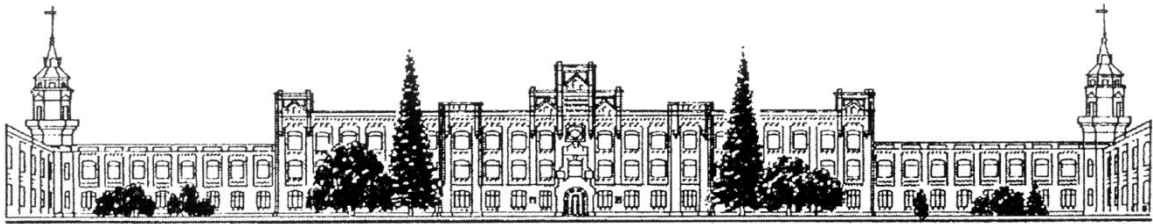


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕОМ. ЧАСТИНА 2.
ПРОЦЕДУРНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.
Лабораторний практикум з навчальної дисципліни

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для підготовки магістрів, які навчаються за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування», спеціалізація – «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»

(денна форма навчання)

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерні розрахунки на ПЕОМ. Частина 2. Процедурне програмування. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни: навч. посіб. для підготовки бакалаврів денної форми навчання, які навчаються за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування», спеціалізація – «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. Е. Сідоров, І. О. Казак, І. І. Івіцький. – Електронні текстові данні(1 файл: 1,799 Мбайт).– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 13 від 22.11.2018 р.) за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 9 від 30.10.2018 р.)

**ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕОМ. ЧАСТИНА 2. ПРОЦЕДУРНЕ
ПРОГРАМУВАННЯ.**
Лабораторний практикум з навчальної дисципліни

Укладачі: *Сідоров Дмитро Едуардович*, канд. техн. наук, доц.
Казак Ірина Олександрівна, канд. пед. наук
Івіцький Ігор Ігорович, канд. техн. наук

Відповідальний редактор: *Шаблій Т.О.*, докт. техн. наук, проф.
Рецензент: *Степанюк А.Р.*, канд. техн. наук, доц.

Призначення посібника – закріплення та поглиблення теоретичного програмного матеріалу дисципліни щодо виконання інженерних розрахунків на ПЕОМ з використанням інструментів процедурного програмування алгоритмічною мовою Фортран. набуття досвіду у програмуванні складних інженерних задач та їх аналізу, розвиток алгоритмічного мислення студентів.

Посібник містить описи 5-трьох лабораторних робіт. Для якісного виконання і самоконтролю студентів запропоновані контрольні запитання до кожної лабораторної роботи. Наприкінці посібника наведено перелік рекомендованих навчально-методичних матеріалів.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Інженерні розрахунки на ПЕОМ» передбачена відповідно до освітньо-професійної програми для підготовки бакалаврів денної форми навчання з галузевого машинобудування за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізація «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів». Дисципліна викладається на другому курсі навчання студента.

Зміст навчального посібника «Інженерні розрахунки на ПЕОМ. Частина 2. Процедурне програмування. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни» відповідає робочій програмі з навчальної дисципліни «Інженерні розрахунки на ПЕОМ» для студентів денної форми навчання зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів».

В практичній діяльності інженера-механіка з галузевого машинобудування 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.

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 даному навчальному посібнику приділено увагу: будуванню діаграм, створенню і застосуванню ікон, правилам складання програмних одиниць мовою програмування Фортран, інтегрованим середовищам розробки програмних продуктів, прикладам алгоритмізації і програмування, основам моделювання, розрахунковим задачам інжинірингу, які зустрічаються в практиці машинобудівельних спеціальностей.

Виконання завдання з лабораторного практикуму 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 інтегрованому середовищі розробника програмного продукту, створення і застосування ікон, процедурне програмування та моделювання);
- 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 програмного продукту 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.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.

РОБОТА З ІНТЕГРОВАНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ РОЗРОБКИ ДОДАТКІВ

Мета роботи: дослідити можливості, які надає інтегроване середовище розробки додатків розробнику програмного коду.

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Візуальне середовище для розробки програмного забезпечення, або інтегроване середовище розробки (англ. Integrated Development Environment) – система програмних засобів, яка використовується програмістами для розробки програмного забезпечення в зручному і наочному віконному інтерфейсі роботи

Прикладами таких інтегрованих середовищ (IDE), які підтримують ФОРТРАН є Approximatrix Simply Fortran (рис. 1.1), Eclipse for Parallel Application Developers (рис. 1.2), Microsoft Visual Studio (рис. 1.3), Microsoft Developer Studio (MSDev) (рис. 1.4), ін.

