

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕРСОНАЛЬНИХ
ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МАШИНАХ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання завдань з комп'ютерного практикуму та самостійної
роботи студентів заочної форми навчання напряму підготовки
6.050503 «Машинобудування»

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ
НТУУ «КПІ»
2014

Метод. вказівки до викон. завдань з комп'ютерного практикуму та самостійної роботи студентів з дисципліни «Інженерні розрахунки на персональних електронно-обчислювальних машинах», для студ. заочної форми навчання спец. «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» / Уклад.: Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 33 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол № 1 від 27.01.2014 р.)*

Навчальне видання

ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ НА ПЕРСОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МАШИНАХ

Методичні вказівки до виконання завдань з комп'ютерного практикуму та самостійної роботи студентів заочної форми навчання напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування»

Авторська редакція

Укладачі:

Д.Е. Сідоров, к.т.н., доц.

І.О. Казак

Відповідальний редактор

Є.М. Панов, д.т.н., проф.

Рецензент:

А.Р. Степанюк, к.т.н., доц.

ВСТУП

Комп'ютерний практикум з дисципліни «Інженерні розрахунки на персональних електронно-обчислювальних машинах» проводиться зі студентами заочної форми навчання напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування». Зміст цих методичних вказівок відповідає навчальній програмі дисципліни «Інженерні розрахунки на персональних електронно-обчислювальних машинах».

В практичній діяльності інженера-механіка 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 умінні працювати з персональними електронно-обчислювальними машинами (ПЕОМ). Основним завданням комп'ютерного практикуму з дисципліни «Інженерні розрахунки на персональних електронно-обчислювальних машинах» – це набути навичок виконання інженерних розрахунків за допомогою ПЕОМ, шляхом застосування процедурного програмування різноманітних тепломеханічних процесів у обладнанні хімічних виробництв на одній 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: знайомству з середовищем MSDev (FSP 4), створенню зображень ікон, основним правилам написання арифметичних виразів на Фортрані в середовищі MSDev, прикладам алгоритмізації і програмування, які зустрічаються в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей.

В загальному випадку виконання завдання з лабораторного практикуму на ПЕОМ з кредитного модуля «Інженерні розрахунки на персональних електронно-обчислювальних машинах» складається з наступних етапів: ознайомлення з темою і метою лабораторної роботи; підготовка до виконання індивідуального завдання, яка полягає у вивченні теоретичного матеріалу за темою заняття; розгляд прикладів завдань, що наведені у методичних вказівках за темою заняття; безпосередньо виконання студентами індивідуального завдання, номер якого відповідає номеру варіанту, який видається викладачем (розрахунок арифметичного виразу, процедурне програмування на Фортрані в середовищі MSDev); налагодження завдання (програми); перевірка правильності одержаних результатів, яку студент здійснює самостійно. Переконавшись у правильності результатів, студенти оформлюють звіт і захищають його на оцінку викладачеві. 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 шифра академічної групи;

- порядковий номер та назву завдання з лабораторного практикуму;

- мету роботи;

- основні теоретичні відомості згідно з метою роботи і приклад виконання завдання;

- номер варіанта індивідуального завдання та завдання згідно до варіанту;

- виконані завдання у роздрукованому вигляді (зображення ікон, програми та результати розрахунків,) та належні файли з виконаними завданнями з метою демонстрації працездатності завдань (програм) на ПЕОМ);

- висновки, що пов'язані з метою лабораторної роботи, аналізом результатів індивідуального завдання та помилок, які допущенні студентами при його виконанні.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. РОБОТА З СИСТЕМОЮ ПРОГРАМУВАННЯ MSDev (FPS 4)

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

Контрольні питання

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.

Теоретичні відомості

На рис. 1 зображено середовище MSDev (FPS 4). Програма має стандартний віконний інтерфейс. Як приклад, відкрито проект Celsius, що містить вихідний файл CELSIUS.FOR.

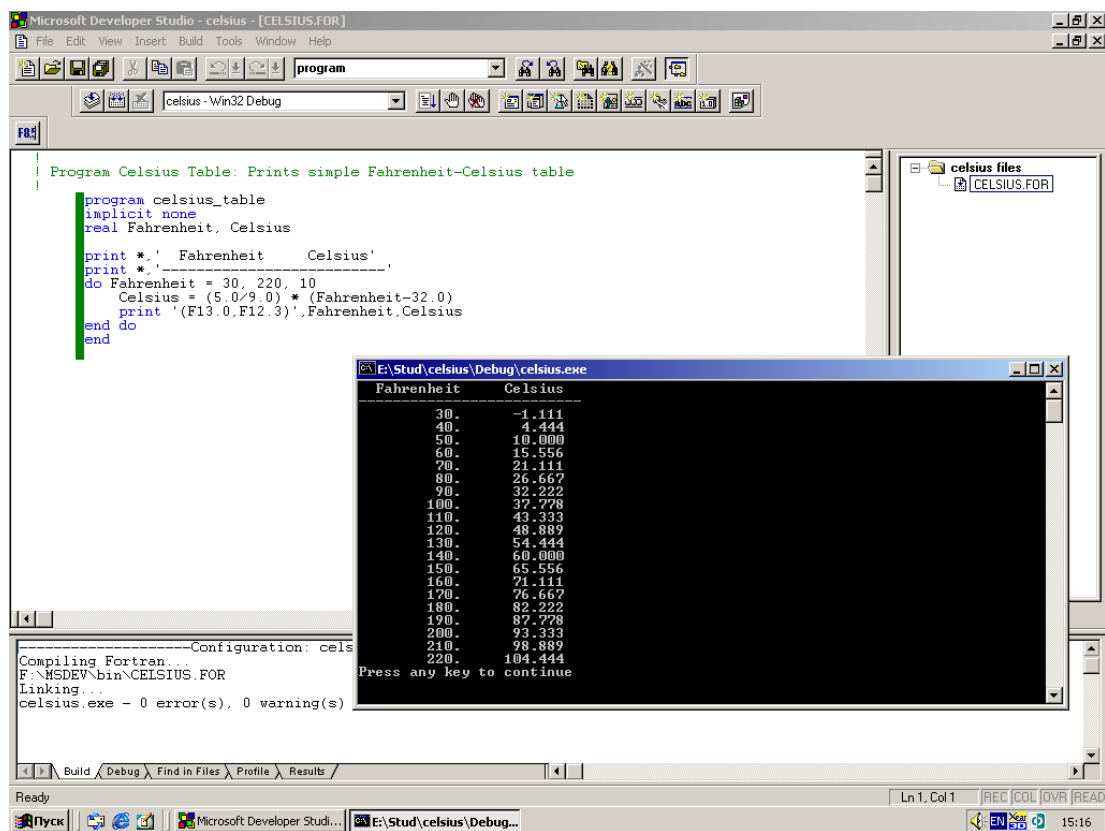


Рис. 1. Середовище MSDev (FPS 4)

Методичні вказівки до виконання роботи

Створення проекту: *File – New – Projekt Workspase – 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 – Rebuild all*.

Виконання: *Build – Execute....*

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

Індивідуальне завдання

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.
2. Про дії, що були виконані за п. 1 зробити запис у протоколі роботи.
3. Створити новий проект, додати до проекту файл вихідного коду, у якому скласти програму Celsius_Table.
4. Провести компіляцію, побудувати файл, що виконується, отримати результати.
5. За допомогою редактора ікон розробити три тематичні ікони. Занести зображення до протоколу.
6. Для файлів, що виконуються, розробити ікони і асоціювати з ними за допомогою ярликів.
7. Сформулювати висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ОПЕРАЦІЇ ВВОДУ ТА ВИВОДУ, ОБЧИСЛЕННЯ АРИФМЕТИЧНИХ ВИРАЗІВ

Мета роботи: навчитись застосовувати дані різних типів, оператори вводу та виводу; здобути навички запису арифметичних виразів.

Контрольні запитання

1. Основні символи ФОРТРАНУ.
2. Типи даних. Чому застосовуються різні типи даних.

Призначення типів.

3. Постійні. Змінні. Постійні та змінні цілого та дійсного типів.
4. Символи арифметичних операцій. Порядок виконання арифметичних операцій. Застосування дужок.
5. Стандартні функції.
6. Оператори вводу і виводу.

7. Специфікація виводу змінних для різних типів даних.
8. Масив. Робота з масивами.

