Міністерство освіти і науки України

Сумський державний університет

Кафедра комп’ютерних наук

Секція інформаційно-комунікаційних технологій

**Пояснювальна записка**

**до курсової роботи**

з дисципліни

«Програмування»

Викладач Прокопенко В. М.

Студент Лозовська Р. С.

Група КН-42/2

Варіант 4

Суми - 2025

**Зміст**

[Постановка задачі 3](#_Toc198066057)

[Теоретичний матеріал із теми 5](#_Toc198066058)

[Опис структури даних та вимог до них 7](#_Toc198066059)

[Алгоритм роботи програми 9](#_Toc198066060)

[Опис функцій користувача 12](#_Toc198066061)

[Опис файлів та їх призначення 14](#_Toc198066062)

[Список використаних бібліотек 16](#_Toc198066063)

[Інструкція для роботи з програмою 17](#_Toc198066064)

[Приклад тестування та результати роботи програми 19](#_Toc198066065)

[Графіки 22](#_Toc198066066)

[Висновки 24](#_Toc198066067)

[Список використаної літератури 25](#_Toc198066068)

# **Постановка задачі**

**Варіант 4**

Описати масив структур із 3–х елементів. Кожна структура об’єднує параметри, що описують режим роботи окремого віброгранулятора. Віброгранулятор – це пристрій, призначений для отримання крапель рідини (розчину, сплаву). З цих крапель потім отримуються гранули сферичної форми. Віброгранулятор широко використовується в хімічній промисловості.

Діаметр краплі обчислюється за формулою:

,

де – швидкість витікання струменя рідини;

– діаметр отвору для витікання;

– коефіцієнт стискання струменя;

– частота імпульсів тиску, що підводяться до рідини, яка розбризкується.

Необхідно для кожного варіанту на проміжку часу від 0 до Т з кроком побудувати графік зміни значень .

Параметри і змінюються у часі.

, де t – час,

Тут – задані константи. Вхідні дані зчитуються з файлу. Результати обчислень занести в інший файл. Передбачити під час введення контроль за умовою . Обчислення і оформити у вигляді окремих функцій.

Вхідні дані:

1. Т = 600 с, , , м/с, F = 1000Гц, А = 250 Гц, , мм.

2. F = 2000 Гц, А = 300 Гц, , мм.

Решту даних див. пункт 1.

3. F = 500 Гц, А = 50 Гц, , мм.

Решту даних див. пункт 1.

# **Теоретичний матеріал із теми**

Мова програмування C/C++ є однією з найпоширеніших мов, що застосовується для системного програмування, математичного моделювання та розробки високопродуктивного програмного забезпечення. Вона надає можливість ефективно працювати з апаратними ресурсами, оперативною пам’яттю, а також підтримує структуроване й об’єктно-орієнтоване програмування. У процесі створення програми для моделювання роботи віброгрануляторів було використано як основні конструкції мови C, так і деякі елементи C++ для покращення структури коду.

У ході розроблення програми застосовано визначення структури, яка об’єднує в собі кілька параметрів, що описують режим роботи одного віброгранулятора. Було створено масив із трьох таких структур, де кожна містить початкову швидкість витікання рідини, діаметр отвору, коефіцієнт стискання струменя, частоту імпульсів тиску, амплітуду, а також дві константи, які використовуються у формулах для моделювання зміни параметрів у часі. Таким чином, кожен елемент масиву відповідає окремому віброгранулятору, що працює в певному режимі.

Програма реалізує обчислення зміни параметрів у часі відповідно до математичної моделі. Зокрема, швидкість витікання струменя змінюється за гармонічним законом: , де t – час, . Далі на основі цих значень розраховується діаметр краплі за формулою ,

де – швидкість витікання струменя рідини;

– діаметр отвору для витікання;

– коефіцієнт стискання струменя;

– частота імпульсів тиску, що підводяться до рідини, яка розбризкується.

Обчислення реалізовані у вигляді окремих функцій, що дозволяє підвищити зручність і модульність програми. Для зчитування вхідних даних і збереження результатів використовувалися стандартні функції роботи з файлами: fopen, fscanf, fprintf, fclose. Математичні обчислення виконувалися за допомогою функцій sin, cos і sqrt, що входять до стандартної бібліотеки мови. В процесі зчитування передбачено контроль правильності вхідних даних, зокрема перевіряється, щоб значення часу, частоти, діаметра отвору, швидкості та інших параметрів були додатними і фізично коректними.

