

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕОМ - 2. ПРОЦЕДУРНЕ
ПРОГРАМУВАННЯ І ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання завдань з лабораторних робіт та самостійної роботи студентів денної форми навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів»

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

Методичні вказівки до виконання завдань з лабораторних робіт та самостійної роботи студентів з кредитного модуля «Інженерні розрахунки на ПЕОМ - 2. Процедурне програмування і основи моделювання» для денної форми навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів» / Уклад.: Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 48 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол № 7 від 26.09. 2016 р.)*

Навчальне видання

ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕОМ – 2. ПРОЦЕДУРНЕ ПРОГРАМУВАННЯ І ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ

Методичні вказівки до виконання завдань з лабораторних робіт та самостійної роботи студентів денної форми навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів»

Авторська редакція

Укладачі:	Д.Е. Сідоров, к.т.н., доц. І.О. Казак
Відповідальний редактор	В.І. Сівецький, к.т.н., проф.
Рецензент:	А.Р. Степанюк, к.т.н., доц.

ВСТУП

Лабораторні роботи з дисципліни “Інженерні розрахунки на ПЕОМ” проводяться зі студентами денної форми навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів» у першому та другому семестрах навчання бакалаврів. Зміст цих методичних вказівок відповідає робочій програмі з кредитного модуля «Інженерні розрахунки на ПЕОМ – 2. Процедурне програмування і основи моделювання».

В практичній діяльності інженера-механіка та інженера з технологій і обладнання для пакування все більш необхідною стає обчислювальна техніка. Вона використовується при обробці експериментальних даних, прогнозуванні навантаження, розрахунку і оптимізації режимів роботи технологічного обладнання, розподіленні технологічних ресурсів, проектуванні, при вирішенні багатьох інших завдань сучасного машинобудування і технологій пакування.

Більшість спеціальних дисциплін для студентів машинобудівельних спеціальностей базується на знанні алгоритмічних мов і вмінні працювати з персональними електронно-обчислювальними машинами (ПЕОМ). Тому основне завдання комп’ютерного практикуму з дисципліни – це набути навичок виконання інженерних розрахунків за допомогою ПЕОМ, шляхом застосування однієї з інженерно-орієнтованих алгоритмічних мов програмування – Фортран.

Алгоритмічна мова Фортран добре пристосована для навчання студентів методам процедурного програмування, має простий синтаксис і зрозумілу структуру програмної одиниці. Тому вона, як ніяка інша підходить для навчання інженерів-початківців.

В даних методичних вказівках приділено увагу: будуванню діаграм, створенню і застосуванню ікон, основним правилам написання програмних одиниць на Фортрані в середовищі MSDev, прикладам алгоритмізації і

програмування, моделювання задач, які зустрічаються в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей.

Виконання завдання з лабораторного практикуму на ПЕОМ з кредитного модуля «Процедурне програмування і основи моделювання» складається з наступних етапів:

- ознайомлення з темою і метою завдання;
- підготовка до виконання завдання, вивчення відповідного теоретичного матеріалу за темою заняття;
- розгляд прикладів завдань, що наведені у методичних вказівках;
- виконання індивідуального завдання (будування діаграм, робота в середовищі MSDev, створення і застосування ікон, процедурне програмування; моделювання процесів);
- опрацювання завдання (програми); перевірка правильності одержаних результатів, яку студент здійснює самостійно.

Переконавшись у правильності результатів, студенти оформлюють звіт і захищають його. Викладач має право повернути на доопрацювання недбало оформлений або з помилками звіт, а також не зарахувати роботу, якщо теоретична підготовка студента недостатня.

Звіт з виконання індивідуального завдання оформлюється на аркушах формату А4 і повинен мати наступну структуру:

- прізвище (ім'я та по-батькові) студента, позначення академічної групи;
- порядковий номер та назву завдання з лабораторного практикуму;
- мету роботи, основні теоретичні відомості і приклад виконання завдання;
- індивідуальне завдання згідно до варіанту;
- результати виконання завдання у роздрукованому вигляді (діаграми, програмний код, результати розрахунків, зображення ікон, графіки) та відповідні файли для демонстрації працездатності програм та можливості внесення змін на ПЕОМ);

- висновки, що пов'язані з метою роботи, які мають аналіз результатів та помилок, що були допущенні студентами при виконанні завдання.

ЗАВДАННЯ № 1

РОБОТА З ЕЛЕКТРОННИМИ ТАБЛИЦЯМИ. БУДУВАННЯ ДІАГРАМ

Мета роботи: набути навичок застосування електронних таблиць в інженерних розрахунках.

Основні теоретичні відомості

Найбільш поширеною з електронних таблиць є таблиці Excel. Дані в Excel зберігаються у виді книги (у виді аркушів). На кожному листі - таблиця. Дані записуються до файлу, що містить всю книгу. Документ потрібно зберегти під своїм ім'ям. Створення нової книги виконується за допомогою меню *Файл*. За замовчуванням, Excel завантажує порожню форму. Кожна комірка містить дані. Тип даних – цифрові, дата, час, ін. В комірках можуть бути також формули, що починаються зі знака "=". Графіки можуть бути побудовані по наявній таблиці даних за допомогою *майстра діаграм*.

Для того, щоб одержати таблицю даних, наприклад, для залежності $y=2\sin x^2$, вводимо початкове значення (наприклад, 0) у комірку A1 і, клацнувши правою кнопкою мишки у правому нижньому куту комірки, розтягуємо область виділення до комірки A101. З'явиться контекстне меню, у якому потрібно вибрати пункт "*прогресія*", задати крок (наприклад 0,1) і кінцеве значення (10 для даного завдання). В комірку іншого стовпця (B1) вводимо формулу, відповідно до якої потрібно одержати таблицю даних ($=2*\sin(A1*A1)$). Лівою кнопкою мишки розтягуємо за правий нижній кут до комірки B101. Excel поширить дію цієї формули на всі комірки стовпця, замінивши посилання A1 у ній на A2, A3 і т.д..

Щоб побудувати графік по наявній таблиці даних, виділяємо область даних (стовпець B1-B101), натискаємо кнопку "*майстер діаграм*", вибираємо тип діаграми і, використовуючи можливість попереднього перегляду,

обираємо вид діаграми, сітки, легенди, шкали і т.д. Перед тим як натиснути кнопку "готове", вибираємо місце розміщення діаграми.

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. Розглянути приклад, що наведено вище і реалізувати його на ПЕОМ.
2. Отримати індивідуальне завдання.
3. Засобами Excel обчислити залежності $y=f(x)$ та $q=q(x)$ (дивись індивідуальні завдання згідно варіанту).
4. Побудувати діаграму для отриманих функцій.
5. Дані, що розраховані, зберегти також як текстовий файл MS DOS.
6. Знову експортувати дані текстового файлу до Excel за допомогою Майстра експортування.
7. Зробити записи про порядок дій при виконанні завдання.
8. Сформулювати висновки.

Контрольні запитання

1. Які переваги електронних таблиць перед класичними мовами програмування і які недоліки?
2. Запрограмуйте у Excel формулу для розрахунку площі круга.
3. Які види діаграм можна будувати у Excel?
4. Як зробити посилання на комірку, комірку на іншому листі, діапазон комірок?
5. Як змінити назву діаграми (колір, вид, підписи даних)?
6. Як побудувати декілька графіків на одній діаграмі?
7. Що таке формат комірки? Як змінити формат комірок?

Індивідуальні завдання

$$1. y = 26.8 * N \frac{\sin(\pi - 2\pi/3)}{c * q * k^c} + 3, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad N = 18.2, \quad k = 1.6, \quad c = 3$$

$$q = \begin{cases} q = 16, & \text{при } x = 0 \dots \pi, \quad 0 \leq x < \pi \\ q = 2 * \cos x & \text{при } x = \pi \dots 2\pi, \quad \pi \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$2. y = \frac{\sin(x - 2\pi/3) - 0.16c}{q^k * G} + 1, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad k = 2, \quad G = 2\pi, \quad c = 1.2$$

$$q = \begin{cases} 0.138 * c - 12, & \text{при } x = 0 \dots 2, \quad 0 \leq x < 2 \\ 12.1 * k - 4, & \text{при } x = 2 \dots 2\pi, \quad 2 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$3. y = \frac{2.16 \cos(x - 2\pi/3) - 32.1 * c}{25 * q * G^c} + 4, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad c = 0.12, \quad G = 124$$

$$q = \begin{cases} 12.65 * c - 0.143 & \text{при } x = 0 \dots 1, \quad 0 \leq x < 1 \\ 0.36 * G + 18.1 & \text{при } x = 1 \dots 2\pi, \quad 1 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$4. y = \frac{\sqrt{G * 2\pi/3} + \sin(x - 2\pi/3)}{12.6 * q * G^c} + 12.2, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad G = 118.1, \quad c = 0.33$$

$$q = \begin{cases} c + 1.1, & 0 \leq x < 1.1 \\ q = 0.625 + 14.2\pi * c, & 1.1 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$5. y = \frac{615 * \sqrt{G - \sin(x - 2\pi/3)}}{16.2 * q * c * (G - 3)} + 12, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad G = 76.2, \quad c = 11$$

$$q = \begin{cases} q = \cos(x), & 0 \leq x < \pi/2 \\ q = 2 \cos(x), & \pi/2 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$6. y = 18.7 \frac{\operatorname{tg}(x)}{13.5 * c * G^c * q} - 2, \quad x = 0 \dots \pi/4, \quad c = 0.3, \quad G = 18$$

$$q = \begin{cases} q = 16, & \text{при } x = 0 \dots \pi/16 \\ q = 2 \cos(x) & \text{при } \pi/16 < x \leq \pi/4 \end{cases}$$

$$7. y = \operatorname{tg}(x) + \frac{18.7 \sin(x - 2\pi/3)}{q * c * G}, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad G = 11.1, \quad c = 17.3$$

$$q = \begin{cases} q = 16.2 & \text{при } x = 0 \dots \pi/16 \\ q = \cos(x) & \text{при } \pi/16 < x \leq \pi/4 \end{cases}$$

$$8. y = \frac{\sin(x - 2\pi/3)}{q^k * G} - 0.16 * c, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad k = 0.25, \quad G = 2\pi, \quad c = 95$$

$$q = \begin{cases} 0.138 * c - 12, & 0 \leq x < 2 \\ 12.1 * k + 4, & 2 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$9. y = \frac{2.16 * \cos(x - 2\pi/3)}{25 * q * G^c} + 32.1 * c, \quad x = 0 \dots 2\pi, \quad c = 0.12, \quad G = 124$$

$$q = \begin{cases} 6.2 * c - 12, & 0 \leq x < 1.1 \\ 0.36 * G + 18.1, & 1.1 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$10. y = \frac{\sqrt{G - \sin(x - 2\pi/3)}}{q * c(G - 3)} + 6.12 * q, x = 0...2\pi, g = 76.1, c = 10$$

$$q = \begin{cases} q = \cos(x), 0 \leq x < \pi/2 \\ q = 2, \pi/2 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$11. y = 28.2 * k * \frac{\sin(x - 2\pi/3)}{6 * q * k^c} + 12, k = 18.2, c = 3, x = 0...2\pi$$

$$q = \begin{cases} 0.138 * c - 12, 0 \leq x < \pi \\ 12.1k - 4, \pi \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$12. y = 18.6 * \sin(x - 2\pi/3) + \frac{k}{6q * k^c}, k = 18.2, c = 3, x = 0..2\pi$$

$$q = \begin{cases} 0.2 * c - 6, 0 \leq x < \pi \\ 11k - 4.2, \pi \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$13. y = \frac{2.16 * \cos(x - 2\pi/3)}{25q} - \frac{3.12 * c}{G^c}, c = 0.12, G = 124, x = 0...2\pi$$

$$q = \begin{cases} 6.54 * c - 0.143, 0 \leq x < 1 \\ 0.25 * G - 16, 1 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$14. y = \frac{\sqrt{G * 2\pi/3} + \cos(x - 2\pi/3)}{12.2 * q * G^c} + 12.1, x = 0...2\pi, G = 118.1, c = 0.33$$

$$q = \begin{cases} q = c + 2, 0 \leq x < \pi \\ q = 0.6 + 14.3 * \pi * c, \pi \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$15. y = \frac{\sqrt{G - \cos(x - 2\pi/3)}}{16.2 * q * c * (G - 3)} + 11.7, x = 0...2\pi, G = 76.2, c = 11$$