Приклад. Димові гази з пічної установки виводяться крізь димову трубу висота якої $H=19\text{м}$. Склад газів: $\text{CO}_2 = 12,7\%$; $\text{O}_2 = 4,9\%$; $\text{N}_2 = 77,5\%$; $\text{H}_2\text{O} = 4,9\%$. Визначити швидкість газів W та супутні величини, якщо їх температура $T_z = 250^\circ\text{C}$. Густина повітря у навколишньому середовищі $\rho_n = 1,216 \text{ мл/м}^3$, $T_0 = 273^\circ\text{C}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Швидкість газу

$$W = \sqrt{\frac{2(\rho_n - \rho_z)gH}{27,3\rho_z}}$$

$$\rho_z = \frac{M}{22,4} \frac{T_0}{T_0 + T_z}; \quad M = \frac{(44 \cdot \text{CO}_2 + 32 \cdot \text{O}_2 + 28 \cdot \text{N}_2 + 18 \cdot \text{H}_2\text{O})}{100}$$

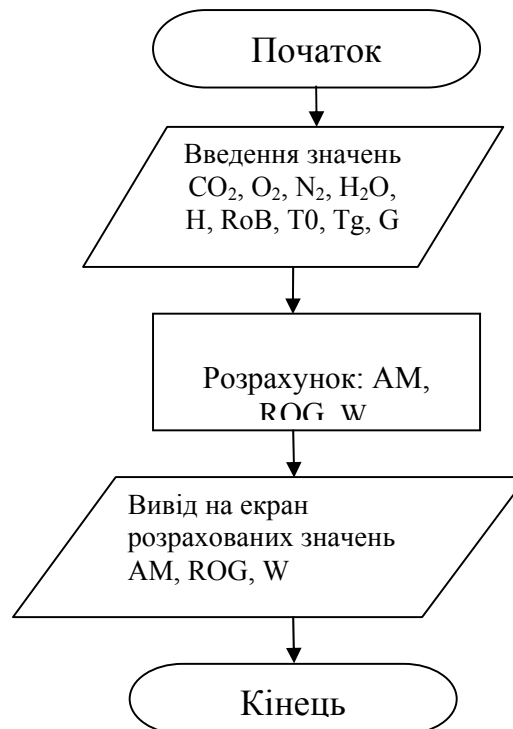


Рис. 3.1. Блок – схема алгоритму розрахунку до прикладу

Таблиця 3.1. Таблица відповідності ідентифікаторів

№ п/п	За текстом	У програмі	Числове значення	Одиниці вимірювання	Тип	Запис (вводу)
1	CO_2	CO2	12,7	%	Real	12.7
2	O_2	O2	4,9	%	Real	4.9
3	N_2	AN2	77,5	%	Real	77.5
4	H_2O	H2O	4,9	%	Real	4.9
5	T_2	TG	250	$^{\circ}C$	Real	250.
6	ρ_6	ROB	1,216	$кг/м^3$	Real	1.216
7	T_0	T0	273	К	Real	273.
8	H	H	19	м	Real	19.
9	g	G	9,81	$м/с^2$	Real	9.81
10	ρ_2	ROG	Обчислюється	$кг/м^3$	Real	—
11	M	AM	Обчислюється	—	Real	—
12	W	W	Обчислюється	м/с	Real	—

Текст програми

```

IMPLICIT NONE
REAL CO2,O2,AN2,H2O,TG,ROB,T0,G,H
REAL AM, ROG, W

```

```

DATA CO2,O2,AN2,H2O,ROB,T0,G,H /12.7,4.9,77.5,4.9,&
1.216,273.,9.81,19./

```

```

!   ВИВІД НА ЕКРАН ВИХІДНИХ ДАНИХ
WRITE(*,*)' CO2=', CO2, ' O2=',O2, ' AN2=', AN2
WRITE(*,*)' H2O=', H2O, ' ROB=', ROB
WRITE(*,*)' T0=',T0, ' G=', G, ' H=',H

```

```

!   ДІАЛОГ ДЛЯ TG
WRITE(*,*)' INPUT, PLEASE: TG='
READ(*,*) TG
WRITE(*,*)' TG=', TG

```

```

!   РОЗРАХУНОК АРИФМЕТИЧНИХ ВИРАЗІВ
    AM=(44.*CO2+32.*O2+28.*AN2+18.*H2O)/100.
    ROG=(AM/22.4)*T0/(T0+TG)
    W=SQRT(ABS(2.*(ROB-ROG)*G*H/(27.3*ROG)))

!   ВИВІД НА ЕКРАН РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ
    WRITE(*,*)' AM=',AM
    WRITE(*,*)' ROG=', ROG, ' W=', W
    STOP
    END

```

Методичні вказівки до виконання роботи

Студент спочатку повинен розібрати приклад, вміти пояснити його елементи, реалізувати його на ПЕОМ, виправити помилки та добитися вірних результатів його роботи. Після цього він допускається до виконання лабораторної роботи і отримує індивідуальне завдання до самостійного виконання. Розробити дві програми:

1. Вихідні дані задати за допомогою оператора DATA;
2. Для введення значень однієї чи декількох змінних передбачити діалоговий режим.

Індивідуальні завдання до лабораторної та самостійної роботи

1. Визначити час, що необхідний для спорожнення бака діаметром $D=1\text{м}$ Бак наповнено на висоту $h=2\text{м}$. Отвір у днищі $d=3\text{см}$. Коефіцієнт витрати $\alpha=0,61$; $g=9,81\text{м/с}^2$, $\pi=3,1415$. Формула для обчислення: $\tau = \frac{2f\sqrt{h}}{\alpha f_0\sqrt{2g}}$,

де $f = \pi \frac{D^2}{4}$ – площа перерізу ємності, м^2 ; $f_0 = \pi \frac{d^2}{4}$ – площа отвору, м^2 .

2. Визначити значення критерію Рейнольдса Re в міжтрубному просторі теплообмінника типу “труба у трубі” та супутні величини, якщо труби мають натужні діаметри $d_1=22\text{мм}$, $d_2=51\text{мм}$, товщину стінки $\delta=2,5\text{мм}$; масова витрата рідини $v=1,730\text{кг/с}$, густина $\rho=1150\text{кг/м}^3$, динамічна в’язкість $\mu=1,2\cdot 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{с}$. Формули для обчислення:

$$Re = \frac{\omega d_3}{\mu} \rho; d_3 = d_2^1 - d_1; \omega = \frac{v}{0.785 \rho [(d_2^1)^2 - d_1^2]}; d_2^1 = d_2 - 2\delta.$$

3. Повітря масою 1 кг при початкових параметрах $P_1=1 \cdot 10^5$ Па, $T_1=303$ К стискується за адиабатою до $P=1 \cdot 10^6$ Па. Знайти кінцевий об'єм повітря при $R=292,7$ Дж/(кг·К), $K=1,4$ використовуючи формулу :

$$V_2 = \frac{RT_1}{P_1} \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/K}.$$

4. Визначити об'ємні витрати повітря за нормальних умов та супутні величини, якщо воно проходить по трубі теплообмінника (число труб $\eta=100$, зовнішній діаметр $d^1=20$ мм, товщина стінки $\delta=2$ мм) швидкість $\omega=9$ м/с при $T=50$ °С, тиск $P_{MAN}=2 \cdot 10^5$ Па, барометричний тиск $P_{бар}=1,68 \cdot 10^5$ Па, $\rho_0=1.293$ кг/м³, $T_0=273$ К.

Формули для обчислення:

$$V_0 = \frac{M}{\rho_0}; M = \omega \eta 0.785 d^2 \rho; \rho = \rho_0 \frac{PT_0}{P_0(T-T_0)}; d = d^1 - 2\delta; P = P_{бар} + P_{ман}$$

5. Знайти діаметр трубопроводу для транспортування водню при масових витратах $V=0,04$ кг/с та супутні величини. Довжина трубопроводу $L=1000$ м. Корисне падіння тиску $\Delta P=1080$ Па. Густина водню $\rho=0,0825$ кг/м³; $\lambda=0,03$. Формули для розрахунків:

$$d = c \sqrt{\frac{LW^2 \rho}{\Delta P}}; c = \sqrt[5]{\frac{\lambda}{2 \cdot 0.785^2}}; W = \frac{V}{\rho}.$$

6. Визначити зміщення серединної лінії труби гідроциліндра $r_{вн}=0,1$ м, $r_{зов}=0,25$ м та супутні величини. Навантаження тиском $P_{вн}=200$ МПа, $P_{зов}=80$ МПа. Гідроциліндр зроблений з сталі, у котрій коефіцієнт Пуассона $\mu=0,3$; модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа; $n=2$. Розрахункова формула:

$$U = \frac{1 - \mu}{E} \frac{r_{вн}^n P_{вн} - r_{зов}^n P_{зов}}{r_{зов}^n - r_{вн}^n} r_{сер} + \frac{1 + \mu}{E} \frac{r_{вн}^n r_{зов}^n (P_{зов} - P_{вн})}{(r_{зов}^n - r_{вн}^n) r_{сер}}, \quad \text{де}$$

$$r_{сер} = \frac{r_{вн} + r_{зов}}{2}.$$

7. Розрахувати коефіцієнт тепловіддачі α та критерій Нусельта Nu , в цементній обертівій печі при температурі $T_r=1600$ °С, температурі футерівки $T_{\phi}=1100$ °С, коефіцієнті заповнення та чорноти поверхні $S_b=1,18$. Швидкість руху потоку $\omega_r=6$ м/с, теплопровідність $\lambda_r=0,048$ Вт/(м·°С), кінематична в'язкість

$v_r = 80,7 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$. Діаметр печі $D_n = 4,6 \text{ м}$, $m = 4$. Розрахункові формули:

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \lambda_r}{D_n} + \frac{C_b \left[\left(\frac{T_r + 273}{100} \right)^m - \left(\frac{T_\phi + 273}{100} \right)^m \right]}{(T_r - T_\phi)}; \text{Nu} = 0,418 \left(\frac{\omega_r D_n}{v_r} \right)^{0,67}.$$