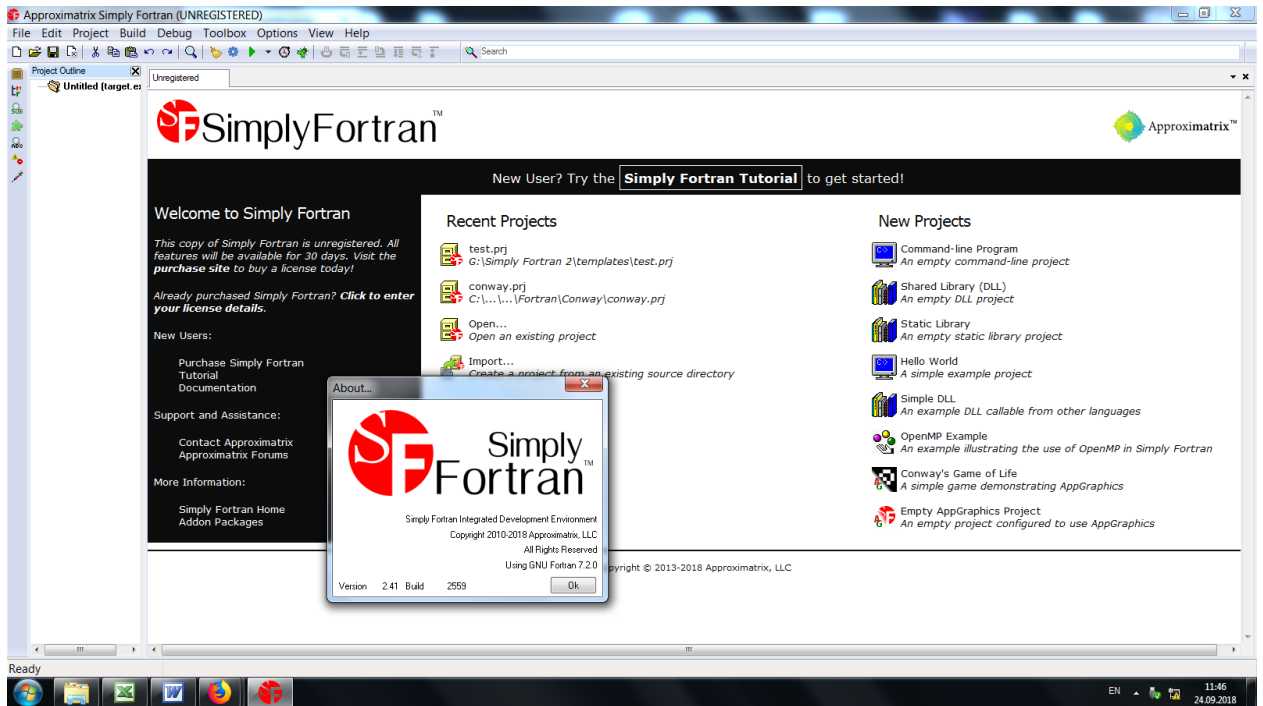


Рис. 1.1. Середовище Approximatrix Simply Fortran.

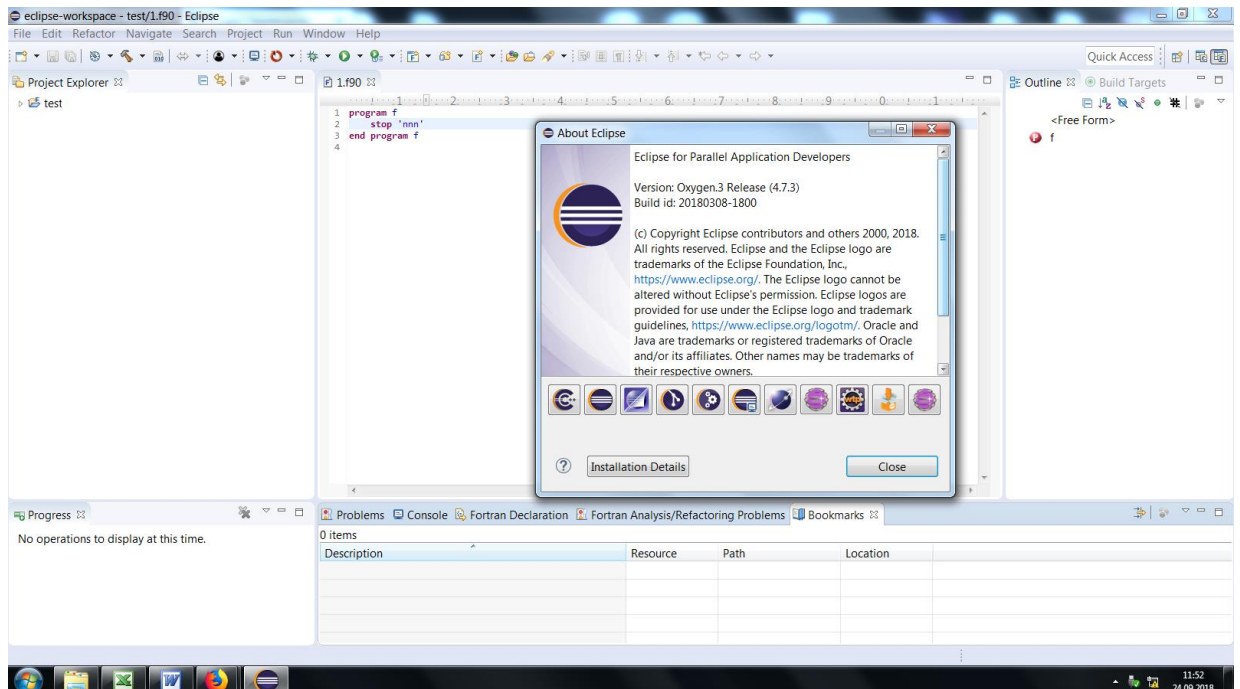


Рис.1. 2. Середовище Eclipse for Parallel Application Developers.

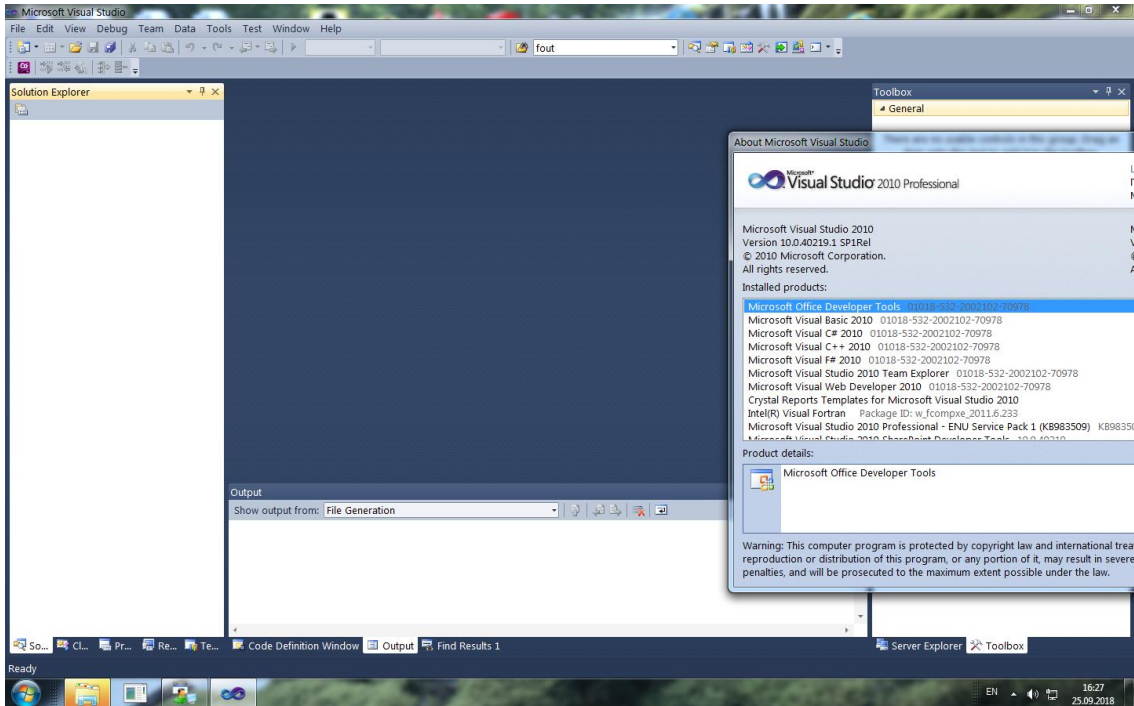


Рис. 1.3. Середовище Microsoft Visual Studio.