$$q = \begin{cases} q = \cos(x), 0 \leq x < \pi \\ q = 2 \cos(x), \pi \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$16. y = \frac{2.16 * \sin(x - 2\pi/3) - 32.1 * c}{25 * q * G^c} + 4, x = 0...2\pi, c = 0.12, G = 124$$

$$q = \begin{cases} 12.65 * c - 0.143, 0 \leq x < 1 \\ 0.3 * G + 12.1, 1 \leq x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$17. y = \frac{\sqrt{G * \pi} + \cos(x - 2\pi/3)}{15.6 * q * G^{2c}} + 13.2, x = 0...2\pi, G = 121, c = 0.25$$

$$q = \begin{cases} q = c + 1.12, 0 \leq x \leq \pi \\ q = 0.27 + 12.7 * \pi * c, \pi < x \leq 2\pi \end{cases}$$

$$18. y = \operatorname{tg}(x) + \frac{\sin(x - 2\pi/3)}{q * c} + G * 13.2, x = 0... \pi/4, G = 11.1, c = 17.3$$

$$q = \begin{cases} q = 18.1 \quad \text{npu } x = 0... \pi/6 \\ q = \cos(x) \quad \text{npu } \pi/6 < x \leq \pi/4 \end{cases}$$

$$19. y = \operatorname{arctg}(x) + \frac{\sqrt{30G - 6.2}}{q * c}, x = 0...1, G = 1.6, c = 12$$

$$q = \begin{cases} q = \cos(x), x = 0..0.5 \\ q = \sin(x), 0.5 < x \leq 1 \end{cases}$$

$$20. y = \lg G + \frac{\operatorname{tg}(x)}{q * c}, x = 0 \dots 2\pi/3, G = 18.7, c = 12$$

$$q = \begin{cases} q = 16 * c, x = 0 \dots 2\pi/6 \\ q = -16 * c, 2\pi/6 < x \leq 2\pi/3 \end{cases}$$

$$21. y = \frac{18.7 * \operatorname{tg}(x)}{13.5 * c * q * G} - 12.7, x = 0 \dots \pi/4, c = 0.3, G = 18.7$$

$$q = \begin{cases} q = \sqrt{52 * G}, x = 0 \dots \pi/16 \\ q = \sin(x), \pi/16 < x \leq \pi/4 \end{cases}$$

$$22. y = \frac{\sin(\pi * x - 3)}{G * 18.1 * q} - \sqrt{12G + k}, k = 16.7, G = 1.13, x = 0 \dots \pi$$

$$q = \begin{cases} q = 25 * \cos(x) x = 0 \dots \pi/2 \\ q = 0.13 * \sqrt{k + 11}, \pi/2 < x \leq \pi \end{cases}$$

ЗАВДАННЯ № 2

РОБОТА З СИСТЕМОЮ ПРОГРАМУВАННЯ MSDev (FPS 4)

Мета роботи: набути навичок роботи в MSDev (FPS 4)

Основні теоретичні відомості

Робота в середовище MSDev (FPS 4) розподіляється на наступні складові: створення проекту; введення файлів до складу проекту; редагування файлів вихідного коду; компіляція файлів проекту; побудова файлу, що виконується; виконання файлу, що виконується.

На рис. 2.1 зображено середовище MSDev (FPS 4). Програма має стандартний віконний інтерфейс. Як приклад, відкрито проект Celsius, що містить вихідний файл CELSIUS.FOR. Вікно програми має три зони. Основна робота по редагуванню вихідного коду виконується у зоні редагування (центральна частина). Праворуч (в даному випадку) розташована зона вьюверів. Нижня частина вікна програми – інформаційна. В цій зоні відображається хід і результати процесів компіляції вихідного коду і побудови файлу, що виконується.

На першому плані показано консольне вікно виконання програми CELSIUS.EXE

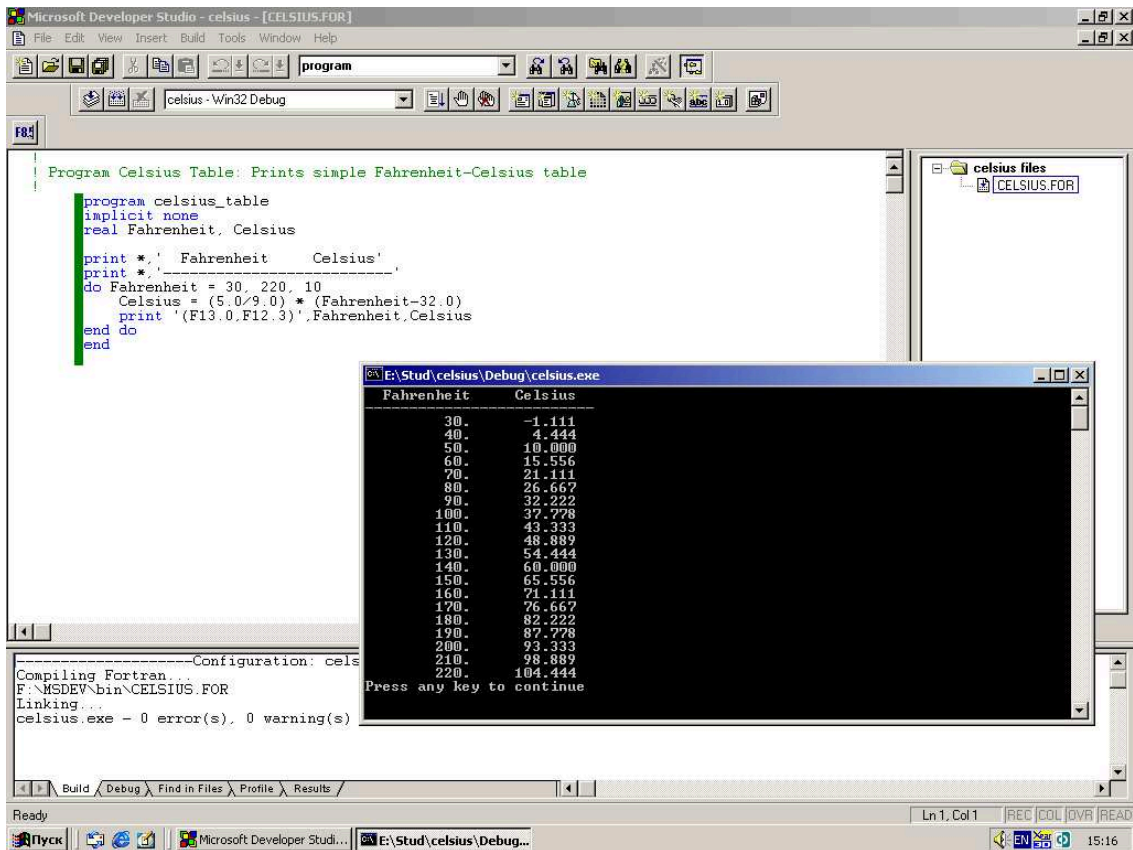


Рис. 2.1. Середовище MSDev (FPS 4)

Створення проекту: *File – New – Project Workspace – OK – Console Application* – (Ввести ім'я проекту та розташування) – *Create*.

Введення файлу до проекту: *Insert – file into project – Ввести (вказати) ім'я файлу (файлів) та розташування* – *Add*.

Компіляція файлів проекту: *Build – Compile...*

Побудова файлу, що виконується: *Build – Rebuild all*.

Виконання: *Build – Execute....*

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. В середовищі MSDev (FPS 4) розробити програму, що виводить на екран привітання, створити проект для її компіляції, провести компіляцію, виправити помилки та отримати результати її роботи програми.

Приклад:

```
program prvt
write(*,*) 'Hello world !'
stop
end
```

2. Про дії, що були виконані за п. 1 зробити запис у протоколі роботи.

3. Засобами MSDev (FPS 4) обчислити залежність $y=f(x)$ (див. індивідуальні завдання за варіантами), отримати 200...300 значень. Результати роботи програми відправити до файлу і на екран.

Приклад: $y = 25,1 \cdot c \cdot \frac{\cos\left(x - \frac{2\pi}{2}\right)}{6 \cdot k} + 11,2;$

$c = 16,1; k = 1,2; x = 0 \dots 2\pi$

```
program lab2
  implicit none
  real(4)::x,y,c,k
  data c/16.1/,k/1.2/
  write(*,*) 'lab2'
  write(*,*) 'c=',c, 'k=',k
  write(*,*) 'x      y'
  do x=0.,6.28,0.02
  y=25.1*c*cos(x-2*3.14/3)/6/k+11.2
  write(*,*)x,y
  enddo
  stop
end
```

4. Виконати експорт файлу результатів до Excel. Побудувати діаграму.

5. Занести до протоколу зміст вихідного файлу (п. 3), таблиці і графіки (п. 4).
6. Сформулювати висновки.

Контрольні запитання

1. Як підключити файл вихідного коду до проекту?
2. Що таке проект, склад проекту.
3. Види проектів.
4. Типи файлів проекту.
5. Порядок компіляції вихідного коду.
6. Видалення файлів з проекту.
7. Які способи запуску на виконання файлів, що виконуються Вам відомі. Пояснити особливості роботи програми у цих випадках.

Індивідуальні завдання

1. $y = 18,6 \sin(x - 2\pi/3) + \frac{c}{6qk^c}; k = 1,2; c = 2,2; q = 6,54; x = 0..2\pi$
2. $y = \frac{2,16 \cos(x - 2\pi/3)}{25q} - \frac{3,12c}{G^c}; c = 0,12; G = 124; q = 7,3; x = 0..2\pi$
3. $y = \frac{\sqrt{G(2\pi/3)} + \cos(x - 2\pi/3)}{12,2qG^c} + 12,1; x = 0..2\pi; G = 118,1; c = 0,33; q = 2,11$
4. $y = \frac{\sqrt{G - \cos(x - 2\pi/3)}}{16,2qc(G - 3)} + 11,7; x = 0..2\pi; G = 76,2; c = 11,2; q = 0,23$
5. $y = \frac{2,16 \sin(x - 2\pi/3) - 32,1c}{25qG^c} + 4; x = 0..2\pi; c = 0,12; G = 124,4; q = 1,12$
6. $y = \frac{\sqrt{\pi G} + \cos(x - 2\pi/3)}{15,6qG^{2c}} + 13,2; x = 0..2\pi; G = 121,3; c = 0,25; q = 0,93$
7. $y = \operatorname{tg}(x - 0,01) + \frac{\sin(x - 2\pi/3)}{qc} + 13,2G; x = 0..\pi/4; G = 11,1; c = 17,3; q = 17,5$
8. $y = \operatorname{arctg}(x - 0,11) + \frac{\sqrt{30G - 6,2}}{qc}; x = 0..1; G = 1,6; c = 12,7; q = 0,58$
9. $y = \lg G + \frac{\operatorname{tg}(x + 0,1)}{qc}; x = 0..2\pi/3; G = 18,7; c = 12,2; q = 0,88$

10. $y = \frac{18,7 \operatorname{tg}(x-0,11)}{13,5cG} - 12,7; x = 0 \dots \pi/4; c = 0,3; G = 18,7; q = 0,94$
11. $y = \frac{\sin(\pi x - 3,3)}{18,1Gq} - \sqrt{12G+k}; k = 16,7; G = 1,13; q = 0,55; x = 0 \dots \pi$
12. $y = 18,7 \frac{\operatorname{tg}(x+0,01)}{13,5cG^c q} - 2; x = 0 \dots \pi/8; c = 0,3; G = 18; q = 16,2$
13. $y = \operatorname{tg}(x-0,012) + \frac{18,7 \sin(x-2\pi/3)}{qcG}; x = 0 \dots \pi/8; G = 11,1; c = 17,3; q = 3,1$
14. $y = \frac{\sin(x-2\pi/3)}{q^k G} - 0,16c; x = 0 \dots 2\pi; k = 0,25; G = 2\pi; c = 1,2; q = 6$
15. $y = \frac{2,16 \cos(x-2\pi/3)}{25qG^c} + 32,1c; x = 0 \dots 2\pi; c = 1,2; G = 124,2; q = 12,33$
16. $y = \frac{\sqrt{G - \sin(x-2\pi/3)}}{qc(G-3)} + 6,12q; x = 0 \dots 2\pi; G = 76,1; c = 10; q = 2,1$
17. $y = 28,2k \frac{\sin(x-2\pi/3)}{6qk^c} + 12,4; k = 18,2; c = 2,3; q = 1,33; x = 0 \dots 2\pi$
18. $y = 26,8N \frac{\sin(\pi - 2\pi/3)}{c q k^c} + 3; x = 0 \dots 2\pi; N = 18,2; q = 16,2; k = 1,6; c = 3,1$
19. $y = \frac{\sin(x-2\pi/3) - 0,16c}{q^k * G} + 1; q = 2,2; x = 0 \dots 2\pi; k = 2; G = 2\pi; c = 1,2$
20. $y = \frac{2,16 \cos(x-2\pi/3) - 32,1c}{25qG^c} + 4; q = 7,1; x = 0 \dots 2\pi; c = 0,12; G = 124$
21. $y = \frac{\sqrt{G(2\pi/3)} + \sin(x-2\pi/3)}{12,6qG^c} + 12,2; x = 0 \dots 2\pi; G = 118,1; c = 0,33; q = 1,1$
22. $y = \frac{615 \sqrt{G - \sin(x-2\pi/3)}}{16,2qc(G-3)} + 12; x = 0 \dots 2\pi; G = 76,2; c = 11; q = 2,2$

ЗАВДАННЯ № 3

РЕДАКТОР ІКОН. РОЗРОБКА І ЗАСТОСУВАННЯ ІКОН

Мета роботи: набути навичок розробки і застосування ікон.