8. Визначити напруження P від гарячої посадки, що виникає на стику двох складених труб. Величина натягу $\delta = 12 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, радіуси першої труби $r_a = 0,1 \text{ м}$, $r_b = 0,3 \text{ м}$, пружний радіус другої труби $r_c = 0,4 \text{ м}$. Труби виконані з однакової сировини з модулем пружності $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $\kappa = 3$, $n = 2$. Розрахункова формула:

$$P = \frac{\delta E}{2r_b^{\kappa}} \frac{(r_c^n - r_b^n)(r_b^n - r_a^n)}{r_c^n - r_a^n}.$$

9. Визначити критичну швидкість течії сухої водяної пари при початковому тиску $P_1 = 1 \cdot 10^6 \text{ Па}$, питомий об'єм $V_1 = 0,263 \text{ м}^3/\text{кг}$, показник політропи $k = 1,135$ та $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Розрахункова формула:
$$W_{kp} = \sqrt{kg \frac{2}{k+1} P_1 V_1}.$$

10. Знайти максимальний прогин пластинки радіуса $r = 0,2 \text{ м}$, товщиною $h = 0,03 \text{ м}$, що жорстко закріплена по контуру та підвернена дії рівномірно розподіленого навантаження $q = 0,3 \text{ МПа}$. Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,3$, $n = 4$. Розрахункова формула:

$$W_{\max} = \frac{qr^n}{64D}; D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu)}.$$

11. Визначити максимальні витрати пару за умов: площа перетину сопла $f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$, питомий об'єм $V_1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{кг}$, початковий тиск $P_1 = 1 \cdot 10^6 \text{ Па}$, показники політропи $\kappa = 1,135$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Розрахункова формула:

$$G_{\max} = 1,99 f \sqrt{\left(kg \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \frac{P_1}{V_1}}.$$

12. Визначити максимальні напруження в круглій жорстко закріпленій по контуру пластини радіуса $r = 0,35 \text{ м}$, товщиною $h = 0,05 \text{ м}$, під дією рівномірного навантаження $q = 5,8 \text{ МПа}$. Коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,3$; $n = 2$. Розрахункова формула:

$$(\sigma_r)_{\max} = -\frac{3}{4} \frac{qd^n}{h^n}; (\sigma_\tau)_{\max} = -\frac{3}{4} \mu \frac{qd^n}{h^n}; d = 2r.$$

13. Визначити максимальні витрати газу через сопло що звужується, якщо початкові параметри газу $P_0=6,4 \cdot 10^6$ Па, $V_0=0,0139 \text{ м}^3/\text{м}$, $k=1,4$, площа отвору сопла $f=5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$. Розрахункова формула:

$$G = f \sqrt{2 \frac{k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} \frac{P_0}{V_0}}$$

14. Визначити переміщення U зовнішньої поверхні диска зовнішнього радіусу $b=0,15$ м і внутрішнього радіусу $a=0,05$ м, що виникають від дії відцентрових сил. Швидкість обертання диску $\omega=157$ рад/с, $E=2 \cdot 10^5$ МПа, $g=9,81$ м/с², $\gamma=7,65 \cdot 10^4$ Н/м³, $n=2$, $\mu=0,3$. Розрахункові формули:

$$N = (1 - \mu^n) \frac{\gamma \omega^n}{gE}; \quad U = \frac{Nb}{8} \left[\frac{3 + \mu}{1 + \mu} (b^n + a^n) + \frac{3 - \mu}{1 - \mu} (b^n - a^n) \right]$$

15. Знайти коефіцієнт теплопередачі і витрати теплоти з 1 м^2 поверхні стінки з вогнетривкої (товщина $\delta_1=0,5$ м, теплопровідність $\lambda_1=1,16$ Вт/(м К)) та будівної ($\delta_2=0,25$ м, $\lambda_2=0,5$ Вт/(мК)) цегли. Температура та коефіцієнт тепловіддачі в печі $T_1=1500$ С, $\alpha_1=34,8$ Вт/(м²К), зовні $T_2=25$ С, $\alpha_2=16,2$ Вт/(м²К). Розрахункові формули :

$$q = k(T_1 - T_2); \quad k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}$$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 УМОВНІ ОПЕРАТОРИ УПРАВЛІННЯ, ОПЕРАТОР БЕЗУМОВНОГО ПЕРЕХОДУ.

Мета роботи - набути навичок програмування мовою ФОРТРАН розгалужених розрахункових процесів.

Контрольні питання.

1. Поняття розгалужених розрахункових процесів.
2. Фрагмент блок-схеми програми, що включає оператор умовного переходу.
3. Арифметичний оператор умовного переходу. Значення арифметичного виразу.
4. Логічний оператор умовного переходу. Логічні вирази.
5. Оператор безумовного переходу.

Приклад. Обчислити середній коефіцієнт тепловіддачі для трансформаторного мастила, що тече в трубі діаметром $d=0,08$ м, довжиною $L=1$ м, якщо швидкість води $w=0,6$ м/с кінематична

в'язкість води $\nu=7,58 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $\lambda_p=0,108 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $g=9,81 \text{ м}/\text{с}^2$, $Pr=111$. Формула для розрахунків:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda_p}{d}; Nu = \begin{cases} 1,55(\text{Re} Pr \frac{d}{L})^{0,33} \varepsilon, & \text{якщо } \text{Re} < 2300 \\ 7,5 Pr^{0,43} \varepsilon, & \text{якщо } \text{Re} > 2300 \end{cases}; \varepsilon = 0,1 \frac{(\frac{1}{\text{Re}} \frac{L}{d})^{-1/7}}{1 + 2,5 \frac{1}{\text{Re}} \frac{L}{d}}$$

$$\text{Re} = \frac{wd}{\nu}.$$

Таблиця 3.1. Таблиця відповідності ідентифікаторів

№	За текстом	У програмі	Числове значення	Одиниці вимірювання	Тип	Запис
1	d	D	0,08	м	Real	.08
2	L	AL	1	м	Real	1.
5	w	W	0,6	м/с	Real	.6
6	g	G	9,81	м/с ²	Real	9.81
7	ν	V	$7,58 \cdot 10^{-6}$	м ² /с	Real	0.758E-06
8	λ_p	ALMD	0,108	Вт/(м*К)	Real	.108
9	Pr	PR	111	—	Real	111.
10	Re	RE	Обчислюється	—	Real	—
12	ε	E	Також	—	Real	—
3	Nu	ANU	Також	—	Real	—
4	α	ALFA	Також	Вт/(м ² *К)	Real	—

1) З використанням умовних арифметичних операторів управління

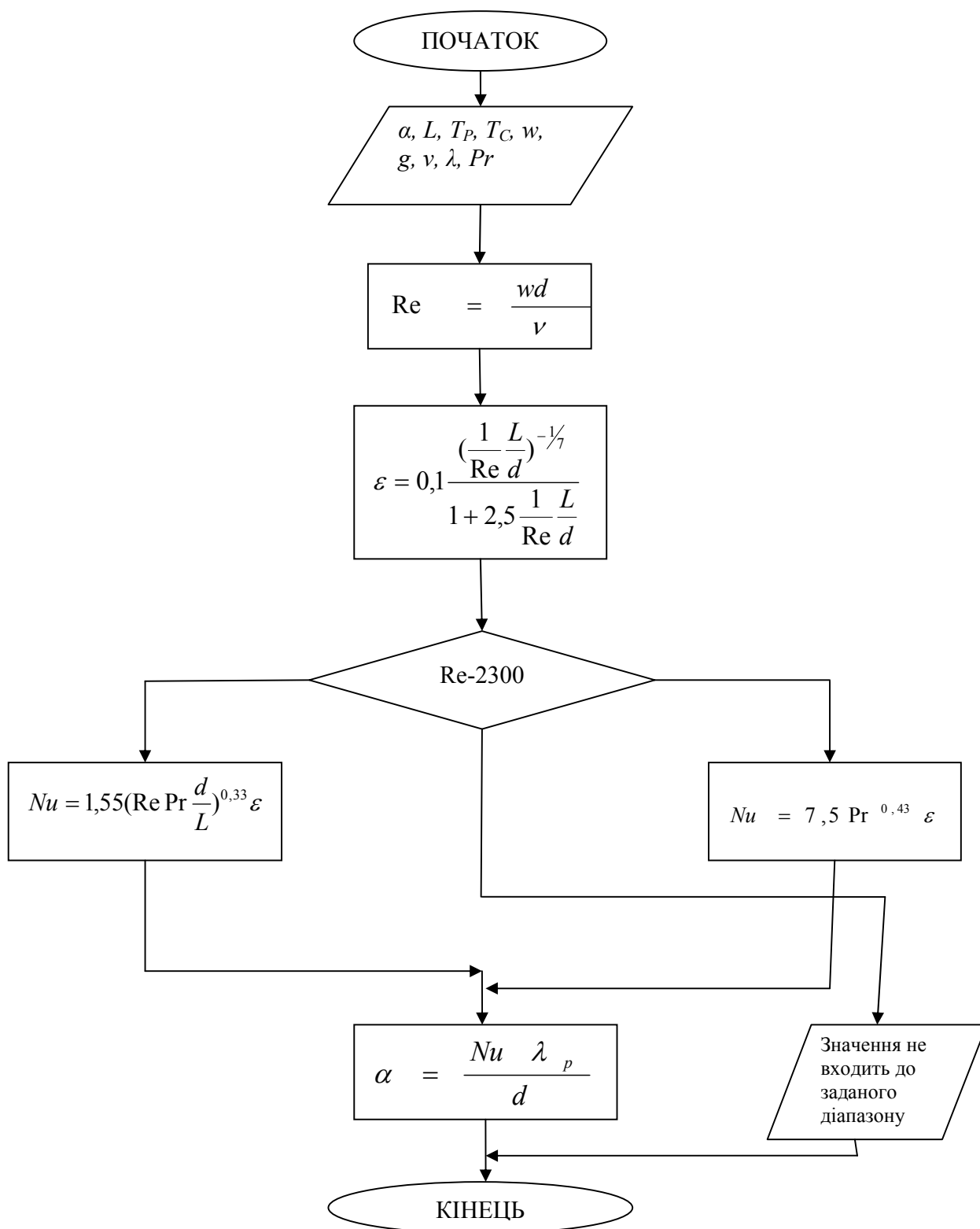


Рис. 3.1. Блок – схема алгоритму до прикладу з використанням арифметичних операторів управління

