

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ТА САМОСТІЙНОЇ
РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ „ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ” ДЛЯ СТУДЕНТІВ III – IV КУРСІВ
ДЕННОЇ, ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП’ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи з дисципліни „Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів” для студентів III – IV курсів денної, заочної та дистанційної форми навчання спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»/ Укл. О.В. Тітова, О.Ф. Шуть, Н.О. Мінакова. - Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2016. - 50 с.

Укладачі: О.В. Тітова, к.т.н.,
О.Ф. Шуть,
Н.О. Мінакова, к.т.н.

Відповідальний за випуск: О.П. Мисов, к.т.н.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи з дисципліни „Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів” для студентів III – IV курсів денної, заочної та дистанційної форми навчання спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Укладачі: Тітова Олена Василівна,
Шуть Олександр Феліксович,
Мінакова Наталія Олександрівна.

Редактор Л.М. Тонкошкур
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку . Формат 60x80^{1/16}. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Умовно - друк. арк. 2.19.

Облік. - видав. арк. . Тираж 50 прим. Зам. № _____.
Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000 р.

ДВНЗ «УДХТУ», 49005, Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.
Дільниця оперативної поліграфії ІмКомЦентру

ВСТУП

Метою лабораторних занять з курсу "Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів" є закріплення теоретичних знань та набуття практичних навичок обробки експериментальних даних, а також здійснення параметричної ідентифікації математичних моделей об'єктів керування.

Основна увага лабораторних занять привернута до вивчення методу найменших квадратів, який найбільш широко застосовується при обробці експериментально-статистичних даних з метою отримання рівнянь регресії, які в подальшому можуть бути використані при створенні автоматичних систем оптимального керування.

Експериментально-статистичні методи математичного моделювання широко використовуються для отримання достатньо точних моделей в області змінювання технологічних параметрів в межах вибраних інтервалів. Це в найбільшій мірі відповідає таким задачам, котрі необхідно виконувати при проведенні робіт з попередньої алгоритмізації технологічних процесів.

Метод математичного моделювання за короткий час знайшов широке застосування в дослідженнях та розрахунках хіміко-технологічних процесів. Якщо відомі математичні моделі є якісними та достатньо високоточними, то можна успішно вирішувати задачі оптимізації технологічних процесів та керування ними. Тому набуття практичних навичок використання основних методів ідентифікації рівнянь математичних моделей є основною метою цього курсу. Фахівцям з автоматизації технологічних процесів ці навички стануть в нагоді в їх практичній роботі на виробництві або в науково-дослідних установах.

Кожне завдання, яке має виконати студент, є індивідуальним і його потрібно буде виконувати самостійно. Всі лабораторні завдання супроводжуються теоретичними основами з того питання, яке розглядається в цьому завданні. Тому перед виконанням кожного завдання необхідно спочатку вивчити його теоретичні основи.

Кожне завдання має варіанти, які складаються з двох або трьох серій, позначених буквами: А, Б і В.

Для групи студентів з меншим номером призначається серія А, а з більшим номером – серія Б.

Номер варіанта завдання вибирають за номером студента в списку групи учбового журналу.

Розрахунки при виконанні завдань 1-4 необхідно представляти у вигляді таблиць з використанням пакету програм EXCEL. Порядок розрахунку необхідно пояснювати, у формули підставляти числові значення і представляти кінцевий результат розрахунку. З усіх незрозумілих питань звертатись за допомогою до викладача, який проводить лабораторні заняття.

Лабораторна робота № 1

Завдання №1. Зробити обробку експериментальних даних методом найменших квадратів і одержати рівняння регресії від однієї змінної.

Теоретичні основи

У загальному випадку, регресія – це наближена залежність між двома випадковими залежними змінними.

Рівняння регресії не несе необхідної інформації з точки зору дослідження механізму процесу, його фізико-хімічної сутності. Однак воно дуже коштовне для рішення екстремальних задач: визначення оптимального технологічного режиму, здійснення оптимального керування і т.д.

Рівняння регресії має вигляд: $y=f(x_j)$, коефіцієнти якого потрібно визначити, щоб воно найбільш точно описувало експериментальні дані. Найкраще рівняння регресії дає та функція, для якої дотримується умова:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

y_i – експериментальне значення;

\hat{y}_i – розраховане значення за рівнянням регресії;

N – число дослідів.

Задача зводиться до визначення мінімуму функції багатьох змінних.

Умовою мінімуму функції Φ буде, рівність нулевій всіх частинних похідних по обумовлених коефіцієнтах:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = 0 ; \frac{\partial \Phi}{\partial b_1} = 0 ; \dots ; \frac{\partial \Phi}{\partial b_k} = 0 \quad (2)$$

Розглянемо на прикладі визначення коефіцієнтів лінійного рівняння регресії.

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x - \text{рівняння регресії,}$$

b_0, b_1 – шукані коефіцієнти.

Складемо функцію, яку треба мінімізувати:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N ((b_0 + b_1 \cdot x) - y_i)^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Визначимо частинні похідні за коефіцієнтами b_0 та b_1 :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = 2 \sum_{i=1}^N \left[(b_0 + b_1 x) - y_i \right] \frac{\partial (b_0 + b_1 x)}{\partial b_0} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_1} = 2 \sum_{i=1}^N \left[(b_0 + b_1 x) - y_i \right] \frac{\partial (b_0 + b_1 x)}{\partial b_1} = 0$$

$$\frac{\partial (b_0 + b_1 x)}{\partial b_0} = 1 ; \quad \frac{\partial (b_0 + b_1 x)}{\partial b_1} = x \quad (5)$$

Після підстановки значень (5) у рівняння (4) та розкриття дужок отримаємо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N b_0 + b_1 \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_i + b_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 = \sum_{i=1}^N y_i \cdot x_i \end{cases} \quad (6)$$

Зробимо заміну додавання множенням:

$$\sum_{i=1}^N b_0 = b_0 \cdot N$$

$$\begin{cases} b_0 N + b_1 \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_i + b_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 = \sum_{i=1}^N y_i \cdot x_i \end{cases} \quad (7)$$

Вирішимо дану систему матричним методом:

$$\Delta = \begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix} = N \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad (8)$$

$$\Delta b_0 = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N y_i & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N y_i x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix} = \sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N y_i x_i \quad (9)$$

$$\Delta b_1 = \begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N y_i x_i \end{vmatrix} = N \cdot \sum_{i=1}^N y_i \cdot x_i - \sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad (10)$$

Визначимо коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{\Delta b_0}{\Delta}; \quad b_1 = \frac{\Delta b_1}{\Delta}. \quad (11)$$

Для оцінки сили лінійного зв'язку рівняння регресії обчислимо коефіцієнт парної кореляції:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) \cdot (x_i - \bar{x})}{(N-1)S_y S_x} \quad \text{або} \quad r_{xy} = \sqrt{1 - \frac{(N-L)S_{ocm}^2}{(N-1)S_y^2}}, \quad r_{xy} < 1, \quad (12)$$

де $L=2$ – число коефіцієнтів у рівнянні регресії;

S_y^2, S_x^2 - дисперсія величин y та x .

