

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський Державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

Оксана ШОВКОПЛЯС

(підпис)

червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки,

освітньо-професійної програми «Інформатика»

на тему: «Система оперативного контролю ефективності технологічного процесу»

здобувача групи ІН-01 Єйбоженка Івана Юрійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Іван ЄЙБОЖЕНКО
(підпис)

Керівник,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук

Віктор АВРАМЕНКО

(підпис)

Суми – 2024

Сумський Державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»

В.о. завідувача кафедри
Оксана ШОВКОПЛЯС
(підпис)

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 122 – Комп'ютерних наук, освітньо-професійної програми «Інформатика»
здобувача групи ІН-01 Сйбоженка Івана Юрійовича

1. Тема роботи : «Система оперативного контролю ефективності технологічного процесу»
затверджую наказом по СумДУ від 22 квітня 2024 № 0414-VI
2. Термін здачі здобувачем кваліфікаційної роботи до 16 червня 2024
3. Вхідні дані до кваліфікаційної роботи _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
1) Аналіз проблеми предметної області, постановка й формування завдань дослідження, 2) Огляд методів реалізації, 3) Розробка комп'ютерної програми, 4) Аналіз отриманих результатів, 5) Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____
6. Консультанти до проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання « » _____ 2024 р.

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Аналіз проблеми предметної області, постановка й формування завдань дослідження		
2.	Огляд методів реалізації		
3.	Розробка комп'ютерної програми		
4.	Аналіз отриманих результатів		
5.	Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи		

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Записка : 30 стр., 9 рис., 2 додатків, 30 використаних джерел.

Обґрунтування актуальності теми роботи – Тема кваліфікаційної роботи є актуальною оскільки, присвячена розв’язання практичної задачі оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом розробки алгоритму та створення комп’ютерної програми.

Об’єкт дослідження – інформаційна система оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу.

Мета роботи – розробка алгоритму і комп’ютерної програми для оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом перевірки зміни в часі затрат на потреби при випадкових характеристиках вхідного ресурсу.

Методи досліджень – функції непропорційності та їхнє застосування, технологічні процеси.

Результати – досліджено теоретичні аспекти протікання технологічного процесу, розглянуто аналогічні рішення поставленого питання та розроблено комп’ютерну програму, яка здатна здійснювати оперативний контроль за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом перевірки зміни в часі затрат на власні потреби при випадкових характеристиках вхідного ресурсу. Яка надає данні, згідно яких можливо помітити зміни в ефективності протікаючого технологічного процесу. Проведено тестування програми.

КОМП’ЮТЕРНА ПРОГРАМА, ФУНКЦІЇ НЕПРОПОРЦІЙНОСТІ, КОНТРОЛЬ
ЗА ЕФЕКТИВНІСТЮ, ПРОТІКАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, C++.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	7
1.1. Дослідження актуальності проблеми	7
1.2. Аналіз аналогічних проєктів.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Постановка задачі	9
2. ВИБІР ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ	11
2.1 Огляд програмного забезпечення	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Вибір методу розв’язання задачі	11
2.3 Хід розв’язання задачі	11
3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	12
3.1 Програмна ініціалізація	12
3.2 Алгоритм програми.....	13
3.2. Блок-схема програми	14
3.3. Інструкція для користувача	17
3.4. Контрольні приклади	19
3.5. Графік	22
ВИСНОВКИ.....	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	24
ДОДАТОК А ЛІСТИНГ КОДУ	27
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТ ЯКИЙ БУДЕ ЗАВАНТАЖЕНИЙ В ФАЙЛ GOTOV.DAN.TXT.....	30

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми роботи. 2022 рік змінив життя багатьох Українців та встановив нові правила використання та перерозподілу ресурсів. В сучасних умовах цінність кожної одиниці виробленого товару зростає в пропорційності до складності отримання матеріалів для його виробництва. Звідки постають нові виклики для промисловості та виробництва, впроваджуються нові методи та застосунки для оптимізації виробництва та підвищення його продуктивності та максимальної економності. Впровадження оперативного контролю за ефективністю технологічного процесу дозволить швидко помічати зміни в затратах ресурсу на виготовлення одиниці продукції.

Актуальність. Актуальність даного дослідження обумовлена зростаючою необхідністю оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу для максимального збереження ресурсу при виготовленні одиниці продукції виробництвами та підприємствами. Кожний збережений ресурс в майбутньому потенційно може стати додатковою одиницею продукції, що в умовах війни є безцінним, будь то виробництво дронів чи використання електроенергії для забезпечення ефективної роботи пристроїв теплової електростанції.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є ефективність технологічних процесів, які контролюють виробництва продукції. Функції непропорційності та їхнє застосування в умовах, коли характеристики ресурсу носять квазістаціонарний характер і є випадковими.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи та алгоритму контролю ефективності протіканні технологічних процесів шляхом аналізу змін

у витратах на потреби при виробництві одиниці товару за допомогою функції непропорційності.

Гіпотеза. Розроблений алгоритм і комп'ютерна програма для оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом перевірки зміни в часі затрат на власні потреби при випадкових характеристиках вхідного ресурсу дозволить оптимізувати виробництво.

Новизна. Розробка даного алгоритму і комп'ютерної програми пропонує новий підхід до оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом перевірки зміни в часі затрат на власні потреби при випадкових характеристиках вхідного ресурсу.

Структура. Дана дипломна робота складається з аналітичного огляду, постановки задачі, виборі програмних засобів для реалізації поставленої мети, практичної реалізації, висновків, списку використаних джерел у роботі та додатків.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Дослідження актуальності проблеми

Проблема ефективного контролю технологічних процесів є надзвичайно актуальною в сучасних умовах економічної нестабільності та змінах на ринку.

В Україні підприємства зіштовхнулися з нестабільністю поставок сировини, зміною вартості ресурсів, непередбачуваністю попиту на готову продукцію. Як результат виникає необхідність розробки способів оперативного контролю за процесом та зменшення витрат на виробництво одиниць товару за рахунок оптимізації процесів.