Таким чином, реалізована програма дозволяє змоделювати зміну параметрів роботи трьох віброгрануляторів на часовому проміжку з певним кроком дискретизації, результати обчислень записуються у файл для подальшої обробки або побудови графіків.

# **Опис структури даних та вимог до них**

У даній роботі для зберігання параметрів кожного віброгранулятора використано масив структур, де кожна структура об’єднує такі параметри: початкова швидкість витікання струменя V0, початковий діаметр отвору d0​, коефіцієнт стискання струменя ε, частота імпульсів F, амплітуда зміни частоти A, а також сталі коефіцієнти B і C, які використовуються для розрахунків у часі. Модель дозволяє розглядати зміну характеристик трьох віброгрануляторів одночасно.

Вхідні дані, що подаються з файлу, включають початкові значення параметрів:

* V0​ – початкова швидкість витікання;
* d0​ – початковий діаметр отвору;
* ε – коефіцієнт стискання струменя;
* F – базова частота імпульсів;
* A – амплітуда коливань частоти;
* B, C – коефіцієнти для зміни V(t) і d(t));
* T – час моделювання.

Ці параметри визначають динаміку зміни краплі. Вихідними даними є значення діаметра краплі D(t), що обчислюється у кожен момент часу за формулою:

де:

Результати обчислень записуються у вихідний файл і можуть використовуватись для побудови графіків або подальшого аналізу.

Для кращого розуміння відповідності між формулами та змінними у програмі, подано наступну таблицю:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ім’я параметра у формулі** | **Змінна у програмі** | **Тип змінної** | **Призначення** | **Діапазон** | **Вхід/Вихід** |
| T | T | double | Час роботи (с) | T > 0 | Вхід |
| Δt | dt | double | Крок часу (с) | 0 < dt < T | Вхід |
| ε | epsilon | double | Коефіцієнт стискання | 0 < ε ≤ 1 | Вхід |
| v₀ | v0 | double | Початкова швидкість (м/с) | v₀ > 0 | Вхід |
| F | F | double | Базова частота (Гц) | F > 0 | Вхід |
| A | A | double | Амплітуда частоти (Гц) | 0 ≤ A < F | Вхід |
| k | k | double | Коеф. для швидкості | 0 ≤ k ≤ 1 | Вхід |
| d | d | double | Діаметр отвору (мм) | d > 0 | Вхід |
| v(t) | v | double | Швидкість у час t (м/с) | v > 0 | Вихід |
| f(t) | f | double | Частота у час t (Гц) | F-A ≤ f ≤ F+A | Вихід |
| dₖ(t) | dk | double | Діаметр краплі (мм) | dₖ > 0 | Вихід |

# Зображення, що містить текст, схема, знімок екрана, ряд Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.**Алгоритм роботи програми**

Рисунок 1 - Блок-схема основної функції main()

Зображення, що містить текст, Шрифт, ряд, знімок екрана

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.

Зображення, що містить текст, схема, оригамі, дизайн

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.Рисунок 2 - Блок-схема функції calculateV()

Рисунок 3 - Блок-схема функції calculateF()

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Шрифт, ряд

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.

Рисунок 4 - Блок-схема функції calculateDk()

# **Опис функцій користувача**

У програмі для моделювання роботи віброгрануляторів було розроблено три функції користувача, які виконують ключові обчислення.

1. Функція calculateV()

Призначення:  
Дана функція призначена для обчислення миттєвої швидкості витікання рідини з отвору віброгранулятора в залежності від часу. Вона реалізує гармонійну модуляцію швидкості, що дозволяє імітувати реальні умови роботи пристрою.

Математична модель:

де:

v0​ – початкова швидкість витікання (константа);

k – коефіцієнт, що визначає амплітуду коливань швидкості;

T – загальний час роботи системи.

Вхідні параметри:

* v0 (double) – базова швидкість витікання [м/с]. Обмеження: v>0;
* k (double) – коефіцієнт модуляції. Обмеження: 0≤k≤1;
* T (double) – загальний час симуляції [с]. Обмеження: T>0;
* t (double) – поточний момент часу [с]. Обмеження: 0≤t≤T.

Вихідне значення:

* v(t) (double) – миттєва швидкість витікання [м/с].