Основні теоретичні відомості

На рис. 3.1 зображено середовище MSDev (FPS 4) з відкритим редактором ікон, на рис. 3.2 наведено приклади ікон, на рис. 3.3 показано

ікону у складі проекту. Редактор ікон має стандартний віконний інтерфейс і нескладний набір інструментів.

Створення ікон: *File – New – Icon file....*

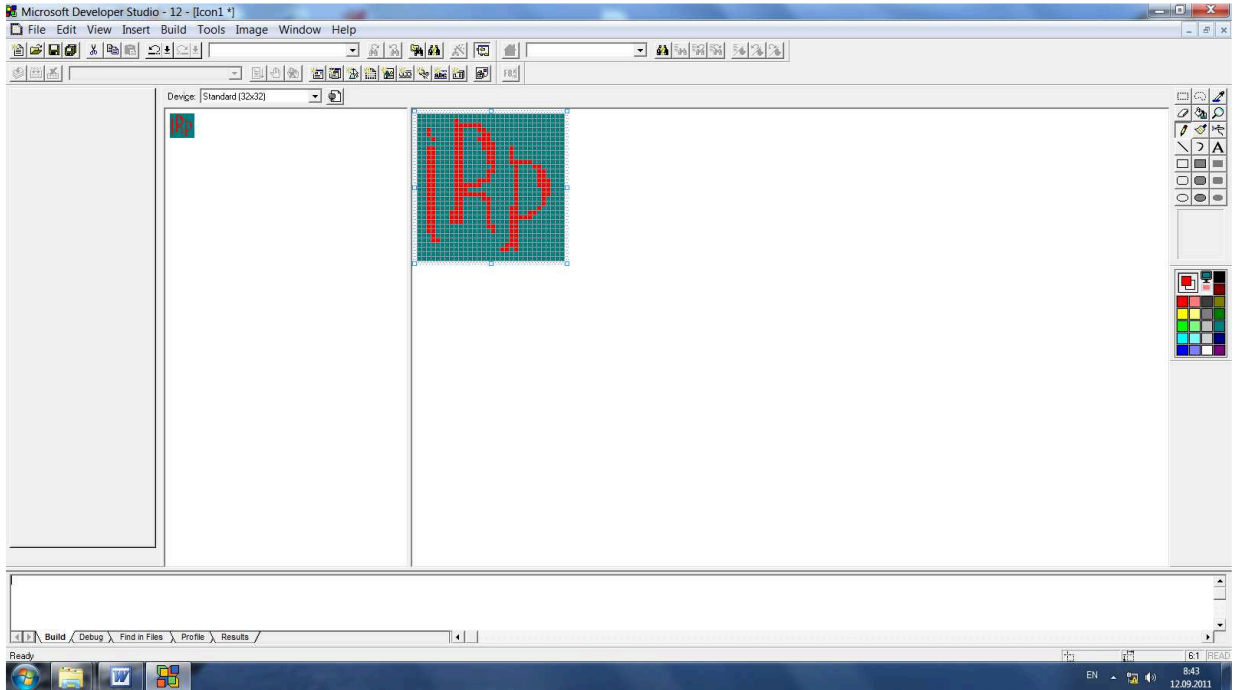


Рис. 3.1. Редактор ікон MSDev (FPS 4)

Ікона повинна бути збережена у файлі з розширенням *ico* (наприклад *IRP.ico*). Ікону для редагування можна також перенести з іншої програми у редактор ікон за допомогою буфера обміну.

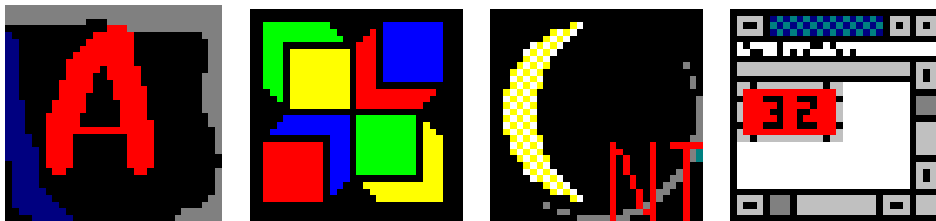


Рис.3.2. Приклади ікон

Ікона може бути застосована шляхом асоціації з файлом за допомогою ярлика або може бути уведена до файлу, що виконується.

Асоціація ікон з файлом за допомогою ярлика: *створити ярлик – Property (Свойства) – Change icon (Сменить значек) – вказати потрібну ікону...*

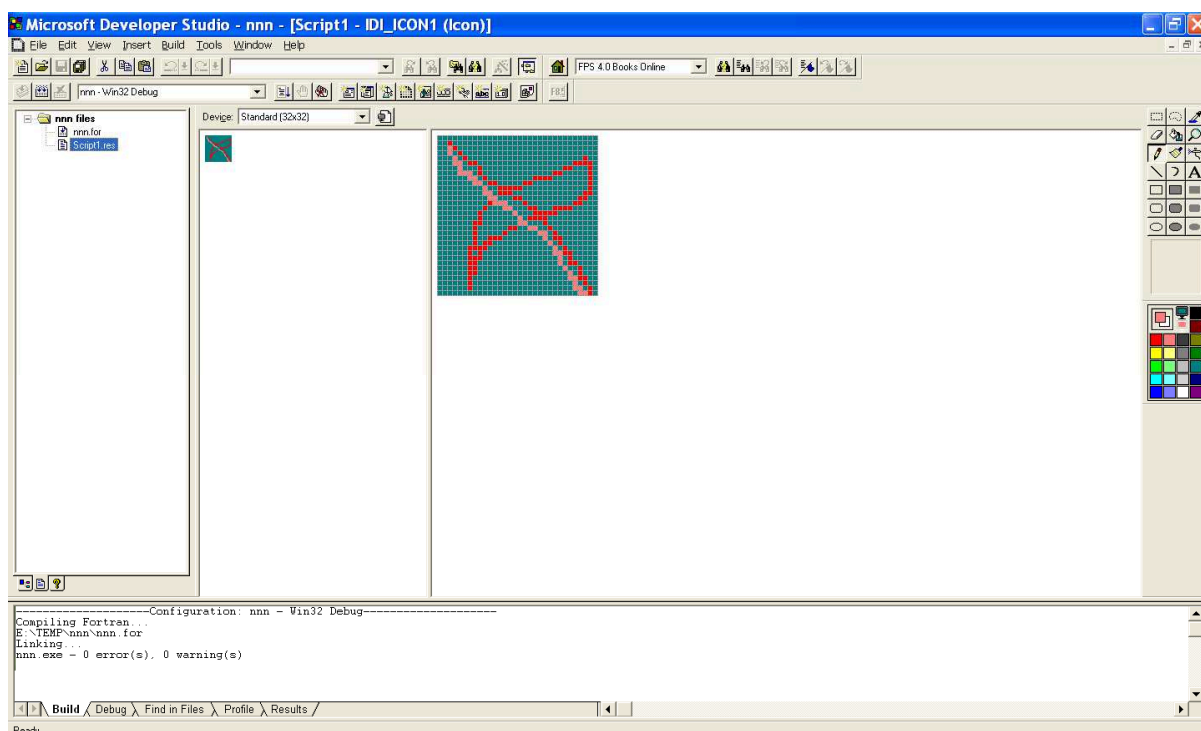


Рис. 3.3 Ікона у складі проекту

Уведення ікони до файлу, що виконується: *Insert – Resource – Icon – створити ікону або перенести за допомогою буферу обміну. Зберегти при закритті як файл опису ресурсів (*.res); Ввести файл опису ресурсів до складу проекту: Insert - file into project – вказати збережений скрипт-файл (*.res). Отримати файл, що виконується за звичайною процедурою.*

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. За допомогою редактора ікон MSDev (FPS 4) розробити три тематичні ікони за вказівкою викладача. Занести зображення до протоколу.
2. Про дії, що були виконані за п. 1 зробити запис у протоколі роботи.
3. Створити три ярлики для файлів звіту з роботи. Розроблені ікони асоціювати з файлами за допомогою цих ярликів.
4. Для файлів, що виконуються, які були отримані у роботі № 9, розробити ікони. Увести розроблені ікони до складу файлів, що виконується.

Переконайтеся, що ікони, якими відображаються файли у ОС змінилися на розроблені.

5. Зробити записи про дії, що були виконані за п. п. 3, 4.
6. Сформулювати висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке ікона?
2. Якими засобами можливо створити ікону?
3. Порядок створення ікон в MSDev (FPS 4).
4. Як можна застосувати ікону у ярликах?
5. Включення ікони до складу файлу, що виконується. Порядок компіляції вихідного коду.

ЗАВДАННЯ № 4

СТВОРЕННЯ ПРОГРАМ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІДПРОГРАМ ТА ФУНКЦІЙ

Мета роботи: набути навичок розробки програм з використанням підпрограм та підпрограм-функцій.

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. Вивчити приклад, що наведений нижче: ввести вихідний код, розташувати в декількох файлах, виконати відладку, отримати файл, що виконується.
2. Отримати індивідуальне завдання.
3. За індивідуальним завданням розробити 4 програми: з використанням тільки списків параметрів; з використанням тільки спільних блоків; з використанням модулів; з використанням файлового інтерфейсу для

того, щоби передавати дані між програмними одиницями. Для розроблених програм навести блок-схеми і таблиці ідентифікаторів.

4. Для файлів, що виконуються (за індивідуальним завданням 4 програми) розробити ікони. Увести розроблені ікони до складу файлів, що виконуються. Переконалися, що ікони, якими відображуються файли у ОС змінилися на розроблені.

5. За результатами, що були отримані, побудувати графіки.

6. Зробити висновки.

В прикладах та завданнях використовуються співвідношення:

$$x_1(2\alpha) = \frac{ch2\alpha + \sin 2\alpha}{sh2\alpha + \sin 2\alpha};$$

$$x_2(2\alpha) = \frac{ch2\alpha - \sin 2\alpha}{sh2\alpha + \sin 2\alpha};$$

$$x_3(2\alpha) = \frac{ch2\alpha - \cos 2\alpha}{sh2\alpha - \sin 2\alpha};$$

$$\alpha = \beta l / 2;$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)};$$

$$\varphi(\beta x) = e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x);$$

$$\psi(\beta x) = e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x);$$

$$\theta(\beta x) = e^{-\beta x} \cos \beta x;$$

$$\xi(\beta x) = e^{-\beta x} \sin \beta x;$$

$$\beta = \left(\frac{3(1-\mu^2)}{a^2 h^2} \right)^{1/4}.$$

Коефіцієнт Пуассона $\mu=0,3$; модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Приклад виконання завдання

Визначити прогин W_x (м), що виникає в короткому циліндричному патрубку, навантаженому по торцях моментами $M_0=10$ Н·м (зусилля Q_0 не враховувати) (рис.4.1), якщо $a=0,01$ м, $l=0,02$ м, $h=0,006$ м. Розрахунки виконати по довжині патрубку з кроком $\Delta x=0,001$ м. На друк вивести значення x , W_x .