Сучасні методи контролю, засновані на традиційних статистичних підходах, часто не враховують нелінійний характер впливу випадкових характеристик вхідного ресурсу на витрати. Це призводить до недостатньої точності прогнозів і ризиків неефективного використання ресурсів. Впровадження нових підходів, таких як використання функцій диспропорційності [1], дозволяє врахувати ці фактори та підвищити точність та оперативність прийняття управлінських рішень.

1.3 Проведення дослідження

Для початку дамо визначенням технологічному процесу.

Визначення технологічного процесу може відрізнятися в залежності від сфери, в якій він використовується, але загальні положення такі - це послідовність дій або методів, які використовуються для перетворення «вхідної» сировини або «вхідних матеріалів», в залежності від сфери використання, в готову продукцію або «результат» у промисловості чи виробництві.

Технологічний процес для досягнення поставленого завдання зазвичай включає в себе комбінацію використання механічних, хімічних, електричних і комп'ютерних процесів і людської праці. [2-4]

В нашому випадку необхідно визначати відхилення які виникають під час протікання в процесі в умовах, коли характеристики ресурсу носять квазістаціонарний (параметри які повільно міняються в часі) [5] характер і є випадковими, питомі затрати теж випадкові і змінюються навіть при оптимальному протіканні процесу. Для цього буде зручно використовувати функції непропорційності.

Функція диспропорційності - це математичний інструмент, який дозволяє оцінити відхилення співвідношення між двома числовими функціями у пропорційних співвідношеннях. Ці функції корисні для розпізнавання образів, особливо в ситуаціях, коли стандартні сигнали спотворюються при проходженні через нелінійні пристрої або коли поверх сигналу накладається додатковий імпульсний шум. [6]

Основні типи непропорційностей включають :

- Непропорційність щодо похідної n-го порядку, що описує відносини між функціями та їхніми похідними вищих порядків. Аналіз таких відносин дозволяє визначити нелінійні зміни в системі; [7]
- Послідовна непропорційність n-го порядку - розглядається послідовність змін у величинах, яка не відповідає очікуваній лінійній пропорційності; [7]
- Непропорційність у значенні n-го порядку - вивчення відхилень від очікуваних значень у серії даних або сигналів; [7]
- Відносна непропорційність n-го порядку – для аналізу відносних відхилень між різними рядами даних або функціями; [7]
- Інтегральна непропорційність n-го порядку - . Оцінюється інтегральна різниця між функціями або рядами даних, що дозволяє зрозуміти загальну структуру змін. [7]

Ці функції мають величезний потенціал для застосування, наприклад для виявлення стандартних сигналів у шумовому середовищі або коли сигнали спотворюються нелінійними характеристиками пристрою. Або, вони можуть використовуватися для виявлення фрагментів стандартних зображень,

спотворених у мало освітленому середовищі або при додаванні імпульсного шуму. Методи, що базуються на функціях непропорційності, ефективні для швидкого розпізнавання сигналів у реальному часі та знаходять застосування у різноманітних областях, включаючи технічний зір, автоматизоване радіомоніторинг та обробку зображень, а в поєднанні зі штучним інтелектом його потенціал важко буде уявити. [8]

1.3 Постановка задачі

Існує клас технологічних процесів для протікання яких потрібно використати частину готового продукту. Наприклад, на теплових електростанціях потрібна електроенергія для того, щоб розмолоти вугілля, забезпечити роботу насосів для отримання водяної пари із високим тиском, для роботи вентиляторів і т.п. [9] Взагалі при протіканні технологічних процесів відбуваються втрати ресурсу, необхідного для виготовлення готового продукту. Як правило, для контролю за ефективністю процесу вимірюється питома затрата ресурсу на виготовлення одиниці продукції.

Однак в умовах, коли характеристики ресурсу носять квазістаціонарний характер [5] і є випадковими, питомі затрати [10] теж випадкові і змінюються навіть при оптимальному протіканні процесу. Зокрема, випадковим чином змінюються калорійність та інші характеристики палива, яке спалюється на теплових електростанціях. Тому ставиться задача розробити алгоритм [11] і комп'ютерну програму [12] для оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом перевірки зміни в часі затрат на власні потреби при випадкових характеристиках вхідного ресурсу.

1.4 Математична постановка задачі

На «Рисунок 1.4.1 Схема технологічного процесу» приведена схема технологічного процесу. На вхід об'єкту поступає ресурс $R(t)$, де t – час. На виході отримується готовий продукт $G(t)$, частина якого $g(t)$ витрачається на власні потреби для протікання процесу.

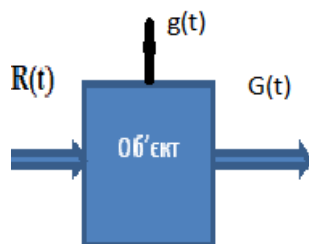


Рисунок 1.4.1 Схема технологічного процесу

Таким чином технологічний процес описується виразом:

$$G(t) = C(t)R(t) - g(t); \quad (1)$$

Де $C(t)$ – випадковий коефіцієнт, значення якого невідоме.

В порівнянні із $R(t)$ значення C і g змінюється в часі повільно. Тому протягом часу, необхідного для поточного контролю технологічного процесу, їхні значення можна вважати постійними. При такому допущенні процес описується рівнянням:

$$G(t) = CR(t) - g; \quad (2)$$

Ставиться задача по поточним даним $G(t)$ і $R(t)$ знаходити поточні витрати на власні потреби $g(t)$.

2. ВИБІР ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Вибір методу розв'язання задачі

Випадковий характер коефіцієнта C в (2) не дозволяє розв'язати задачу діленням $G(t)$ на $R(t)$ тому що результат буде залежати як від випадкових характеристик ресурсу, так і від поточного $g(t)$. Потрібно застосувати метод, який був би інваріантним [13] по відношенню до коефіцієнта при $R(t)$. Таким є метод, який базується на використанні функцій непропорційності [7].

