояснрювальної записки буде виявлено ознаки plagiatu, знімаються з захисту, а їх авторам виставляється оцінка “не задовільно”. У зазначених випадках для здачі курсової роботи студенту необхідно буде виконати нову роботу відповідно до іншого варіанта, що визначить керівник роботи.

Крім того, не допускаються до захисту роботи, текст пояснрювальної записки яких або електронний звіт не відповідають вимогам оформлення. Також не допускаються до захисту роботи, надані на перевірку з порушенням термінів їх виконання.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВОЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Під час виконання курсової роботи необхідно оформити поясннювальну записку. Пояснювальну записку до курсової роботи слід оформляти, дотримуючись вимог до звітів в сфері науки і техніки ДСТУ 3008–95 «Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

Текст поясннювальної записки до курсової роботи має бути на листах формату А4 (210x297 мм). Весь текст необхідно вирівнювати за ширину сторінки. Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту поясннювальної записки і дорівнювати 1,25 см. Відступи в тексті перед та після абзаців робити не треба.

Текст поясннювальної записки необхідно оформляти, залишаючи поля таких розмірів: ліве – не менше 25 мм, праве – не менше 10 мм, верхнє – не менше 20 мм, нижнє – не менше 20 мм.

У всьому тексті, включаючи заголовки, слід використовувати 14-й кегль, шрифт гарнітури Times New Roman та полуторний інтервал. У таблицях, у написах на рисунках, у підрисункових підписах можна використовувати 12-й кегль та одинарний інтервал.

Під час виконання поясннювальної записки необхідно дотримуватись рівномірної щільноті, контрастності й чіткості зображення впродовж усього тексту.

Структурний поділ поясннювальної записки

Пояснювальну записку умовно поділяють на вступну частину, основну частину та додатки.

Вступна частина повинна містити такі структурні елементи:

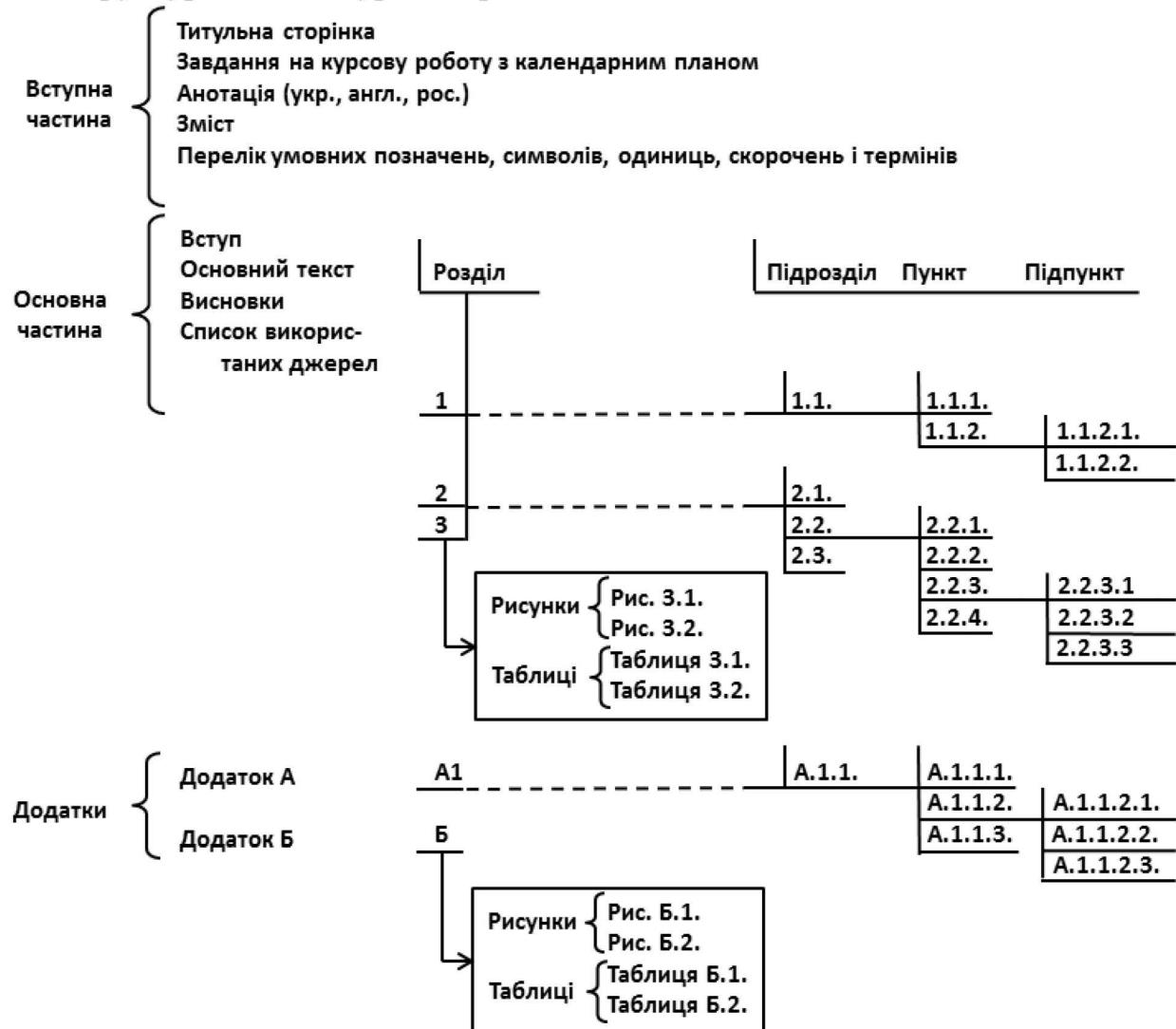
- титульна сторінка (титул);
- завдання на курсову роботу;
- календарний план;
- анотація;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.

Основна частина повинна містити такі структурні елементи:

- вступ;
- розділи, які розкривають основний зміст курсової роботи;
- висновки;
- список використаних джерел.

Суть поясннювальної записки викладають, поділяючи матеріал на розділи, які, в свою чергу, поділяються на підрозділи, пункти та підпункти.

Структурна схема курсової роботи:



Змістовний склад структурних елементів

Титульна сторінка

Титульна сторінка пояснювальної записки до курсової роботи повинна містити:

- повне найменування університету;
- найменування кафедри, де виконана робота;
- назву роботи;
- прізвище, ім'я, по батькові автора;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові викладача, який є науковим керівником курсової роботи;
- місто і рік написання курсової роботи.