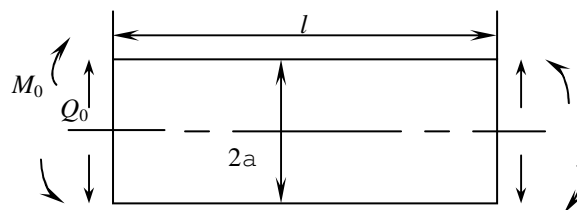


Рис. 4.1. Розрахункова схема патрубку (у звіті не вимагається)

Розрахункова формула:
$$W_x = \frac{M_0}{\beta^2 D} \left(\frac{cs+sc}{ss} sh + \frac{cs-sc}{ss} ch \right),$$

де $cs = \cos\alpha \cdot \sin\alpha$; $sc = \sin\alpha \cdot \sin\alpha$; $ss = \sin 2\alpha + \sin 2\alpha$; $sh = \sin\beta x \cdot \sin\beta x$; $ch = \cos\beta x \cdot \cos\beta x$;

β , α , cs , sc , ss – обчислити у підпрограмі; sh , ch – обчислити в підпрограмах-функціях.

Таблиця 4.1. Таблиця відповідності ідентифікаторів

За текстом	У програмі	Тип	Числове значення	Одиниця вимірювання
M_0	AM0	Real	10	Н*М
a	A	Real	0,01	М
l	AL	Real	0,02	М
μ	AMU	Real	0,3	-
h	H	Real	0,06	М
E	E	Real	$2 \cdot 10^5$	-
Δx	DX	Real		М
N	N	Real	21	-
β	B	Real	Обчислюється	-
x	X	Real	Обчислюється	М
D	D	Real	Обчислюється	-
α	ALFA	Real	Обчислюється	-
W_x	W	Real	Обчислюється	-

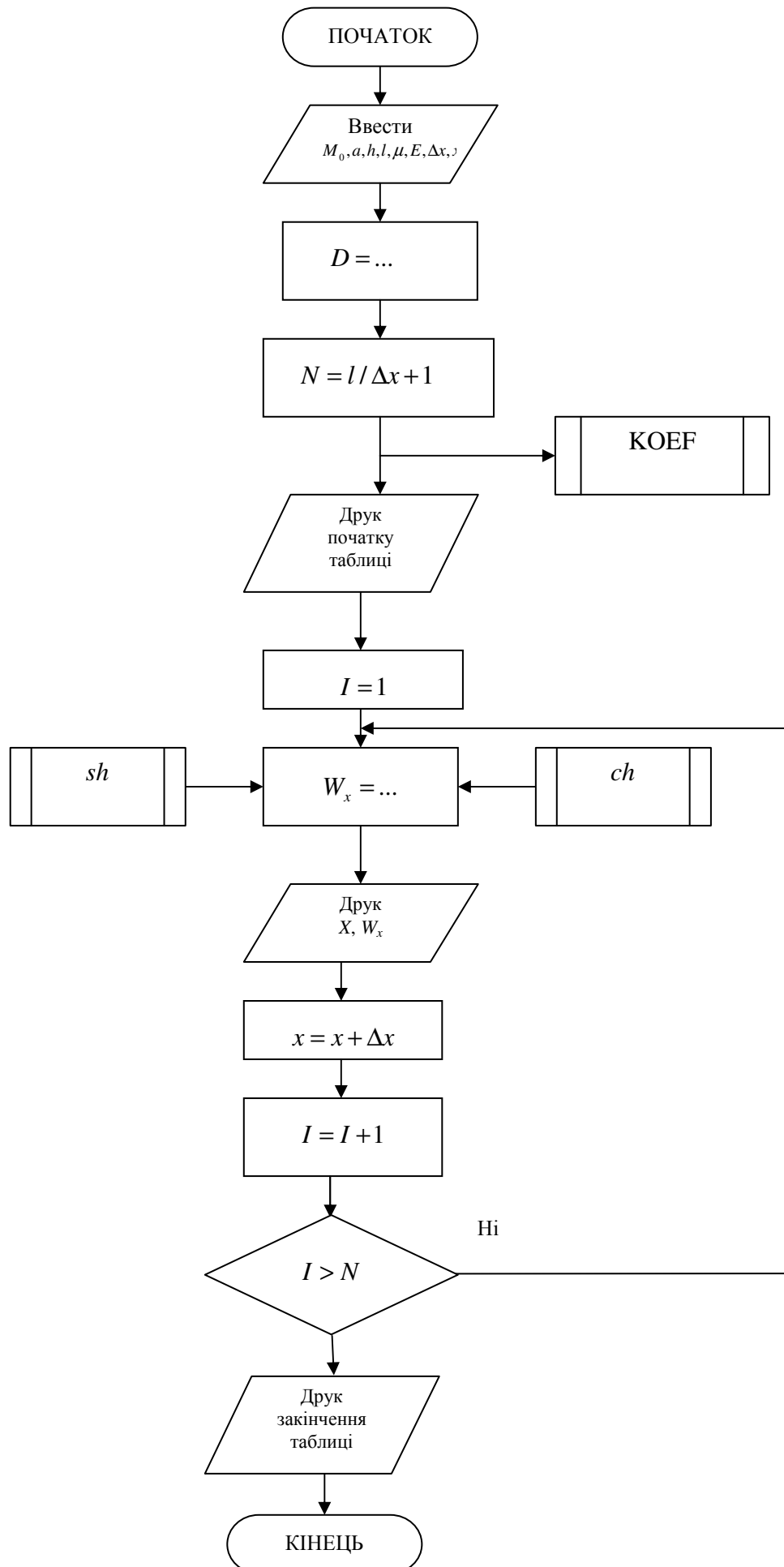


Рис. 4.1. Блок-схема програми розрахунку прогину патрубку

SC=SIN(2.*ALFA)+COSH(2.*ALFA)

SS=SINH(2.*ALFA)+SIN(2.*ALFA)

RETURN ! Повернення значень через список параметрів

END SUBROUTINE KOEF ! Закінчення програмної одиниці

FUNCTION SH(B,X) ! Функція

SH=SIN(B*X)*SINH(B*X)

RETURN ! Повернення значень через список параметрів

END FUNCTION SH ! Закінчення програмної одиниці

FUNCTION CH(B,X) ! Функція

CH=COS(B*X)*COSH(B*X)

RETURN

END FUNCTION CH ! Закінчення програмної одиниці

Контрольні запитання

1. Застосування підпрограм та функцій, різниця між ними, синтаксис, звернення до підпрограм та функцій.
2. Передача даних між програмними одиницями. Списки параметрів та спільні блоки.
3. Структура програмних одиниць, необхідні оператори.
4. Особливості транслявання програмних одиниць. Об'єктні модулі та бібліотеки.

Індивідуальні завдання

1. Трубка теплообмінника $l=0,6$ м, радіуса $a=0,08$ м, товщиною $h=0,0015$ м знаходиться під дією рівномірно розподіленого вигинаючого моменту $M_0=0,22$ Н·м та перерізаючої сили на торці $Q_0=8$ Н. Визначити переміщення W_x на напруги σ_x зовнішньої поверхні трубки у координатах $x=0\dots l$. Для обчислення поділити довжину l на 40 частин. Формули:

$$W_x = -\frac{1}{2\beta^2 D} [\beta M_0 \varphi(\beta x) + Q_0 \theta(\beta x)]; \quad \sigma_x = \frac{6}{2\beta h^2} [2\beta M_0 \varphi(\beta x) + 2Q_0 \xi(\beta x)]$$

Обчислення W_x , σ_x – виконати в підпрограмі; $\varphi(\beta x)$, $\theta(\beta x)$, $\xi(\beta x)$ – обчислити в підпрограмах-функціях.

2. Трубчастий корпус реактора знаходиться під тиском реагенту $P=18$ МПа. Діаметр корпусу $2a=0,18$ м; довжина $l=1,75$ м, товщина стінки $h=0,00085$ м. На торцях корпусу виникає перерізаюча сила $Q_0=16$ Н. Визначити переміщення U та вигинаючий момент M у 30 перерізах, рівномірно розміщених по довжині l (поточна координата x). Формули:

$$U = -\frac{1}{2\beta^2 D} \left[\frac{P}{2\beta} \varphi(\beta x) - \frac{P}{\beta} \theta(\beta x) \right]; \quad M = \frac{1}{2\beta} \left[\frac{P}{\beta} \varphi(\beta x) - \frac{P}{\beta} \xi(\beta x) \right].$$

Змінні U та M – визначити в підпрограмі; $\Psi, \Theta, \zeta, \varphi$ – оформити у вигляді функцій.

3. Коротка трубчаста обичайка довжиною $l=0,18$ м, діаметром $2a=0,16$ м, товщиною $h=0,018$ м знаходиться під дією зовнішнього тиску $P=12$ МПа. Визначити переміщення W стінок труби у 21 точці координати x , рівномірно розміщених по довжині l . Формули:

$$W = \frac{P \left(1 - \frac{\mu}{2} \right)}{\beta^3 D \left(\frac{h}{F} + \beta \left[\chi_1(2\alpha) - \frac{1}{2} \frac{\chi_2^2(2\alpha)}{\chi_3(2\alpha)} \right] \right)} \left(\frac{\sin \alpha sh \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha} \sin \beta \chi sh \beta \chi + \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha} \cos \beta \chi ch \beta \chi \right);$$

$$F = \pi (a^2 - [a - h]^2).$$

χ_1, χ_2, χ_3 – визначити як функції; W – в підпрограмі.

4. Циліндричний перехідний елемент трубопроводу для транспортування метану довжиною $l=0,38$ м, діаметром $2a=0,2$ м, товщиною стінки $h=0,005$ м знаходиться під дією внутрішнього тиску $P=2,2$ МПа. Визначити переміщення W та навантаження Q в залежності від координати x довжини труби l . Розрахунок виконати у 38 точках по l . Формули:

$$W = -\frac{Pl^4}{64D\alpha^4}(1-2c_1 \cdot sh-2c_2 \cdot ch); \quad Q = -\frac{Pl}{2\alpha}[c_1(cs-cm)+c_2(cs+cm)];$$

$$sh = \sin \beta x \cdot sh\beta x; \quad ch = \cos \beta x \cdot ch\beta x; \quad cs = \cos \beta x \cdot sh\beta x; \quad cm = ch\beta x \cdot \sin \beta x;$$

$$c_1 = \frac{\cos \alpha sh\alpha + ch\alpha \sin \alpha}{\sin 2\alpha + sh2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch\alpha - ch\alpha \sin \alpha}{\sin 2\alpha + sh2\alpha}.$$

Величини sh, ch, cs, cm – визначити як функції. Для визначення c_1, c_2, β, α – скласти підпрограму.

5. Циліндрична труба знаходиться під дією зовнішнього тиску $P=20$ МПа. Розміри труби: радіус $a=0,12$ м, товщина стінки $h=0,01$ м. Визначити переміщення W , момент M_x та навантаження Q_x в перерізах на відстані $x=0\dots l$, де $l=0,5$ м, з кроком $\Delta x=0,012$ м. Формули:

$$W = \frac{P \cdot e^{-\beta x}}{8\beta^3 D} \varphi(\beta x); \quad M_x = -\frac{P}{4\beta^2} \psi(\beta x); \quad Q_x = \frac{P}{2} \theta(\beta x).$$

$\varphi(\beta x), \psi(\beta x), \theta(\beta x)$ – розробити у вигляді функцій; блок виводу значень оформити в підпрограмі.

6. Корпус випарної установки має вигляд сталюї циліндричної посудини діаметром $2a=0,82$ м, висотою $l=2,1$ м, товщиною стінки $h=0,011$ м. Густина соляного розчину в установці $\rho=1,3 \cdot 10^3$ кг/м³. Визначити переміщення W , момент M , силу, діючу по колу, N , які розвиваються на відстані $x=0\dots l$ з кроком $\Delta x=0,025$ м в корпусі випарної установки. Формули:

$$W = -\frac{\rho a^2 l}{Eh} \left[1 - \frac{x}{l} - \theta(\beta x) - \left(1 - \frac{1}{\beta l} \right) \xi(\beta x) \right]; \quad N = \rho a l \left[1 - \frac{x}{l} - \theta(\beta x) - \left(1 - \frac{1}{\beta l} \right) \xi(\beta x) \right];$$

$$M = \frac{\rho a l h}{\sqrt{12(1-\mu^2)}} \left[\xi(\beta x) - \left(1 - \frac{1}{\beta l} \right) \theta(\beta x) \right].$$

θ та ξ визначити як функції, W, N, M – в підпрограмі.