Текст програми

```

PROGRAM LBPR31
C  ЗАВДАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ
DATA D/.08/, AL/1./, W/.6/, V/.758E-06/, ALMD/.108/, PR /111./
OPEN(UNIT=10, FILE='PR41.TXT')
C  РОЗРАХУНОК АРИФМЕТИЧНИХ ВИРАЗІВ
RE=W*D/V
E=(.1*(AL/(RE*D))**(-1./7.))/(1.+2.5*AL/(RE*D))
IF(RE-2300.)20,50,40
20 ANU=1.55*(RE*PR*D/AL)**.33*E
GOTO 30
40 ANU=7.5*(PR**.43)*E
GOTO 30
30 ALFA=ANU*ALMD/D
GOTO 100
50 STOP 'INCORECT DATA'
C  ВИВІД РЕЗУЛЬТАТІВ
100
WRITE(*,*)'RE=',RE,'E=',E,'NU=',ANU,'ALFA=',ALFA,'VT/(M2*K)'

WRITE(10,*)'RE=',RE,'E=',E,'NU=',ANU,'ALFA=',ALFA,'VT/(M2*K)'
STOP
END

RE= 63324.5  E= 0.338083  NU= 19.2120  ALFA= 25.9362
Vt/(m2*K)

```


2) З використанням умовних логічних або блочних операторів управління.

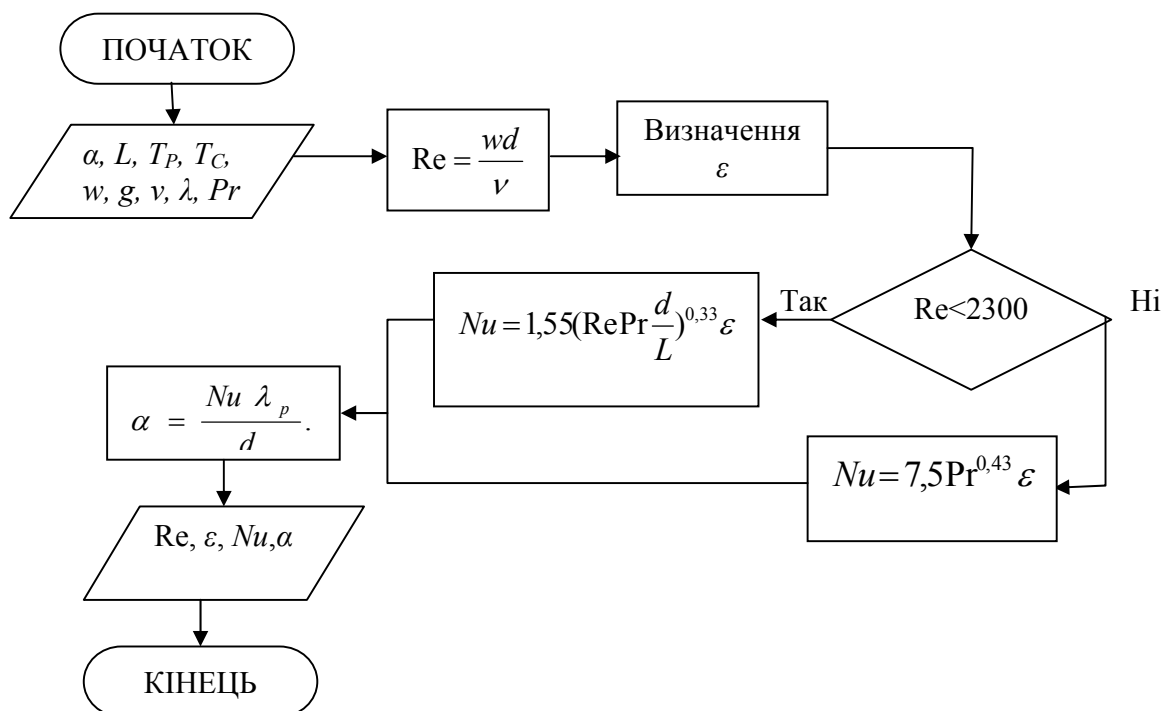


Рис. 3.2. Блок – схема алгоритму до прикладу з використанням умовних логічних або блочних операторів управління

Текст програми

Program lbPr32

C Завдання вихідних даних

DATA D/.08/, AL/1./, W/.6/, V/.75E-06/, ALMD/.108/, PR /111./

Open(Unit=10, file='pr42.txt')

C Розрахунок арифметичних виразів

RE=W*D/V

E=(.1*(AL/(RE*D))**(-1./7.))/(1.+2.5*AL/(RE*D))

IF(RE.LT.2300.)THEN

ANU=1.55*(RE*PR*D/AL)**0.33*E

ELSE IF (RE.GT.2300.)THEN

ANU=7.5*PR**.43*E

```

ELSE
STOP
END IF
ALFA=ANU*ALMD/D
C   Вивід результатів
WRITE(*,*)'Re= ',RE, 'E= ',E, 'NU= ',ANU,'ALFA=
',ALFA,'Vt/(m2*K)'
WRITE(10,*)'RE= ',RE,'E= ',E, 'NU= ',ANU,'ALFA=
',ALFA,'Vt/(m2*K)'
C   PAUSE
STOP
END

```

```

RE= 64000.0 E= 0.338597 NU= 19.2413 ALFA=
25.9757 Vt/(m2*K)

```

ЗАУВАЖЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ.

Студент спочатку повинен розібрати приклад, вміти пояснити його елементи, реалізувати його на ПЕОМ, виправити помилки та добитися вірних результатів його роботи. Після цього він допускається до виконання лабораторної роботи і отримує індивідуальне завдання до самостійного виконання. Згідно до кожного індивідуального завдання розробляється два варіанта програмного забезпечення: 1) з використанням умовних арифметичних операторів управління; 2) з використанням умовних логічних або блочних операторів управління.

Забезпечити введення з клавіатури величин, що приймаються для тестування програм і можуть бути оперативно змінені (за вказівкою викладача).

Індивідуальні завдання до лабораторної та самостійної роботи

1. Відомі фізичні константи рідини, яка протікає по трубопроводу: $\lambda=0,103 \frac{Вт}{м \cdot К}$; $C_p=2,04 \cdot 10^3 \frac{Дж}{кг \cdot К}$; $\mu_c=0,198 \cdot 10^3 Па \cdot с$; $\mu_ж=29,7 Па \cdot с$; число Рейнольдсу $Re=1300$; геометричні розміри: $l=1,1 м$; $d=0,072 м$. Визначити коефіцієнт опору тертю $\epsilon_{при}$ в'язкій течії рідини та n за формулами:

$$\varepsilon = \varepsilon_K \left(\frac{\mu_c}{\mu_{жс}} \right); \quad \varepsilon_K = \frac{64}{Re}; \quad n = C \left(Pe \frac{d}{l} \right)^m \left(\frac{\mu_c}{\mu_{жс}} \right)^{-0,9}; \quad \pi = 3,1415;$$

$$Pe \frac{l}{d} = \frac{4G Cp}{\pi l \lambda}; \quad \begin{cases} C = 2,31; m = -0,3, & \text{якщо } Pe \frac{l}{d} \leq 1500; \\ C = 0,535; m = -0,1, & \text{якщо } Pe \frac{l}{d} > 1500. \end{cases}$$

Прийняти: $G = 2,3 \cdot 10^{-5}$.

2. Визначити величину теплового потоку q від калорифера діаметром $d = 0,012$ м до повітря, якщо калорифер має температуру $t_c = 70$ °С. Повітря має середню температуру $t_n = 22$ °С, рухається зі швидкістю $V = 2,2$ $\frac{м}{с}$ та характеризується наступними

теплофізичними величинами: $\nu_m = 15,061 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{с}$, $\lambda_m = 2,6 \cdot 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot К}$.