Титульну сторінку слід оформити відповідно до наданого шаблона!

Завдання на курсову роботу з календарним планом

Завдання з календарним планом слід оформити відповідно до наданого шаблона!

Анотація

Анотація призначена для попереднього ознайомлення з роботою. Вона в стислій, інформативній формі повинна відображати суть виконаної роботи та містити конкретні відомості про одержані результати і висновки.

Текст анотації повинен бути написаний трьома мовами: українською, російською, англійською. Тексти анотації, написані конкретною мовою, оформлюються на окремих пронумерованих сторінках кожний та розміщуються після завдання на курсову роботу з календарним планом.

Текст анотації до курсової роботи складається з двох частин.

Перша частина повинна містити інформацію про мету та завдання, використані методики, термін та місце виконання роботи, одержані результати, а також включати перелік ключових слів.

Друга частина повинна містити дані про об'єм роботи, кількість у ній таблиць, рисунків та цитованих у роботі джерел.

Текст анотації має бути стислим та інформативним. Оптимальний об'єм анотації – 8-15 рядків.

Анотацію слід оформити відповідно до наданого шаблона!

Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після анотації, починаючи з нової сторінки. До змісту включають перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (повну назву); вступ; послідовно перелічені назви усіх розділів і підрозділів пояснівальної записки; висновки; список використаної літератури; назви додатків і номери сторінок, які містять початок матеріалу.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

Усі прийняті в курсовій роботі умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни пояснюють у переліку, який вміщують безпосередньо після змісту, починаючи з нової сторінки. Незалежно від цього, за першої появи цих елементів у тексті наводять їх розшифровку.

Перелік повинен розташовуватись стовпцем. Ліворуч в абетковому порядку наводять умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни, праворуч через тире – їх детальну розшифровку. Спочатку наводять скорочення українською мовою, потім – іноземними (з перекладом на мову написання пояснівальної записки).

Вступ

У вступі до курсової роботи коротко викладають мету роботи та розкривають світові тенденції розв'язання поставлених задач. Завдання вступної частини – зорієнтувати читача у тематиці праці, пояснити, чим важливим або цікавим є звернення до теми програмно-алгоритмічної реалізації наближеного обчислення значення функції через її розклад в степеневий ряд. Потім слід перерахувати у вигляді декількох конкретних пунктів основні завдання, які поставлені в курсовій роботі. Рекомендований обсяг вступу – 1 сторінка.

Перший розділ. Алгоритм сумування

У першому підрозділі первого розділу має бути наведений вивід рекурентної формули розрахунку n -го члена степеневого ряду, що визначає функцію, задану відповідно до варіанту. **При цьому розрахунок кожного нового члена ряду має зводиться лише до операції множення значення попереднього члену ряду на рекурентний множник!**

У другому підрозділі первого розділу мають бути наведені блок-схеми до програмного застосунку, який розробляється в курсовій роботі.

Другий розділ. Програмна реалізація

Першим підрозділом другого розділу має бути наведений повний текст коду програми (лістинг), у якому складні або ключові моменти повинні бути прокоментовані. Написання коду має бути оформлено відповідно до правил, наведених далі у розділі «Вимоги до оформлення коду».

У всьому тексті, що відповідає коду, слід використовувати 12-й кегль, шрифт гарнітури Courier New та одиничний інтервал.

Другим підрозділом другого розділу слід навести опис даних для проведення дослідження збіжності збіжності ряду до точного значення функції, а також навести поетапні результати роботи програмного застосунку, який розробляється в курсовій роботі.

Опис даних для дослідження збіжності має містити обґрунтування обрання розрахункових параметрів: аргумент функції, що змінюється в діапазоні $[X_{begin}, X_{end}]$ з кроком X_{delta} , а також точність (допустима похибка) розрахунків e , що буде визначати умову завершення рекурсивних розрахунків.

Поетапні результати роботи мають бути подані як копії з екрану роботи програми під час виконання всіх можливих дій користувача.

Третій розділ. Дослідження збіжності ряду і точності одержуваних значень функції

У першому підрозділі третього розділу має бути наведений аналіз збіжності ряду. Для цього необхідно побудувати графік кількості членів ряду, що була необхідна для досягнення заданої точності під час розрахунків наблизленого значення функції для серії заданих в програмі аргументів (для вивчення характеру збіжності заданого ряду на відрізку $[X_{begin}, X_{end}]$ значення розрахункових параметрів $X_{begin}, X_{end}, X_{delta}$ слід обрати такими, щоб дані графіку були показовими для цього ряду). **За даними графіку треба сформувати та навести відповідні висновки щодо характеру збіжності ряду!**

У другому підрозділі третього розділу має бути наведений аналіз точності наблизленого обчислення значень функції через її розклад у степеневий ряд. Для цього необхідно побудувати та порівняти графіки наблизленого (значення часткової суми ряду) та точного значення функції для серії заданих в програмі аргументів. Далі необхідно розрахувати і навести значення похибки обчислень значень функції в програмі. **За отриманими даними треба сформувати та**

навести відповідні висновки щодо коректності обчислення значень функції через її розклад у степеневий ряд у програмному застосунку, який розробляється в курсовій роботі!

Висновки

У висновках наводять оцінку одержаних результатів роботи або її окремого етапу (негативних також). Висновки мають продемонструвати ступінь реалізації поставленої мети та завдань. Обсяг висновків не повинен перевищувати двох сторінок.

Список використаних джерел

Після розділу висновків у роботі подають список використаних джерел. В цьому розділі поясннювальної записки подається нумерований список всіх джерел, на які існують посилання в роботі. **У відповідних місцях тексту мають бути посилання!**

Додатки

На підставі отриманих результатів у додатках можна надати рекомендації, що визначають потрібні, на думку автора, подальші вдосконалення з приводу архітектури та коду розробленої в курсовій роботі програми.

Оформлення структурних елементів поясннювальної записки

Заголовки структурних елементів пояснрювальної записки і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка (без врахування абзацного відступу) і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки.

Номер розділу ставлять після слова “РОЗДІЛ” без крапки в кінці. Потім з нового рядка друкують заголовок розділу великими літерами по центру сторінки без крапки в кінці.