7. Трубопровід діаметром $2a=0,8$ м підсилений сталюїми кільцями з кроком $l=0,18$ м. Стінка трубопроводу – сталюїна, товщиною $h=0,0038$ м. По трубопроводу перекачується нітробензол під тиском $P=25$ МПа. Визначити силу N , діючу по колу трубопроводу між підсиленнями. Розрахунок виконати при $x=0\dots l$ з кроком $0,005$ м. Формули:

$$N = -\frac{2}{\beta} \frac{P}{\frac{h}{F} + \beta \left[\chi_1(2\alpha) - \frac{1}{2} \frac{\chi_2^2(2\alpha)}{\chi_3(2\alpha)} \right]} \cdot \left(\frac{\sin \alpha sh \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha} ck + \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha} sk \right);$$

$$ck = ch \beta x \cos \beta x; \quad sk = \sin \beta x sh \beta x; \quad F = \pi(a^2 - (a-h)^2)$$

Величини χ_1, χ_2, χ_3 визначити в підпрограмі, ck, sk – організувати підпрограми-функції.

8. Сушильна установка має циліндричну частину діаметром $2a=1,3$ м, довжиною $l=1,8$ м, товщиною $h=0,0125$ м. Торці циліндричної частини шарнірно закріплені. Усередині установки розвивається робочий тиск $P=2,5$ МПа. Визначити переміщення U та момент M по довжині циліндричної частини ($x=0\dots l$) з кроком $\Delta x=0,03$ м. Формули:

$$U = -\frac{Pl^4}{64D\alpha^4} (1 - 2c_1 sh - 2c_2 ch); \quad M = \frac{Pl^2}{4\alpha^2} (c_1 ch - c_2 ch); \quad ch = \cos \beta x ch \beta x;$$

$$sh = \sin \beta x sh \beta x; \quad c_1 = \frac{\sin \alpha sh \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha}.$$

Визначити в підпрограмі значення c_1 та c_2 , а значення ch та sh – визначити в підпрограмах-функціях.

9 Циліндрична цистерна $l=3$ м, радіуса $a=1,1$ м, товщиною стінки $h=0,01$ м навантажена силами $Q_0=5,1 \cdot 10^3$ Н та моментами $M_0=12,5$ Н·м, які рівномірно розподілені по торцях. Визначити момент M_x в залежності від координати x ($x=0\dots l$) по довжині цистерни з кроком $\Delta x=0,125$ м. Формули:

$$M_x = 2 \frac{c_1}{s_0} \left[M_0 (c_2 - s_1) - \frac{Q_0}{\beta} s_2 \right] + 2 \frac{s_3}{s_0} \left[M_0 (s_1 - s_3) + \frac{Q_0}{\beta} c_3 \right]; \quad c_1 = \cos \beta x s / \beta x; \quad c_2 = \cos \alpha s h \alpha;$$

$$c_3 = \cos \alpha ch \alpha; \quad s_0 = \sin 2\alpha sh 2\alpha; \quad s_1 = \sin \alpha ch \alpha; \quad s_2 = \sin \alpha s h \alpha; \quad s_3 = \sin \beta x s / \beta x.$$

Для обчислення c_1, c_2, c_3 – передбачити зовнішні функції, s_0, s_1, s_2, s_3 – оформити у вигляді внутрішніх функцій.

10. Керамічні кільця довжиною $l=0,6$ м, радіусом $a=0,25$ м, товщиною $h=0,006$ м знаходяться у скрубери-охолоджувачі під дією рівномірно розподіленої по торцям перерізуючої сили $Q_0=8,2 \cdot 10^3$ Н. Модуль пружності $E_k=6 \cdot 10^4$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu_k=0,2$. Визначити переміщення U та момент M , виникаючі в кільці на відстані x від краю ($x=0\dots l$). Розрахунок виконати з кроком $\Delta x=0,025$ м. Формули:

$$U = \frac{Q_0}{\beta^3 D} (c_1 s_1 + c_{22}); \quad M = -\frac{2Q_0}{\beta} (c_1 s_2 - c_2 s_1); \quad c_1 = \frac{\sin \alpha sh \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha};$$

$$s_1 = \sin \beta x sh \beta x; \quad s_2 = \cos \beta x ch \beta x.$$

Величини c_1, c_2, s_1, s_2 – визначити як функції, U та M – розрахувати в підпрограмі.

11. Визначити прогин U та зусилля Q в корпусі млина, виконаного у вигляді полого циліндра з шарнірно закріпленими краями, якщо всередині корпуса діє тиск маси $P=1,5$ МПа. Геометричні розміри: довжина $l=2,8$ м, радіус $a=0,8$ м, товщина стінки $h=0,0085$ м. Розрахунок виконати з кроком $\Delta x=0,1$ м по довжині ($x=0\dots l$). Формули:

$$U = \frac{Pl^4}{64Dl^4} (1 - 2c_1 s_1 - 2c_2 c_3); \quad Q = -\frac{Pl}{2\alpha} [c_1 (c_4 - s_2) - c_2 (c_4 + s_2)]; \quad c_1 = \frac{\sin \alpha sh \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha};$$

$$c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha}; \quad c_3 = \cos \beta x ch \beta x; \quad c_4 = \cos \beta x sh \beta x; \quad s_1 = \sin \beta x sh \beta x; \quad s_2 = ch \beta x \sin \beta x.$$

Величини $c_1, c_2, c_3, c_4, s_1, s_2$ – визначити як функції, U та Q – визначити в підпрограмі.

12. Циклонний апарат довжиною $l=1,2$ м, товщиною стінки $h=0,005$ м та діаметром $2a=0,5$ м знаходиться під дією внутрішнього тиску. Визначити прогин стінки W та момент M , що розвивається на відстані $x=1$ м від торця, якщо внутрішній тиск змінюється від $P_{\min}=0,1$ МПа до $P_{\max}=3,1$ МПа з кроком $0,05$ МПа. Формули:

$$W = \frac{Pl^4}{64Dl^4} (1 - 2c_1 s_1 - 2c_2 c_3); \quad M = \frac{Pl^4}{4\alpha^2} (c_1 c_3 + c_2 s_1);$$

$$c_1 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - ch \alpha \sin \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - \sin \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}.$$

s_1, c_3 – див. завдання № 11. Для визначення M та W скласти підпрограму, c_1, c_2, c_3, s_1 – визначити як підпрограми-функції.

13. Циліндричний адсорбер (довжина $l=1$ м, діаметр $2a=0,032$ м, товщина сталюї стінки $h=0,009$ м) рівномірно навантажений торцевим моментом $M_0=12,6 \cdot 10^3$ Н·м. Визначити розподілення прогинів W та моментів M в корпусі адсорбера на відстані x від торцю ($x=0\dots l$) з кроком $\Delta x=0,05$ м. Формули:

$$W = -\frac{M_0}{\beta^2 D} (c_1 s_1 + c_2 s_2); \quad M = 2M_0 (c_1 s_2 + c_2 s_1);$$

$$c_1 = \frac{\cos \alpha sh \alpha + \sin \alpha ch \alpha}{sh 2\alpha + \sin 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - \sin \alpha ch \alpha}{sh 2\alpha + \sin 2\alpha}; \quad s_1 = \sin \beta x sh \beta x; \quad s_2 = \cos \beta x ch \beta x.$$

c_1, c_2, s_1, s_2 – визначити в підпрограмах-функціях, W та M – в підпрограмі.

14. Визначити переміщення U , виникаюче в корпусі циліндричної сталльної оболонки під дією розподілених по торцю перерізуючих сил $Q_0=2,85 \cdot 10^3$ Н та моментів $M_0=35$ Н·м. Розміри оболонки: довжина $l=0,45$ м, діаметр $2a=0,032$ м, товщина стінки $h=0,028$ м. Розрахунок виконати з кроком $\Delta x=0,001$ м по довжині ($x=0\dots l$). Формули:

$$U = \frac{1}{\beta^2 D} \{c_1 [Q_0 \beta s_1 - M_0 (s_2 + s_3)] + c_2 [Q_0 s_1 - M_0 (s_2 - s_4)]\}; \quad c_1 = \frac{\sin \beta x sh \beta x}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha};$$

$$c_2 = \frac{\cos \beta x ch \beta x}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad s_1 = \sin \alpha sh \alpha; \quad s_2 = \cos \alpha sh \alpha; \quad s_3 = \sin \alpha ch \alpha; \quad s_4 = \cos \alpha ch \alpha.$$

c_1, c_2 – визначити у внутрішніх функціях, s_1, s_2, s_3, s_4 – визначити в підпрограмах-функціях.

15. Посилюючи кільця розміщені з кроком $l=1$ м на сталній трубі діаметром $2a=0,22$ м та товщиною стінки $h=0,0042$ м. Визначити навантаження Q_x , виникаюче на координаті x проліту труби між посиленнями ($x=0\dots l$) при $P=1,2$ МПа. Розрахунок виконати з кроком $\Delta x=0,02$ м. Формули:

$$Q_x = -2 \frac{P(c_1 s_1 - c_2 s_2)}{\frac{h}{F} + \beta \left[\chi_1(2\alpha) - \frac{1}{2} \frac{\chi_2^2(2\alpha)}{\chi_3(2\alpha)} \right]}; \quad F = \pi(2ah + h^2); \quad s_2 = sh \beta x \cos \beta x + \sin \beta x ch \beta x$$

$$c_1 = \frac{\sin \alpha sh \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad s_1 = \sin \beta x sh \beta x - \cos \beta x ch \beta x.$$

Значення Q_x визначити в підпрограмі, величини c_1, c_2, s_1, s_2 – визначити в підпрограмах-функціях.

16. Визначити прогин та навантаження Q у трубчастій вставці теплообмінного контуру, навантаженого на торцях розподіленим моментом $M_0=11$ Н·м. Геометричні розміри вставки: довжина $l=1,2$ м, радіус $a=0,6$ м,

товщина стінки $h=0,0082$ м. Прогин U та навантаження Q подати у вигляді табличної залежності від координати x по довжині l вставки з кроком $\Delta x=0,05$ м. Формули:

$$U = -\frac{M_0}{\beta^2 D} (c_1 s_1 + c_2 s_2); \quad Q = 2M_0 \beta [c_1 (s_3 - s_4) - c_2 (s_3 + s_4)]; \quad c_1 = \frac{\cos \alpha sh \alpha + \sin \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha};$$

$$c_2 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - \sin \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad s_1 = \sin \beta x sh \beta x; \quad s_2 = \cos \beta x ch \beta x; \quad s_3 = \cos \beta x sh \beta x; \quad s_4 = \sin \beta x ch \beta x.$$

Значення c_1 та c_2 визначити в підпрограмах-функціях, значення U та Q – в підпрограмах.

17. Труба $l=0,7$ м, радіуса $a=0,12$ м, товщиною $h=0,002$ м знаходиться під дією рівномірно розподіленого вигинаючого моменту $M_0=0,25$ Н·м та перерізуючої сили на торці $Q_0=12$ Н. Визначити переміщення W_x напруження N_x зовнішньої поверхні труби у координатах $x=0\dots l$. Для обчислення поділити довжину l на 50 частин. Формули:

$$W_x = -\frac{1}{2\beta^2 D} [\beta M_0 \varphi(\beta x) + Q_0 \theta(\beta x)]; \quad N_x = \frac{6}{2\beta h^2} [2\beta M_0 \varphi(\beta x) + 2Q_0 \xi(\beta x)]$$

Обчислення W_x , N_x – виконати в основній програмі, $\varphi(\beta x)$, $\theta(\beta x)$, $\xi(\beta x)$ – обчислити в підпрограмах. Для виводу результатів розробити функцію.