Дисперсії визначають за формулами:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N-1};$$

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1} \quad (13)$$

$$S_{зал}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-L}. \quad (14)$$

Коефіцієнт парної кореляції можна розрахувати за формулою, яка отримана шляхом перетворення формули (12):

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i) \cdot (x_i - \bar{x}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}} \quad (15)$$

(Дані до лаб. роб. 1, дивись додаток 1).

Завдання №2. Зробити обробку експериментальних даних методом найменших квадратів і одержати рівняння регресії другого порядку.

Теоретичні основи

Необхідно отримати рівняння регресії другого порядку наступного виду:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 \quad (16)$$

b_0, b_1, b_2 - шукані коефіцієнти.

Складаємо функцію:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N ((b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2) - y_i)^2 \rightarrow \min \quad (17)$$

Умовою мінімуму функції Φ буде, рівність нулеві всіх частинних похідних по обумовлених коефіцієнтах:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = 0 ; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial b_1} = 0 ; \quad \dots ; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial b_2} = 0 \quad (18)$$

$$2 \sum_{i=1}^N ((b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2) - y_i) \frac{\partial (b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2)}{\partial b_0} = 0 \quad (19)$$

$$2 \sum_{i=1}^N ((b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2) - y_i) \frac{\partial (b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2)}{\partial b_1} = 0 \quad (20)$$

$$2 \sum_{i=1}^N ((b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2) - y_i) \frac{\partial (b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2)}{\partial b_2} = 0 \quad (21)$$

Запишемо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} b_0 \cdot N + b_1 \sum_{i=1}^N x_i + b_2 \sum_{i=1}^N x_i^2 = \sum_{i=1}^N y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_i + b_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 + b_2 \sum_{i=1}^N x_i^3 = \sum_{i=1}^N y_i x_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_i^2 + b_1 \sum_{i=1}^N x_i^3 + b_2 \sum_{i=1}^N x_i^4 = \sum_{i=1}^N y_i x_i^2 \end{cases} \quad (22)$$

Вирішимо систему матричним методом:

$$\Delta = \begin{vmatrix} N; & \sum_{i=1}^N x_i; & \sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i; & \sum_{i=1}^N x_i^2; & \sum_{i=1}^N x_i^3 \\ \sum_{i=1}^N x_i^2; & \sum_{i=1}^N x_i^3; & \sum_{i=1}^N x_i^4 \end{vmatrix}; \quad \Delta b_0 = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N y_i; & \sum_{i=1}^N x_i; & \sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N y_i x_i; & \sum_{i=1}^N x_i^2; & \sum_{i=1}^N x_i^3 \\ \sum_{i=1}^N y_i x_i^2; & \sum_{i=1}^N x_i^3; & \sum_{i=1}^N x_i^4 \end{vmatrix};$$

$$\Delta b_1 = \begin{vmatrix} N; & \sum_{i=1}^N y_i; & \sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i; & \sum_{i=1}^N y_i x_i; & \sum_{i=1}^N x_i^3 \\ \sum_{i=1}^N x_i^2; & \sum_{i=1}^N y_i x_i^2; & \sum_{i=1}^N x_i^4 \end{vmatrix}; \quad \Delta b_2 = \begin{vmatrix} N; & \sum_{i=1}^N x_i; & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i; & \sum_{i=1}^N x_i^2; & \sum_{i=1}^N y_i x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2; & \sum_{i=1}^N x_i^3; & \sum_{i=1}^N y_i x_i^2 \end{vmatrix}$$

$$b_0 = \frac{\Delta b_0}{\Delta}; \quad b_1 = \frac{\Delta b_1}{\Delta}; \quad b_2 = \frac{\Delta b_2}{\Delta}.$$

Визначимо тісноту нелінійного зв'язку (відношення дисперсій):

$$\varepsilon = \frac{\binom{N-L}{}}{\binom{N-1}{}} S_{\text{зал}}^2, \quad (23)$$

де $L = 3$ – число коефіцієнтів в рівнянні регресії.

Визначимо кореляційне відношення:

$$\Theta = \sqrt{1-\varepsilon} < 1. \quad (24)$$

$$\Theta_{yx} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2}{\sum_{i=1}^N \left(y_i - \bar{y} \right)^2}} \quad (25)$$

(Дані до лаб. роб. 1, дивись додаток 1).

Лабораторна робота № 2

Завдання №1. Зробити обробку експериментальних даних методом Брандона та отримати рівняння регресії від двох змінних.

Теоретичні основи

В загальному випадку за методом Брандона рівняння регресії має вигляд:

$$\hat{y} = a \cdot f_1(x_1) \cdot f_2(x_2) \cdots f_j(x_j) \cdots f_k(x_k) \quad (26)$$

або

$$\hat{y} = a \prod_{j=1}^k f_j(x_j), \quad (27)$$

де $f_j(x_j)$ - будь-яка функція змінної X_j ;

a – розрахунковий коефіцієнт.

Коефіцієнт a визначимо, як середнє арифметичне із залишку:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N y_{2i}}{N} . \quad (28)$$

Методом найменших квадратів визначимо коефіцієнти b_{01} та b_{11} рівняння:

$$f_1(x_1) = b_{01} + b_{11} \cdot x_1. \quad (29)$$

Потім складаємо виборку нової величини:

$$y_{1i} = \frac{y_i}{f_1(x_{1i})}, \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (30)$$

N – число дослідів.

Отримана величина y_{1i} вже не залежить від фактору x_1 . Далі методом найменших квадратів визначимо коефіцієнти b_{02} та b_{12} рівняння

$$f_2(x_2) = b_{02} + b_{12} \cdot x_2. \quad (31)$$

Складаємо виборку нової величини:

$$y_{2i} = \frac{y_{1i}}{f_2(x_{2i})} = \frac{y_i}{f_1(x_{1i})f_2(x_{2i})} . \quad (32)$$

В кінцевому результаті рівняння регресії, яке ми маємо знайти має вигляд:

$$\hat{y} = a (b_{01} + b_{11} x_1) (b_{02} + b_{12} x_2) . \quad (33)$$

Для перевірки рівняння регресії на адекватність розрахуємо значення залишкової дисперсії (дисперсії адекватності).

$$S_{зал}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2}{N - L}, \quad (34)$$

де L – число коефіцієнтів в рівнянні регресії.

(Дані до лаб. роб. 2, дивись додаток 2).

Завдання №2. Реалізовано пасивний експеримент . Зробити обробку експериментальних даних та отримати рівняння регресії. Перевірити його на адекватність за F- відношенням.

Теоретичні основи

Якщо необхідно дослідити зв'язок між багатьма факторами, використовують метод множинної кореляції.

Дане рівняння регресії має вигляд:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_k \cdot x_k, \quad (35)$$

де k – кількість змінних факторів.

Нехай початковий статичний матеріал наведений у вигляді:

№	x_1	x_2	x_3	...	x_k	y
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	...	x_{k1}	y_1
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	...	x_{k2}	y_2
3	x_{13}	x_{23}	x_{33}	...	x_{k2}	y_2
...
N	x_{1N}	x_{2N}	x_{3N}	...	x_{kN}	y_N

Необхідно привести початковий матеріал до стандартизованого вигляду, користуючись формулами для перерахунку:

$$x_{ji}^0 = \frac{x_{ji} - \bar{x}_j}{S_{x_j}}; \quad y_i^0 = \frac{y_i - \bar{y}}{S_y}, \quad (36)$$

де S_{x_j} , S_y – середнє квадратичне відхилення СКВ.