Використані формули: $q = Nu_m \frac{\lambda_m}{d} \varepsilon (t_c - t_n) \pi d$; $Nu_m = 0,22 Re^{0,6}$; $Re = \frac{Vd}{\nu_m}$.

$$\text{Прийняти } \varepsilon = \begin{cases} 1, & \varphi = 90^\circ; \\ 0,93, & \varphi = 60^\circ; \\ 0,66, & 60^\circ > \varphi \geq 30^\circ. \end{cases}$$

Де φ - кут атаки потоку повітря.

3. З резервуара, тиск та температура в якому стали величини ($P_0 = 6,3$ МПа; $T_0 = 370$ К), через конфузorne сопло, до апарату подається кисень, де тиск падає до P_{cp} . Показник адиабати кисню $k = 1,42$. Фізичні коефіцієнти: $R = 8314 \frac{Дж}{кг \cdot К}$; $\mu = 32$. Визначити швидкість V втікання кисню та супутні величини за формулами:

$$\beta = \frac{P_{cp}}{P_0}; \quad \beta_{кр} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}};$$

$$V = \begin{cases} \sqrt{\left[2 \frac{k}{k-1} \frac{R}{\mu} T_0 \left[1 - \left(\frac{P_{cp}}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \right]} & \text{при } \beta > \beta_{кр}; \\ \sqrt{\left[2 \frac{k}{k-1} \frac{R}{\mu} T_0 \right]} & \text{при } \beta \leq \beta_{кр}. \end{cases}$$

Прийняти $P_{cp} = 3,2$ МПа.

4. Визначити кількість теплоти Q (та супутні величини), яка втрачає плоска поверхня $l = 2$ м, $a = 1,5$ м, $t_{ног} = 120$ °С, якщо її повздовж обтікає потік повітря, зі швидкістю V та температурою

$t_{новим}=20$ °С. Фізичні параметри повітря: $\nu = 15,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$,

$\lambda = 0,0259 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr = 0,703$. Формули:

$$Q = \alpha(t_{нов} - t_{новим})S; \quad S = 2la; \quad \alpha = Nu \frac{\lambda}{l}; \quad Re = \frac{Vl}{\nu};$$

$$Nu = \begin{cases} 0,67 Re^{\frac{1}{2}} Pr^{\frac{1}{3}}, & Re < 5 \cdot 10^3; \\ 0,032 Re^{0,8}, & Re > 5 \cdot 10^5. \end{cases} \quad \text{Взяти: } \nu = 3,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

5. Визначити величину теплового потоку q від труби діаметром $d=0,012$ м до повітря, якщо труба має температуру $t_c=85$ °С. Повітря має середню температуру $t_n=20$ °С, рухається зі швидкістю $W=1,2$ $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ та характеризується наступними

теплофізичними величинами: $\nu_m=13,09 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$, $\lambda_m=2,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Використані формули: $q=\alpha(t_c - t_m)\pi d$; $\alpha=0,22 Re^{0,6} \frac{\lambda_m}{d} \varepsilon$; $Re=\frac{Wd}{\nu_m}$.

Прийняти в залежності від кута атаки потоку повітря φ :

$$\varepsilon = \begin{cases} 1, & \varphi = 90^0; \\ 0,89, & \varphi = 60^0; \\ 0,6, & 60^0 > \varphi \geq 30^0. \end{cases}$$

6. Визначити кількість теплоти Q (та супутні величини), яка втрачає плоска поверхня $b=0,65$ м, $l=1,1$ м, $t_{нов}=100$ °С, якщо її повздовж обтікає потік повітря, зі швидкістю W та температурою $t_{новим}=12$ °С. Фізичні параметри повітря: $\nu = 16,01 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$,

$\lambda = 0,0255 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr = 0,701$. Формули:

$$Q = \alpha(t_{нов} - t_{новим})S; \quad S = 2la; \quad \alpha = Nu \frac{\lambda}{l}; \quad Re = \frac{Wb}{\nu};$$

$$Nu = \begin{cases} 0,66 Re^{\frac{1}{2}} Pr^{\frac{1}{3}}, & Re \leq 5 \cdot 10^3; \\ 0,032 Re^{0,8}, & Re > 5 \cdot 10^5. \end{cases} \quad \text{Взяти: } W = 3,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

7. Потік повітря обтікає крило літака із швидкістю $V = 4$ $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Визначити кількість теплоти Q (та супутні величини), яку втрачає поверхня крила $l=2$ м, $a=1,5$ м, $t_{нов}=120$ °С. Температура повітря

$t_{новим}=8$ °С. Фізичні параметри повітря: $\nu = 15,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$,

$\lambda = 0,029 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr = 0,7$. Формули:

$$Q = \alpha(t_{нов} - t_{новим})S; \quad S = 2la; \quad \alpha = Nu \frac{\lambda}{l}; \quad Re = \frac{Vl}{\nu};$$

$$Nu = \begin{cases} 0,67 Re^{\frac{1}{2}} Pr^{\frac{1}{3}}, & Re < 5 \cdot 10^3; \\ 0,032 Re^{0,8}, & Re > 5 \cdot 10^5. \end{cases}$$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ЦИКЛІЧНІ ПРОЦЕСИ. ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИКЛІВ ЗАДОПОМОГОЮ ОПЕРАТОРІВ IF ТА DO.

Мета роботи – навчитись розробляти програми інженерних розрахунків застосовуючи циклічні обчислювальні процеси, виводити результати обчислень у вигляді таблиць.

Контрольні питання.

1. У яких випадках застосовуються циклічні обчислювальні процеси?
2. За допомогою яких блоків можливо відобразити циклічний обчислювальний процес?
3. Оператори, що використовуються для організації циклів.
4. Правила використання оператора циклу.
5. Поняття масиву даних. Розмірність масиву. Оператори оголошення масиву. Дії над масивами, елементами та індексами елементів масивів.

ЗАУВАЖЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Студент спочатку повинен розібрати приклад, вміти пояснити їх елементи, реалізувати їх на ПЕОМ, виправити помилки та добитися вірних результатів їх роботи. Після цього він допускається до виконання лабораторної роботи і отримує індивідуальне завдання до самостійного виконання. Згідно завдання розробляється два варіанта програмного забезпечення: 1) організація циклів за допомогою умовних операторів управління, 2) організація циклів за допомогою оператора циклу DO.

Приклад 1. Знайти розподіл напружень і переміщень у диску, що виникають під дією відцентрових сил. Внутрішній радіус диска

$a=0,1$ м., зовнішній $b=0,3$ м, швидкість обертання $\omega=251,2$ рад/с. Диск виготовлений зі сталі $\mu=0,3$; $T=7,65 \cdot 10^3$ Н/м³, $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, $g=9,81$ м/с². Обчислення виконати з кроком $\Delta r=0,01$ м. У програмі використовувати оператор ІФ. Напруження в дисках, що обертаються (σ_r - радіальні, σ_τ - тангенційні) і переміщення U визначаються за допомогою виразів:

$$\sigma_r = \frac{3 + \mu}{8(1 - \mu^2)} EN(a^2 + b^2 - r^2 - \frac{a^2 b^2}{r^2});$$

$$\sigma_\tau = \frac{3 + \mu}{8(1 - \mu^2)} EN(a^2 + b^2 - \frac{1 + 3\mu}{3 + \mu} r^2 + \frac{a^2 b^2}{r^2});$$

$$U = \frac{Nr}{8} \left[\frac{3 + \mu}{1 + \mu} (a^2 + b^2) + \frac{3 + \mu}{1 - \mu} \frac{a^2 b^2}{r^2} r^2 \right], \text{ де } N = (1 - \mu^2) \gamma \omega^2 \frac{1}{gE}.$$

Таблиця 4.1. Таблиця відповідності ідентифікаторів

№	За текстом	У програмі	Числове значення	Одиниця вимірювання	Тип
1	a	A	0,1	м	Real
2	b	B	0,3	м	Real
3	ω	W	251,2	рад/с	Real
4	μ	AM	0,3		Real
5	γ	GAMM A	$7,65 \cdot 10^4$	Н/м ³	Real
6	E	E	$2 \cdot 10^5$	Па	Real
7	g	G	9,81	М/с ²	Real
8	Δr	DR	0,01	м	Real
9	N	AN	Обчислюється		Real
10	r	R	Також	м	Real
11	σ_r	SIR	Також	Па	Real
12	σ_τ	SITAU	Також	Па	Real
13	U	U	Також	м	Real

Блок-схему програми наведено на рис. 4.1.