Заголовки підрозділів і пунктів слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою.

Кожен структурний елемент пояснрювальної записки і розділ слід починати з нової сторінки.

Відстань між назвою структурного елемента пояснрювальної записки, а також між назвою розділу і подальшим текстом має дорівнювати двом порожнім рядкам.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту. Потрібно, щоб внизу сторінки лишалося мінімум два рядки тексту.

У змісті номери та назви розділів, підрозділів та пунктів друкують таким самим шрифтом, як і в тексті пояснрювальної записки, додержуючись

полуторного інтервалу. Проміжок між назвою та номером сторінки заповнюється крапками.

Нумерація сторінок та частин у пояснівальній записці

Сторінки слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації впротивож усього тексту пояснівальної записки. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Титульну сторінку і завдання на курсову роботу з календарним планом включають до загальної нумерації сторінок, але номери сторінок на них не проставляють. Завдання на курсову роботу з календарним планом враховується як одна сторінка (друга сторінка пояснівальної записки).

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти пояснівальної записки слід нумерувати арабськими цифрами. Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах викладення суті роботи і позначатися арабськими цифрами без крапки в кінці, наприклад, 1, 2, 3 і т. д.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1., 1.2. і т. д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремлених крапкою, з крапкою після номера, наприклад, 1.1.1., 1.1.2. і т. д. Потім у тому ж рядку наводять заголовок пункту (пункт може не мати заголовка).

Підпункти нумерують у межах кожного пункту за такими ж правилами, як пункти.

Переліки

Переліки, за потреби, можуть бути наведені всередині пунктів або підпунктів.

Перед переліком ставлять двокрапку.

Передожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою або, не нумеруючи, дефіс (перший рівень деталізації).

Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації).

Переліки першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого рівня – відступом відносно місця розташування переліків першого рівня.

Скорочення

У роботі бажано використовувати терміни, рекомендовані існуючими нормативними документами. Скорочення слів і абревіатури також повинні бути загальноприйнятими.

Замість скорочень «і т.д.» (і так далі), «і т.ін.» (і таке інше), «подібні» в роботі рекомендується використовувати термін «тощо».

Якщо в роботі прийнято особливу систему скорочування слів або назв, її

подають у розділі «Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів». Повний запис лексеми, що скорочується, або словосполучення треба наводити тоді, коли її вперше згадують у тексті, після неї в дужках подають її скорочення (абревіатуру), у подальших згадуваннях рекомендовано вживати прийняте скорочення без відмінкових закінчень. Якщо відсутність відмінкових закінчень спричиняє неоднозначне розуміння положення роботи, лексему, що скорочується, або словосполучення подають повністю.

Рисунки

Рисунки блок-схем слід розміщувати в пояснівальній записці безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці.

На всі рисунки мають бути посилання в тексті пояснівальної записки.

Рисунки мають мати підпис, що розміщують під ілюстрацією. Підпис обов'язково має містити: найменування графічного сюжету (позначається скороченим словом «Рис.»), порядковий номер (вказується без знаку номера арабськими цифрами), тематичний заголовок (містить текст із якомога стислою характеристикою зображеного).

Приклад оформлення рисунка із підписом:

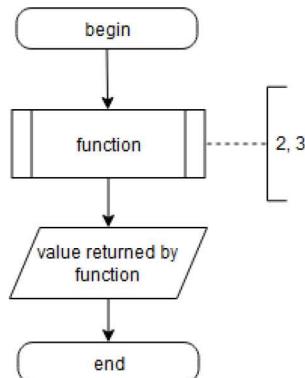


Рис.2.2. Блок-схема функції main

Текст підпису до рисунка слід виконувати тільки 14-м кеглем шрифту без крапки в кінці. Розташування тексту справа та зліва від рисунка не допускається. Після назви рисунка перед подальшим текстом пояснівальної записки необхідно залишити один незаповнений рядок.

Рисунки слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу. Номер рисунка складається з номера розділу і порядкового номера рисунка, відокремлених крапкою, наприклад, Рис. 3.2. – другий рисунок третього розділу.

Якість ілюстрацій повинна забезпечувати їх чітке відтворення.

Таблиці

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті пояснівальної записки.

Кожна таблиця повинна мати назву, яку розміщують над таблицею і друкують симетрично до тексту. Назву і слово «*Таблиця*» починають з великої літери. Назву не підкреслюють, її друкують жирним шрифтом. Назва має бути стислою і відбивати зміст таблиці.

Приклад побудови таблиці:

Назва таблиці						Таблиця (номер)
Головка						Заголовки граф
Рядки						Pідзаголовки граф
Боковик (заголовки рядків)		Графи (колонки)				

За логікою побудови таблиці її логічний суб'єкт, або підмет (позначення тих предметів, які в ній характеризуються), розміщують у боковику, головці чи в них обох, а не у прографці; логічний предмет таблиці, або присудок (тобто дані, якими характеризується присудок), – у прографці, а не в головці чи боковику. Кожен заголовок над графою стосується всіх даних цієї графи, кожен заголовок рядка в боковику – всіх даних цього рядка.

Заголовокожної графи в головці таблиці має бути за можливістю коротким. Слід уникати повторів тематичного заголовка в заголовках граф, одиниці виміру зазначати у тематичному заголовку, виносити до узагальнюючих заголовків слова, що повторюються.

Боковик, як і головка, вимагає лаконічності. Повторювані слова тут також виносять в об'єднувальні рубрики; загальні для всіх заголовків боковика слова розміщують у заголовку над ним.

У прографці повторювані елементи, які мають відношення до всієї таблиці, виносять в тематичний заголовок або в заголовок графи; однорідні числові дані розміщують так, щоб їх класи співпадали; неоднорідні – посередині графи; лапки використовують тільки замість однакових слів, які стоять одне під одним.

Заголовки граф повинні починатися з великих літер, підзаголовки – з маленьких, якщо вони складають одне речення із заголовком, і з великих, якщо вони є самостійними. У кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять.

Якщо дані в якомусь рядку не приводяться, то у графі ставлять прочерк.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового

номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за межі формату сторінки, таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під одною, або поруч, або переносячи частину таблиці на наступну сторінку, повторюючи в кожній частині таблиці її головку і боковик.