Треба врахувати, що кількості поступаючого ресурсу і готового продукту вимірюються через певні інтервали часу. Тобто вони дискретні в часі і тому не мають похідних. Тому застосовуються інтегральні непропорційності першого порядку [8].

2.3 Хід розв'язання задачі

Будемо вважати, що для моделювання було отримана з кроком h в часі t N значень G та R , які представлені одновимірними масивами R_0, R_1, \dots, R_{N-1} , G_0, G_1, \dots, G_{N-1} .

Позначимо інтегральну непропорційність $G(i)$ $R(i)$ через $I(G,R,i)$. Тоді

$$I(G,R,i) = \frac{G(i-1)+G(i)}{R(i-1)+R(i)} - \frac{G(i)}{R(i)} \quad (3)$$

де $i=1, \dots, N-1$.

Якщо в (3) підставити (2), отримаємо

$$I(G,R,i) = \frac{C(R(i-1)+R(i))+2g}{(R(i-1)+R(i))} - \frac{CR(i)+g}{R(i)} = \frac{2g}{(R(i-1)+R(i))} - \frac{g}{R(i)} \quad (4)$$

Відкіля обчислюються власні потреби $g(i)$:

$$g(i) = \frac{I(G,R,i)R(i)(R(i-1)+R(i))}{(R(i)-R(i-1))} \quad (5)$$

3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Програмна ініціалізація

Одне із поставлених задач в кваліфікаційній роботі є розробка комп'ютерної програми здатної до оперативного контролю за ефективністю протікання технологічного процесу шляхом перевірки зміни в часі затрат на власні потреби при випадкових характеристиках вхідного ресурсу.

Для написання коду було використано мову програмування C++ [14] та компілятор Visual Studio 2022.[15] Це було обумовлено наступними перевагами :

1. Висока продуктивність. Завдяки можливості безпосередньої роботи з пам'яттю та апаратними забезпеченнями, що забезпечують високу продуктивність і ефективність виконання програм. Що стає великою перевагою при роботі з програмами з обробки великих обсягів даних та складних обчислень в реальному часі, як наприклад при контролі ефективності технологічних процесів.[16]

2. Можливість низькорівневого програмування. Завдяки повного контролю за системними ресурсами з'являється можливість оптимізування та налаштування програми під конкретне обладнання. В свою чергу це надає можливості подальшої оптимізації та підвищенню продуктивності. [17]

3. Велика кількість бібліотек. C++ багата на велику кількість різноманітних бібліотек, як стандартних так і сторонніх завдяки великому кількості людей що її використовують. [18]

Перед написанням програми необхідно імпортувати необхідні бібліотеки :

- `#include <iostream>` - бібліотека, яка підключить інструменти вводу виводу; [19]
- `#include <math.h>` - бібліотека для підключення математичних функцій.[20]

3.2 Алгоритм програми

При описанні алгоритму застосовуються ідентифікатори, приведені в «Таблиця 3.1 Таблиця змінних та їх ідентифікаторів».

Таблиця 3.2.1 Таблиця змінних та їх ідентифікаторів

Змінні	Ідентифікатори	Пояснення
N	N	Тривалість моделювання
C, R(t), G(t), g(t)	C, R(i), G(i), g(i) , i=0,1,2,...,N-1	Коефіцієнт, ресурс, готовий продукт, власні потреби
I(G,R,i)	I(G,R,i)	Інтегральна непропорційність G по R
	g_st	Стартове для моделювання значення витрат на власні потреби
g(t)	g[N]	Отримані при моделювання зміни в часі власних потреб
	coef_g	Коефіцієнт для моделювання зміни в часі власних потреб
t	t	час
h	h	крок зміни часу

3.2. Блок-схема програми

Приступимо до написання коду :

`#define N 24` – задаймо макрос який визначатиме тривалість моделювання та кількість елементів у масивах. [21]

`using namespace std;` - визначимо простір імен для використання імен, методів та змінних з бібліотеки `std` ;[22]

Задамо змінні :

```
double R[N], G[N], I[N], V[N], C, h = 1, t;
double g[N], g_real[N], R_ser, g_st, coef_g;
```

створимо посилання на файл :

```
FILE* p1;
```

Відкриємо файл для запису:

```
fopen_s(&p1, "gotov.dan", "w");
```

Оформимо спосіб вводу початкових значень :

```
cout << "Enter C=" << '\n';
cin >> C;
cout << "Enter R_ser=" << '\n';
cin >> R_ser;
cout << "Enter g_st=" << '\n';
cin >> g_st;
cout << "Enter coefficient for g=" << '\n';
cin >> coef_g;
```

Створимо функцію для заповнення масиву даних значень коефіцієнту витрати на власні потреби в залежності від часу:

```
for (int k = 0; k < N; k++){
    if (k < 12 || k > 17)
        g_real[k] = g_st;
    else
```

```
g_real[k] = coef_g * g_st;
```

```
}
```

Створимо функцію яка імітуватиме залежності значень ресурсу від часу.

```
for (int i = 0; i < N; i++)
```

```
{
```

```
    t = i * h;
```

```
    R[i] = R_ser + 1 * sin(t) + 0.5 * sin(2 * t) + 0.25 * sin(3 * t);
```

```
    G[i] = C * R[i] + g_real[i];
```

```
}
```

Створимо функцію яка обчислить непропорційності і затрати на власні потреби та запише отримані результати в файл та в консоль:

```
for (int j = 1; j < N; j++)
```

```
{
```

```
    I[j] = (G[j - 1] + G[j]) / (R[j - 1] + R[j]) - G[j] / R[j];
```

```
    g[j] = (I[j] * R[j] * (R[j - 1] + R[j])) / (R[j] - R[j - 1]);
```

Для виводу в консоль :

```
printf("j=%i g_real=%lf g=%lg G=%lg I=%lg \n", j, g_real[j], g[j], G[j], I[j]);
```

Для виводу в файл :

```
fprintf(p1, "j=%i g_real=%lf g=%lg G=%lg I=%lg \n", j, g_real[j], g[j], G[j], I[j]);
```

```
}
```

Готовий результат можна буде спостерігати на «Рисунок 3.2.1 Алгоритм роботи комп'ютерної програми».