Початковий статичний матеріал в стандартизованому вигляді:

№	x_1^0	x_2^0	x_3^0	...	x_k^0	y^0
1	x_{11}^0	x_{21}	x_{31}^0	...	x_{k1}^0	y_1^0
2	x_{12}^0	x_{22}^0	x_{32}^0	...	x_{k2}^0	y_2^0
3	x_{13}^0	x_{23}^0	x_{33}^0	...	x_{k3}^0	y_3^0
...
N	x_{1N}^0	x_{2N}^0	x_{3N}^0	...	x_{kN}^0	y_N^0

Необхідно відзначити, що в новому масштабі:

$$\bar{x}_j^0 = 0; \quad \bar{y}^0 = 0; \quad S_{x_j^0}^2 = 1; \quad S_{y^0}^2 = 1; \quad S_{y^0} = 1; \quad S_{x_j^0} = 1. \quad (37)$$

Використовуючи стандартизовані значення визначимо коефіцієнти кореляції:
а) між вихідними та вхідними параметрами:

$$r_{y^0 x_j^0} = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N y_i^0 x_{ji}^0 \quad (38)$$

б) між вхідними факторами:

$$r_{x_u x_j} = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N x_{ui}^0 x_{ji}^0 \quad (39)$$

Рівняння регресії у стандартизованому виді має вигляд:

$$\hat{y}^0 = a_1 x_1^0 + a_2 x_2^0 + \dots + a_k x_k^0 \quad (40)$$

Це рівняння не має вільного члену, тому що $a_0=0$

Коефіцієнти цього рівняння знаходимо за методом найменших квадратів (викладений в завданні 1).

Складемо функцію:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N ((a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0) - y_i^0)^2 \rightarrow \min \quad (41)$$

Умовою мінімуму функції Φ буде, рівність нулеві всіх частинних похідних по обумовлених коефіцієнтах:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_1} = 0 ; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial a_2} = 0 ; \quad \dots ; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial a_k} = 0 \quad (42)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 \sum_{i=1}^N ((a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0) - y_i^0) \frac{\partial (a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0)}{\partial a_1} = 0 \\ \dots \end{array} \right. \quad (43)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 \sum_{i=1}^N ((a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0) - y_i^0) \frac{\partial (a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0)}{\partial a_k} = 0 \\ \dots \end{array} \right.$$

$$\frac{\partial (a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0)}{\partial a_1} = x_{1i}^0 \quad (44)$$

$$\frac{\partial (a_1 x_{1i}^0 + a_2 x_{2i}^0 + \dots + a_k x_{ki}^0)}{\partial a_k} = x_{ki}^0 \quad (45)$$

Після перетворення системи рівнянь (43) отримаємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^0 x_{1i}^0 + a_2 \sum_{i=1}^N x_{2i}^0 x_{1i}^0 + a_3 \sum_{i=1}^N x_{3i}^0 x_{1i}^0 + \dots + a_k \sum_{i=1}^N x_{ki}^0 x_{1i}^0 = \sum_{i=1}^N y_i^0 x_{1i}^0 \\ a_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^0 x_{2i}^0 + a_2 \sum_{i=1}^N x_{2i}^0 x_{2i}^0 + a_3 \sum_{i=1}^N x_{3i}^0 x_{2i}^0 + \dots + a_k \sum_{i=1}^N x_{ki}^0 x_{2i}^0 = \sum_{i=1}^N y_i^0 x_{2i}^0 \\ \dots \\ a_1 \sum_{i=1}^N x_{1i}^0 x_{ki}^0 + a_2 \sum_{i=1}^N x_{2i}^0 x_{ki}^0 + a_3 \sum_{i=1}^N x_{3i}^0 x_{ki}^0 + \dots + a_k \sum_{i=1}^N x_{ki}^0 x_{ki}^0 = \sum_{i=1}^N y_i^0 x_{ki}^0 \end{array} \right. \quad (46)$$

Домножимо праву та ліву частини кожного рівняння цієї системи на $\frac{1}{N-1}$.

Отриману система нормальних рівнянь приводимо до виду, використавши при цьому коефіцієнти парної кореляції:

$$\begin{cases} a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot r_{x_2x_1} + a_3 \cdot r_{x_3x_1} + \dots + a_k \cdot r_{x_kx_1} = r_{yx_1} \\ a_1 \cdot r_{x_1x_2} + a_2 \cdot 1 + a_3 \cdot r_{x_3x_2} + \dots + a_k \cdot r_{x_kx_2} = r_{yx_2} \\ a_1 \cdot r_{x_1x_k} + a_2 \cdot r_{x_2x_k} + a_3 \cdot r_{x_3x_k} + \dots + a_k \cdot 1 = r_{yx_k} \end{cases} \quad (47)$$

Необхідно відзначити, що $r_{x_i x_j} = r_{x_j x_i}$.

Розв'язання системи необхідно проводити з використанням ЕОМ.

Після отримання коефіцієнтів рівняння регресії a_1, a_2, \dots, a_k розраховують коефіцієнт множинної кореляції:

$$R = \sqrt{a_1 \cdot r_{yx_1} + a_2 \cdot r_{yx_2} + a_3 \cdot r_{yx_3} + \dots + a_k \cdot r_{yx_k}} \quad (48)$$

Він служить показником сили зв'язку вихідної величини зі всіма змінними факторами x_j та повинен змінюватись в межах:

$$0 < R \leq 1.$$

Використовуючи формули для переходу до дійсного масштабу, знайдемо коефіцієнти:

$$b_j = a_j \frac{S_y}{S_{x_j}}, \quad b_0 = \bar{y} - \sum_{j=1}^k b_j \bar{x}_j, \quad \text{де } j = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (49)$$

При проведенні пасивного експерименту паралельні досліді звичайно відсутні, а тому і відсутня дисперсія відтворення. В даному випадку адекватність рівняння регресії перевіряють за F- відношенням:

$$F_{\text{від}} = \frac{S_y^2}{S_{\text{зал}}^2} \quad (50)$$

Рівняння регресії можна вважати придатним для використання, якщо $F_{\text{від}} > 10$.

(Дані до лаб. роб. 2, дивись додаток 2).

Лабораторна робота № 3

Реалізовано план повного факторного експерименту (ПФЕ) типу 2^3 . Виконати обробку результатів цього активного експерименту, отримати рівняння регресії, перевірити його коефіцієнти на значимість, а рівняння регресії на адекватність.

Теоретичні основи

Обробити план ПФЕ типу 2^3 та отримати рівняння регресії виду:

$$\bar{y} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (51)$$

Планування експерименту дозволяє варіювати одночасно усі фактори і отримувати кількісні оцінки основних ефектів та ефектів взаємодії парного, трійного, Застосування

методів планування значно підвищує ефективність експерименту та суттєво скорочує число дослідів у порівнянні з пасивним у 4-5 разів.

При плануванні за схемою ПФЕ реалізуються усі можливі комбінації факторів на всіх рівнях. Необхідна кількість дослідів визначається за формулою:

$$N = L^k, \quad (52)$$

L - число рівнів ($L = 2$ або $L = 3$);

k – кількість змінних факторів.