Слово «*Таблиця*» з зазначенням номера вказують один раз справа над першою частиною таблиці без крапки в кінці, над іншими частинами пишуть: «*Продовж. табл.*» із зазначенням номера таблиці.

Між текстом пояснівальної записи та заголовком таблиці, а також після таблиці перед подальшим текстом необхідно залишити по одному порожньому рядку.

Формули

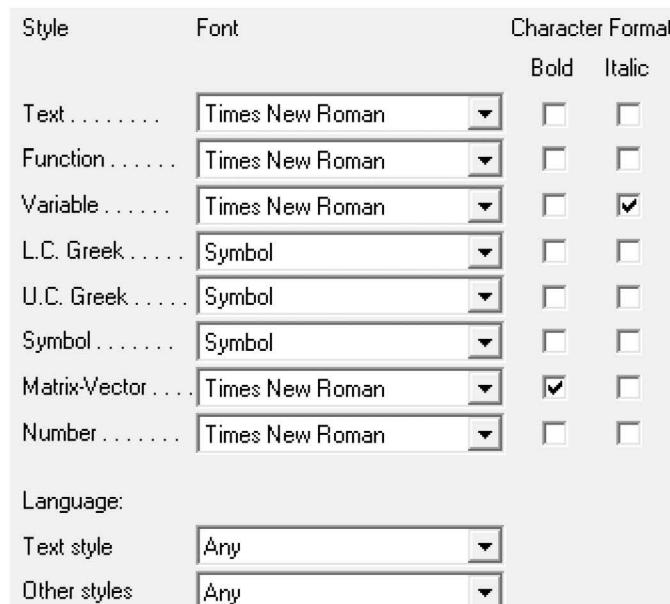
Формули слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються.

Найбільші, а також довгі і громіздкі формули, котрі мають у складі знаки суми, добутку, диференціювання, інтегрування, розміщують на окремих рядках з абзацного відступу. Для економії місця кілька коротких однотипних формул, відокремлених від тексту, можна подати в одному рядку, а не одну під одною. Невеликі і нескладні формули, що не мають самостійного значення, вписують всередині рядків тексту.

Переносити формули на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. При перенесенні на знакові операції множення застосовують знак «×».

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони дані у формулі. Рядок пояснення слід починати без абзацного відступу словом «де» без двокрапки.

Вимоги до шрифтів та їх стилю у формулах:



Вимоги до розміру символів у формулах:

Full	14 pt
Subscript/Superscript	9 pt
Sub- Subscript/Superscript	7 pt
Symbol	18 pt
Sub-symbol	12 pt

Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші нумерувати не рекомендується.

Формули в пояснівальній записці (за винятком формул, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, відокремлених крапкою.

Номер формули зазначають на рівні формули в круглих дужках у крайньому правому положенні на рядку. Номер, який не вміщується у рядку з формулою, переносять у наступний нижче формули. Номер формули при її перенесенні вміщують на рівні останнього рядка. Номер формули-дробу подають на рівні основної горизонтальної риски формули. Номер групи формул, розміщених на окремих рядках і об'єднаних фігурною дужкою, ставиться справа від вістря дужки, яке знаходиться в середині групи формул.

Загальне правило пунктуації в тексті з формулами таке: формула входить до речення як його рівноправний елемент. Тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації: у тексті перед формулою є узагальнююче слово або якщо цього вимагає побудова тексту, що передує формулі.

Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.

Формули повинні приводитися в тексті тільки один раз. В подальшому на них необхідно давати посилання.

Посилання

Посилання в тексті пояснівальної записи на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, «... у роботі [5] показано, що ...».

Посилання на джерела в мережі Інтернет включаються в загальний перелік посилань.

На джерела необхідно посилатися в порядку їх згадування в тексті пояснівальної записи. Нумерація використаних джерел виконується наскрізنا по всім розділам арабськими цифрами.

За умови посилання на розділи, підрозділи, пункти, рисунки, таблиці, додатки зазначають їх номери, при цьому слід писати: «... у розділі 4 ...», «... дивись 2.1 ...», «... за 3.3.4 ...», «... на рис. 1.3 ...», «... у табл. 3.2 ...», «... у додатку А ...», «... за рівнянням (1.2) ...».

Цитування

Цитування варто звести до мінімуму. До нього слід вдаватися лише тоді, коли воно справді необхідне.

Під час оформлення речень з використанням цитат слід дотримуватися кількох формальних правил:

- текст цитати повинен подаватися у лапках і супроводжуватися посиланням на відповідне джерело;
- текст цитати повинен бути дослівним;
- текст цитати не повинен бути надто довгим;
- трикрапкою позначають вилучення певних фрагментів у тексті цитати, що дозволяє уникнути довгого цитування;
- пояснення, які розміщаються всередині тексту цитати, слід наводити у квадратних дужках;
- текст цитати, що є незавершеним реченням, граматично узгоджується з текстом.

Список використаних джерел

Список використаних джерел має відображати ступінь фундаментальності проведеної роботи та має охоплювати всі види опублікованих та неопублікованих документів, які були використані під час написання курсової роботи.

Бібліографічні описи джерел у списку наводять відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи.

Структура бібліографічного опису може містити лише обов'язкові або обов'язкові та факультативні (необов'язкові) елементи.

У будь-якому бібліографічному описі мають бути наведені обов'язкові елементи, оскільки вони забезпечують ідентифікацію використаного джерела. Такий опис називається стислим і містить прізвище та ініціали автора (авторів), назву, відомості про видання, видавництво, рік видання, том (якщо є), кількість сторінок.

На відміну від стислого, розширений бібліографічний опис передбачає наявність ще й факультативних елементів. Такий опис додатково містить бібліографічні відомості щодо загального визначення матеріалу, паралельний заголовок, додаткові відомості про назву, відомості щодо наявності довідкового чи ілюстративного матеріалу тощо.

Джерелом інформації для складання бібліографічного опису є документ в цілому. Опис документів здійснюється за титульним аркушем, титульним екраном, етикеткою, наклейкою тощо.

Мова бібліографічного опису, як правило, відповідає мові вихідних відомостей документів.

Проміжки між знаками та елементами опису є обов'язковими, вони використовуються для розрізнення знаків граматичної пунктуації та приписаної (умовних розділових знаків). Бібліографічний опис складається за сучасною орфографією.