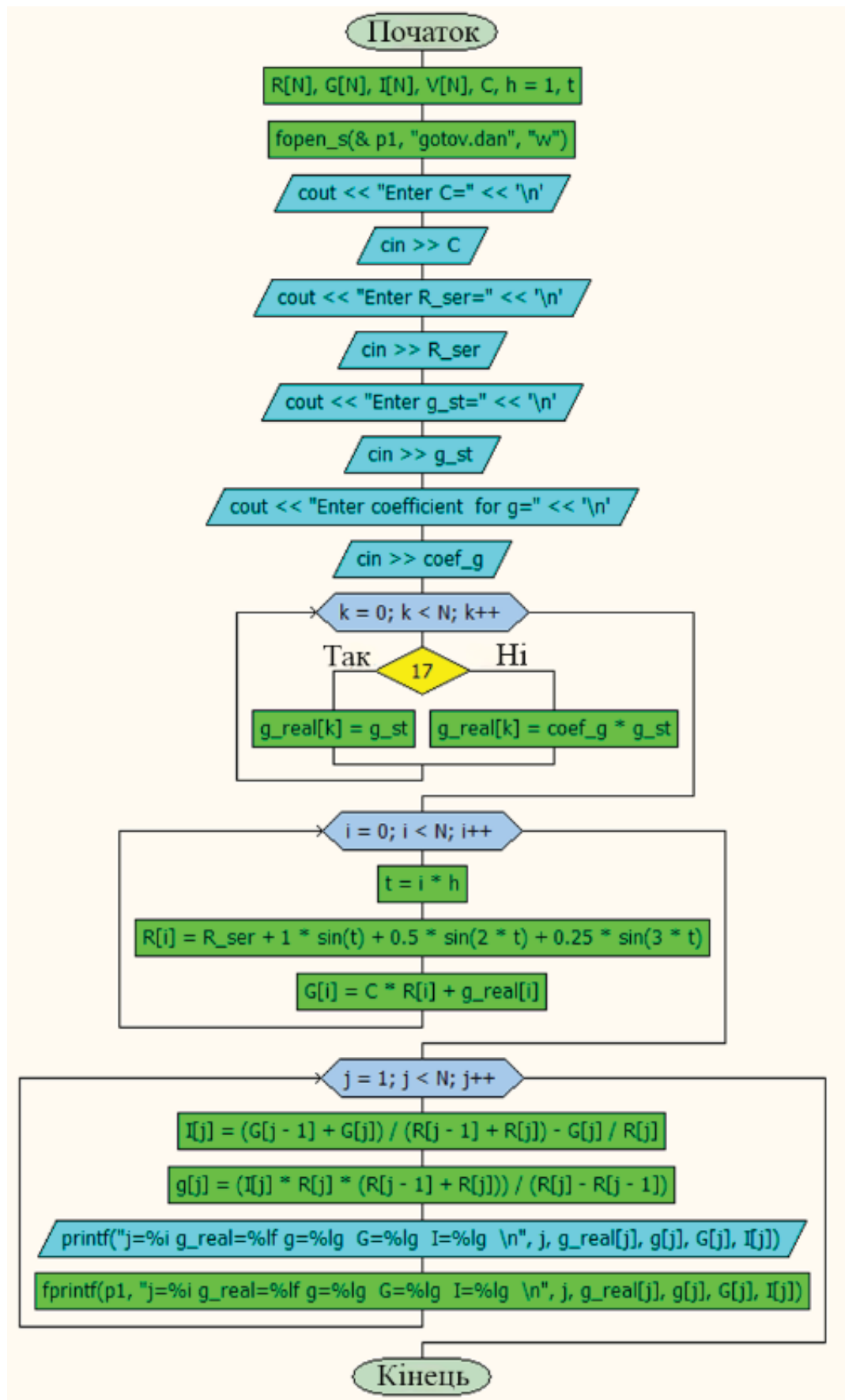


Рисунок 3.2.1 Алгоритм роботи комп'ютерної програми

3.3. Інструкція для користувача

Для запуску програми необхідно запуснути файл «main.cpp» обсягом 1.91 KB через IDE Visual Studio 2022[15], як вказано на «Рисунок 3.3.1 Вигляд програми в Visual Studio 2022».