Спочатку, при складанні матриці планування вибирають некорельовані фактори, які помітно впливають на вихідну змінну Y .

Визначають їх значення, які відповідають найкращим технологічним режимам, ці значення називаються основним або нульовим рівнем. Для кожного фактору вибирають величину, на яку можна змінювати цей фактор в будь-яку сторону. Ця величина називається кроком або інтервалом варіювання.

Потім складаємо матрицю, в якій значення факторів записують в кодованому вигляді. Кодування здійснюється за формулою:

$$x_j = \frac{X_j - X_{0j}}{\Delta X_j}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (53)$$

Якщо вибрані верхні X_j^6 та нижні X_j^H значення факторів за формулами:

$$X_j^6 = X_{0j} + \Delta X_j; \quad X_j^H = X_{0j} - \Delta X_j, \quad (54)$$

тоді можна визначити основний рівень:

$$X_{0j} = \frac{X_j^6 + X_j^H}{2}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (55)$$

Шаг або інтервал варіювання можна визначити:

$$\Delta X_j = \frac{X_j^6 - X_j^H}{2} \quad (56)$$

Кодовані значення може дорівнювати або +1 або -1.

Нехай задані значення:

Основний рівень	X_{01}	X_{02}	X_{03}
Шаг варіювання	ΔX_1	ΔX_2	ΔX_3
Верхнє значення	X_1^6	X_2^6	X_3^6
Нижнє значення	X_1^H	X_2^H	X_3^H

Складемо матрицю у кодованому виді:

№ досліджу	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y_1
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y_2
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y_3
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y_4
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y_5
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y_6
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y_7
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y_8

План ПФЕ завжди має фіктивну змінну $x_0 = +1$.

Матриця планування володіє наступними властивостями:

1) властивість ортогональності

$$\sum_{i=1}^N x_{ei} x_{mi} = 0, \quad (57)$$

$e, m = 0, 1, 2, 3, \dots, k$.

$e \neq m$.

2) властивість симетричності

$$a) \sum_{i=1}^N x_{ji} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, k; \quad j \neq 0 \quad (58)$$

$$б) \sum_{i=1}^N x_{ji}^2 = N, \quad j = 0, 1, 2, 3, \dots, k. \quad (59)$$

j – номер фактору, i - номер досліджу.

3) властивість рототабельності

Дана властивість передбачає, рівність дисперсій вихідного параметру в будь-якій точці факторного простору розташованих на рівній відстані від центру плану. Звідси впливає, що всі коефіцієнти рівняння регресії розраховуються з однаковою точністю.

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії проводиться за наступними формулами:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} * (X^T \cdot Y) \quad (60)$$

Якщо план ортогональний, для всіх випадків коефіцієнти рівняння регресії розраховуються за формулами:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i = \bar{y} \quad (61)$$

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot y_i, \quad j = 0, 2, 3, \dots, k. \quad (62)$$

$$b_{ju} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot x_{ui} \cdot y_i \quad (63)$$

Для перевірки коефіцієнтів на значимість та рівняння регресії на адекватність необхідні паралельні досліди в центрі плану.

Із результатів дослідів: $y_1^0, y_2^0, y_3^0, \dots, y_m^0$

$$\bar{y}^0 = \frac{\sum_{u=1}^m y_u^0}{m} \quad (64)$$

Визначимо дисперсію відтворення:

$$S_{\text{відм}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^m \left(y_u^0 - \bar{y}^0 \right)^2}{m-1} \quad (65)$$

СКВ коефіцієнтів рівняння регресії:

$$S_{bj} = \frac{S_{\text{відм}}}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{S_{\text{відм}}^2}{N}} \quad (66)$$

$f = m-1$ - число ступенів свободи.

Перевірку значимості коефіцієнтів рівняння регресії здійснюють за критерієм Стьюдента. Розраховане значення критерію Стьюдента запишемо:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{bj}} \quad (67)$$

За довідниковими даними знаходимо табличне значення $t_{\text{таб}}(f, p)$, для числа ступенів свободи $f = m-1$, $p = 0.05$

$t_j > t_{\text{таб}}(f, p)$ - умова значимості коефіцієнтів рівняння регресії.

Незначимі коефіцієнти необхідно виключити із рівняння регресії.

Адекватність отриманого рівняння визначають за критерієм Фішера.

$$F = \frac{S_{\text{зал}}^2}{S_{\text{відм}}^2} \quad (68)$$

За справочними даними знаходимо табличне значення критерію Фішера $F_{\text{таб}}(f_1, f_2)$.

$f_1 = N-l$; $f_2 = m-1$

l - число значимих коефіцієнтів;

m – число паралельних дослідів у центрі плану.

$F < F_{таб}(f_1, f_2)$ - умова адекватності рівняння регресії.

Отримане рівняння регресії у стандартизованому вигляді, необхідно привести до натурального масштабу.

$$\begin{aligned} \hat{y} = & b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{X_1 - X_{01}}{\Delta X_1} \right) + b_2 \cdot \left(\frac{X_2 - X_{02}}{\Delta X_2} \right) + \dots + b_j \cdot \left(\frac{X_j - X_{0j}}{\Delta X_j} \right) + \\ & + b_{12} \cdot \left(\frac{X_1 - X_{01}}{\Delta X_1} \right) \cdot \left(\frac{X_2 - X_{02}}{\Delta X_2} \right) + \dots + b_{ju} \cdot \left(\frac{X_j - X_{0j}}{\Delta X_j} \right) \cdot \left(\frac{X_u - X_{0u}}{\Delta X_u} \right) + \\ & + b_{123} \cdot \left(\frac{X_1 - X_{01}}{\Delta X_1} \right) \cdot \left(\frac{X_2 - X_{02}}{\Delta X_2} \right) \cdot \left(\frac{X_3 - X_{03}}{\Delta X_3} \right) \dots \end{aligned} \quad (69)$$

(Дані до лаб. роб. №3, дивись додаток 3).