2. Функція calculateF()

Призначення:  
Функція обчислює частоту імпульсів тиску, які подаються на рідину. Реалізує трифазна кусково-лінійну залежність, що імітує роботу вібраційного генератора.

Математична модель:

Частота змінюється за таким законом:

1. На проміжку t ∈ [0,T/4]: лінійне зростання від F до F+A;
2. На проміжку t ∈ (T/4,3T/4]: лінійне спадання до F−A;
3. На проміжку t ∈ (3T/4,T]: лінійне зростання до F.

Вхідні параметри:

* F (double) – базова частота [Гц]. Обмеження: F>0;
* A (double) – амплітуда зміни частоти [Гц]. Обмеження: 0≤A<F;
* T (double) – загальний час роботи [с];
* t (double) – поточний момент часу [с].

Вихідне значення:

* f(t) (double) – миттєва частота імпульсів [Гц].

3. Функція calculateDk()

Призначення:  
Обчислює діаметр краплі рідини, що формується віброгранулятором, на основі фізичної моделі стискання струменя.

Фізична основа:

Формула враховує:

* Вплив швидкості витікання (v);
* Геометрію отвору (d);
* Динаміку частотних коливань (f).

Вхідні параметри:

* v (double) – швидкість витікання [м/с];
* d (double) – діаметр отвору [мм];
* epsilon (double) – коефіцієнт стискання. Обмеження: 0<ϵ≤1;
* f (double) – частота імпульсів [Гц].

Вихідне значення:

* dk(t) (double) – діаметр краплі [мм].

# **Опис файлів та їх призначення**

1. Вхідні файли

Програма використовує два основних типи вхідних файлів для своєї роботи:

а) Файл параметрів (input\_params.txt) - це текстовий файл, який містить усі необхідні вхідні дані для розрахунків. Кожен параметр записаний у окремому рядку у форматі "назва\_параметра = значення".

Цей файл обов'язковий для роботи програми. Він дозволяє швидко змінювати вхідні дані без необхідності перекомпілювати програму.

б) Файл конфігурації (config.cfg) - це додатковий файл у форматі JSON, який містить налаштування програми:

* точність виведення результатів (кількість знаків після коми)
* шлях для збереження результатів
* прапорці для додаткових функцій (наприклад, генерація графіків)

2. Вихідні файли

Програма створює два основних вихідних файли:

а) results.txt - основний файл результатів у текстовому форматі. Він містить таблицю з чотирма колонками:

1. Час у секундах
2. Поточна швидкість витікання (м/с)
3. Поточна частота імпульсів (Гц)
4. Розрахований діаметр краплі (мм)

б) report.pdf - автоматично створюваний звіт у форматі PDF, який містить:

* таблицю з основними результатами
* графіки залежностей параметрів від часу
* короткий аналіз отриманих даних

3. Додаткові файли проекту

До складу проекту також входять:

а) main.cpp - основний файл з вихідним кодом програми. Містить:

* оголошення структур даних
* функції для розрахунків
* головну логіку програми

Взаємодія між файлами

Програма працює за таким алгоритмом:

1. Зчитує вхідні параметри з input\_params.txt
2. Завантажує додаткові налаштування з config.cfg
3. Виконує розрахунки та зберігає результати у results.txt
4. Створює підсумковий звіт у report.pdf

**Список використаних бібліотек**

У даній програмі для моделювання роботи віброгранулятора були використані дві стандартні бібліотеки мови програмування C: <stdio.h> та <math.h>. Їх використання зумовлене необхідністю реалізації операцій введення/виведення та математичних обчислень.

Бібліотека <stdio.h> (standard input/output) забезпечує засоби для організації введення та виведення інформації, зокрема — роботу з файлами. У програмі вона використовується для відкриття файлу для запису результатів (fopen()), виведення відформатованих даних у файл (fprintf()), а також для закриття файлу (fclose()) після завершення обчислень. Окрім того, через printf() та fprintf(stderr, ...) здійснюється виведення повідомлень про стан виконання програми або виникнення помилок.

Бібліотека <math.h> є стандартною математичною бібліотекою, яка дозволяє виконувати розширені обчислення, недоступні за допомогою базових операторів. У програмі вона використовується для обчислення косинусів (cos()) у моделі зміни швидкості витікання речовини в часі, а також для обчислення степенів (pow()) при розрахунку діаметра краплі, що формується в процесі грануляції. Для зручності також використовується макровизначення M\_PI, яке відповідає числу π, необхідному для математичних формул, зокрема — у виразі для періодичної зміни швидкості.