Числівники в описі, як правило, наводять так, як вони подані у джерелі інформації. Однак римські цифри і числівники у словесній формі замінюють арабськими цифрами при позначенні порядкових номерів видання; дат виходу документа; номерів випусків багаточастинного документа, кількості класів чи курсів навчальних закладів.

Відомості про джерела нумеруються арабськими цифрами. Номер ставиться перед бібліографічним записом і відокремлюється від нього крапкою.

Додатки

Додатки слід оформлювати як продовження пояснівальної записи на наступних сторінках, розташовуючи додатки в порядку появи посилань на них у тексті.

Кожний новий додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої друкується слово «Додаток», а далі – велика літера, що позначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, І, Ї, Й, О, Ч, Ъ, наприклад, додаток А, додаток Б і т.д.

Якщо в роботі є тільки один додаток, то він позначається як додаток А.

Текст кожного додатка, у разі необхідності, може бути поділений на розділи й підрозділи, які нумерують у межах кожного додатка. У цьому разі перед кожним номером ставлять позначення додатка (літеру) і крапку, наприклад, А.2 – другий розділ додатка А; В.3.1 – підрозділ 3.1 додатка В.

Ілюстрації, таблиці та формули, що є у тексті додатка, слід нумерувати в межах одного додатка. Наприклад: «Рисунок Г.3» – третій рисунок додатку Г, «Таблиця А.2» – друга таблиця додатка А, «формула (А.1)» – перша формула додатка А.

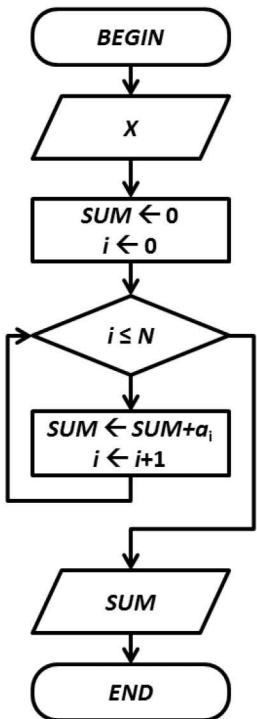
Додатки повинні мати спільну з рештою пояснівальної записи наскрізну нумерацію сторінок.

ЗАГАЛЬНА СХЕМА АЛГОРИТМУ СУМУВАННЯ

При наявності подання функції $f(x)$ у вигляді степеневого ряду проблема обчислення значень $f(x)$ може бути зведена до задачі знаходження часткових сум числового ряду загального вигляду:

$$SUM = \sum_{i=1}^n a_i.$$

Загальна схема алгоритму сумування членів ряду може бути зображена у вигляді:



Як видно з наведеної блок-схеми, алгоритм сумування є ітераційним, на кожній ітерації якого до змінної SUM додається черговий член ряду a_i . Як результат, в змінній SUM забезпечується накопичення часткових сум числового ряду.

Величина N в наведеній блок-схемі алгоритму використовується для задання моменту завершення циклу сумування. Вона визначає кількість членів ряду, які сумують, тому в даному випадку вона може бути розглянута як показник необхідної точності обчислення значення функції.

Більш логічним для алгоритму сумування є реалізація умови зупинки за заданою точністю. Під час такої реалізації обчислення має завершитися при виконанні нерівності:

$$|a_i| < \varepsilon,$$

де ε – заздалегідь задане значення точності, таке, що $0 < \varepsilon < 1$.

Виконання однієї ітерації алгоритму сумування включає обчислення значення чергового члена числового ряду. Таке обчислення може виявитися досить трудомістким (через необхідність розрахунку степеневої функції або функції факторіала).

З іншого боку, під час сумування рядів у багатьох випадках сусідні пари елементів мають загальну обчислювальну частину. Як результат, кожний наступний член ряду може бути отриманий швидше і з меншими витратами за умови врахування наявних значень попередніх елементів.

При наявності рекурентного співвідношення між членами ряду генерація суми числового ряду може бути забезпечена при використанні тільки початкового члена ряду a_0 і рекурентного множника q_i .

Так, наприклад, розклад функції $\cos(x^2)$ в степеневий ряд має вигляд:

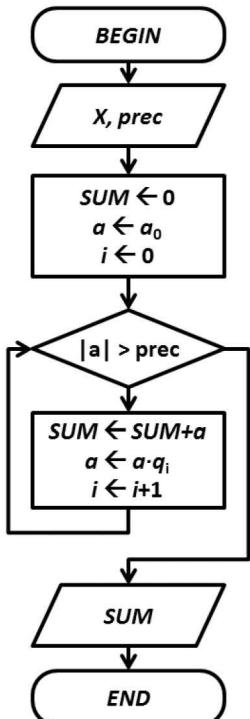
$$\cos(x^2) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (x^2)^{2k}}{(2k)!}.$$

Для обчислення загального члена ряду необхідно виконувати розрахунок значень степеневої функції та функції факторіала, що не є ефективним з точки зору затрат часу та витрат пам'яті на розрахунки. Разом з тим рекурентна формула розрахунку матиме вигляд:

$$a_i = a_{i-1} \cdot q_i, \text{ де } q_i = -\frac{x^4}{(2i-1) \cdot 2i}$$

Таким чином, розрахунок кожного нового члена ряду a_i зводиться лише до операції множення значення попереднього члена ряду a_{i-1} на рекурентний множник q_i . Слід зауважити, що розрахунок початкового члена ряду a_0 виконується лише один раз до початку визначення членів степеневого ряду та процедури їх сумування.

Беручи до уваги все вище сказане, загальна схема алгоритму сумування членів ряду має мати такий вигляд:



В наведеній схемі $prec$ – значення точності для обчислення часткової суми ряду, q_i – рекурентний множник.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ СУМУВАННЯ

Виконання програмної реалізації завдання курсової роботи полягає в проведенні реалізації мовою C++ наближеного обчислення значення функції через її розклад в степеневий ряд. Для цього необхідно:

- задати розрахункові параметри: аргумент функції, що змінюється в діапазоні $[X_{begin}, X_{end}]$ з кроком X_{delta} , а також точність (допустима похибка) розрахунків e , що буде визначати умову завершення рекурсивних розрахунків;
- виконати розрахунки: обчислити значення функції для заданих аргументів через її розклад в степеневий ряд, при цьому необхідно вивести та застосувати рекурентний множник;
- навести результати обчислень: наближене та точне значення функції, кількість членів ряду, що була необхідна для досягнення заданої точності, а також похибку розрахунків.