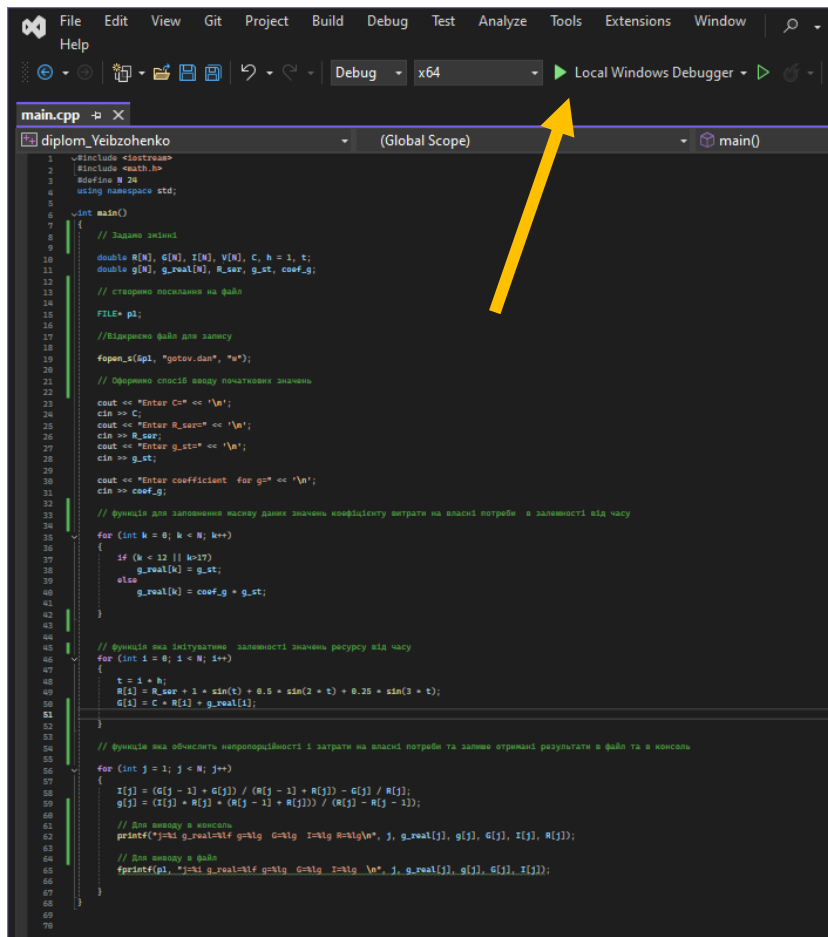


Рисунок 3.3.1 Вигляд програми в Visual Studio 2022

Введемо необхідні параметри для обчислення зображені на «Рисунок 3.3.2 Введення параметрів».

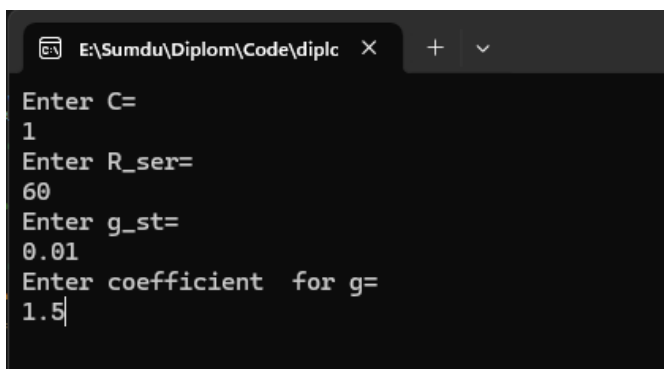


Рисунок 3.3.2 Введення параметрів

Результати відображено на «Рисунок 3.3.3 Вигляд результату компіляції»

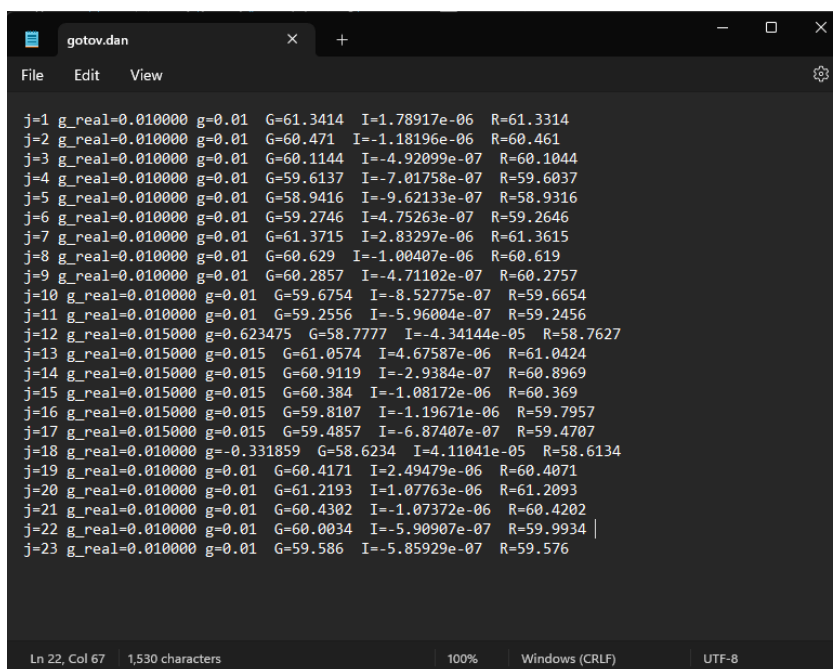
```

0.01
Enter coefficient for g=
1.5
j=1 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.3414 I=1.78917e-06 R=61.3314
j=2 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.471 I=-1.18196e-06 R=60.461
j=3 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.1144 I=-4.92099e-07 R=60.1044
j=4 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.6137 I=-7.01758e-07 R=59.6037
j=5 g_real=0.010000 g=0.01 G=58.9416 I=-9.62133e-07 R=58.9316
j=6 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.2746 I=4.75263e-07 R=59.2646
j=7 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.3715 I=2.83297e-06 R=61.3615
j=8 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.629 I=-1.00407e-06 R=60.619
j=9 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.2857 I=-4.71102e-07 R=60.2757
j=10 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.6754 I=-8.52775e-07 R=59.6654
j=11 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.2556 I=-5.96004e-07 R=59.2456
j=12 g_real=0.015000 g=0.623475 G=58.7777 I=-4.34144e-05 R=58.7627
j=13 g_real=0.015000 g=0.015 G=61.0574 I=4.67587e-06 R=61.0424
j=14 g_real=0.015000 g=0.015 G=60.9119 I=-2.9384e-07 R=60.8969
j=15 g_real=0.015000 g=0.015 G=60.384 I=-1.08172e-06 R=60.369
j=16 g_real=0.015000 g=0.015 G=59.8107 I=-1.19671e-06 R=59.7957
j=17 g_real=0.015000 g=0.015 G=59.4857 I=-6.87407e-07 R=59.4707
j=18 g_real=0.010000 g=-0.331859 G=58.6234 I=4.11041e-05 R=58.6134
j=19 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.4171 I=2.49479e-06 R=60.4071
j=20 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.2193 I=1.07763e-06 R=61.2093
j=21 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.4302 I=-1.07372e-06 R=60.4202
j=22 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.0034 I=-5.90907e-07 R=59.9934
j=23 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.586 I=-5.85929e-07 R=59.576