Лабораторна робота №4

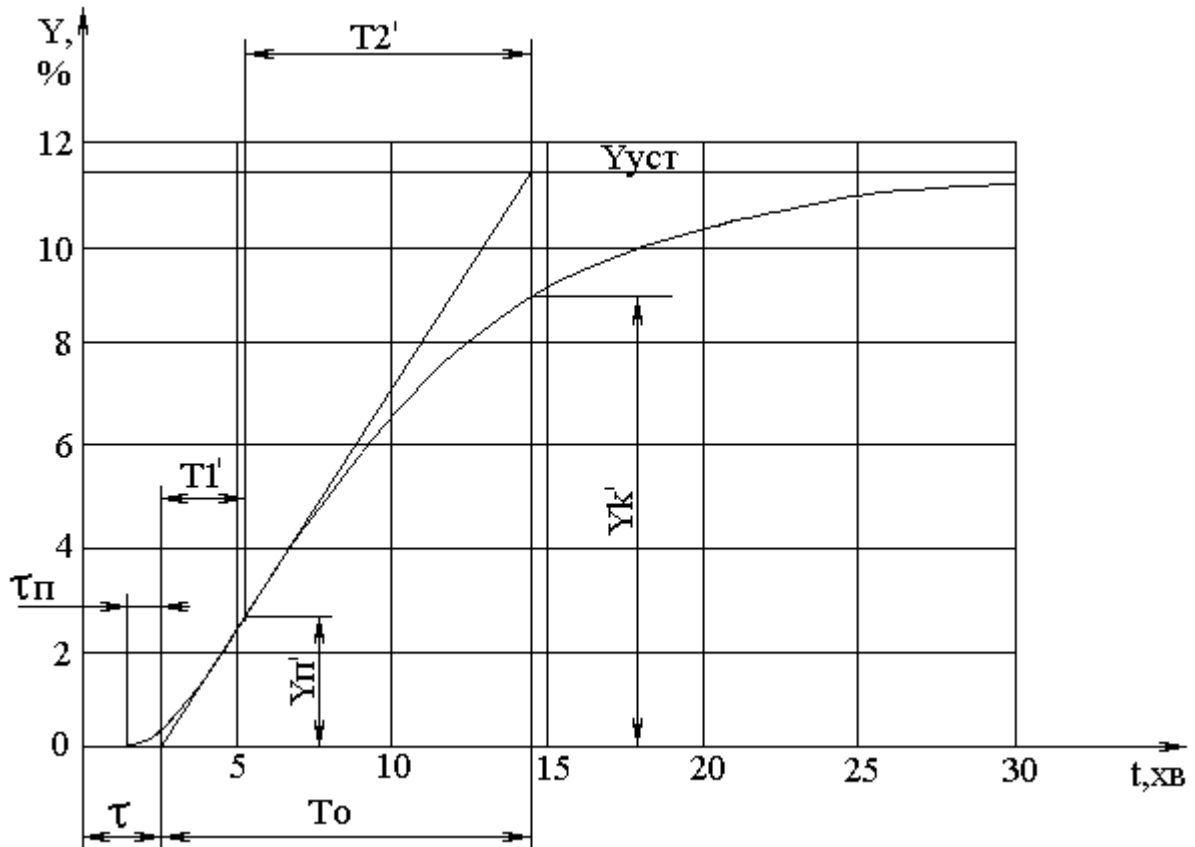
Визначити математичні моделі динаміки об'єкта керування за результатами експериментально знятої кривої розгону. Отримані математичні моделі динаміки об'єкта використати для синтезу одноконтурної АСК з ПІ- або ПІД-регулятором та провести аналіз цієї системи з отриманням перехідного процесу.

Теоретичні основи

Крива розгону є одною з найбільш поширених форм експериментального визначення параметрів динамічних характеристик об'єктів керування. Отримавши експериментальні дані, будують графік кривої розгону, за яким визначають необхідні динамічні характеристики об'єкта. Будують криву розгону, потім в точці перегину проводять дотичну та визначають сталу часу T_0 і час повного запізнювання τ .

На рисунку представлена крива розгону одного з таких об'єктів та графічна обробка її.

Додатково на кривій розгону необхідно визначити $Y'_п$ – величину ординати точки перегину та $Y'_к$ – величину ординати точки на кривій розгону, яка відповідає кінцевому значенню загальної сталої часу T_0 . Оскільки ці величини залежать не тільки від значень T_1 і T_2 , а також від значення коефіцієнта передачі об'єкта K_0 та величини нанесеного на об'єкт збурювання ΔX , то ці величини ординат необхідно скоректувати і привести до стандартизованих значень $K_0 = 1,0$ і $\Delta X_{ст.} = 10\%$.



Величини ординат перераховують за формулами:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{Y_{\text{п}}' \cdot 10}{K_0 \cdot \Delta X} \quad (70)$$

$$Y_{\text{к}} = \frac{Y_{\text{к}}' \cdot 10}{K_0 \cdot \Delta X} \quad (71)$$

де ΔX – величина ступеневого збурювання, нанесеного на об'єкт, %.

На кривій розгону, яка визначена експериментально, точно показати точку перегину практично неможливо, а тому необхідно точно визначити тільки прямолінійний відрізок, через який провести дотикову і за масштабом розрахувати значення T_0 та час перехідного запізнювання $\tau_{\text{п}}$.

Величину T_2' і відповідно точку перегину визначають за формулою, яка отримана при обробці статистичних даних:

$$T_2' = -0,1823 + 0,9837 \cdot T_0 - 2,4529 \cdot \tau_n \quad (72)$$

Величину T_1' визначають за формулою:

$$T_1' = T_0 - T_2' \quad (73)$$

Враховуючи те, що рівняння регресії (3) достатньо точно відображає цю залежність (коефіцієнт множинної кореляції складає $R = 0,999$), то визначити точку перегину на кривій розгону рекомендується виключно тільки за розрахованим значенням T_2' , хоча точка перегину знаходиться точно по середині прямолінійного відрізка на графіку прямої розгону, але визначити кінці цього відрізка з достатньою точністю теж практично неможливо.

З метою зменшення похибки визначення величини ординати точки перегину рекомендується використати додатково розрахункове значення цієї величини $Y_{\text{пр}}$, яке отримують за рівнянням регресії:

$$Y_{\text{пр}} = -1,0134 - 0,0107 \cdot \tau_n + 0,06695 \cdot Y_{\text{к}} + 4,0254 \cdot T_1' / T_2' - 0,03624 \cdot T_0 / \tau_n \quad (74)$$

Кінцеве значення Y_n обраховуємо як середнє арифметичне між розрахунковим значенням та значенням $Y_{пр}$, визначеним з графіка кривої розгону.

$$Y_n = \frac{Y_{пр} + Y_{рр}}{2} \quad (75)$$

Сталу часу T_1 можна визначити за таким рівнянням регресії:

$$T_1 = -57,566 + 6,5714 \cdot Y_k + 4,3144 \cdot \tau_n - 0,184 \cdot T_2' + 0,564 \cdot T_0/\tau_n - 1,2083 \cdot T_1'/T_2'. \quad (76)$$

Для визначення сталої часу T_2 отримані два рівняння регресії, які приблизно однакові за точністю розрахунку:

$$T_2 = 64,409 - 7,7456 \cdot Y_k - 4,3343 \cdot \tau_n + 1,1888 \cdot T_2' - 0,5481 \cdot T_0/\tau_n + 7,9652 \cdot T_1'/T_2'; \quad (77)$$

$$T_2 = 57,28 - 6,8313 \cdot Y_n + 0,9164 \cdot Y_{пр} - 4,331 \cdot \tau_n + 1,1881 \cdot T_2' - 0,5168 \cdot T_0/\tau_n. \quad (78)$$

В якості кінцевого результату розрахунку T_2 можна взяти середнє арифметичне з двох розрахованих значень.

Точність розрахунків сталих часу T_1 та T_2 можна перевірити по співвідношенню, яке достатньо точно відображається рівнянням регресії:

$$\frac{T_1}{T_2} = -0,30768 + 0,00116 \cdot T_0/\tau_n - 0,2134 \cdot T_1'/T_2' - 0,06757 \cdot Y_k + 0,7022 \cdot T_0/T_2. \quad (79)$$

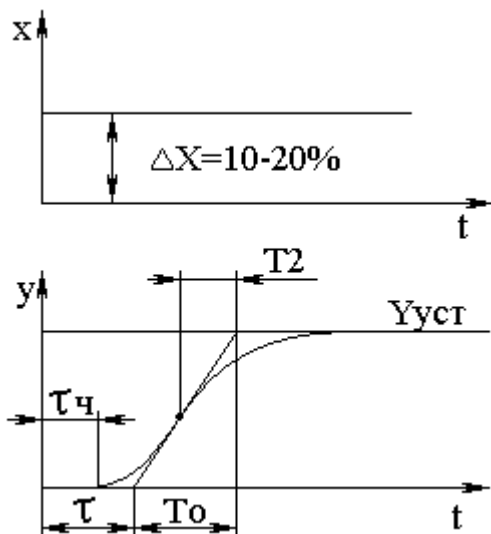
Якщо абсолютна різниця між лівою і правою частинами рівняння складає $0,01 \div 0,03$, то це є задовільним результатом.