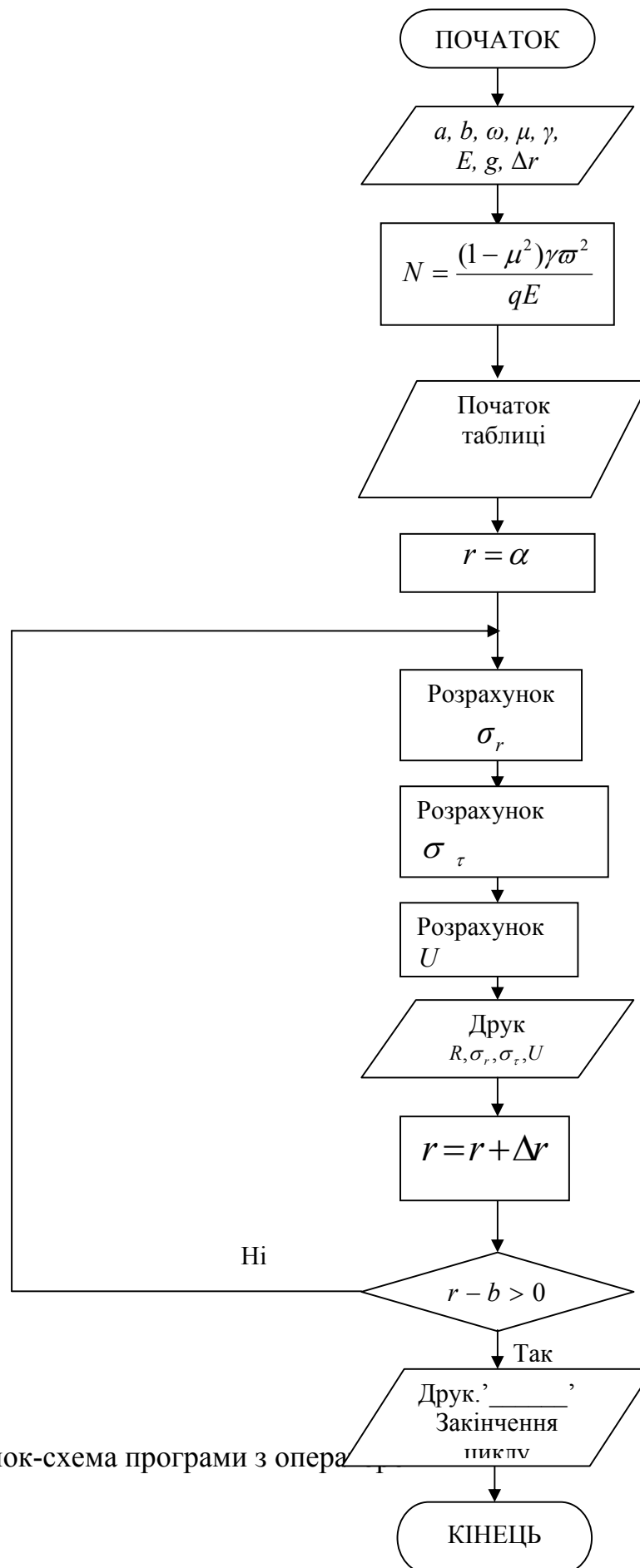


Рис. 4.1. Блок-схема програми з опера

```

Текст програми з використанням оператора IF
IMPLICIT NONE
REAL A,B,AM,W,GAMMA,E,G,DR
REAL AN, R, SITAU, S1, S2, U, SIR
! ВИХІДНІ ДАНІ
DATA A,B,AM,W,GAMMA,E,G,DR /.1,.3,.3,
251.2,7.65E4,2.E5,9.81,.01/
! ШАПКА ТАБЛИЦІ
WRITE(*,*)' R,(M) SIR,(PA) SITAU(PA) U(M)'
! ПОПЕРЕДНІ РОЗРАХУНКИ, ЩО НЕ ПОТРЕБУЮТЬ ЦИКЛУ
AN=(1.-(AM**2))*GAMMA*(W**2)/(G*E)
R=A ! ПОЧАТКОВЕ ЗНАЧЕННЯ
!МЕТКА ПОВЕРНЕННЯ
100 CONTINUE
!РОЗРАХУНКОВІ ФОРМУЛИ
SITAU=(3.+AM)/(8.*(1.-(AM**2)))*E*AN*((A**2)+(B**2)-&
(1+(3.*AM))*(R**2)/(3.+AM)+(A**2)*(B**2)/(R**2))
SIR=(3.+AM)/(8.*(1.-(AM**2)))*E*AN*((A**2)+(B**2)-
& (R**2)-((A*B)**2)/(R**2))
S1=(3.+AM)*((A**2)+(B**2))/(1.+AM)
S2=(3.+AM)*(A**2)*(B**2)/(1.-AM)
U=(AN*R/8.)*(S1+S2)
! РЕЗУЛЬТАТИ:
WRITE(*,*) R,SIR,SITAU,U
! НАСТУПНИЙ КРОК ЗА РАДІУСОМ
R=R+DR
! ПЕРЕВІРКА УМОВИ ЗАКІНЧЕННЯ ЦИКЛУ
IF(R-.3)100,100,200
! МЕТКА ЗАКІНЧЕННЯ ЦИКЛУ
200 WRITE(*,*)'

```

```

STOP
END

```

Приклад 2. Обчислити значення питомого теплового потоку та коефіцієнт тепловіддачі α при випромінюванні у випадку нагрівання сталевий заготовки в муфельній печі в залежності від температури заготовки. Відношення площі поверхні печі до площі поверхні заготовки $\frac{F_1}{F_2} = 5$. Температура поверхні печі $T_1 = 1273$ К, для температури T_2 заготовки прийняти значення: від 313 до, 1073 К с

кроком 1 градус; $C_0=5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$, $\varepsilon_1=0,3$; $\varepsilon_2=0,8$. При розрахунках використовувати оператор DO. Формули для розрахунків:

$$q = \frac{C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{200} \right)^4 \right]}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}; \quad \alpha = \frac{q}{T_1 - T_2}.$$

Таблиця 4.2. Таблиця відповідності ідентифікаторів

За текстом	У програмі	Числове значення	Одиниця вимірювання	Тип
T_1	T1	1273	К	Real
T_2	T2	313...1073	К	Real
F_1/F_2	F12	5		Real
C_0	C0	5,67	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$	Real
ε_1	E1	0,3		Real
ε_2	E2	0,8		Real
q	Q	Обчислюється	$\text{Вт}/\text{м}^2$	Real
α	ALFA	Також	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Real

Текст програми з використанням оператора DO.

```

PROGRAM Lab42
IMPLICIT NONE
REAL T1,F12,E1,E2,C0,T2, S, ALFA, Q
С ВИХІДНІ ДАНІ
DATA T1,F12,E1,E2,C0 /1273.,5.,3.,8,5.67/
С ШАПКА ТАБЛИЦІ
WRITE(*,*)' TEMPERATURA  ТЕПЛ.ПОТОК  ALFA'
С ПОПЕРЕДНІ РОЗРАХУНКИ, ЩО НЕ ПОТРЕБУЮТЬ
ЦИКЛУ
S=(1./E1)+(F12*(1./E2-1.))
С ЦИКЛ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ
DO T2=313., 1073., 1.
Q=C0*(((T1/100.)**4.)-((T2/100.)**4.))/S
ALFA=Q/(T1-T2)
С РЕЗУЛЬТАТ НА ЕКРАН
WRITE(*,*)T2,Q,ALFA
С ЗАКІНЧЕННЯ ЦИКЛУ
END DO
WRITE(*,*)' _____ '
STOP
END PROGRAM Lab42