```

Рисунок 3.3.3 Вигляд результату компіляції

А також готові значення заносяться в файл «gotov.dan.txt» зображений на зображенні «Рисунок 3.3.3 Вигляд результату компіляції»



```

gotov.dan
File Edit View
j=1 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.3414 I=1.78917e-06 R=61.3314
j=2 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.471 I=-1.18196e-06 R=60.461
j=3 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.1144 I=-4.92099e-07 R=60.1044
j=4 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.6137 I=-7.01758e-07 R=59.6037
j=5 g_real=0.010000 g=0.01 G=58.9416 I=-9.62133e-07 R=58.9316
j=6 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.2746 I=4.75263e-07 R=59.2646
j=7 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.3715 I=2.83297e-06 R=61.3615
j=8 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.629 I=-1.00407e-06 R=60.619
j=9 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.2857 I=-4.71102e-07 R=60.2757
j=10 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.6754 I=-8.52775e-07 R=59.6654
j=11 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.2556 I=-5.96004e-07 R=59.2456
j=12 g_real=0.015000 g=0.623475 G=58.7777 I=-4.34144e-05 R=58.7627
j=13 g_real=0.015000 g=0.015 G=61.0574 I=4.67587e-06 R=61.0424
j=14 g_real=0.015000 g=0.015 G=60.9119 I=-2.9384e-07 R=60.8969
j=15 g_real=0.015000 g=0.015 G=60.384 I=-1.08172e-06 R=60.369
j=16 g_real=0.015000 g=0.015 G=59.8107 I=-1.19671e-06 R=59.7957
j=17 g_real=0.015000 g=0.015 G=59.4857 I=-6.87407e-07 R=59.4707
j=18 g_real=0.010000 g=-0.331859 G=58.6234 I=4.11041e-05 R=58.6134
j=19 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.4171 I=2.49479e-06 R=60.4071
j=20 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.2193 I=1.07763e-06 R=61.2093
j=21 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.4302 I=-1.07372e-06 R=60.4202
j=22 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.0034 I=-5.90907e-07 R=59.9934
j=23 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.586 I=-5.85929e-07 R=59.576
Ln 22, Col 67 1,530 characters 100% Windows (CRLF) UTF-8

```

Рисунок 3.3.4 Вигляд програми в текстовому файлі «gotov.dan.txt»

Отримані дані завантажимо до MS Excel таблицьку «Побудова графіку.xlsx».[23]

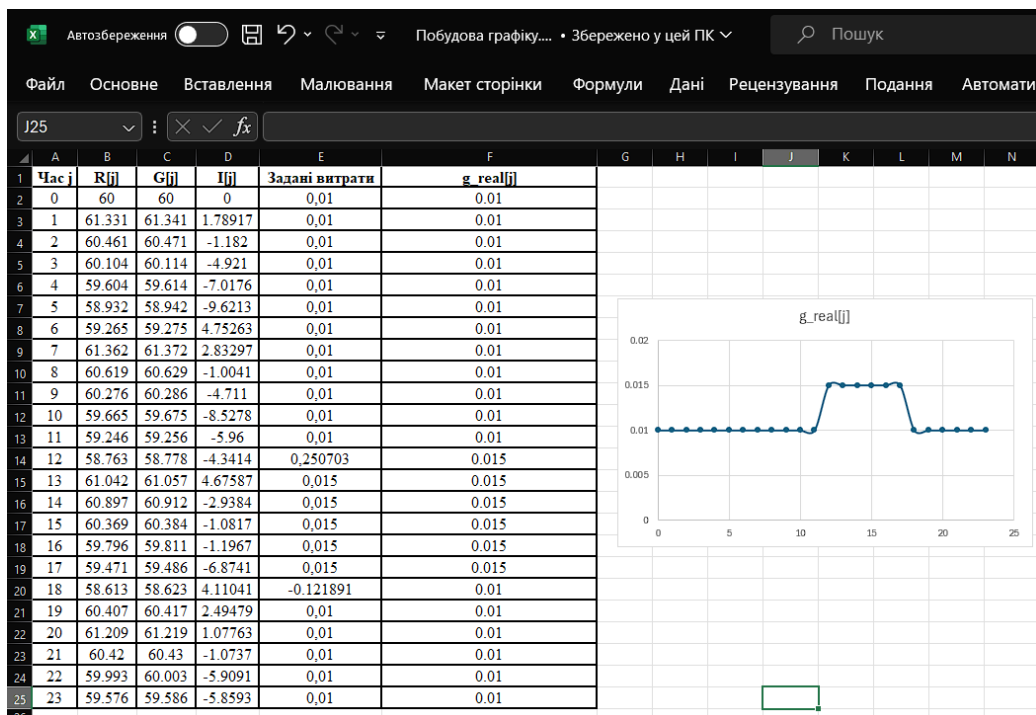


Рисунок 3.3.5 Вигляд результату заповнення таблиці в MS Excel «Побудова графіку.xlsx»

3.4. Контрольні приклади

Для моделювання роботи системи оперативного контролю витрат на власні потреби при протіканні технологічного процесу використані наступні дані.

Тривалість моделювання – 24 години.

Крок зміни часу $h=1$ година.

Таким чином $N=24$.

Протягом цього часу отримуються по 24 значення вхідного ресурсу R тон/год та готового продукту G тон/год.

Задамо $R_{ser} = 60$.

Коефіцієнт $C=1$.

Початкове значення витрати на власні потреби $g_{st}=0.01$ тон/год.

При моделювання передбачається, що до 12 години витрати дорівнюють g_{st} . Потім протягом 5 годин відбудеться збільшення витрат в 1, 5 рази. Після цього вони знову повернуться до попереднього значення.

Усі ці поточні витрати на власні потреби $g_{real}(t)$ повинні бути виявлені по отриманим в поточний момент t значенням $G(t)$ та $R(t)$. Отримані при моделюванні витрати $g_{real}[j]$ повинні співпадати із введеними g_{st} або $coef_s * g_{st}$.