Останнє рівняння регресії (79) можна використати для розрахунку сталої часу T_1 :

$$T_1 = -0,30768 \cdot T_2 + 0,00116 \cdot T_0 \cdot T_2/\tau_n - 0,2191 \cdot T_1' \cdot T_2/T_2' - 0,06757 \cdot Y_k \cdot T_2 + 0,7022 \cdot T_0. \quad (80)$$

З розрахованих двох значень сталої часу T_1 за кінцевий результат теж можна взяти їх середнє арифметичне значення.

Об'єкт статичний двоємісний з запізнюванням:



Якщо $\frac{T_1}{T_2} \leq 0.1$, тоді для визначення T_1 підходить емпірична формула:

$$C = -3.758 + 5.6022 \cdot \frac{T_0}{T_2} - 1.8265 \cdot \left(\frac{T_0}{T_2}\right)^2 \quad (81)$$

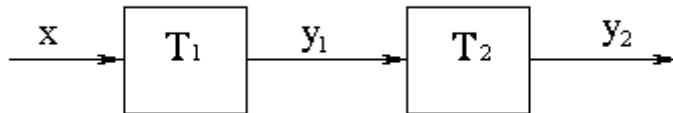
$$C = \frac{T_1^2}{T_2}; \quad T_1 = \sqrt{C \cdot T_2} \quad (82)$$

1) Зображення математичної моделі динаміки у вигляді диференційного рівняння:

$$T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + (T_1 + T_2) \cdot \frac{dy}{dt} + y = K_0 \cdot \Delta x \cdot (t - \tau_c) \quad (83)$$

τ_c — час чистого запізнення.

Модель динаміки двумісного об'єкту можна зобразити системою диференціальних рівнянь 1-го порядку:



$$\begin{cases} T_1 \cdot \frac{dy_1}{dt} + y_1 = K_0 \cdot \Delta x \\ T_2 \cdot \frac{dy_2}{dt} + y_2 = y_1 \end{cases} \quad (84)$$

2) Перехідна функція є наслідком аналітичного рішення диференційного рівняння 2-го порядку:

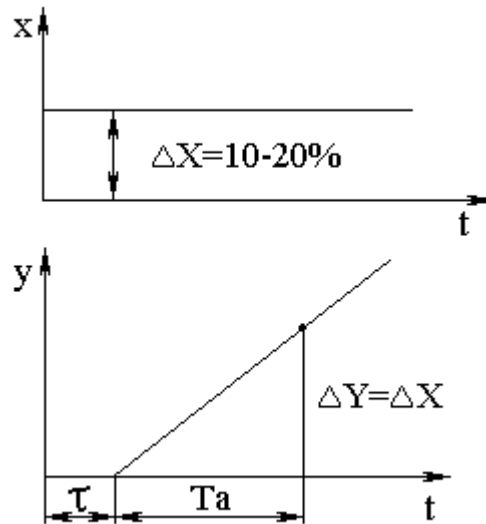
$$y = K_0 \cdot \Delta x \cdot \left(1 + \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot e^{-\frac{t - \tau_c}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot e^{-\frac{t - \tau_c}{T_2}} \right) + y_0 \quad (85)$$

Це рівняння кривої розгону справедливе при умові $T_2 > T_1$.

3) Передаточна функція:

$$W(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_c p}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)}, \quad T_2 > T_1 \quad (86)$$

Астатичний об'єкт з запізненням:



T_a — час розгону астатичного об'єкту.

1) Диференціальне рівняння:

$$T_a \cdot \frac{dy}{dt} = K_0 \cdot \Delta x \cdot (t - \tau), \quad (87)$$

де $K_0 = 1$

2) Перехідна функція без урахування часу запізнення:

$$y = \frac{K_0 \cdot \Delta x}{T_a} \cdot t \quad (88)$$

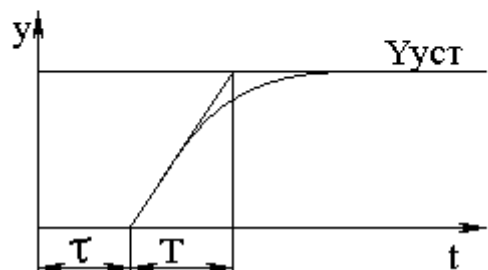
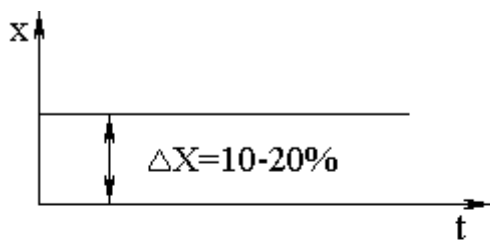
з урахування часу запізнення

$$y = \frac{K_0 \cdot \Delta x}{T_a} \cdot (t - \tau) \quad (89)$$

3) Передаточна функція:

$$W(p) = \frac{K_0}{T_a \cdot p} \cdot e^{-\tau \cdot p} \quad (90)$$

Дані для виконання завдання взяти з додатка.



1) Диференційне рівняння:

$$T \cdot \frac{dy}{dt} + Y = K_0 \cdot \Delta x \cdot (t - \tau) \quad (91)$$

2) Перехідна функція:

$$y = K_0 \cdot \Delta x \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right) + Y_0 \quad (92)$$

3) Передатна функція:

$$W(p) = \frac{K_0}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau \cdot p} \quad (93)$$

(Дані до лаб. роб. № 4, дивись додаток 4).

Лабораторна робота № 5

Дослідження перехідних процесів в автоматичних системах керування на ЕОМ

1. МЕТА РОБОТИ:

- Вивчити та практично засвоїти побудову структурних схем АСІС для різних видів технологічних об'єктів з застосуванням ПІ- та ПІД- законів регулювання.
- Здійснити математичне моделювання елементів системи та отримати перехідні процеси в АСК, зокрема, зміну у часі регульованого параметра та регулюючої дії.

2. ЗАВДАННЯ:

1. Отримати у викладача криву розгону, зняту на об'єкті, що досліджується, або використати експериментальні дані з лабораторної роботи № 4.
2. Побудувати криву розгону, провести її обробку та отримати числові характеристики об'єкта, що досліджується (τ , τ_c , T_0 , T_b , T_2 , $K_{об}$).
3. По динамічній характеристиці об'єкта вибрати закон регулювання та розрахувати параметри настройки регулятора.
4. На ПЕОМ визвати відповідну програму і внести свої дані.

5. Виконати рішення системи диференціальних рівнянь і отримати дані перехідних процесів.
6. Побудувати графіки перехідних процесів, використавши для цього принтер.
7. У випадку отримання незадовільних по якості перехідних процесів змінити настройки регулятора і повторити розрахунок.