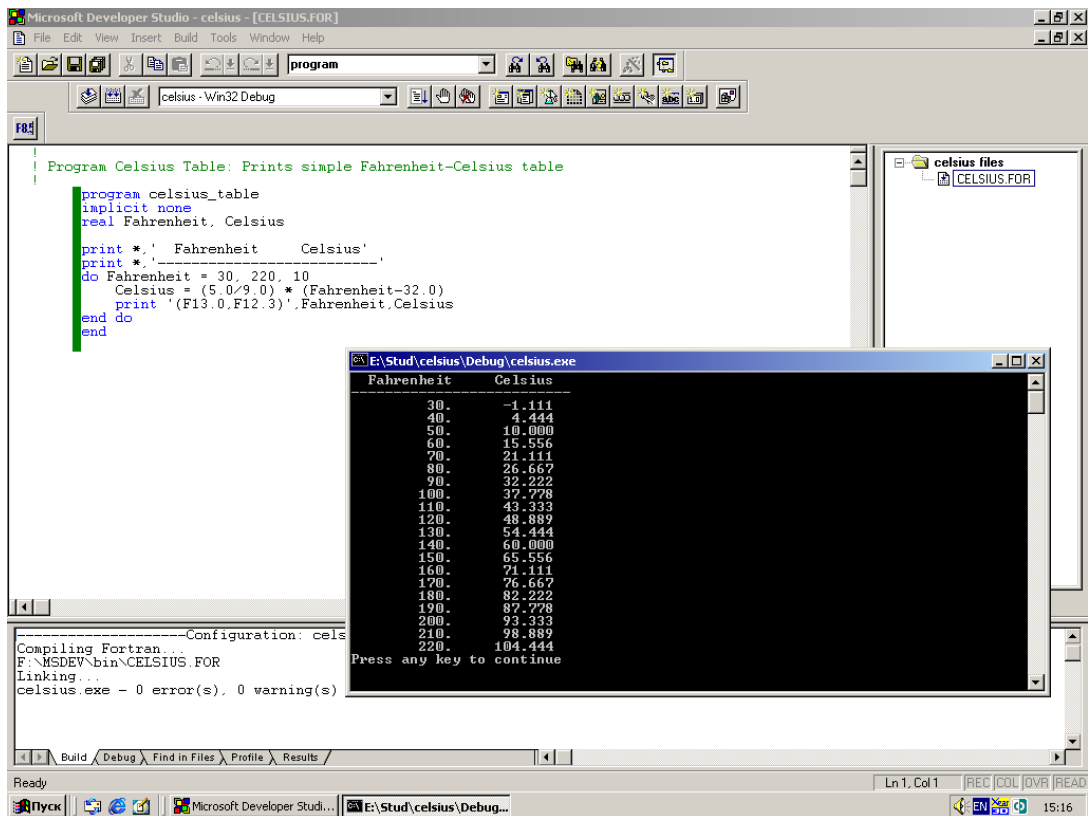


Рис.1.4. Середовище MSDev (FPS 4).

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Всі IDE мають схожий графічний інтерфейс. На прикладі середовища MSDev (FPS 4) визначимо основні дії при розробці програмних додатків. Як приклад, на рис. 3 відкрито проект Celsius, що містить вихідний файл CELSIUS.FOR і результат його виконання.

Створення проекту: *File – New – Project Workspace – OK – Consol 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....*

Рекомендації щодо виконання завдання до лабораторної 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. Про дії, що були виконані зробити запис у протоколі роботи.
2. Засобами MSDev (FPS 4) обчислити залежність $y=f(x)$ (див. індивідуальні завдання за варіантами), отримати 200...300 значень. Розробити таблицю ідентифікаторів і блок-схему алгоритму.
3. Виконати експорт файлу результатів до Excel. Побудувати діаграму.
4. Занести до протоколу вихідний файл (п. 3), блок-схему, таблицю ідентифікаторів, таблиці результатів і графіки (п. 4).
5. 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.

Література: [1, 3, 5].

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. $y = \operatorname{tg}(x - 0,01) + \frac{\sin(x - 2\pi/3)}{qc} + 13,2G$; $x = 0..2\pi$; $G = 11,1$; $c = 17,3$; $q = 17,5$
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. $y = \frac{18,7 \operatorname{tg}(x - 0,11)}{13,5cqG} - 12,7$; $x = 0..2\pi/3$; $c = 0,3$; $G = 18,7$; $q = 0,94$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

РЕДАКТОР ІКОН. РОЗРОБКА І ЗАСТОСУВАННЯ ІКОН

Мета роботи: набути навичок розробки і застосування ікон.

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

На рис. 2.1 зображено середовище MSDev (FPS 4) з відкритим редактором ікон. Програма має стандартний віконний інтерфейс.