Результати моделювання приведені в «Таблиця 3.4.1 Таблиця змінних та їх ідентифікаторів» і на «Рисунок 3.4.1 Результат обчислення програми»

Таблиця 3.4.1 Таблиця змінних та їх ідентифікаторів

Час j	$R[j]$	$G[j]$	$I[j]$	Задані витрати	Отримані витрати $g_{real}[j]$
0	60	60	0	0,01	0,01
1	61.3314	61.3414	1.78917	0,01	0,01
2	60.461	60.471	-1.18196	0,01	0,01
3	60.1044	60.1144	-4.92099	0,01	0,01
4	59.6037	59.6137	-7.01758	0,01	0,01
5	58.9316	58.9416	-9.62133	0,01	0,01
6	59.2646	59.2746	4.75263	0,01	0,01
7	61.3615	61.3715	2.83297	0,01	0,01
8	60.619	60.629	-1.00407	0,01	0,01
9	60.2757	60.2857	-4.71102	0,01	0,01
10	59.6654	59.6754	-8.52775	0,01	0,01
11	59.2456	59.2556	-5.96004	0,01	0,01
12	58.7627	58.7777	-4.34144	0,250703	0,015
13	61.0424	61.0574	4.67587	0,015	0,015
14	60.8969	60.9119	-2.9384	0,015	0,015

Час j	R[j]	G[j]	I[j]	Задані витрати	Отримані витрати g_real[j]
15	60.369	60.384	-1.08172	0,015	0,015
16	59.7957	59.8107	-1.19671	0,015	0,015
17	59.4707	59.4857	-6.87407	0,015	0,015
18	58.6134	58.6234	4.11041	-0.121891	0,01
19	60.4071	60.4171	2.49479	0,01	0,01
20	61.2093	61.2193	1.07763	0,01	0,01
21	60.4202	60.4302	-1.07372	0,01	0,01
22	59.9934	60.0034	-5.90907	0,01	0,01
23	59.576	59.586	-5.85929	0,01	0,01

3.5. Графік

Отримані по поточним значенням $R[j]$ та $G[j]$ значення витрат $g_real[j]$ на власні потреби співпали із заданими для моделювання, «Рисунок 3.5.1 Результат обчислення програми». Таким чином, алгоритм і комп'ютерна програма працюють правильно.

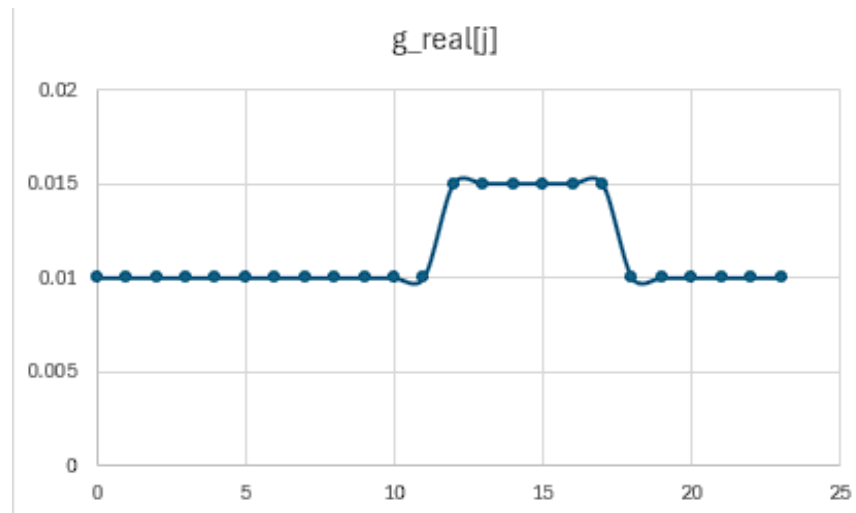


Рисунок 3.5.1 Результат обчислення програми

Як ми бачимо використовуючи дану програму можливо помітити відхилення у витратах ресурсів необхідних для вироблення продукції та оперативного їх виправлення.

ВИСНОВКИ

Розроблені алгоритм і комп'ютерна програма для моделювання роботи інформаційної системи, яка по поточним значенням кількості ресурсів і виробленого із них готового продукту обчислює поточні витрати на власні потреби для протікання технологічного процесу. Їхня робота перевірена на контрольному прикладі.

Таким чином комп'ютерна програма може бути використана на практиці для оперативного контролю ефективності технологічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко, В.В. Характеристики непропорциональности числовых функций и их применение при решении задач диагностики [Текст] / В.В. Авраменко // Вісник СумДУ. – 2000. № 16. – С.12 – 20;
2. Р.В. Артюх, «метод оценивания характеристик последовательных технологических процессов на основе систем массового обслуживания» / [Текст] // «Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник», выпуск 160 - Харківський національний університет радіоелектроніки – Харків 2012,- 103 с;
3. Павленко П.М, Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. «Математичне моделювання систем і процесів» / [Текст] // навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с [43 с.];
4. І. В. Кравченко, В. І. Микитенко, Г. С. Тимчик, «Комп'ютерне Моделювання: Системи І Процеси» / [Текст] // підручник , КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ – 2022, - 215с. [8 с.];
5. «Квазістаціонарний процес » - Гірничий енциклопедичний словник [Електронний ресурс] - <http://slovopedia.org.ua/94/53402/1026897.html>;
6. Viktor V.Avramenko «Functions of disproportionality and their application» / [Текст] // The Vth International Conference «Advanced Information Systems and Technologies, AIST 2017» 17-19 May 2017, Sumy, Ukraine;
7. Авраменко В.В., «характеристики непропорційності числових функцій» » / [Текст] // РДАСНТІ 27.23.15, СумДУ, Суми - 1997, 12 с.;
8. Авраменко, Р.С. Волков, А.П. Карпенко, стаття «метод распознавания сигнала с произвольными масштабами по осям координат относительно соответствующего ему эталона» [Текст] // «Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник «автоматизированные системы управления и приборы автоматики»» выпуск 160, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків 2012, - 104с;