18. Циліндричний подовжувач трубопроводу для транспортування етанолу довжиною $l=0,2$ м, діаметром $2a=0,12$ м, товщиною стінки $h=0,0035$ м знаходиться під дією внутрішнього тиску $P=3,2$ МПа. Визначити переміщення W та навантаження Q в залежності від координати x довжини труби l . Розрахунок виконати у 45 точках по l . Формули:

$$W = -\frac{Pl^4}{64D\alpha^4} (1 - 2c_1 \cdot sh - 2c_2 \cdot ch); \quad Q = -\frac{Pl}{2\alpha} [c_1 (cs - cm) + c_2 (cs + cm)];$$

$$sh = \sin \beta x \cdot sh \beta x; \quad ch = \cos \beta x \cdot ch \beta x; \quad cs = \cos \beta x \cdot sh \beta x; \quad cm = ch \beta x \cdot \sin \beta x;$$

$$c_1 = \frac{\cos \alpha sh \alpha + ch \alpha \sin \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha - ch \alpha \sin \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}.$$

Величини sh , ch , cs , cm – визначити як внутрішні функції. Для визначення c_1 , c_2 , β , α – скласти відповідні підпрограми.

19. Корпус сталевий синтез-колони має циліндричний вигляд діаметром $2a=1,1$ м, висотою $l=3,1$ м, товщиною стінки $h=0,031$ м. Густина розчину в

установці $\rho=1,22 \cdot 10^3$ кг/м³. Визначити переміщення W , момент M , силу, діючу по колу, N , які розвиваються на відстані $x=0\dots l$ з кроком $\Delta x=0,02$ м в корпусі установки. Формули:

$$W = -\frac{\rho a^2 l}{Eh} \left[1 - \frac{x}{l} - \theta(\beta x) - \left(1 - \frac{1}{\beta l} \right) \xi(\beta x) \right]; \quad N = \rho a l \left[1 - \frac{x}{l} - \theta(\beta x) - \left(1 - \frac{1}{\beta l} \right) \xi(\beta x) \right];$$

$$M = \frac{\rho a l h}{\sqrt{12(1-\mu^2)}} \left[\xi(\beta x) - \left(1 - \frac{1}{\beta l} \right) \theta(\beta x) \right].$$

θ та ξ визначити як внутрішні функції, W , N , M – в підпрограмах. Вивести результати за допомогою функції.

20. Автоклав має циліндричну частину діаметром $2a=1,25$ м, довжиною $l=1,45$ м, товщиною $h=0,015$ м. Торці циліндричної частини шарнірно закріплені. У середині установки розвивається робочий тиск $P=4,5$ МПа. Визначити переміщення U та момент M по довжині циліндричної частини ($x=0\dots l$) з кроком $\Delta x=0,05$ м. Формули:

$$U = -\frac{Pl^4}{64D\alpha^4} (1 - 2c_1 sh - 2c_2 ch); \quad M = \frac{Pl^2}{4\alpha^2} (c_1 ch - c_2 ch); \quad ch = \cos \beta x ch \beta x;$$

$$sh = \sin \beta x sh \beta x; \quad c_1 = \frac{\sin \alpha sh \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha}.$$

Визначити в підпрограмі переміщення U та момент M , значення c_1 та c_2 , визначити во внутрішніх функціях, а значення ch та sh – визначити в підпрограмах-функціях.

21. Керамічні кільцеві опори довжиною $l=0,3$ м, радіусом $a=0,15$ м, товщиною $h=0,004$ м знаходяться під дією рівномірно розподіленої по торцям перерізуючої сили $Q_0=6,4 \cdot 10^3$ Н. Модуль пружності $E_k=6 \cdot 10^4$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu_k=0,2$. Визначити переміщення U та момент M , які виникають відстані x від краю ($x=0\dots l$). Розрахунок виконати з кроком $\Delta x=0,05$ м. Формули:

$$U = \frac{Q_0}{\beta^3 D} (c_1 s_1 + c_2 s_2); \quad M = -\frac{2Q_0}{\beta} (c_1 s_2 - c_2 s_1); \quad c_1 = \frac{\sin \alpha sh \alpha}{\sin 2\alpha + sh \alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha};$$

$$s_1 = \sin \beta x sh \beta x; \quad s_2 = \cos \beta x ch \beta x.$$

Величини c_1, c_2, s_1, s_2 – визначити як функції, U та M – розрахувати в основній програмі, блок виводу результатів розробити як підпрограму.

22. Ресивер довжиною $l=1,4$ м, товщиною стінки $h=0,008$ м та діаметром $2a=0,55$ м знаходиться під дією внутрішнього тиску. Визначити прогин стінки W та момент M , що розвивається на відстані $x=0,4$ м від торця, якщо внутрішній тиск змінюється від $P_{\min}=0,01$ МПа до $P_{\max}=2$ МПа з кроком $0,01$ МПа. Формули:

$$W = \frac{Pl^4}{64Dl^4} (1 - 2c_1s_1 - 2c_2c_3); \quad M = \frac{Pl^4}{4\alpha^2} (c_1c_3 + c_2s_1);$$

$$c_1 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - ch \alpha \sin \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - \sin \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}.$$

s_1, c_3 – див. завдання № 11. Для визначення M та W скласти підпрограми-функції, c_1, c_2, c_3, s_1 – визначити як внутрішні функції.

23. Визначити переміщення U , виникаюче в корпусі циліндричної сталюї оболонки під дією розподілених по торцю перерізуючих сил $Q_0=1,35 \cdot 10^3$ Н та моментів $M_0=62$ Н·м. Розміри оболонки: довжина $l=0,52$ м, діаметр $2a=0,044$ м, товщина стінки $h=0,026$ м. Розрахунок виконати з кроком $\Delta x=0,005$ м по довжині ($x=0 \dots l$). Формули:

$$U = \frac{1}{\beta^2 D} \{c_1 [Q_0 \beta s_1 - M_0 (s_2 + s_3)] + c_2 [Q_0 s_1 - M_0 (s_2 - s_4)]\}; \quad c_1 = \frac{\sin \beta x sh \beta x}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha};$$

$$c_2 = \frac{\cos \beta x ch \beta x}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad s_1 = \sin \alpha sh \alpha; \quad s_2 = \cos \alpha sh \alpha; \quad s_3 = \sin \alpha ch \alpha; \quad s_4 = \cos \alpha ch \alpha.$$

c_1, c_2 – визначити у внутрішніх функціях, s_1, s_2, s_3, s_4 – визначити в зовнішніх функціях. Для виводу результатів застосувати підпрограму.

24. Визначити прогин U та навантаження Q у трубчастій вставці реактору, навантаженого на торцях розподіленим моментом $M_0=17,2$ Н·м. Геометричні розміри вставки: довжина $l=1,25$ м, радіус $a=0,6$ м, товщина стінки $h=0,0065$ м. Прогин U та навантаження Q подати у вигляді табличної залежності від координати x по довжині l вставки з кроком $\Delta x=0,05$ м. Формули:

$$U = -\frac{M_0}{\beta^2 D} (c_1 s_1 + c_2 s_2); \quad Q = 2M_0 \beta [c_1 (s_3 - s_4) - c_2 (s_3 + s_4)]; \quad c_1 = \frac{\cos \alpha sh \alpha + \sin \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha};$$

$$c_2 = \frac{\cos \alpha sh \alpha - \sin \alpha ch \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha}; \quad s_1 = \sin \beta x sh \beta x; \quad s_2 = \cos \beta x ch \beta x; \quad s_3 = \cos \beta x sh \beta x; \quad s_4 = \sin \beta x ch \beta x.$$

Значення c_1 та c_2 визначити в підпрограмах-функціях, значення U та Q – в підпрограмах. Значення s_1, s_2, s_3, s_4 – визначити у внутрішніх функціях.

ЗАВДАННЯ № 5

ВИРІШЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ НА БАЗІ ЗВИЧАЙНИХ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ ЗА МЕТОДОМ ЕЙЛЕРА

Мета роботи: набути навичок застосування чисельного методу Ейлера для отримання рішень диференційних моделей, дослідження стійкості та збіжності.

Основні теоретичні положення

Метод Ейлера може бути використаний для приближеного рішення звичайних диференційних рівнянь.

Нехай дано диференційне рівняння першого порядку, у вигляді:

$$y' = f(x, y)$$

з початковими даними $y(x_0) = y_0$, на відрізку $x = x_0 \dots x_n$.

Уведемо позначення:

$x_i = x_0 + ih$ та $y_i = y(x_i)$, де $i = 0, 1, 2, \dots, n$, h – крок сітки на відрізку $x_0 \dots x_n$.

Згідно методу Ейлера послідовні значення y_i шуканої функції у визначаються виразом:

$$y_{i+1} = y_i + h * f(x_i, y_i)$$

Приклад:

Математична модель для визначення температури $T = T(t)$ об'єкту досліджень у будь-який момент часу $t > 0$ за умови відомої температури

оточуючого середовища $T_{cp}=T_{cp}(t)$ може бути представлена диференціальним рівнянням:

$$dT/dt=K(T-T_{cp}).$$

Тут $K=K(t)$ – експериментальний коефіцієнт (може бути константою), що залежить від умов оточення, форми та властивостей самого об'єкту.

Застосування методу Ейлера дозволяє чисельно проінтегрувати вихідне диференціальне рівняння за рахунок переведення його до дискретного аналогу – системи алгебраїчних рівнянь, причому, дуже зручної для рішення методом підставлення. Тоді позначення:

$T \rightarrow y$; $t \rightarrow x$; $dT/dt \rightarrow dy/dx=y'$; $dT/dt \rightarrow dy/dx$; $f(T,t)=K(T-T_{cp}) \rightarrow f(x,y)$; початкові умови : $T(t_0)=T_0$.

Згідно методу Ейлера для визначення T_i :

$$T_{i+1}=T_i+h*K(T_i-T_{cp_i}).$$

Проілюструємо виконання розрахунків за методом Ейлера на прикладі, коли згідно завдання: $t=0 \dots 10$; $t_0=0$; $T_0=0$; $K=12$; $T_{cp}=2+t$.

Перший крок : $i=0$; отримуємо T_{i+1} :

$$T_1=0+h*12*(2+0).$$

Другий крок: $i=1$;

$$t_1=t_0+h;$$

$$T_2=T_1+h*12*(2+t_1), \quad i \text{ т.н.}$$

Як видно з прикладу, для отримання вирішення необхідно виконати забагато обчислювальних дій. Такі дії можна виконати за допомогою ПЕОМ. Далі наведено приклад програми для розрахунку.

```
PROGRAM EULER
```

```
REAL K
```

```
DATA H, K, T0 /0.01,12.,0./
```

```
WRITE (*,*) '    Лабораторна робота № 5 '
```

```
WRITE (*,*) '    Нестационарна теплопередача '
```



```

WRITE (*,*)'   Метод Ейлера. '
WRITE (*,*)
WRITE (*,*)'  t   Значення Tcp(t)   Значення T(t) '
TCP=2.
WRITE(*,*)TT, TCP, T0
T=T0
DO 1 I=1, 1000
TT=TT+H
TCP=2.+TT
T=T+H*(T-TCP)
1 WRITE(*,*)TT, TCP, T
STOP
END

```

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. Отримати завдання за варіантом.
2. Скласти диференційну модель згідно завдання.
3. Розробити дискретний аналог за методом Ейлера.
4. Скласти програму для обчислення шуканих значень, блок-схему та таблицю ідентифікаторів. При виконанні роботи можна користуватися програмою, яка наведена далі. Графіки результатів її роботи наведено на рис. 5.1.
5. За допомогою ПЕОМ отримати таблицю шуканих значень для 6000...8000 вузлів за часом.
6. Повторити розрахунок для 3...6 вузлів за часом.
7. Побудувати графіки залежностей шуканих величин (температури середовища і температури об'єкту за умови різних значень K) від часу, зробити їх аналіз та висновки про стійкість і збіжність отриманих вирішень.

PROGRAM EulerT

! Масиви для результатів роботи функцій пошуку мин. и макс.