```

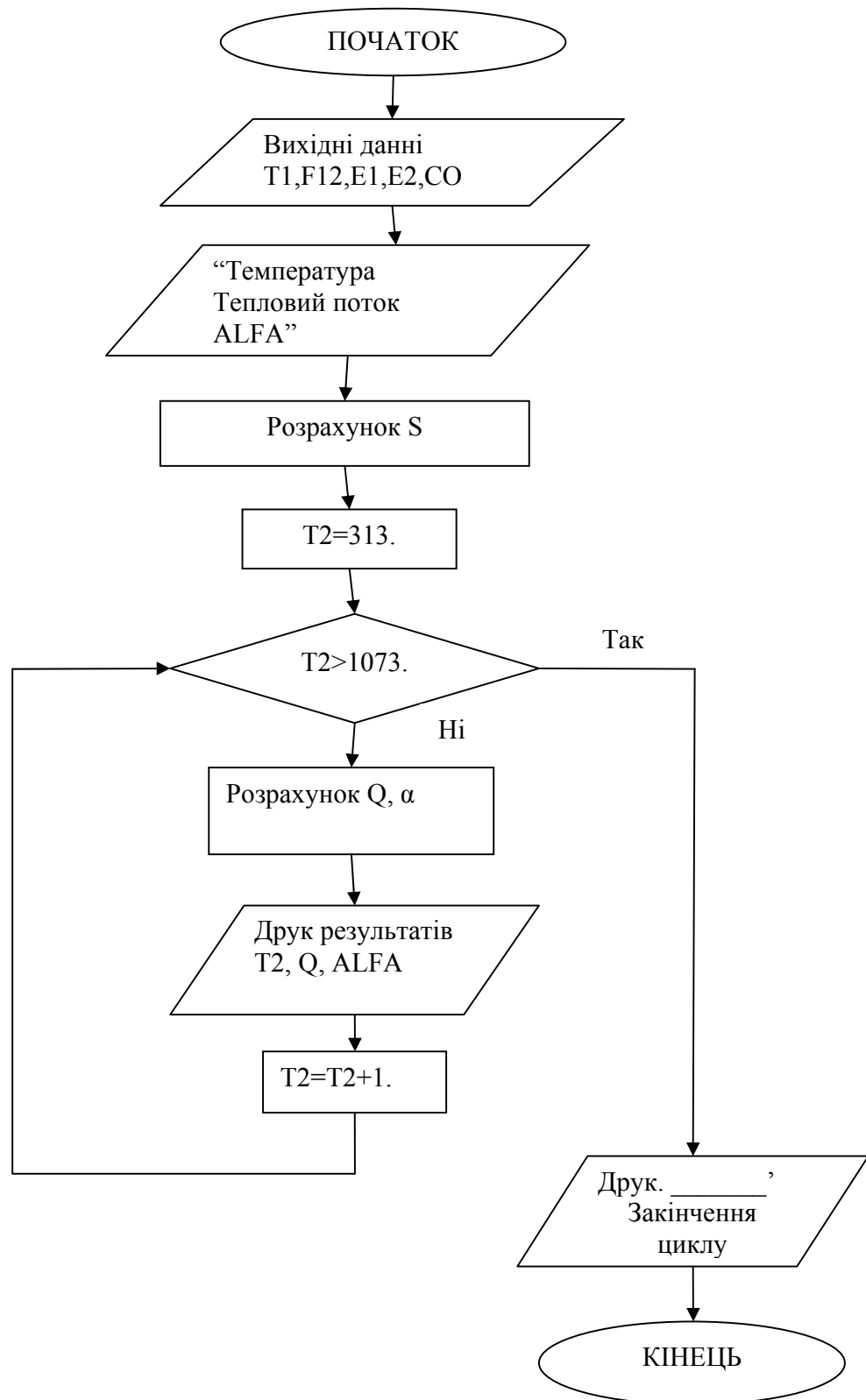


Рис. 4.2 . Блок-схема програми з використанням оператора DO

Індивідуальні завдання до лабораторної та самостійної роботи

1. Визначити значення місцевого коефіцієнта тепловіддачі α і товщину прикордонного слою δ для координат x : а) від 0,01 м до 1,7 м з кроком 0,01 м; для пластини $l=1$ м в турбулентному повздовжньому потоці повітря $V=78$ м/с. Фізичні константи:

$$\nu = 14,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}, \quad \lambda = 2,5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}. \quad \text{Формули:}$$

$$\delta = 0,37 \cdot x \cdot \text{Re}^{-0,2}; \quad \text{Nu} = 2,55 \cdot 10^{-2} \text{Re}^{0,8}; \quad \alpha = \text{Nu} \cdot \frac{\lambda}{x}; \quad \text{Re} = \frac{V}{\nu}.$$

2. Визначити напруження σ_r і σ_T та переміщення u у товстостінному циліндрі $r_1=0,12$ м, $r_2=0,28$ м під дією внутрішнього $p_1=180$ МПа та зовнішнього $p_2=12$ МПа тиску. Модуль пружності та коефіцієнт Пуассона: $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu = 0,3$. Розрахункові формули:

$$\sigma_r = \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{(p_1 - p_2) \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{R^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)},$$

$$\sigma_T = \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 + r_1^2} + \frac{(p_1 - p_2) \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{R^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)},$$

$$u = \frac{1 - \mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{1 + \mu}{E} \cdot \frac{(p_1 - p_2) \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{R^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)}.$$

Роздрукувати σ_T , σ_r , u , R з кроком по радіусу $\Delta R=0,01$.

3. Термокамера має піношамотні стінки, товщиною $\delta=0,35$ м. Температура внутрішньої поверхні стінок $t_{c1}=1000$ °С, зовнішньої $t_{c2}=60$ °С. Теплопровідність $\lambda_0 = 0,92 \frac{\text{Вт}}{\text{М} \cdot \text{К}}$. Визначити температуру T^*

стінки та супутні величини на глибині x від 0,1 м до 0,35 м з кроком 0,001 м. Формули:

$$T = \sqrt{\left(\frac{1}{\beta} + t_{c1}\right)^2 - \frac{2 \cdot g x}{\lambda_0 \cdot \beta} - \frac{1}{\beta}}; \quad g = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{c1} - t_{c2}); \quad \lambda = \lambda_0 \left(1 + \beta \cdot \frac{t_{c1} + t_{c2}}{2}\right);$$

$$T^* = t_{c1} - \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\delta} \cdot x; \quad \beta = \frac{1}{273 + t_{c1}}; \quad \Delta T = T - T^*.$$

Роздрукувати таблицю : $x, \Delta T, T, T^*$.

4. Перегородка трубопроводу радіусом $a=0,36$ м та товщиною $k=0,03$ м знаходяться під дією тиску $p=0,28$ МПа ацетилену. Визначити напруження δ_r, δ_t , а також прогин перегородки W , якщо вона зроблена з сталі ($E=2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu=0,31$) з кроком по радіусу $\Delta r = 0,005$. Формули:

$$\delta_r = \frac{6 \cdot p}{16 \cdot k^2} \cdot [a^2(1 + \mu) - r^2(3 + \mu)]; \quad \delta_\tau = \frac{6 \cdot p}{16 \cdot k^2} \cdot [a^2(1 + \mu) - r^2(1 + 3\mu)];$$

$$W = \frac{P}{64R} (a^2 - r^2)^3; \quad R = \frac{Ek^3}{12(1 - \mu)}.$$

5. З резервуару, з температурою $T_0 = 380$ К та під тиском $P_0 = 5$ МПа, через конфузорне сопло витікає кисень у середовище з тиском $P = 1 \dots 4,8$ МПа. Коефіцієнт адиабати $K = 1,4$; $R = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; $\mu = 32$. Визначити швидкість витікання кисню V в залежності від P з кроком $0,5$ МПа. Формула:

$$V = \sqrt{2 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{R}{\mu} \cdot T_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}.$$

6. Подвійна термостінка виготовлена з магнетитохроміта ($\lambda_1 = 4,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$) товщиною δ_1 та шамотної лещадки ($\lambda_2 = 0,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$) товщиною $\delta = 0,06$ м. Температура однієї з сторін стінки $t_{\text{гор}} = 1400$ °С, другої $t_{\text{хол}} = 22$ °С. Коефіцієнти тепловіддачі від стінки $\alpha_1 = 31 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Тепловий потік крізь стінку $\theta = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Визначити температуру поверхонь стінок t_1, t_2, t_3 в залежності від товщини слою $\delta = 0,3 \dots 0,05$ м з кроком $0,05$ м. Формули: $\alpha_1 = \frac{1}{\beta}$; $t_1 = t_{\text{гор}} - \frac{\theta}{\alpha_1}$;

$$t_3 = t_2 - \theta \frac{\lambda_2}{\delta_2}; \quad t_2 = t_1 - \theta \frac{\lambda_1}{\delta_1}; \quad \beta = \frac{t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}}{\theta} - \frac{\delta_1}{\alpha_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}.$$

7. По трубопроводу рухається вода зі швидкістю $g = 0,28$ м/с. Температура стінок трубопроводу $t_c = 62$ °С. Довжина трубопроводу $l = 2,2$ м. Температура води на вході $t_{\text{вх}} = 12$ °С, на виході $t_{\text{вих}} = 30$ °С. Визначити коефіцієнт тепловіддачі α , якщо діаметр трубопроводу d , а також величину теплового потоку Q в залежності від діаметру d , якщо діапазон його зміни складає від $0,005$ м до $0,03$ м з кроком $0,0025$ м. Фізичні коефіцієнти: $\nu_{\text{жс}} = 1,16 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $C_p = 4,17 \cdot 10^{-3}$ Дж/(кг·К); $\lambda_{\text{жс}} = 0,63$ Вт/(м·К); $\rho_{\text{жс}} = 998,6$ кг/м³; $\mu_{\text{жс}} = 1156 \cdot 10^{-6}$ Па·с; $\mu_c = 550,1 \cdot 10^{-6}$ Па·с. Формули: $Q = \alpha [t_c - 0,5(t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}})] \pi d l$;

$$Nu = 1,55 \left(Pe \frac{d}{l} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu_{\text{жс}}}{\mu_c} \right)^{0,14} \cdot \varepsilon; \quad \varepsilon = 0,6 \left(\frac{1}{Re} \frac{l}{d} \right)^{-1/7} \left(1 + 2,5 \frac{1}{Re} \frac{l}{d} \right);$$

$$G = \rho_{ж} g \frac{\pi d^2}{4}; \quad Re = \frac{gd}{\nu_{ж}}; \quad \alpha = Nu \frac{\lambda_{ж}}{d}; \quad Pe \frac{d}{l} = \frac{4G C_p}{\pi l \lambda_{ж}}.$$

8. Компресор зжимає газ, об'ємом V від $P_1=2,56$ кг/см² до $P_2=17$ кг/см². Початкова температура газу $t_1=8$ °С; КПД компресора $\eta = 0,72$. Теплофізичні константи: $k=1,3$; $R=489,2$ Дж/(кг·К); $\gamma = 0,761$ кг/м³. Визначити потужність N (Вт) що споживається компресором у залежності від об'єму газу V , при його зміні від 100 до 500 м³/год з кроком 10 м³/год, а також теоретичну роботу L (Дж/кг). Формули:

$$N = \frac{GL}{3600\eta 10^3}; \quad G = V\gamma; \quad L = \frac{k}{k-1} R t_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right].$$