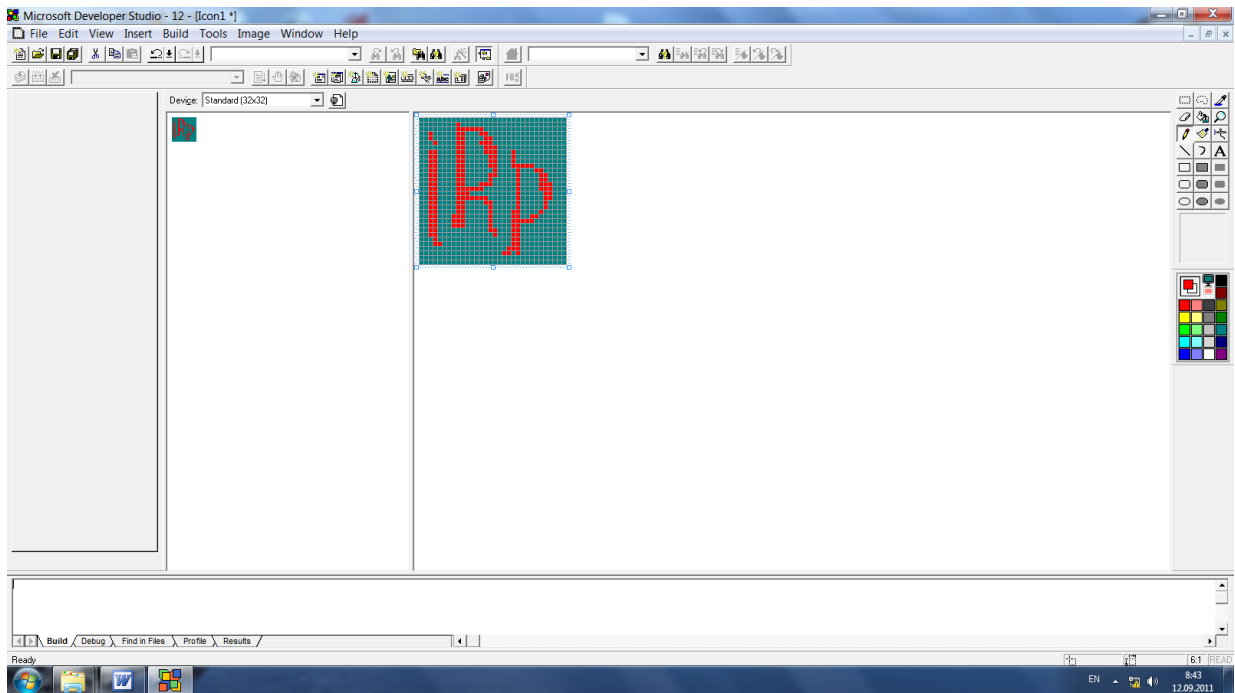


Рис. 2.1. Редактор ікон MSDev (FPS 4)

Створення ікон відбувається наступним шляхом через меню редактора:
File – New – Icon file....

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. Приклади зображень ікон наведено на рис. 2.2.

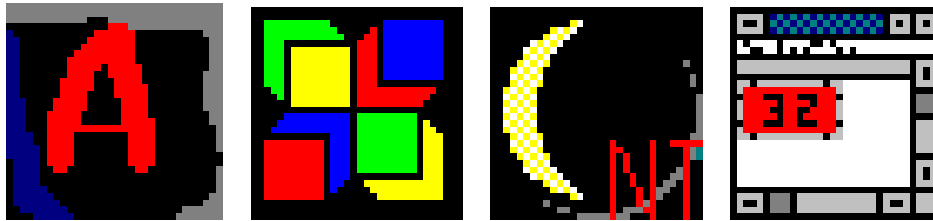


Рис. 2.2. Приклади зображення ікон

Асоціація ікон з файлом за допомогою ярлика відбувається за наступних дій:

Створити ярлик – Property (Свойства) – Change icon (Сменить значек) – вказати потрібну ікону...

Уведення ікони до файлу, що виконується можливо наступним чином:

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(рис. 2.3.): Insert - file into project – вказати збережений скрипт-файл (*.res).*

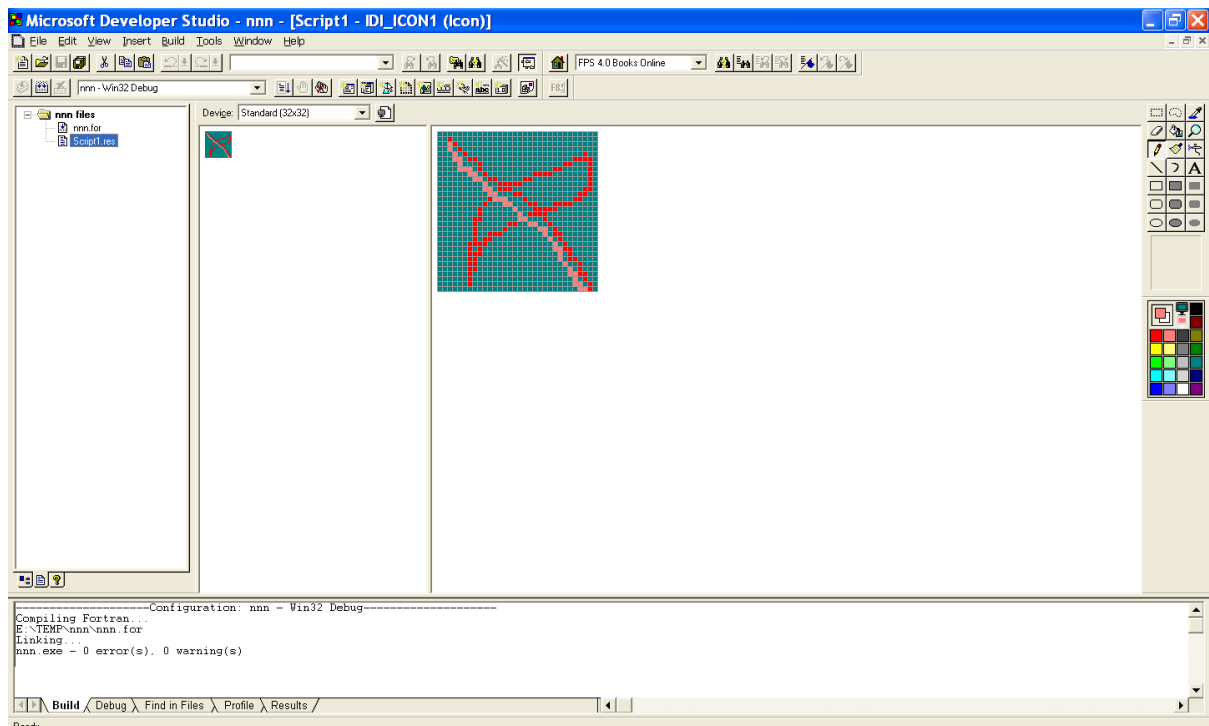


Рис. 2.3. Ікона у складі проекту

Далі слід отримати файл, що виконується засобами MSDev (FPS 4) у звичайний спосіб. Такий файл буде містити вказаний ресурс.

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. За допомогою редактора ікон MSDev (FPS 4) розробити три тематичні ікони. Занести зображення до протоколу. Про дії, що були виконані за п. 1 зробити запис у протоколі роботи.

2. Створити ярлик для файлу звіту з лабораторної роботи. Одну з розроблених ікон асоціювати з файлом за допомогою ярлику. Про дії, що були виконані за п. 2 зробити запис у протоколі роботи.

3. Для файлів, що виконуються, яки були отримані у роботі «РОБОТА З ІНТЕГРОВАНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ РОЗРОБКИ ДОДАТКІВ» розробити ікони. Увести розроблені ікони до складу файлів, що виконуються. Переконавшись, що ікони, якими відображаються файли у ОС змінилися на розроблені. Про дії, що були виконані за п. 3 зробити запис у протоколі роботи.