DIMENSION mLocMaxT1(1), mLocMaxT2(1), mLocMaxT3(1),&
mLocMinT1(1), mLocMinT2(1), mLocMinT3(1), mLocMaxTcr(1),
mLocMinTcr(1)

Allocatable :: T1(:), T2(:), T3(:), Tcr(:) *! Динамічні масиви*

OPEN(1,file='EulerTin.txt') *! Файл вихідних даних*

READ (1,*) *! Перша строка не містить даних*

READ (1,*) TauMax, mMax, T0, aK1, aK2, aK3 *! Вихідні дані*

CLOSE(1) *! Файл не потрібен - закриваємо*

ALLOCATE(T1(mMax), T2(mMax), T3(mMax), Tcr(mMax)) *! Виділемо*

Dtau=TauMax/(mMax-1) *! Крок*

CALL SolveTcr(mMax, Dtau, Tcr) *! Розраховуємо Tcr()*

CALL Euler(mMax, Dtau, T0,aK1, T1) *! Розраховуємо T1()*

CALL Euler(mMax, Dtau, T0,aK2, T2) *! Розраховуємо T2()*

CALL Euler(mMax, Dtau, T0,aK3, T3) *! Розраховуємо T3()*

T1max=MAXVAL(T1) *! Макс. T1*

T2max=MAXVAL(T2) *! Макс. T2*

T3max=MAXVAL(T3) *! Макс. T3*

T1min=MINVAL(T1) *! Мин. T1*

T2min=MINVAL(T2) *! Мин. T2*

T3min=MINVAL(T3) *! Мин. T3*

TcrMax=MAXVAL(Tcr) *! Макс. Tcr*

TcrMin=MINVAL(Tcr) *! Мин. Tcr*

mLocMaxT1=MAXLOC(T1) *! Індекс Макс. T1*

mLocMaxT2=MAXLOC(T2) *! Індекс Макс. T2*

mLocMaxT3=MAXLOC(T3) *! Індекс Макс. T3*

mLocMinT1=MINLOC(T1) *! Індекс Мин. T1*

mLocMinT2=MINLOC(T2) *! Індекс Мин. T2*

mLocMinT3=MINLOC(T3) *! Індекс Мин. T3*

```

        mLocMaxTcp=MAXLOC(Tcp)      ! Индекс Макс. Tcp
        mLocMinTcp=MINLOC(Tcp)     ! Индекс Мин. Tcp
WRITE(*,*) '*****Input data:' ! На екран
WRITE(*,*) ' TauMax=',TauMax,' mMax=',mMax,' T0=',T0
WRITE(*,*) ' aK1=',aK1,' aK2=',aK2,' aK3=',aK3
WRITE(*,*) '*****Output data:'
OPEN(2, file='EulreTout.txt') !Файл виводу
WRITE(2,*) '*****Input data:' ! До файла
WRITE(2,*) ' aK1=',aK1,' aK2=',aK2,' aK3=',aK3
WRITE(2,*) ' TauMax=',TauMax,' mMax=',mMax,' T0=',T0
WRITE(2,*) '*****Output data:'
WRITE(2,*) ' T1max=', T1max, ' mLocMaxT1=',mLocMaxT1
WRITE(2,*) ' T2max=', T2max, ' mLocMaxT2=',mLocMaxT2
WRITE(2,*) ' T3max=', T3max, ' mLocMaxT3=',mLocMaxT3
WRITE(2,*) ' T1min=', T1min, ' mLocMinT1=',mLocMinT1
WRITE(2,*) ' T2min=', T2min, ' mLocMinT2=',mLocMinT2
WRITE(2,*) ' T3min=', T3min, ' mLocMinT3=',mLocMinT3
WRITE(2,*) ' TcpMax=', TcpMax, ' mLocMaxTcp=',mLocMaxTcp
WRITE(2,*) ' TcpMin=', TcpMin, ' mLocMinTcp=',mLocMinTcp
WRITE(2,*) ' _____ '
Tau=0.
WRITE(*,*) '   m      Tau      Tcp      T1      T2      T3! шапка
WRITE(2,*) '   m      Tau      Tcp      T1      T2      T3! шапка
        DO m=1, mMax
        WRITE(*,10) m, Tau, Tcp(m), T1(m), T2(m), T3(m) ! На екран
        WRITE(2,10) m, Tau, Tcp(m), T1(m), T2(m), T3(m) ! До файлу
        Tau=Tau+Dtau
        ENDDO
10 FORMAT(2x, i5, F12.7, 4F12.2)
CLOSE(2) ! Файл не потрібен - закриваємо

```

DEALLOCATE(T1, T2, T3, Tср) ! Звільняємо пам'ять

END PROGRAM EulerT

!

SUBROUTINE SolveTср(iMax, Dtau, Tср) ! Розраховуємо Tср()

DIMENSION Tср(iMax) !Масив Tср

Tau=0.

DO i=1, iMax

Tср(i)=FTср(Tau) ! Заповнюємо масив Tср за функцією FTср(Tau)

Tau=Tau+Dtau

ENDDO

END SUBROUTINE SolveTср

!

FUNCTION FTср(Tau) !Функція температури середовища (див. завдання)

FTср=32.2-.12*Tau*Tau

END FUNCTION FTср

!

SUBROUTINE Euler(iMax, Dx, U0, aK, U) ! Метод Ейлера

DIMENSION U(iMax)

U(1)=U0 !Початкові умови

x=0.

DO i=2, iMax

x=x+Dx ! Координата

U(i)=U(i-1)+Dx*F(aK,U(i-1),x) ! Формула Ейлера

ENDDO

END SUBROUTINE Euler

!

FUNCTION F(aK,T,Tau) ! Права частина діф. рівняння

F=-aK*(T-FTср(Tau))

END FUNCTION F

Файл вихідних даних *EulerTin.txt*:

TauMax mMax T0 aK1 aK2 aK3
 12. 6 16. 2 .6 .8

Файл результатів розрахунку *EulerTout.txt*:

*****Input data:

aK1= 2.000000E-01 aK2= 6.000000E-01 aK3= 8.000000E-01
 TauMax= 12.000000 mMax= 6 T0= 16.000000

*****Output data:

T1max= 26.319890 mLocMaxT1= 3
 T2max= 38.332680 mLocMaxT2= 2
 T3max= 45.776900 mLocMaxT3= 2
 T1min= 16.000000 mLocMinT1= 1
 T2min= 13.158650 mLocMinT2= 6
 T3min= 6.889544 mLocMinT3= 5
 TspMax= 32.200000 mLocMaxTsp= 1
 TspMin= 14.920000 mLocMinTsp= 6

m	Tau	Tsp	T1	T2	T3
1	.0000000	32.20	16.00	16.00	16.00
2	2.4000000	31.51	23.44	38.33	45.78
3	4.8000000	29.44	26.32	25.52	14.40
4	7.2000000	25.98	26.16	26.18	36.63
5	9.6000000	21.14	23.75	18.92	6.89
6	12.0000000	14.92	19.51	13.16	22.31

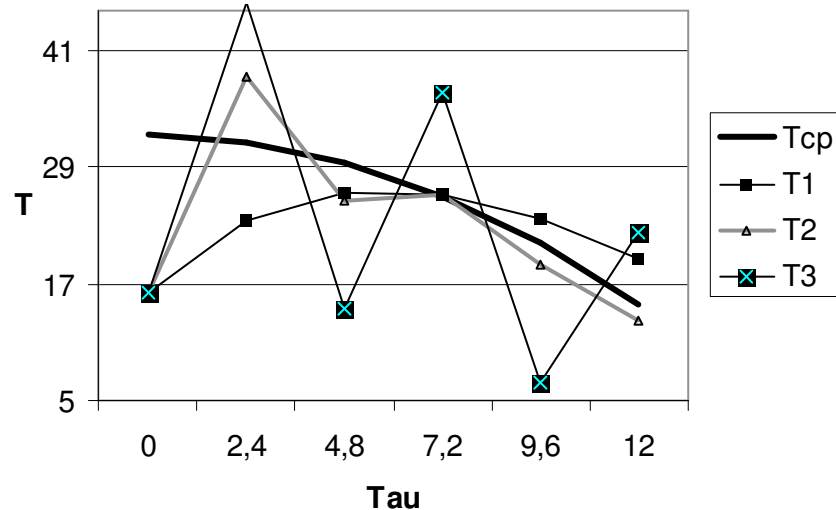


Рис. 5.1. Результати розрахунку: T_1 – стійке вирішення, T_2 і T_3 – нестійке вирішення.

Контрольні запитання

1. Що таке порядок точності?
2. Скільки початкових значень потребує метод Ейлера для початку обчислення?
3. Що таке збіжність?
4. Напишіть рекурентну формулу методу Ейлера.

Література: [4, 5]

Індивідуальні завдання

Скласти математичну модель для визначення температури об'єкту T в залежності від часу t та отримати її вирішення, якщо відомі: K – коефіцієнт швидкості теплопередачі; T_0 – початкова температура об'єкту; $T_{sp}(t)$ – закон зміни температури оточуючого середовища, t_{ox} – час спостереження.

Завдання наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.1. Варіанти до завдання № 5

№	$T_{cp}(t)$	t_{ox}	T_o	К	Прим.
1	$1.4+0.3*t*t$	22	36	0.24/0.48/0.72	
2	$28-2*t$	10	40	0.25/0.38/0.8	
3	$3.2+2.1*t$	14	28	0.1/0.3/0.66	
4	$2+1.8*t$	12	38	0.22/0.4/0.78	
5	$25-0.24*t*t$	10	41	0.12/0.33/0.77	
6	$26.2-0.31*t*t$	9	32	0.2/0.44/0.8	
7	$2+0.18*t*t$	10	35	0.12/0.24/0.75	
8	$1.87+0.21*t*t$	9	38	0.16/0.45/0.81	
9	$30.22-0.031*t*t*t$	9.2	44	0.11/0.54/0.76	
10	$3.21+0.015*t*t*t$	8.3	39.9	0.12/0.34/0.87	
11	$30-6*\sqrt{t+2}$	12	40.1	0.14/0.4/0.75	
12	$28.6-4*\sqrt{t}$	17	33.2	0.17/0.33/0.68	
13	$2.2+6.3*\sqrt{t}$	11	34.8	0.14/0.43/0.81	
14	$2.68+7.2*\sqrt{t+4}$	15.3	42	0.16/0.44/0.9	
15	$28.7-4.12*\sqrt{t+1.2}$	12.	34	0.14/0.39/0.87	
16	$1.4+0.3*t*t$	23	34	0.28/0.4/0.78	
17	$28-2*t$	12	45	0.22/0.36/0.82	
18	$3.2+2.1*t$	13	34	0.14/0.33/0.63	
19	$2+1.8*t$	11	44	0.21/0.41/0.71	
20	$25.7-0.22*t*t$	7	22	0.14/0.32/0.75	
21	$26.9-0.36*t*t$	2.5	52	0.21/0.4/0.81	
22	$2.1+0.17*t*t$	7	44	0.13/0.25/0.76	
23	$1.87+0.241*t*t$	5	17	0.17/0.46/0.84	
24	$30.2-0.0321*t*t*t$	6	12	0.13/0.53/0.77	
25	$3.26+0.0115*t*t*t$	7.3	77	0.15/0.32/0.84	
26	$30-6/13*\sqrt{t+2}$	12.5	51	0.13/0.41/0.76	
27	$27.6-7/6*\sqrt{t}$	17.8	40	0.17/0.32/0.69	
28	$2.23+7.3*\sqrt{t/2}$	11.6	12	0.14/0.43/0.81	
29	$2.8+7.1*\sqrt{3t+4}$	12.3	6	0.146/0.4/0.92	
30	$29.7-4.12*\sqrt{2t+0.2}$	12.1	8	0.11/0.4/0.79	
31	$30.2-0.0321*t*t*t$	5.6	12	0.12/0.55/0.99	
32	$3.26+0.0115*t*t*t$	5.7	3	0.14/0.3/0.81	
33	$30-6/13*\sqrt{t+2}$	18	55	0.12/0.4/0.75	
34	$27.6-7/6*\sqrt{t}$	15	45	0.13/0.3/0.72	
35	$2.23+7.3*\sqrt{t/2}$	13.6	5	0.1/0.3/0.84	
36	$2.8+7.1*\sqrt{3t+4}$	11.3	3	0.16/0.4/0.93	
37	$29.7-4.12*\sqrt{2t+0.2}$	10.1	0	0.12/0.3/0.9	

ЗАВДАННЯ № 6

ВИРІШЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ НА БАЗІ ЗВИЧАЙНИХ
ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ ЗА МЕТОДОМ РУНГЕ-КУТТА

Мета роботи: набути навичок застосування чисельного методу Рунге-Кутта для отримання рішень диференційних моделей, дослідження стійкості та збіжності вирішень математичних моделей.