Розробку програмної реалізації слід виконувати частинами. У першій частині рекомендується розробити організацію діалогу з користувачем і управління процесом обчислень. У другій частині необхідно виконати розробку коду для реалізації розрахунків значення функції через її розклад в степеневий ряд. У третьій частині рекомендується виконати розробку візуалізації отриманих результатів. Такий поділ розробки дозволить організувати поетапне виконання курсової роботи, що надасть можливість зменшити складність пошуку та виправлення можливих помилок в програмному коді.

Діалог з користувачем і управління процесом обчислень

Організацію діалогу з користувачем і управління процесом обчислень пропонується реалізувати в головній функції програми *main*, при цьому необхідно дотримуватися декількох правил.

Основна програма повинна виконуватися в інтерактивному режимі. Це означає, що її робота повинна залежати від рішень, прийнятих користувачем, і відбуватися у формі діалогу з ним.

Діалог з користувачем пропонується реалізувати у вигляді меню, що забезпечує управління обчислювальним процесом. З його допомогою повинна забезпечуватися можливість:

- визначення розрахункових параметрів з можливістю вибору варіантів через введення параметрів з клавіатури або через їх зчитування з текстового файлу;
- проведення серії обчислень значення функції для всіх визначених аргументів через її розклад в степеневий ряд та відображення отриманих результатів на екрані;
- збереження отриманих результатів обчислення значень функції для заданих аргументів через її розклад в степеневий ряд в текстовому файлі.

Задача визначеного для користувача діалогу полягає в тому, щоб зробити роботу з програмою по можливості більш простою для людини. Тому при розробці основної програми слід звернути увагу на наочне відображення вихідної інформації та отриманих результатів, знайти простий і зручний спосіб завдання розрахункових параметрів.

Реалізації розрахунків значення функції через розклад в степеневий ряд

Під час проведення обчислювальних розрахунків значення функції з головної функції програми має(ють) викликатися функція(ї) користувача, де реалізовано алгоритм сумування членів степеневого ряду.

Визначення аргументів функції, що змінюється в діапазоні $[X_{begin}, X_{end}]$ з кроком X_{delta} , та виклик рекурентної функції розрахунку наближеного значення функції для заданого аргументу слід організувати через цикл.

Реалізація наближеного обчислення значення функції для заданого аргументу має бути виконана через рекурентну функцію користувача, в якій розраховується часткова сума відповідного числового ряду. В цій функції розрахунок кожного нового члена ряду a_i має бути виконаний через операцію множення значення попереднього члена ряду a_{i-1} на рекурентний множник q_i . Рекурентний розрахунок часткової суми має бути завершений з урахуванням значення точності (допустимої похибки) розрахунків e , яка була задана користувачем.

Під час обчислення збіжних рядів Тейлора-Маклорена в арифметиці з рухомою крапкою при досягненні певної довжини ряду значення часткової суми може припинити асимптотичне наближення до обчислюваного значення функції. Причиною цього є вихід значення чергового ненульового члена ряду за межі значущих величин поточної суми ряду, якщо ця сума обчислюється в скінченій розрядній сітці.

Якщо степінь першого знака мантиси дійсного числа в першому операнді суми дорівнює або більше на величину довжини розрядної сітки ніж степінь першого знака мантиси другого операнда, то значення другого операнда можна використовувати або як ознаку округлення, або воно просто зникає за межами розрядної сітки. Сформульована властивість застосовується тільки з урахуванням конкретної позиційної системи, яка використовується для роботи з дійсними числами. Якщо використовується кілька систем подання чисел (як, наприклад, двійкова і десяткова в комп'ютерах), то оцінка робиться в тій системі, в якій виконуються операції з числами.

Як наслідок, в арифметиці з рухомою крапкою можна сформулювати ознаку «межі точності» для розрахунків часткової суми ряду. При обчисленні деякого значення безперервно збіжного ряду була досягнута межа точності обчислення цього значення в скінченій розрядній сітці, якщо один або більше разів при збільшенні k виконуються умови:

$$|a_{k+1}| > 0, \quad S_k - S_{k+1} = 0.$$

Перевірка такої ознаки в алгоритмах реалізується досить просто, проте при цьому може істотно прискорити їх виконання.

Вивід отриманих результатів

Результати обчислень мають включати наближене та точне значення функції для серії заданих аргументів, а також кількість членів ряду, що була необхідна для досягнення заданої точності, та похибку проведених розрахунків.

Вивід результатів виконуваних розрахунків з підсумовування числових рядів рекомендується оформити у вигляді таблиці даних, можливий вид якої може бути таким:

x	series(x)	y(x)	absolute error	steps
-0.7	0.535079	0.530628	0.004451	26
-0.6	0.475152	0.470004	0.005148	28
-0.5	0.401042	0.405465	0.004423	31
-0.4	0.341333	0.336472	0.004861	34
-0.3	0.255000	0.262364	0.007364	37
-0.2	0.180000	0.182322	0.002322	42
-0.1	0.100000	0.095310	0.004690	49
0.0	0.000000	0.000000	0.000000	58
0.1	-0.10000	-0.10536	0.005361	73
0.2	-0.22000	-0.22314	0.003144	100
0.3	-0.34500	-0.35668	0.011675	171
0.4	-0.50133	-0.51083	0.009493	5001

Відображення рамок таблиці в консольному режимі роботи може бути виконано за допомогою символів псевдографіки.

Для оцінки кожного конкретного розрахунку наближеного значення функції слід розрахувати його абсолютно похибку, тобто модуль різниці між точним значенням функції та значенням часткової суми ряду, що була отримана в програмі.

Для отримання точного значення обчислюваної функції можна використовувати, наприклад, стандартні функції мови C++.

Для правильної обробки помилкових ситуацій, які можуть виникнути в ході проведення обчислювальних експериментів або під час визначення початкових розрахункових параметрів, в програмній реалізації необхідно виконати:

- перевірку коректності введення даних для визначення значень початкових розрахункових параметрів;
- перевірку наявності вказаного користувачем файлу.