4. Сформулювати висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

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

Література: [1].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПРОЕКТУ ПРОЦЕДУРНОЇ ПАРАДИГМИ

Мета роботи: дослідити особливості щодо розміщення програмних одиниць і файлів вихідного коду проекту MS Dev процедурної парадигми.

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Процедурне програмування передбачає використання декількох (багатьох) програмних одиниць для збереження вихідного коду складного програмного продукту. Програмні одиниці можна розташовувати у окремих файлах або зберігати декілька програмних одиниць у одному файлі. При цьому слід пам'ятати, що одиницею трансляції компілятора є не програмна одиниця, а є файл вихідного коду. Таким чином, і в отриманих об'єктних файлах можуть міститися декілька откомпільованих програмних одиниць.

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. За індивідуальним завданням розробити три проекти:
 - 1) з використанням основної програми, підпрограми та функції, що містяться в окремих файлах вихідного коду;
 - 2) з використанням основної програми, підпрограми та функції, що містяться в єдиному файлі вихідного коду;
 - 3) з використанням основної програми та внутрішніх процедур: підпрограми та функції.
2. Описати і порівняти файлову структуру проектів. Порівняти результати роботи. Зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке програмна одиниця?

2. Які види програмних одиниць можливо застосовувати у Фортрані?
3. Назвіть признаки за якими ідентифікують різні програмні одиниці.
4. Як програмні одиниці розташовуються у файлах проекту?
5. Що таке внутрішні та зовнішні процедури?
6. Як скласти командний рядок з декількох файлів об'єктного коду для отримання файлу, що виконується?

Література: [1, 6, 7].

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. $y = \operatorname{tg}(x - 0,01) + \frac{\sin(x - 2\pi/3)}{qc} + 13,2G; x = 0..2\pi/4; G = 11,1; c = 17,3; q = 17,5$
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. $y = \frac{18,7 \operatorname{tg}(x - 0,11)}{13,5cqG} - 12,7; x = 0..2\pi/4; c = 0,3; G = 18,7; q = 0,94$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

СТВОРЕННЯ ПРОГРАМ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ОДИНИЦЬ

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

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

У ФОРТРАНі розрізняють п'ять різних за призначенням програмних одиниць:

1. *PROGRAM* – основна (або головна) програма;
2. *SUBROUTINE* – підпрограма. Для виклику підпрограми використовують оператор *CALL*;
3. *FUNCTION* – функція (або підпрограма-функція);
4. *BLOCK DATA* – підпрограма даних;
5. *MODULE* – модуль. Модуль може бути асоційований через оператор *USE*.

Дані між програмними одиницями можна передавати за допомогою списків параметрів, за допомогою спільних блоків пам'яті, за допомогою файлового інтерфейсу, та можна розширювати зону видимості для об'єктів програмних одиниць.

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити приклад, що наведений нижче: ввести вихідний код, розташувати в декількох файлах, виконати налагодження, отримати файл, що виконується.
2. 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.

3. За індивідуальним завданням розробити 4 програми:

1) з використанням тільки списків параметрів;

2) з використанням тільки спільних блоків пам'яті;

3) з використанням модулів;

4) з використанням файлового інтерфейсу для обміну даними між програмними одиницями.

4. Розробити ікони і ввести їх до файлів, що виконуються. Скласти таблицю ідентифікаторів та блок-схеми. За результатами, що були отримані, побудувати графіки.

5. Зробити висновки.

Приклад. 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 Розрахункові формули:

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

$$cs = \cos \alpha \cdot sh \alpha; \quad sc = \sin \alpha \cdot sh \alpha;$$

$$ss = sh 2\alpha + \sin 2\alpha; \quad sh = \sin \beta x \cdot sh \beta x; \quad ch = \cos \beta x \cdot ch \beta x.$$

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

На рис. 4.1. наведено розрахункову схему патрубка.