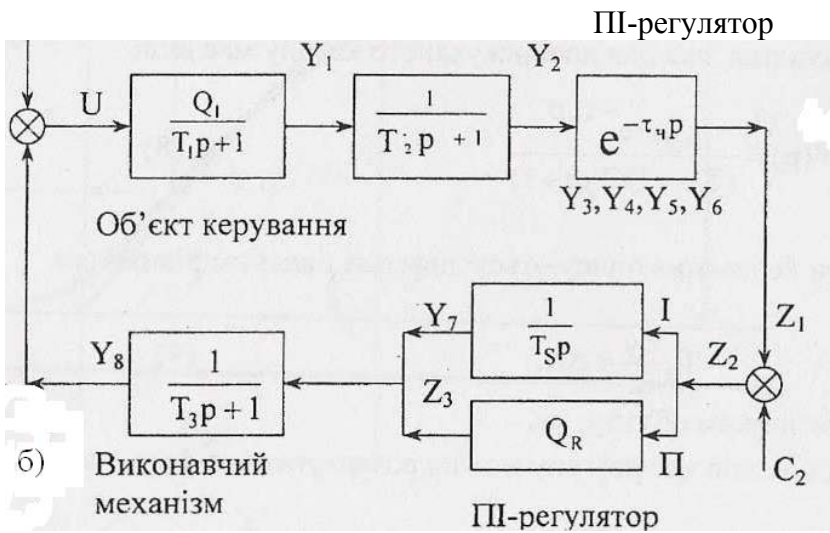
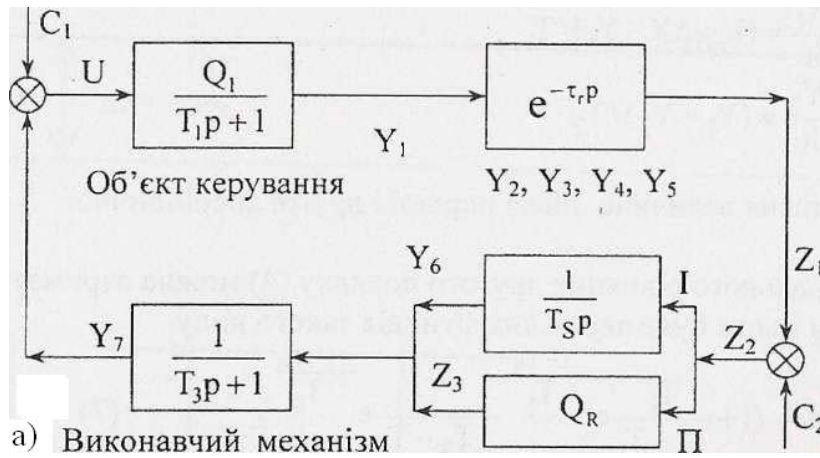


Рис. 4. Структурна схема АСУ з використанням ПІ регулятора:
 а) одноемнісний статичний об'єкт із запізнюванням;
 б) двоемнісний статичний об'єкт із запізнюванням.

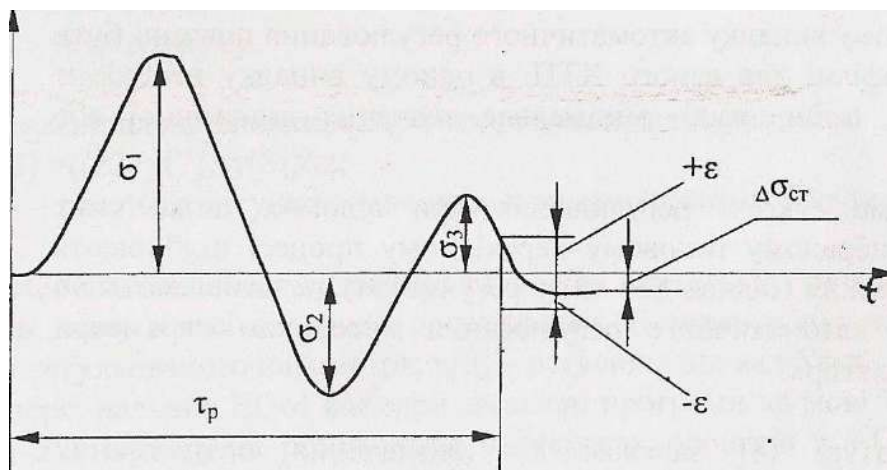


Рис. 5. Вид перехідного процесу регулювання.

Якість перехідних процесів в АСР визначають по її часовій характеристиці, одержаній при ступінчастому збурюванні, або при ступінчастому змінненні завдання регулятора (рис.5).

Розрізняють такі показники якості перехідного процесу:

1. статична помилка $\Delta\sigma_{ст}$, яка дорівнює різниці між усталеним значенням регульованої величини та її заданим значенням.
2. Динамічна помилка $\Delta\sigma_{дин}$, яка дорівнює найбільшому відхиленню регульованої величини у перехідному процесі від її заданого значення.
3. час регулювання t_p – це час, який, починаючи з моменту прикладання збурювання в АСР, регульована величина досягне нового рівноважного значення.
4. перерегулювання у перехідному процесі φ являє собою виражене у процентах співвідношення другої до першої амплітуд коливального процесу, що спрямовані у протилежні сторони:

$$\varphi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot 100\% \quad (94)$$

5. ступінь коливальності характеризує інтенсивність згасання коливального процесу:

$$\psi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \quad (95)$$

Програма для розрахунку оптимальних настройок ПД регулятора наведена нижче.

```

program urav;
var tau, T0, K0, Kp, Tp, Ti, T1, T2, Tгр: real;
begin
writeln ('vvesti tau, T0, K0, T1, T2');
readln (tau, T0, K0, T1, T2);
Ti:=((-0.0898+0.1875* T1/T2-0.0265* T0+0.0112* T2)+(0.3369-0.1736* T1/T2+0.5986* T0-
-0.2121* T2)*( tau/T0))+ K0/0.4;
If tau/T0>0.35 then
Ti:=((-0.728+2.3602* T1/T2+0.0058* T0+0.0554* T2)+(1.59-4.6989* T1/T2+0.4353* T0-
-0.1935* T2)*( tau/T0))+ K0/0.4;
Tp:=(0.4/ K0)* tau;
Tгр:=(0.94*exp(-0.855*ln(tau/T0)))* Tp;
writeln ('Kp=', Kp:6:3);
writeln ('Ti =', Ti:6:3);
writeln ('Tp =', Tp:6:3);
writeln ('Tгр =', Tгр:6:3);
end.

```

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кафров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии: 4-е изд., пераб., доп. – М.: Химия, 1985 (учебн. для вузов), 448 с., ил.
2. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии. Киев, "Вища школа", 1973, 280 с.
3. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения, примеры и задачи). Киев, издательское объединение "Вища школа", 1976, 184 с.
4. Математичні методи в хімії та хімічній технології: Навч. посібник / Рудавський Ю.К., Мокрий Є.М., Піх З.Г., Чип М.М., Куриляк І.Й. За ред. Рудавського Ю.К. – Львів: Світ, 1993. – 208 с., іл.
5. Балакирев С.В. и др. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. М., "Энергия", 1967. – 232 с., илл.
6. Блонський С.Д., Левчук І.Л., Шуть О.Ф. Ідентифікація параметрів математичної моделі двоємісних об'єктів керування // Вопросы химии и химической технологии. – 2004. - №4. – С.203-205.