9. Теплоізоляція стінки печі виконана з волокнистого матеріалу товщиною $\delta_2 = 0,11$ м, а саме стінка – з вогнетриву товщиною $\delta_1=0,2$ м. Температура термоізоляції усередині печі $T_{гор}=1400$ °С, навколишнього середовища зовні печі $T_{о.с}=28$ °С, коефіцієнт тепловіддачі у навколишнє середовище $\alpha=48$ Вт/(м²·К). Визначити величину теплового потоку при наявності термоізоляції за формулою $q = \frac{T_1 - T_{о.с}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}}$, коефіцієнти теплопровідності: $\lambda_1 = 5$ Вт/(м·К); $\lambda_2 = (0,02 \dots 0,5)$ Вт/(м·К) з кроком 0,2 Вт/(м·К). Визначити також температуру на зовнішній поверхні стінки $T_{хол}$ і температуру на границі вогнетрив-термоізоляція $T_{гран}$. Формули:

$$T_{гран} = T_{гор} - q \frac{\delta_1}{\lambda_1}; \quad T_{хол} = T_{о.с} + \frac{q}{\alpha}.$$

10. У кристалізаторі безперервної дії відбувається кристалізація водного розчину NaNO_3 . Визначити кількість кристалів $G_{кр}$, величину теплового потоку q (та супутні величини), який відводиться з теплообмінної поверхні площею $S=1,3$ м² при охолодженні розчину від $t_1=93$ °С до $t_2=41$ °С, який вміщує $m_1=16,2$ моль NaNO_3 на $V=1000$ г води, з урахуванням випаровування $k=4\%$ вихідної кількості розчину. Концентрація насиченого розчину при 41 °С складає $m_2=12,6$ моль на $V=1000$ г води. Маса NaNO_3 $\mu = 8,52$ кг/моль; питома теплота кристалізації $q_{yd}=2,11 \cdot 10^5$ Дж/моль; питома теплоємність твердої солі $C_p=2472$ Дж/(кг·К); питома теплота пароутворення води $r=2,345 \cdot 10^5$ Дж/кг; $\chi_{пр}=1$. Протабулювати залежність при $G=(4 \cdot 10^3 \dots 7 \cdot 10^3)$ кг/ч з кроком 100 кг/ч

$$\text{Формули: } G_{np} = \frac{G(\chi_2 - \chi_1) - W\chi_1}{\chi_2 - \chi_{np}}; \quad W = Gk \frac{1}{100};$$

$$q = \frac{GC_p}{S}(t_1 - t_2) + G_{np} a_{yo} \frac{1}{S} - \frac{W r}{S}; \quad \chi_1 = \frac{m_1 \mu}{V + m_1 \mu}; \quad \chi_2 = \frac{m_2 \mu}{V + m_2 \mu}.$$

11. У насадочному адсорбері відбувається поглинання двооксиду сірки з інертного газу під атмосферним тиском. Адсорбер наповнений адсорбентом $G=48 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $V_{cs}=0,55 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Визначити коефіцієнт масопередачі β та супутні величини, якщо швидкість проходження газів крізь адсорбер $W=(0,06; 0,1; 0,12; 0,14; 0,17; 0,19; 0,21; 0,24; 0,25) \text{ м/с}$. Газова фаза має наступні властивості: $\rho=1,12 \text{ кг/м}^3$; $\mu=0,172 \text{ Па}\cdot\text{с}$; $D=11,47\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Формули:

$$\beta = Nu \frac{D}{d}; \quad d = 4V_{cs} \frac{1}{G}; \quad Nu = 0,407 Re^{0,655} Pr^{0,33}; \quad Pr = \frac{\mu}{\rho D}; \quad Re = 4 \frac{W\rho}{G\mu}.$$

Виконати розрахунки за умови $W=0,2 \text{ м/с}$, якщо G змінюється від 40 до $66,5 \text{ м}^2/\text{м}^3$, з кроком $0,1 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

12. Визначити діаметр ректифікаційної колони D (м) з ковпачковими тарілками, відстань між якими $H=320 \text{ мм}$, якщо густина пари $\rho_0=1,3 \text{ кг/м}^3$, тиск $p_0=1,04 \text{ кг/см}^2$, густина рідини $\rho_p=420 \text{ кг/м}^3$, абсолютному тиску у колоні $p=1,3 \text{ кг/см}^2$, середній температурі $T=235 \text{ К}$. Крізь колону прокачується $l_0=1420,8 \text{ м}^3/\text{год}$ пари. Протабулювати залежність $D=f(p)$ при $p=0,1\dots 2 \text{ м}^3/\text{год}$ з кроком $0,1 \text{ м}^3/\text{год}$. Формули :

$$\rho_n = \frac{\rho_0 \cdot T_0 \cdot p}{T \cdot p_0}; \quad V = \frac{l_0 \cdot T \cdot p_0}{T_0 \cdot p \cdot 3600}; \quad \omega = l \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_0}}; \quad S = \frac{V}{\omega}; \quad D = \sqrt{\frac{S}{0,785}}; \quad l = 0,0315;$$

$$T_0 = 237 \text{ К}.$$

$$13. \quad \text{Надано залежності: } G = \frac{V \cdot \tau \cdot l_0}{d_1 - d_2}; \quad H = \frac{G}{\rho_{nac} \cdot 0,785 \cdot D^2};$$

$D = \sqrt{\frac{V}{3600 \cdot 0,785 \cdot \omega}}$; за якими визначають кількість активного вугілля (м^3), висоту його слою (м), і діаметр (м) адсорбера періодичної дії для очищення бензино-повітряної суміші від випаровувань бензину. Початкова концентрація бензину $l_0=0,028 \text{ кг/м}^3$, динамічна активність вугілля по бензину $d_1=7,2 \text{ \% мас.}$, кінцева активність після десорбції $d_2=0,78 \text{ \%}$, насипна густина вугілля $\rho_{nac}=500 \text{ кг/м}^3$. Тривалість десорбції, сушки та охолодження адсорбенту складає $\tau=1,33 \text{ год}$. Виконати розрахунки для умов витрати $V=2500 \text{ м}^3/\text{г}$; швидкість $\omega=0,1\dots 1,1 \text{ м/с}$ з кроком $0,05 \text{ м/с}$.

14. Кришка апарата радіусом $a=0,33$ м та товщиною $k=0,02$ м знаходяться під дією тиску $p=0,15$ МПа. Визначити напруження N_r, N_τ , а також прогин перегородки I , якщо вона зроблена з сталі ($E=2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu=0,31$) з кроком по радіусу $\Delta r = 0,005$ м. Формули:

$$N_r = \frac{6 \cdot p}{16 \cdot k^2} \cdot [a^2(1 + \mu) - r^2(3 + \mu)] \quad ;$$

$$N_\tau = \frac{6 \cdot p}{16 \cdot k^2} \cdot [a^2(1 + \mu) - r^2(1 + 3\mu)];$$

$$I = \frac{P}{64R}(a^2 - r^2)^3; \quad R = \frac{Ek^3}{12(1 - \mu)}.$$

15. Надані формули для розрахунку напруження σ_r і σ_τ та переміщення u у сталевому балоні:

$$\sigma_r = \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{(p_1 - p_2) \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{R^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)};$$

$$\sigma_\tau = \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 + r_1^2} + \frac{(p_1 - p_2) \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{R^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)};$$

$$u = \frac{1 - \mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{1 + \mu}{E} \cdot \frac{(p_1 - p_2) \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{R^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)}.$$

Розміри балону: $r_1=0,21$ м, $r_2=0,44$ м. Тиск у балоні $p_1=162$ МПа, та ззовні $p_2=32$ МПа. Модуль пружності та коефіцієнт Пуассона для сталі: $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu = 0,3$.

Роздрукувати σ_τ , σ_r , u , R з кроком по радіусу $\Delta R=0,01$ м.

16. Визначити зміщення серединної лінії стінки сталеві труби $r_{\text{вн}}=0,2$ м, $r_{\text{зов}}=0,32$ м та супутні величини. Коефіцієнт Пуассона сталі $\mu=0,3$; модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа; $n=2$. Розрахункова формула:

$$U = \frac{1 - \mu}{E} \frac{r_{\text{вн}}^n P_{\text{вн}} - r_{\text{зов}}^n P_{\text{зов}}}{r_{\text{зов}}^n - r_{\text{вн}}^n} r_{\text{сер}} + \frac{1 + \mu}{E} \frac{r_{\text{вн}}^n r_{\text{зов}}^n (P_{\text{зов}} - P_{\text{вн}})}{(r_{\text{зов}}^n - r_{\text{вн}}^n) r_{\text{сер}}}, \quad \text{де}$$

$$r_{\text{сер}} = \frac{r_{\text{вн}} + r_{\text{зов}}}{2}.$$

Розрахунок виконати для навантаження тиском $P_{\text{вн}}=123$ МПа, $P_{\text{зов}}=1 \dots 23,3$ МПа з кроком $0,01$ МПа.

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.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторна робота № 1. Робота з системою програмування MSDev (FSP 4).....	6
Лабораторна робота № 2. Операції вводу та виводу, обчислення арифметичних виразів	7
Лабораторна робота № 3. Умовні оператори управління, оператор безумовного переходу	13
Лабораторна робота № 4. Циклічні процеси. Організація циклів за допомогою операторів IF та DO	21
Список рекомендованої літератури	32