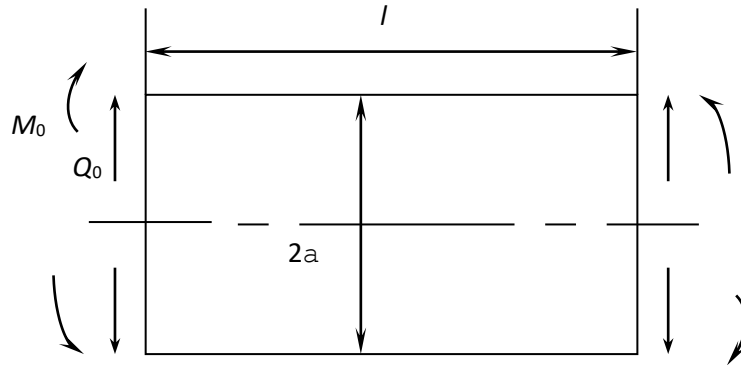


Рис. 4.1. Розрахункова схема патрубка

Таблиця 4.1. Таблиця відповідності ідентифікаторів

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

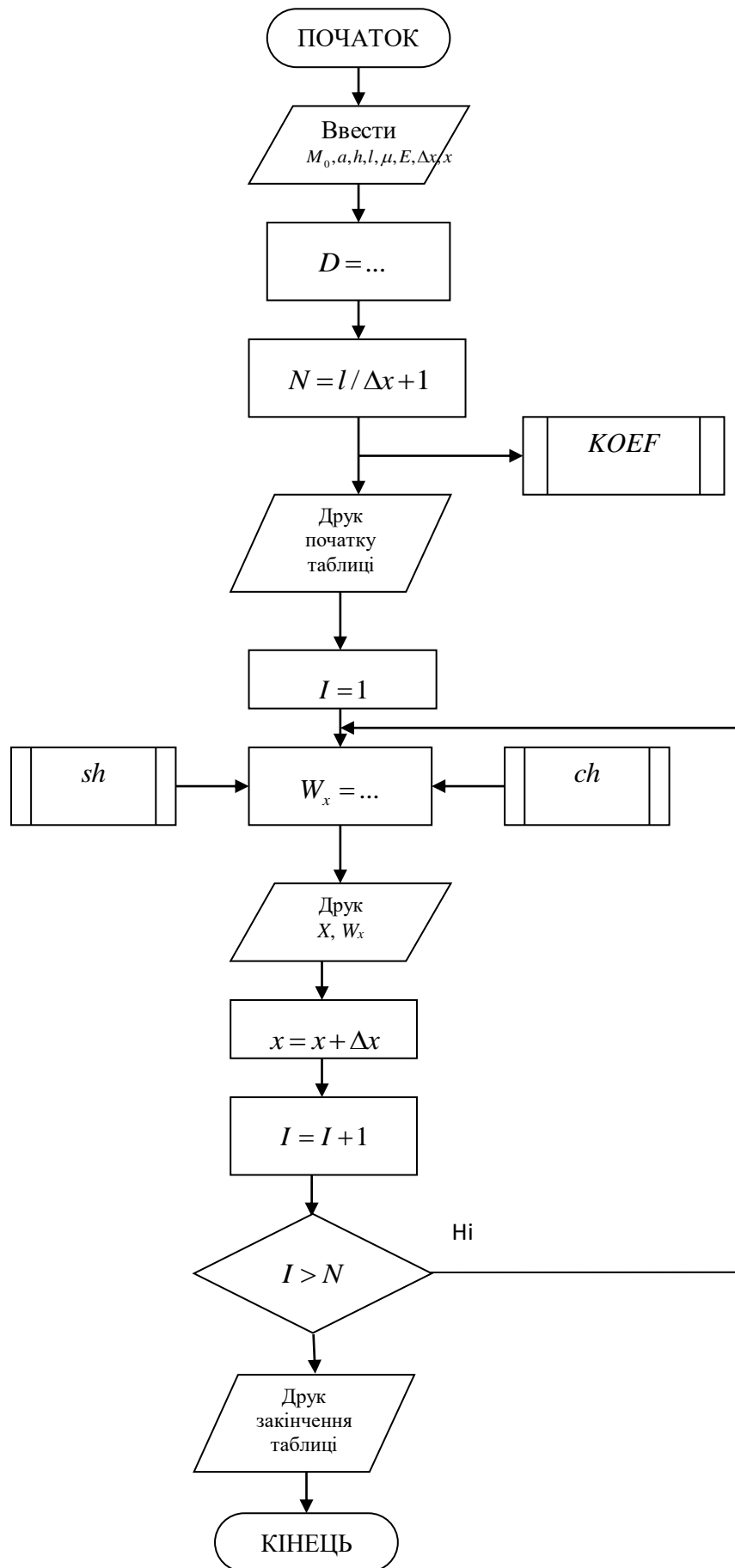


Рис. 4.2. Блок-схема програми розрахунку прогину патрубка

Текст програми форматі

```

PROGRAM PRG4
DATA AM0, A, AL, AMU, H, E, X, DX /10., .01, .02, .3, .06, 2.E5, 0., .001/
D=E*H**3/(12.*(1.-AMU**2))
N=AL/DX+1
CALL KOEF(B, AMU, A, H, AL, CS, SC, SS)
WRITE(*, 10)
10 FORMAT(3X, 29H ||—————||)
WRITE(*, 15)
15 FORMAT(3X, 29H ||      x, m      ||  PROGIB (W), m  ||)
WRITE(*, 17)
17 FORMAT(3X, 29H ||—————||—————||)
DO I=1, N
W=AM0/3**2/D*((CS+SC)/SS*SH(B, X)+(CS-SC)/SS*CH(B, X))
WRITE(*, 20) X, W
20 FORMAT(3X, 1H ||, F10.5, 1H ||, E16.6, 1H ||)
X=X+DX
END DO
WRITE(*, 40)
40 FORMAT(3X, 29H ||—————||—————||)
STOP
END

SUBROUTINE KOEF(B, AMU, A, H, AL, CS, SC, SS)
B=(3.*(1.-(AMU**2)))/((A**2)*(H**2))**(1./4.)
ALFA=B*AL/2
CS=COS(ALFA)*SINH(ALFA)
SC=SIN(2.*ALFA)+COSH(2.*ALFA)
SS=SINH(2.*ALFA)+SIN(2.*ALFA)
RETURN

```

END

FUNCTION SH(B,X)

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

RETURN

END

FUNCTION CH(B,X)

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

RETURN

END

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть вимоги щодо застосування підпрограм та функцій: різниця між ними, синтаксис, звернення до підпрограм та функцій.
2. Наведіть способи обміну даними між програмними одиницями. Що таке списки параметрів та спільні блоки.
3. Яка структура програмних одиниць і необхідні оператори для її оформлення?
4. Особливості транслявання програмних одиниць. Об'єктні модулі та бібліотеки.

Література: [1 - 3].

ЗАВДАННЯ

1. Трубка теплообмінника довжиною $l = 0,6$ м, радіусом $a = 0,08$ м, товщиною $h = 0,0015$ м знаходиться під дією рівномірно розподіленого згинаючого моменту $M_0 = 0,22$ Н·м та поперечної сили на торці $Q_0 = 8$ Н. Визначити переміщення W_x на напруження σ_x зовнішньої поверхні трубки у координатах $x = (0 \dots l)$. Для обчислення поділити довжину l на 212 частин. Формула для розрахунку:

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

Обчислення для визначення 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 внутрішнім 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 перерізаючі сили $Q_0 = 16$ Н. Визначити переміщення U та згинаючий момент M у 308 перерізах, рівномірно розміщених по довжині l (поточна координата x).
Формула для розрахунків:

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

Змінні U та M – визначити в підпрограмі; Ψ , Θ , ξ , φ – оформити у вигляді функцій.

3. Коротка трубчаста обичайка довжиною $l = 0,18$ м, габаритним діаметром $2a = 0,16$ м, товщиною $h = 0,018$ м знаходиться під дією зовнішнього тиску $P = 12$ МПа. Визначити переміщення W стінок труби у 210 точках координати x , рівномірно розміщених по довжині l .
Формули для розрахунків:

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

$$\times \left(\frac{\sin \alpha \cdot sh \alpha}{\sin 2\alpha + sh 2\alpha} \sin \beta x \cdot sh \beta x + \frac{\cos \alpha \cdot ch \alpha}{\cos 2\alpha + ch 2\alpha} \cos \beta x \cdot ch \beta x \right);$$

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

При виконанні завдання 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 метану $P = 2,2$ МПа. Визначити переміщення W та навантаження Q в залежності від координати x по довжини труби l . Розрахунок виконати у 384 точках по l . Формули для розрахунків:

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

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

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

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

5. Циліндрична труба знаходиться під дією зовнішнього тиску масляно-водяної суміші $P = 20$ 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 для розрахунку:

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

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

6. Корпус випарної установки має вигляд сталюї циліндричної посудини діаметром $2a = 0,82$ м, висотою циліндричної частини $l = 2,1$ м,

товщиною стінки $h = 0,011$ м. Густина соляного розчину в установці складає $\rho = 1,3 \cdot 10^3$ 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 для розрахунку:

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

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

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

7. Трубопровід діаметром $2a = 0,8$ м підсилений сталевими кільцями з кроком $l = 0,18$ м. Стінка трубопроводу – стальна, 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 $0,002$ м. Формули для розрахунку:

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

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

Величини χ_1 , χ_2 , χ_3 визначити в підпрограмі, для розрахунку 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. У середині установки розвивається робочий тиск середовища $P = 2,5$ МПа. Визначити переміщення U та момент M по довжині циліндричної частини $x = (0 \dots l)$ з кроком $\Delta x = 0,025$ м. Формули для розрахунку:

$$U = -\frac{Pl^4}{64D\alpha^4}(1 - 2c_1sh - 2c_2ch); \quad M = \frac{Pl^2}{4\alpha^2}(c_1ch - c_2sh); \quad ch = \cos \beta x \cdot ch\beta x;$$

$$sh = \sin \beta x \cdot sh\beta x; \quad c_1 = \frac{\sin \alpha \cdot sh\alpha}{\cos 2\alpha + ch2\alpha}; \quad c_2 = \frac{\cos \alpha \cdot ch\alpha}{\cos 2\alpha + ch2\alpha}.$$

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

9 Циліндрична цистерна для транспортування гасу довжиною $l = 3$ м, радіусом $a = 1,1$ м, товщиною сталевий 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 $x = (0 \dots l)$ по довжині цистерни з кроком $\Delta x = 0,025$ м. Формули для розрахунку:

$$M_x = 2 \frac{c_1}{s_0} \left[M_0(c_2 - s_1) - \frac{Q_0}{\beta} s_2 \right] + 2 \frac{s_3}{s_0} \left[M_0(s_1 - s_3) + \frac{Q_0}{\beta} c_3 \right];$$

$$c_1 = \cos \beta x \cdot sh\beta x; \quad c_2 = \cos \alpha \cdot sh\alpha; \quad c_3 = \cos \alpha \cdot ch\alpha; \quad s_0 = \sin 2\alpha \cdot sh2\alpha;$$

$$s_1 = \sin \alpha \cdot ch\alpha; \quad s_2 = \sin \alpha \cdot sh\alpha; \quad s_3 = \sin \beta x \cdot sh\beta x.$$

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 поперечної 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 кожному кільці на відстані x від краю $x = (0 \dots l)$. Розрахунок виконати з кроком $\Delta x = 0,022$ м. Формули для розрахунку:

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

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

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

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

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ НА БАЗІ ЗВИЧАЙНИХ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ МЕТОДОМ ЕЙЛЕРА

Мета роботи: набути навичок застосування чисельного методу Ейлера для розв'язання диференційних моделей, дослідження стійкості та збіжності.

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метод Ейлера може бути використаний для приближеного розв'язання звичайних диференційних рівнянь.

Нехай дано диференціальне рівняння першого порядку у вигляді:

$$y' = f(x, y), \tag{5.1}$$

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

Виконаємо заміну шуканої аналітичної функції $y(x)$ на її дискретний аналог – сіткову функцію y_i . Для цього позначимо:

$$x_i = x_0 + i \cdot h \quad \text{та} \quad y_i = y(x_i), \tag{5.2}$$

де $i = 0, 1, 2, \dots, n$; h – крок сітки на відрізку $x_0 \dots x_n$.

У відповідності методу Ейлера послідовні значення y_i які відповідають шуканій функції $y(x)$ визначаються виразом:

$$y_{i+1} = y_i + h \cdot f(x, y). \quad (5.3)$$

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:

$$dT/dt = K \cdot (T - T_{cp}), \quad (5.4)$$

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

Застосування методу Ейлера дозволяє чисельно інтегрувати вихідне диференціальне рівняння за рахунок переведення його до дискретного аналогу – системи алгебраїчних рівнянь, причому, в дуже зручному для розв'язання вигляді методом підставлення. Тоді можна порівняти залежності (5.1) та (5.4) і виконати формальну заміну позначень:

$$T \rightarrow y; \quad t \rightarrow x; \quad dT/dt \rightarrow dy/dx = y'. \quad (5.5)$$

Далі, відповідно до заміни (5.5):

$$f(x, y) \rightarrow f(T, t) = K \cdot (T - T_{cp}). \quad (5.6)$$

Початкові умови:

$$y(x_0) = y_0 \rightarrow T(t_0) = T_0. \quad (5.7)$$

Для визначення значень шуканої температури $T(t)$ застосуємо дискретний аналог T_i . Згідно методу Ейлера, формула (5.3):

$$T_{i+1} = T_i + h \cdot K(T_i - T_{cp}(x_i)). \quad (5.8)$$

Проілюструємо виконання розрахунків шуканих значень температури методом Ейлера на прикладі, коли згідно завдання:

$t = (0 \dots 10)$; $t_0 = 0$; $T_0 = 10$; $K = 12$; $T_{cp}=2+t$, крок h – умовно не визначено.

Початкові значення : $i = 0$; $t_1 = 0$; $T_0 = 10$.

Перший крок: $i = 1$; $t_2 = 0 + h$; $T_2 = 10 + h \cdot 12 \cdot (2 + t_2)$.

Другий крок: $i = 2$; $t_3 = t_2 + h$; $T_3 = T_2 + h \cdot 12 \cdot (2 + t_3)$.

І т.н.

Як видно з прикладу, для отримання кінцевого результату 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.,10./

WRITE (,*) ' Лабораторна робота №12 '*

WRITE (,*) ' Нестационарна теплопередача '*

WRITE (,*) ' Метод Ейлера. '*

WRITE (,*)*

WRITE (,*) ' t Значення $T_{cp}(t)$ Значення $T(t)$ '*

```

TT=0.
TCP=2.
WRITE(*,*)TT, TCP, T0
T=T0
DO I=1, 1000
TT=TT+H
TCP=2.+TT
T=T+H*(T-TCP)
WRITE(*,*)TT, TCP, T
END DO
STOP
END

```

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ 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 на основі вказаних вихідних даних наведено на рис. 5.1.
5. За допомогою ПЕОМ отримати таблицю шуканих значень для 6000...8000 вузлів за часом. Дані експортувати до Excel.
6. Повторити розрахунок для 5...6 вузлів за часом. У таблицю Excel п. 5 додати ці дані та розрахувати відносну помилку для цих вузлів за залежністю:

$$\delta = \left| \frac{T - T^*}{T} \right| 100\% ,$$

де T , T^* - вузлове значення температури при розрахунках на 6000...8000 вузлах та на 5...6 вузлах, відповідно.