ВАРИАНТИ ЗАВДАНЬ

Номер варіанту	$f(x)$	Степеневий ряд
1	$\frac{6x}{2-3x}$	$\frac{3^1 x^1}{2^0} + \frac{3^2 x^2}{2^1} + \frac{3^3 x^3}{2^2} + \frac{3^4 x^4}{2^3} + \dots, x < \frac{2}{3}$
2	$\ln(x)$	$\frac{(x-1)^1}{1} - \frac{(x-1)^2}{2} + \frac{(x-1)^3}{3} - \frac{(x-1)^4}{4} + \dots, 0 < x \leq 2$
3	$\ln(1-2x)$	$-\left(\frac{2^1 \cdot x^1}{1} + \frac{2^2 \cdot x^2}{2} + \frac{2^3 \cdot x^3}{3} + \frac{2^4 \cdot x^4}{4} + \dots\right), -\frac{1}{2} \leq x < \frac{1}{2}$
4	$\ln(1-x^2)$	$-\left(\frac{x^2}{1} + \frac{x^4}{2} + \frac{x^6}{3} + \frac{x^8}{4} + \dots\right), -1 < x < 1$
5	e^x	$\frac{x^0}{0!} + \frac{x^1}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
6	e^{-x^2}	$\frac{x^0}{0!} - \frac{x^2}{1!} + \frac{x^4}{2!} - \frac{x^6}{3!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
7	$\frac{1-e^{-x^2}}{x}$	$\frac{x^1}{2^1 \cdot 1!} - \frac{x^3}{2^2 \cdot 2!} + \frac{x^5}{2^3 \cdot 3!} - \frac{x^7}{2^4 \cdot 4!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
8	$e^x(1+x)$	$\frac{1x^0}{0!} + \frac{2x}{1!} + \frac{3x^2}{2!} + \frac{4x^3}{3!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
9	e^{1-2x^3}	$\frac{2^0 \cdot e \cdot x^0}{0!} - \frac{2^1 \cdot e \cdot x^3}{1!} + \frac{2^2 \cdot e \cdot x^6}{2!} - \frac{2^3 \cdot e \cdot x^9}{3!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
10	a^x	$\frac{(x \cdot \ln a)^0}{0!} + \frac{(x \cdot \ln a)^1}{1!} + \frac{(x \cdot \ln a)^2}{2!} + \frac{(x \cdot \ln a)^3}{3!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
11	$(1+x)^a$	$1 + \frac{a \cdot x}{1!} + \frac{a \cdot (a-1) \cdot x^2}{2!} + \frac{a \cdot (a-1) \cdot (a-2) \cdot x^3}{3!} + \dots, -1 < x < 1$
12	$\frac{1}{a^2 - x^2}$	$\frac{x^0}{a^2} + \frac{x^2}{a^4} + \frac{x^4}{a^6} + \frac{x^6}{a^8} + \dots, x < a $
13	$\sin(x)$	$\frac{x^1}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
14	$\cos(x)$	$\frac{x^0}{0!} - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \frac{x^8}{8!} - \dots, -\infty < x < +\infty$
15	$\sin^2(x)$	$\frac{2^1 \cdot x^2}{2!} - \frac{2^3 \cdot x^4}{4!} + \frac{2^5 \cdot x^6}{6!} - \frac{2^7 \cdot x^8}{8!} + \dots, -\infty < x < +\infty$
16	$\sin^3(x)$	$\frac{1}{4} \cdot \left(\frac{3^3 - 3}{3!} \cdot x^3 - \frac{3^5 - 3}{5!} \cdot x^5 + \frac{3^7 - 3}{7!} \cdot x^7 - \frac{3^9 - 3}{9!} \cdot x^9 + \dots \right), -\infty < x < +\infty$
17	$\cos^3(x)$	$\frac{1}{4} \cdot \left(\frac{3^0 + 3}{0!} \cdot x^0 - \frac{3^2 + 3}{2!} \cdot x^2 + \frac{3^4 + 3}{4!} \cdot x^4 - \frac{3^6 + 3}{6!} \cdot x^6 + \dots \right), -\infty < x < +\infty$
18	$\sin(2 \cdot x^2)$	$\frac{2^1 \cdot x^2}{1!} - \frac{2^3 \cdot x^6}{3!} + \frac{2^5 \cdot x^{10}}{5!} - \frac{2^7 \cdot x^{14}}{7!} + \dots, -\infty < x < +\infty$

19	$\frac{\sin(x)}{x}$	$\frac{x^0}{1!} - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty$
20	$x \cos(3x)$	$\frac{3^0 x^1}{0!} - \frac{3^2 x^3}{2!} + \frac{3^4 x^5}{4!} - \frac{3^6 x^7}{6!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty$
21	$\arcsin(x)$	$x + \frac{1 \cdot x^3}{2 \cdot 3} + \frac{1 \cdot 3 \cdot x^5}{2 \cdot 4 \cdot 5} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot x^7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot x^9}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 9} + \dots, \quad x \leq 1$
22	$\operatorname{arctg}(x)$	$\frac{x^1}{1} - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \dots, \quad x < 1$
23	$\operatorname{arctg}(x)$	$\begin{cases} -\frac{\pi}{2} - \left(\frac{1}{1 \cdot x^1} - \frac{1}{3 \cdot x^3} + \frac{1}{5 \cdot x^5} - \frac{1}{7 \cdot x^7} + \dots \right), & x \leq -1 \\ +\frac{\pi}{2} - \left(\frac{1}{1 \cdot x^1} - \frac{1}{3 \cdot x^3} + \frac{1}{5 \cdot x^5} - \frac{1}{7 \cdot x^7} + \dots \right), & x \geq 1 \end{cases}$
24	$\operatorname{arsh}(x) = \ln(x + \sqrt{x^2 + 1})$	$\begin{cases} -\ln 2x - \left(\frac{1}{2 \cdot 2 \cdot x^2} - \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot x^4} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \cdot x^6} - \dots \right), & x \leq -1 \\ +\ln 2x + \left(\frac{1}{2 \cdot 2 \cdot x^2} - \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot x^4} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \cdot x^6} - \dots \right), & x \geq 1 \end{cases}$
25	$\operatorname{arth}(x) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right)$	$\frac{x^1}{1} + \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} + \frac{x^7}{7} + \dots, \quad x < 1$
26	$\operatorname{arcth}(x) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{x+1}{x-1}\right)$	$\frac{1}{1x^1} + \frac{1}{3x^3} + \frac{1}{5x^5} + \frac{1}{7x^7} + \dots, \quad x > 1$
27	$\frac{1}{\sqrt{1+x}}$	$1 - \frac{1 \cdot x^1}{2^1 \cdot 1!} + \frac{1 \cdot 3 \cdot x^2}{2^2 \cdot 2!} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot x^3}{2^3 \cdot 3!} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot x^4}{2^4 \cdot 4!} \dots, \quad -1 < x < 1$
28	$\sqrt{1+x}$	$1 + \frac{x}{2} - \frac{1 \cdot x^2}{2^2 \cdot 2!} + \frac{1 \cdot 3 \cdot x^3}{2^3 \cdot 3!} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot x^4}{2^4 \cdot 4!} \dots, \quad -1 < x < 1$
29	$\sin(x+a)$	$\sin a + \frac{x \cdot \sin(a + \frac{\pi}{2})}{1!} + \frac{x^2 \cdot \sin(a + \pi)}{2!} + \frac{x^3 \cdot \sin(a + \frac{3\pi}{2})}{3!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty$
30	$\cos(x+a)$	$\cos a + \frac{x \cdot \cos(a + \frac{\pi}{2})}{1!} + \frac{x^2 \cdot \cos(a + \pi)}{2!} + \frac{x^3 \cdot \cos(a + \frac{3\pi}{2})}{3!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty$
31	$\operatorname{sh}(x)$	$\frac{x^1}{1!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty$
32	$\operatorname{ch}(x)$	$\frac{x^0}{0!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \frac{x^8}{8!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty$
33	$\operatorname{tg}(x)$	$x + \frac{x^3}{3} + \frac{2x^5}{15} + \frac{17x^7}{315} + \dots + \frac{B_{2k}(-4)^k(1-4^k)}{(2k)!} x^{2k-1} + \dots, \quad x < \frac{\pi}{2}$
34	$\operatorname{sec}(x)$	$1 + \frac{x^2}{2} + \frac{5x^4}{24} + \frac{61x^6}{720} + \dots + \frac{E_{2k}(-1)^k}{(2k)!} x^{2k} + \dots, \quad x < \frac{\pi}{2}$