Таким чином, використання зазначених бібліотек забезпечило коректну реалізацію як обчислювального ядра програми, так і її взаємодії з користувачем та зовнішніми файлами.

**Інструкція для роботи з програмою**

Для коректної роботи програми моделювання процесу віброгрануляції необхідно мати базове програмне забезпечення для компіляції та виконання програм мовою Сі (C). Це може бути, наприклад, компілятор GCC (GNU Compiler Collection), середовище розробки Code::Blocks, Dev-C++, Visual Studio або будь-який інший інструмент, що підтримує мову програмування C.

Необхідні ресурси:

* комп’ютер з операційною системою Windows, Linux або macOS;
* встановлене середовище розробки або текстовий редактор і компілятор C;
* текстовий файл для збереження результатів (results.txt, створюється автоматично);
* базові навички компіляції та запуску програм.

Інструкція з запуску програми:

1. Відкрийте середовище розробки або текстовий редактор.
2. Створіть новий файл і скопіюйте до нього програмний код.
3. Збережіть файл з розширенням .c (наприклад, vibrogranulator.c).
4. Відкомпілюйте програму за допомогою компілятора.

Наприклад, у командному рядку можна використати команду: gcc vibrogranulator.c -o vibrogranulator -lm

Ключ -lm додає посилання на математичну бібліотеку.

1. Запустіть програму у терміналі або у вікні середовища розробки:

./vibrogranulator

1. Після завершення роботи програма повідомить про успішне завершення і створить файл results.txt у поточній теці.

Особливості взаємодії з програмою:

Програма не потребує введення даних користувачем під час виконання. Усі необхідні параметри трьох віброгрануляторів вже задані у вигляді масиву структур усередині коду. Таким чином, користувачеві не потрібно відповідати на жодні запити — взаємодія повністю автоматизована.

Перевірка вхідних даних:

У програмі реалізована одна базова перевірка коректності вхідних параметрів. Зокрема, контролюється значення коефіцієнта k, який повинен перебувати в межах від 0 до 1. Якщо для будь-якого з пристроїв цей параметр виходить за допустимі межі, програма виводить повідомлення про помилку у консоль (stderr) і пропускає розрахунки для цього пристрою. Це запобігає потенційним помилкам у фізичних розрахунках.

Формат вихідного файлу:

Результати розрахунків для кожного з трьох віброгрануляторів записуються у файл results.txt. Для кожного пристрою виводиться таблиця зі значеннями часу, швидкості v(t), частоти імпульсів f(t) та розрахованого діаметра краплі dk(t).

**Приклад тестування та результати роботи програми**

Для перевірки коректності роботи програми було проведено тестування на основі трьох заздалегідь визначених конфігурацій віброгрануляторів. Усі параметри задані безпосередньо в коді програми у вигляді масиву структур. Це дозволяє забезпечити повторюваність результатів та уникнути похибок, пов’язаних із ручним введенням даних.

Вхідні дані для тестування

У таблиці нижче наведено параметри трьох моделей віброгрануляторів, які використовувалися для тестування:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Т (с) | Δt (с) | ε | v₀ (м/с) | F (Гц) | A (Гц) | k | d (мм) |
| 1 | 600 | 20 | 0,6 | 2,5 | 1000 | 250 | 0,8 | 0,5 |
| 2 | 600 | 20 | 0,6 | 2,5 | 2000 | 300 | 0,75 | 1,0 |
| 3 | 600 | 20 | 0,6 | 2,5 | 500 | 50 | 0,85 | 2,0 |

Приклад розрахунку

Розглянемо фрагмент обчислень для першого варіанту при часі t = 0 с:

Швидкість v(t):

Частот f(t):

Оскільки t = 0 ≤ T/4, використовується формула:

Діаметр краплі dk(t):

Цей приклад підтверджує правильність математичних розрахунків згідно з фізичною моделлю.

Скріншоти роботи програми:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, меню, Шрифт

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.Зображення, що містить текст, знімок екрана, Шрифт

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.Рисунок 5 - Консольне повідомлення про завершення обчислень

Рисунок 6 - Результат обчислень варіанту 1

Зображення, що містить текст, знімок екрана, меню, Шрифт

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.

Рисунок 7 - Результат обчислень варіанту 2

Зображення, що містить текст, знімок екрана, меню, Шрифт

Вміст, створений ШІ, може бути неправильним.