7. Побудувати графіки залежностей шуканих величин (температури середовища і температури об'єкту за умови різних значень K) від часу для результатів п.5, п.6, зробити їх аналіз та висновки про стійкість і збіжність отриманих розв'язань.

До протоколу занести:

- завдання;
- диференційну модель (відповідно до завдання), початкові умови та значення вихідних даних для розрахунку;
- дискретний аналог моделі та відповідну заміну змінних,
- програму розрахунків для складеної диференційної моделі;
- зміст файлу вихідних даних (для виконаного індивідуального завдання);
- діаграму (4 графіка) для випадку розрахунку за 6000...8000 вузлами за часом;
- діаграму (4 графіка) для випадку, коли може мати місце нестійкість,
- значення відносної помилки δ ;
- висновки.

!Програма розрахунку за індивідуальним завданням

PROGRAM EulerT

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

DIMENSION mLocMaxT1(1), mLocMaxT2(1), mLocMaxT3(1), &

mLocMinT1(1), mLocMinT2(1), mLocMinT3(1), mLocMaxTsp(1),

mLocMinTsp(1)

Allocatable :: T1(:), T2(:), T3(:), Tsp(:) ! 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
mLocMaxTcr=MAXLOC(Tcr) ! Індекс Макс. Tcr
mLocMinTcr=MINLOC(Tcr) ! Індекс Мин. Tcr
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,*)' TspMax=', TspMax, ' mLocMaxTsp=',mLocMaxTsp
WRITE(2,*)' TspMin=', TspMin, ' mLocMinTsp=',mLocMinTsp
WRITE(2,*)' _____'
Tau=0.
WRITE(*,*)' m Tau Tsp T1 T2 T3!' шапка
WRITE(2,*)' m Tau Tsp T1 T2 T3!' шапка
DO m=1, mMax
WRITE(*,10) m, Tau, Tsp(m), T1(m), T2(m), T3(m) ! На екран
WRITE(2,10) m, Tau, Tsp(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, Tsp) ! Звільняємо пам'ять
END PROGRAM EulerT
! _____
SUBROUTINE SolveTsp(iMax, Dtau, Tsp) ! Розраховуємо Tsp()
DIMENSION Tsp(iMax) ! Масив Tsp
Tau=0.
DO i=1, iMax

```

```

Tsp(i)=FTsp(Tau) ! Заповнюємо масив Tsp за функцією FTsp(Tau)
Tau=Tau+Dtau
ENDDO

END SUBROUTINE SolveTsp

! _____
FUNCTION FTsp(Tau) !Функція температури середовища (див.
завдання)
FTsp=32.2-.12*Tau*Tau
END FUNCTION FTsp

! _____
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 диф. рівняння
F=-aK*(T-FTsp(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

TcpMax= 32.200000 mLocMaxTcp= 1

TcpMin= 14.920000 mLocMinTcp= 6

m	Tau	Tcp	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

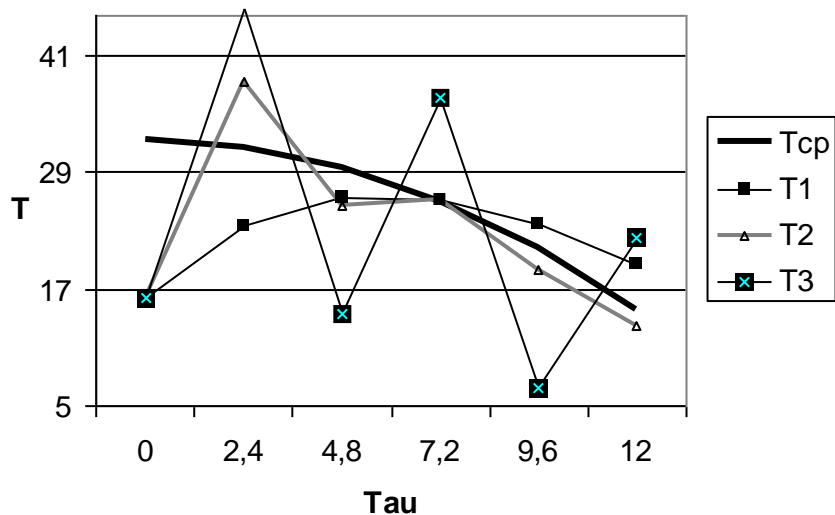


Рис. 1. Результати розрахунку: T1 – стійка поведінка, T2 і T3 – нестійка поведінка.

ЗАВДАННЯ

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

№	$T_{cp}(t)$	$TauMax$	T_0	K	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	

Література: [1, 8].

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.
5. Що таке початкові умови?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. Основи інженерних розрахунків на ПЕОМ. Програмування алгоритмічною мовою ФОРТРАН. – К: Центр учбової літератури, 2016. – 185 с.
2. 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»/ Уклад.: Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 48 с.
3. Рыжиков Ю.И. Программирование на Фортране PowerStation. Практическое руководство. – Санкт-Петербург: Корона принт, 1999. – 159с.
4. Бартенев О.В. Fortran для студентов. – М.: Диалог-МИФИ, 1999. – 400 с.
5. Алгазин С.Д., Кондратьев В.В. Программирование на Visual Fortran. – Диалог-МИФИ, 2008. – 472 с.
6. Артёмов И.Л. Fortran. Основы программирования. – М.: Диалог-МИФИ, 2007 – 304 с.
7. Горелик А.М. Программирование на современном Фортране. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 351 с.
8. Брановицька С.В. Обчислювальна математика та програмування Обчислювальна математика в хімічній технології / С.В. Брановицька, Р.Б. Медведєв, Ю.Я. Фіалков. – Київ: Політехніка, 2004. – 220 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Лабораторна робота № 1. Робота з інтегрованим середовищем розробки додатків.....	5
Лабораторна робота № 2. Редактор ікон. Розробка і застосування ікон.....	10
Лабораторна робота № 3. Розробка та дослідження структури проекту процедурної парадигми.....	13
Лабораторна робота № 4. Створення програм з використанням програмних одиниць	15
Лабораторна робота № 5. Розв'язання диференційних моделей на базі звичайних диференційних рівнянь методом Ейлера.....	25
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	36

Сідоров Дмитро Едуардович
Казак Ірина Олександрівна
Івіцький Ігор Ігорович

**ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕОМ. ЧАСТИНА 2.
ПРОЦЕДУРНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.
Лабораторний практикум з навчальної дисципліни**

*для підготовки бакалаврів, які навчаються за спеціальністю
133 – «Галузеве машинобудування»,
спеціалізація – «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання
виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»
денної форми навчання*

Комп'ютерна правка та верстка – авторська