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КОДУ

Курсову роботу необхідно виконувати з використанням мови програмування високого рівня C++, написання програм виконувати в середовищі Microsoft Visual Studio.

Далі даються деякі рекомендації щодо форматування та документування (завдання коментарів) коду.

1. Код програм повинен містити коментарі, але вони не повинні підтверджувати очевидне. Приклад непотрібних коментарів:

```
x++; // збільшення x
```

2. На початку файлу вставляйте коментар, який вказує автора, а також, що робиться у файлі і якісь особливості використання даного файлу.

3. Коментар краще розташовувати в багаторядкових блоках, вирівнюючи початок і кінець коментаря за вертикаллю:

```
/* Перший рядок  
 * Другий рядок  
 * Третій рядок */
```

або коментар вирівнюється за стовпцями:

```
int a;           // поточний покажчик символу в рядку  
char str [50]; // результатуючий рядок  
float b;        // опис, що робить змінна b
```

4. Не розміщуйте коментар між ім'ям функції і відкриттям дужок тіла функції:

```
void function(int a)  
// не пишіть коментар тут  
{  
    ...  
}
```

Якщо необхідно розмістити коментар до функції, можна це зробити таким чином:

```
// можна помістити коментар тут  
void function(int a)  
{  
    /* Або тут,  
     * з таким же відступом,  
     * що і для коду  
     */  
  
    ...  
}
```

5. Текст програми повинен поміщатися на екрані, оскільки це зручно для редагування.

6. Не розміщуйте в одному рядку більше одного оператора.

7. Позначайте кінець довгого складеного оператора коментарем, наприкінці такого блоку краще повністю описувати керуючий оператор:

```
for ( int i = 0; i < 10; i++ )
{
    while ( a > b )
    {
        ...
    } // end of "while ( a > b )"
} // end of "for ( int i = 0; i < 10; i++ )"
```

8. Використовуйте пунктирну лінію для візуального розділення функцій перед кожним визначенням функції:

```
// -----
// коментар до функції
void function(int a)
{
    ...
}
```

9. Робіть відступи, щоб блоки в коді були видимі. Для відступів використовуйте табуляцію, а не пробіли. Якщо блок потребує використання фігурних дужок, то їх слід вирівнювати за лівим краєм:

```
int DelElement(int pos)
{
    if( pos<0 )
    {
        Errors(3);
        return 1;
    }
    if( pos==index[active] )
        Data[active][--index[active]] = 0;
    else
        while( pos<index[active] )
    {
        Data[active][pos++] = Data[active][pos+1];
        pos++;
    }
    index[active]--;
    return 0;
}
```

10. Імена ідентифікаторів повинні бути простими, які описують дії функцій, аргументів чи змінних. Краще, якщо це будуть англійські прості слова.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дейтел, Х. **Как программировать на C++.** – М.: БИНОМ, 2000. – 352 с.
2. Шилдт, Г. **Полный справочник по С [Текст]:** пер. с англ./ Г. Шилдт. – 4-е изд. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004 – 704 с.
3. Шилдт, Г. **Полный справочник по C++ [Текст]:** пер. с англ./ Г. Шилдт. – 4-е изд. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006 – 800 с.
4. Березин, В.И. **Начальный курс С и C++ [Текст]/** В.И. Березин, С.Б. Березин – М.: Диалог-Мифы, 2003. – 288 с.
5. Страуструп, Б. **Язык программирования C++. Специальное издание [Текст]:** пер. с англ./ Б. Страуструп – М.: "Бином"- "Невский диалект", 2012 – 1136 с.
6. Солтер, Николас А. **C++ для профессионалов.** [Текст]: пер. с англ./ Николас А. Солтер, Скотт Дж. Клепер – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 912 с.
7. Седжвик, Р. **Фундаментальные алгоритмы на С. Анализ/Структуры данных/Сортировка/Поиск [Текст]:** пер. с англ./ Р. Седжвик – СПб: ООО"ДиаСофт", 2003. – 672 с.
8. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р. **Алгоритмы: построение и анализ.** – М.: МЦНМО, 2001. – 960 с.
9. Кнут, Д. **Искусство программирования. Т. 3. Сортировка и поиск /** Д. Кнут. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 832 с.
10. Вирт, Н. **Алгоритмы и структуры данных.** – М., 1989, – 360 с.