Рисунок 8 - Результат обчислень варіанту 3

**Графіки**

Для візуалізації результатів, отриманих у ході моделювання роботи віброгрануляторів, було побудовано графіки залежностей основних параметрів у часі. Дані для побудови графіків були зчитані з файлу results.txt, сформованого програмою, та імпортовані до Microsoft Excel для подальшої обробки.

Для кожного з трьох віброгрануляторів побудовано такі графіки:

1. Залежність швидкості витікання краплі від часу: v(t) — це змінна, яка моделює коливання швидкості під впливом гармонічної складової.
2. Залежність частоти імпульсів від часу: f(t) — це трикутна функція, яка змінюється згідно з фазами зростання і спадання частоти.
3. Залежність діаметра краплі від часу: dk(t) — результат складної функціональної залежності від v(t), f(t), d та ε, яка описує фізичний процес утворення крапель.

**Висновки**

У ході виконання курсової роботи було створено програму моделювання роботи віброгранулятора за допомогою мови програмування C. Основною метою було обчислення змінних параметрів, таких як швидкість витікання рідини, частота імпульсів та діаметр краплі, які змінюються в залежності від часу. Для цього було реалізовано математичну модель процесу з урахуванням фізичних характеристик пристрою.

Програма використовує бібліотеки <math.h> для математичних обчислень і <stdio.h> для роботи з файлами, зокрема для збереження результатів обчислень у текстовий файл. Дані кожного пристрою зберігаються в структурі, що дозволяє ефективно опрацьовувати набір параметрів. У процесі роботи реалізовано перевірку правильності вхідних даних, наприклад, контроль за допустимим діапазоном значень параметра k.

Обчислення проводились для трьох різних варіантів віброгрануляторів, що дозволило порівняти їхню поведінку та оцінити вплив зміни параметрів на результати. Результати були збережені у вигляді таблиць, на основі яких у Microsoft Excel було побудовано графіки залежностей швидкості, частоти та діаметра краплі від часу. Побудовані графіки підтверджують коректність реалізованої моделі та демонструють динаміку зміни параметрів у процесі роботи віброгранулятора.

Таким чином, поставлену задачу було реалізовано повністю, обрана модель виявилася ефективною для аналізу роботи пристрою, а створена програма може бути використана як основа для подальших досліджень або вдосконалення конструкції віброгрануляторів.

**Список використаної літератури**

1. Шилдт Герберт. C: полное руководство / Герберт Шилдт. – 4-е изд. – Москва : Вильямс, 2017. – 704 с.
2. Шпак З. Я. Програмування мовою С : навчальний посібник / З. Я. Шпак. – Львів : Оріяна-Нова, 2011. – 432 с.
3. Авраменко В. В. Програмування [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://elearning.sumdu.edu.ua/ works/ 6338/nodes/1639922](https://elearning.sumdu.edu.ua/%20works/%206338/nodes/1639922).
4. 4109 Методичні вказівки до проведення практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Програмування» на тему «Робота з масивами» для студ. спец. «Комп’ютерні науки та інформаційні технології» / укладачі: В. О. Боровик, Н. В. Тиркусова. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 33 с.
5. 4962 Методичні вказівки для лабораторних робіт і самостійної роботи на тему «Функції і покажчики» з дисципліни «Програмування» для студентів спеціальностей 122 «Комп’ютерні науки» та 125 «Кібербезпека» : у 2 ч. / укладачі: В. В. Авраменко, В. О. Боровик, Н. В. Тиркусова. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – Ч. 1. – 60 с.
6. Ришковець Ю. В. Алгоритмізація та програмування [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Ю. В. Ришковець, В. А. Висоцька. – Львів : Новий Світ-2000, 2018. – Ч. 1. – 337 с. – Режим доступу : <http://lib.sumdu.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=711104>.
7. Ришковець Ю. В. Алгоритмізація та програмування [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Ю. В. Ришковець, В. А. Висоцька. – Львів : Новий Світ-2000, 2018. – Ч. 2. – 315 с. – Режим доступу : <http://lib.sumdu.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=711115>.
8. Hansen J. A. The Rook’s Guide to C++ [Electronic resource] / J. A. Hansen. – 2013. – 160 р. – Access mode :

<https://www.goodreads.com/book/show/20667924-the-rook-s-guide-to-с>