9. «Thermal electricity» [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://www.enge.com/en/activities/thermal-energy/thermal-power-stations;>
10. «Thrust Specific Fuel Consumption» [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/BGP/sfc.html;>
11. «Що таке алгоритм?» [Електронний ресурс] - режим доступу: <http://surl.li/unwug;>
12. «Комп'ютерні програми та їх реєстрації: бути чи не бути?» [Електронний ресурс] - https://biz.ligazakon.net/analytics/195871_kompyutern-programi-ta-kh-restrats-buti-chi-ne-buti;
13. «Інваріантність» - Гірничий енциклопедичний словник [Електронний ресурс] - режим доступу: <http://slovoedia.org.ua/104/53382/1083741.html;>
14. Standard C++ [Електронний ресурс] - режим доступу: [https://isocpp.org/;](https://isocpp.org/)
15. Visual Studio 2022 [Електронний ресурс] - режим доступу: [https://visualstudio.microsoft.com/vs/;](https://visualstudio.microsoft.com/vs/)
16. Основи об'єктно-орієнтованого програмування (Тиркусова) : лекція з C++ [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://mix.sumdu.edu.ua/textbooks/36840/979072/index;>
17. «A Guide to Low Level Programming for Beginners» [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://www.coursereport.com/blog/a-guide-to-low-level-programming-for-beginners;>
18. «C++ Standard Library headers» [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://en.cppreference.com/w/cpp/header;>
19. «Standard library header <iostream>» [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://en.cppreference.com/w/cpp/header/iostream;>
20. «Standard library header <cmath>» [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://en.cppreference.com/w/cpp/header/cmath;>

21. «#define directive (C/C++)» [Электронный ресурс] - режим доступа:
<https://learn.microsoft.com/en-us/cpp/preprocessor/hash-define-directive-c-cpp?view=msvc-170>;

22. «C++ Syntax» [Электронный ресурс] - режим доступа:
<http://surl.li/unyej>;

23. «Excel functions (by category)» [Электронный ресурс] - режим доступа:
<https://support.microsoft.com/en-us/office/excel-functions-by-category-5f91f4e9-7b42-46d2-9bd1-63f26a86c0eb>;

ДОДАТОК А ЛІСТИНГ КОДУ

```
#include <iostream>
#include <math.h>
#define N 24
using namespace std;

int main()
{
    // Задамо змінні

    double R[N], G[N], I[N], V[N], C, h = 1, t;
    double g[N], g_real[N], R_ser, g_st, coef_g;

    // створимо посилання на файл

    FILE* p1;

    //Відкриємо файл для запису

    fopen_s(&p1, "gotov.dan", "w");

    // Оформимо спосіб вводу початкових значень

    cout << "Enter C=" << '\n';
    cin >> C;
    cout << "Enter R_ser=" << '\n';
    cin >> R_ser;
    cout << "Enter g_st=" << '\n';
    cin >> g_st;
```

```
cout << "Enter coefficient for g=" << '\n';  
cin >> coef_g;
```

// функція для заповнення масиву даних значень коефіцієнту витрати на власні потреби в залежності від часу

```
for (int k = 0; k < N; k++)  
{  
    if (k < 12 || k > 17)  
        g_real[k] = g_st;  
    else  
        g_real[k] = coef_g * g_st;  
}
```

// функція яка імітуватиме залежності значень ресурсу від часу

```
for (int i = 0; i < N; i++)  
{  
    t = i * h;  
    R[i] = R_ser + 1 * sin(t) + 0.5 * sin(2 * t) + 0.25 * sin(3 * t);  
    G[i] = C * R[i] + g_real[i];  
}
```

// функцію яка обчислить непропорційності і затрати на власні потреби та запише отримані результати в файл та в консоль

```
for (int j = 1; j < N; j++)
```

```
{  
    I[j] = (G[j - 1] + G[j]) / (R[j - 1] + R[j]) - G[j] / R[j];  
    g[j] = (I[j] * R[j] * (R[j - 1] + R[j])) / (R[j] - R[j - 1]);  
  
    // Для вывода в консоль  
    printf("j=%i g_real=%lf g=%lg G=%lg I=%lg \n", j, g_real[j],  
g[j], G[j], I[j]);  
  
    // Для вывода в файл  
    fprintf(p1, "j=%i g_real=%lf g=%lg G=%lg I=%lg \n", j, g_real[j],  
g[j], G[j], I[j]);  
  
}
```

ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТ В ФАЙЛІ ГОТОВ.DAN.TXT

j=1 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.3414 I=1.78917e-06 R=61.3314
j=2 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.471 I=-1.18196e-06 R=60.461
j=3 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.1144 I=-4.92099e-07 R=60.1044
j=4 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.6137 I=-7.01758e-07 R=59.6037
j=5 g_real=0.010000 g=0.01 G=58.9416 I=-9.62133e-07 R=58.9316
j=6 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.2746 I=4.75263e-07 R=59.2646
j=7 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.3715 I=2.83297e-06 R=61.3615
j=8 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.629 I=-1.00407e-06 R=60.619
j=9 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.2857 I=-4.71102e-07 R=60.2757
j=10 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.6754 I=-8.52775e-07 R=59.6654
j=11 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.2556 I=-5.96004e-07 R=59.2456
j=12 g_real=0.015000 g=0.623475 G=58.7777 I=-4.34144e-05 R=58.7627
j=13 g_real=0.015000 g=0.015 G=61.0574 I=4.67587e-06 R=61.0424
j=14 g_real=0.015000 g=0.015 G=60.9119 I=-2.9384e-07 R=60.8969
j=15 g_real=0.015000 g=0.015 G=60.384 I=-1.08172e-06 R=60.369
j=16 g_real=0.015000 g=0.015 G=59.8107 I=-1.19671e-06 R=59.7957
j=17 g_real=0.015000 g=0.015 G=59.4857 I=-6.87407e-07 R=59.4707
j=18 g_real=0.010000 g=-0.331859 G=58.6234 I=4.11041e-05 R=58.6134
j=19 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.4171 I=2.49479e-06 R=60.4071
j=20 g_real=0.010000 g=0.01 G=61.2193 I=1.07763e-06 R=61.2093
j=21 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.4302 I=-1.07372e-06 R=60.4202
j=22 g_real=0.010000 g=0.01 G=60.0034 I=-5.90907e-07 R=59.9934
j=23 g_real=0.010000 g=0.01 G=59.586 I=-5.85929e-07 R=59.576