Основні теоретичні положення

Метод Рунге-Кутта для наближеного рішення звичайних диференційних рівнянь.

Нехай дано диференційне рівняння першого порядку, у вигляді:

$$y' = f(x, y)$$

з початковими даними $y(x_0) = y_0$, на відрізку $x = x_0 \dots x_n$.

Уведемо позначення:

$x_i = x_0 + ih$ та $y_i = y(x_i)$, де $i = 0, 1, 2, \dots, n$, h – крок сітки на відрізку $x_0 \dots x_n$.

Згідно звичайному методу Рунге-Кутта послідовні значення y_i шуканої функції y визначаються виразом:

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_i$$

де $\Delta y_i = 1/6(A_i + 2B_i + 2C_i + D_i)$, $i = 0, 1, \dots, n$.

При цьому коефіцієнти – функції A_i , B_i , C_i , D_i на кожному кроці визначаються наступним чином:

$$\begin{cases} A_i = h * f(x_i, y_i) \\ B_i = h * f(x_i + h/2, y_i + A_i/2) \\ C_i = h * f(x_i + h/2, y_i + B_i/2) \\ D_i = h * f(x_i + h/2, y_i + C_i) \end{cases}$$

Пимітка: локальна помилка цього методу (на кожному кроці) оцінюється величиною порядку h^5 , тобто $O(h^5)$. Глобальна похибка: $O(h^4)$.

Приклад:

Математична модель для визначення кількості речовини С, одержуваної у будь-який момент часу $t > 0$ реакції двох вихідних речовин А, В. При цьому необхідно дослідним шляхом визначити кількість S_0 речовини С, одержане за будь-який певний конкретний час t_0 .

$$dx/dt = K(a - \alpha/\chi * x) * (b - \beta/\chi * x)$$

Необхідно також визначити, що з α об'єму речовини А і β об'єму речовини В виходить $\alpha + \beta = \chi$ речовини С.

Позначимо через x об'єм речовини С, що утворилася до моменту часу t . Тоді з умов задачі виходить, що до цього моменту часу у реакцію вступило $\alpha/\chi * x$ речовини А і $\beta/\chi * x$ речовини В, що, в свою чергу означає, що до цього моменту залишилось і не прореагувало $a - \alpha/\chi * x$ речовини А та $b - \beta/\chi * x$ речовини В.

Коли ж коефіцієнт пропорційності K має, з якоїсь причини, наприклад, внаслідок непостійності температури речовин у часі, функціональну залежність від t у вигляді:

$$K = K(t)$$

то застосування чисельних методів стає єдиним засобом одержання рішення математичної моделі. Застосуємо метод Рунге-Кутта для розв'язання задачі. Тоді позначення :

$$x \rightarrow y; t \rightarrow x; dk/dt \rightarrow dy/dx = y'; dx/dt = f(x, t) - \text{ЗДР};$$

початкові умови:

$$x(t_0) = x_0 = t_0.$$

Згідно методу Рунге-Кутта для визначення x_i :

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i,$$

$$\text{де } x_i = f(t_i, x_i), t_i = t_0 + ih$$

$$\Delta x_i = (A_i + 2B_i + 2C_i + D_i)/6$$

$$A_i = h * (t_i + x_i)$$

$$B_i = h * f(t_i + h/2, x_i + A_i/2)$$

$$C_i = h * f(t_i + h/2, x_i + B_i/2)$$

$$D_i = h * f(t_i + h/2, x_i + C_i)$$

Проілюструємо виконання розрахунків по методу Рунге-Кутта на прикладі, коли згідно завдання: $t_0=0$; $C_0=0$; $k = 2*t$.

Перший крок : $i=0$

$$t_i = t_0 + 0 * h = t_0$$

$$x_1 = x_0 + \Delta x_0$$

$$f(x_i, t_i) = 2t_i (a - \alpha/\chi_{x_i})(b - \beta/\chi_{x_i})$$

$$A_0 = h * 2 * t_0 (a - \alpha/\chi_{x_0})(b - \beta/\chi_{x_0}) = t_0 = 0 = 0$$

$$B_0 = h * 0 \dots = 0$$

$$C_0 = 0$$

$$D_0 = 0$$

$$\Delta x_0 = 0 \rightarrow x_1 = x_0$$

Другий крок: $i=1$

$$t_1 = t_0 + h$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x_1$$

$$A_1 = h * 2 \underbrace{(t_0 + h)}_{t_1} * (a - \alpha/\chi_{x_1})(b - \beta/\chi_{x_1})$$

$$A_2 = h * 2 \underbrace{(t_0 + h/2 + h)}_{t_1 + h/2} * (a - \alpha/\chi_{x_1})(b - \beta/\chi_{x_1})$$

$$B_1 = h * 2 (t_0 + h/2 + h) (a - \alpha/\chi_{(x_1 + A_1/2)})(b - \beta/\chi_{(x_1 + A_1/2)})$$

$$C_1 = h * 2 (t_0 + h/2 + h) (a - \alpha/\chi_{(x_1 + B_1/2)})(b - \beta/\chi_{(x_1 + B_1/2)})$$

$$D_1 = h * 2 (t_0 + h/2 + h) (a - \alpha/\chi_{(x_1 + C_1)})(b - \beta/\chi_{(x_1 + C_1)})$$

$$\Delta x_1 = 1/6 (A_1 + 2B_1 + 2C_1 + D_1)$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x_1, \quad i \text{ т.д.}$$

Як видно з прикладу, для отримання вирішення необхідно виконати забагато обчислювальних дій. Такі дії можна виконати за допомогою ПЕОМ. Далі наведена програма для розрахунку та результати її роботи. В таблиці 6.1 наведено позначення величин, що використано у програмі.

Таблиця 6.1. Позначення величин для програми

№	У тексті	У програмі	Чисельне значення
1	H	H	0,01
2	Q	E	2,17
3	K(T)	AK	Обчислюється
4	T	I	Обчислюється
5	X(T)	X(I)	Обчислюється

```
PROGRAM LAB6
```

```
DIMENSION X(15),DX(15),A(11),B(11),C(11),D(11),TC(11)
```

```
INTEGER I,W,T
```

```
OPEN(UNIT=1,FILE='rez5.txt',STATUS='NEW')
```

```
DATA H,E/0.01,2.17/
```

```
write (1,*)` Лабораторна робота №6`
```

```
write (1,*)` Моделі реакції `
```

```
write (1,*)` в'язучих в водному середовищі - метод Рунге-Кутта. `
```

```
write (1,*)
```

```
write (1,*)` T,Значення K(T),Значення X(T)`
```

```
DO 1 T=0,10
```

```
W=2*T
```

```
AK=2+E**W
```

```
TCO=0
```

```
TC(I)=TCO+I*H
```

```

X0=0
CALL KOEF (TC,H,I,DX,A,B,C,D)
DX(I)=(A(I)+2*B(I)+2*C(I)+D(I))/6
X(I+1)=X(I)+DX(I)
N=I+1
WRITE(1,3)I,AK,X(I+1)
FORMAT(I3,3X,F16.6,3X,F9.7)
CLOSE(UNIT=1)
STOP
END

SUBROUTINE KOEF(TC,H,I,DX,A,B,C,D)
DIMENSION A(10),B(10),C(10),D(10),TC(10),X(15)
A(I)=H*(2+E**(2*TC(I)))*(8-X(I)/6)
B(I)=H*(2+E**(2*(TC(I)+H/2)))*(8-(X(I)+A(I)/2)/6)
C(I)=H*(2+E**(2*(TC(I)+H/2)))*(8-(X(I)+B(I)/2)/6)
D(I)=H*(2+E**(2*(TC(I)+H/2)))*(8-((X(I)+C(I))/6))
RETURN
END

```

T	Значення K(T)	Значення X(T)
0	3.000000	.1730226
1	6.708900	.3327562
2	24.173740	.4924898
3	106.413900	.6522235
4	493.674800	.8119571
5	2317.248000	.9716908
6	10904.270000	1.1314240
7	51339.710000	1.2911580
8	241746.200000	1.4508920
9	1138351.000000	1.6106250
10	5360375.000000	1.7703590

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. Отримати завдання згідно варіанта.
2. Скласти диференційну модель згідно завдання.
3. Розробити дискретний аналог за методом Рунге-Кутта.
4. Скласти програму для обчислення шуканих значень.
5. За допомогою ПЕОМ отримати таблицю шуканих значень.

Розрахунок провести при зменшенні кроку дискретизації. Відшукати граничне значення кроку для отримання стійкого рішення.

6. Побудувати графіки шуканих величин та зробити висновки про збіжність отриманих вирішень.

Контрольні запитання

1. Що відрізняє аналітичне та чисельне рішення?
2. Які чисельні методи рішення можна застосувати для розв'язання математичних моделей на базі звичайних диференціальних рівнянь?
3. Що таке збіжність?
4. Що таке стійкість?
5. Що таке узгодженість?

Література: [4, 5].

Індивідуальні завдання

Скласти та отримати вирішення математичної моделі реакції в'язучого в надлишку води за наступними даними за табл. 6.1

Таблиця 6.2. Варіанти до завдання № 6

№	коефіцієнт швидкості реакції, $k(t)$	Час спостереження, t_p	речовина				Прим.
			В		С		
			b	β	χ	C_0	
1	$248t$	10	8	1	6	1	
2	$6 \cdot \exp(t)$	1.2	10	1	6	2	
3	$3 \cdot t \cdot t + t$	9.7	9	1	8	2	
4	$22.2 \cdot t$	12	6	1	5	1	
5	$2 + \exp(2 \cdot t)$	1.2	12	1	8	2	
6	$12 \cdot t + 3.2$	5	7	1	6	1	
7	$t \cdot t + t$	1.6	6	1	6	1	
8	$2 \cdot t + 11.2$	7	7	1	8	1	
9	$24 \cdot t \cdot t \cdot t + 1$	1.3	11	1	8	2	
10	$17 \cdot t + 1.6$	8.3	8	1	5	1	
11	$1.2 \cdot t \cdot t + 0.3 \cdot t$	3.3	6	1	5	1	
12	$2.2 \cdot \exp(t)$	1.7	7	1	8	2	
13	$1.3 \cdot \exp(t)$	2.1	10	1	8	1	
14	$8 \cdot t + 4$	6	6	1	6	1	
15	$73.3 - 0.2 \cdot t$	12	8	1	6	1	

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Брич З.С. Фортран 77 для ПЭВМ ЕС [Текст]: Справочник / З.С. Брич, Д.В. Капилевич, Н.А. Клецкова. – М.: Финансы и статистика, 1991. - 286 с.
2. Брич З.С., Гулецкая О.Н., Капилевич Д.В. и др. Фортран 77 для ЕС ЭВМ.М.: Финансы и статистика, 1989. - 351 с.
3. Бухтияров А.М. и др. Практикум по программированию на Фортране (ОС ЕС ЭВМ). М.: Наука, 1979. - 304 с.
4. Дрейфус М. и др. Практика программирования на Фортране.М.: Мир, 1978. - 224 с.
5. Я. Белецки. Фортран 77. Серия: Алгоритмические языки. Изд-во: М.: Высшая школа, 1991. – 207 с.
6. Рыжиков Ю.И. Программирование на Фортране PowerStation. Практическое руководство. – Санкт-Петербург: Корона принт, 1999г., 159с.
7. Методичні вказівки до виконання завдань з комп'ютерного практикуму та самостійної роботи студентів з дисципліни «Інженерні розрахунки на ПЕОМ – 1. Програмування», для студ. спец. «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» напрямів підготовки 6.050503 «Машинобудування», 6.050502 «Інженерна механіка» / Уклад.: Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 86 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Завдання № 1. Робота з електронними таблицями. Будування діаграм.....	5
Завдання № 2. Робота з системою програмування MSDev (FSP 4)...	9
Завдання № 3. Редактор ікон. Розробка і застосування ікон.....	13
Завдання № 4. Створення програм з застосуванням підпрограм і функцій.....	16
Завдання № 5. Вирішення диференціальних моделей на базі ЗДР за методом Ейлера.....	30
Завдання № 6. Вирішення диференціальних моделей на базі ЗДР за методом Рунге-Кутта.....	39
Список рекомендованої літератури	46