Додаток 1

Варіант 1			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,8	1,22	1,03
2	2,0	2,54	2,09
3	3,2	6,22	4,20
4	4,4	12,62	7,56
5	5,6	21,38	11,97
6	6,8	31,58	16,96
7	8,0	42,30	22,05
8	9,2	53,18	27,04
9	10,4	64,58	32,13
10	11,6	77,42	37,80

Варіант 2			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,8	1,53	1,22
2	2,1	3,12	2,42
3	3,3	6,52	4,32
4	4,6	12,06	7,07
5	5,8	19,42	10,52
6	7,1	27,81	14,29
7	8,3	36,44	17,98
8	9,6	45,01	21,44
9	10,8	53,81	24,82
10	12,10	63,65	28,52

Варіант 3			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,9	2,04	2,39
2	2,0	3,11	3,63
3	3,1	5,48	6,91
4	4,2	9,40	12,61
5	5,3	14,63	20,34
6	6,4	20,58	29,28
7	7,5	26,68	38,61
8	8,6	32,68	47,94
9	9,7	38,83	57,65
10	10,8	45,70	68,57

Варіант 4			
N	X	Y	
		A	Б
1	1,0	2,25	2,90
2	2,3	3,28	3,86
3	3,6	5,79	6,91
4	4,9	10,04	11,29
5	6,2	15,77	17,77
6	7,5	22,34	25,27
7	8,8	29,13	33,04
8	10,1	35,86	40,81
9	11,4	42,81	48,87
10	12,7	50,60	57,94

Варіант 5			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,75	3,73	3,94
2	2,15	5,19	5,70
3	3,55	8,95	9,31
4	4,95	15,45	15,15
5	6,35	24,25	22,84
6	7,75	34,38	31,52
7	9,15	44,87	40,29
8	10,55	55,30	48,81
9	11,95	66,09	57,42
10	13,34	78,11	66,93

Варіант 6			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,70	3,93	3,46
2	1,80	5,06	4,38
3	2,90	8,41	7,24
4	4,00	14,37	12,36
5	5,10	22,56	19,41
6	6,20	32,05	27,61
7	7,30	41,93	36,14
8	8,40	51,81	44,68
9	9,50	62,09	53,57
10	10,60	73,66	63,59

Варіант 7			
N	X	Y	
		A	Б
1	1,00	3,52	3,70
2	1,60	3,43	4,38
3	2,90	7,66	6,06
4	4,00	14,16	9,63
5	5,10	23,13	14,48
6	6,20	33,59	20,06
7	7,30	44,59	25,81
8	8,40	55,71	31,46
9	9,50	67,36	37,28
10	10,6	80,50	43,82

Варіант 8			
N	X	Y	
		A	Б
1	1,30	5,86	8,00
2	1,85	7,22	9,90
3	2,40	10,08	13,98
4	2,95	14,77	20,72
5	3,50	20,95	29,65
6	4,05	27,86	39,66
7	4,60	34,72	49,68
8	5,15	41,21	59,20
9	5,70	47,66	68,72
10	6,250	54,83	79,33

Варіант 9			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,50	3,78	2,49
2	1,00	4,68	2,97
3	1,50	7,25	4,17
4	2,00	11,78	6,22
5	2,50	17,98	8,99
6	3,00	25,12	12,13
7	3,50	32,51	15,31
8	4,00	39,82	18,38
9	4,50	47,38	21,49
10	5,000	55,88	24,97

Вариант 10			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,95	3,19	3,65
2	1,90	4,35	5,17
3	2,85	7,65	9,15
4	3,80	13,45	16,01
5	4,75	21,39	25,32
6	5,70	30,60	36,07
7	6,65	40,20	47,21
8	7,60	49,81	58,31
9	8,55	59,81	69,81
10	9,50	71,08	82,74

Вариант 11			
N	X	Y	
		A	Б
1	1,10	2,57	2,94
2	2,50	3,73	4,09
3	3,90	7,05	7,80
4	5,30	12,90	14,51
5	6,70	20,90	23,78
6	8,10	30,20	34,61
7	9,50	39,93	46,02
8	10,9	49,72	57,57
9	12,3	59,94	69,70
10	13,7	71,45	83,39

Вариант 12			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,60	2,29	2,19
2	2,00	3,00	3,10
3	3,40	6,47	5,90
4	4,80	13,11	11,05
5	6,20	22,51	18,09
6	7,60	33,67	26,31
7	9,00	45,60	34,94
8	10,40	57,89	43,67
9	11,80	70,95	52,81
10	13,20	85,77	63,13

Вариант 13			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,70	3,18	2,69
2	2,00	4,16	3,55
3	3,30	7,61	6,62
4	4,60	13,96	12,23
5	5,90	22,78	20,05
6	7,20	33,13	29,23
7	8,50	44,04	38,90
8	9,80	55,10	48,73
9	11,1	66,72	59,05
10	12,4	79,87	70,73

Вариант 14			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,95	2,31	3,47
2	1,95	3,35	4,93
3	2,95	6,10	9,08
4	3,95	10,85	16,37
5	4,95	17,31	26,35
6	5,95	24,77	37,93
7	6,95	32,52	50,02
8	7,95	40,27	62,17
9	8,95	48,31	74,83
10	9,95	57,35	89,09

Вариант 15			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,85	1,79	1,86
2	2,35	2,53	2,83
3	3,85	5,76	6,33
4	5,35	11,82	12,72
5	6,85	20,36	21,63
6	8,50	31,43	33,10
7	9,85	41,27	43,24
8	11,35	52,37	54,61
9	12,85	64,13	66,60
10	14,35	77,47	80,17

Вариант 16			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,90	2,14	2,84
2	2,20	2,92	3,97
3	3,50	5,14	7,33
4	4,80	9,03	13,33
5	6,10	14,36	21,56
6	7,40	20,54	31,15
7	8,70	26,96	41,21
8	10,0	33,41	51,33
9	11,3	40,10	61,92
10	12,6	47,64	73,85

Вариант 17			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,65	3,08	3,53
2	1,55	3,97	4,54
3	2,45	7,13	7,26
4	3,35	12,91	11,99
5	4,25	20,95	18,44
6	5,15	30,37	25,85
7	6,05	40,28	33,50
8	6,95	50,33	41,08
9	7,85	60,86	48,89
10	8,75	72,77	57,68

Вариант 18			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,85	2,75	2,11
2	1,95	3,92	2,82
3	3,05	7,67	5,13
4	4,15	14,40	9,28
5	5,25	23,72	15,05
6	6,35	34,60	21,78
7	7,45	46,06	28,85
8	8,55	57,67	36,00
9	9,65	69,85	43,47
10	10,75	83,61	51,92

Вариант 19			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,60	2,83	3,65
2	1,30	3,44	4,34
3	2,00	5,26	6,49
4	2,70	8,48	10,36
5	3,40	12,91	15,69
6	4,10	18,03	21,85
7	4,80	23,31	28,21
8	5,50	28,56	34,53
9	6,20	33,97	41,05
10	6,90	40,07	48,41

Вариант 20			
N	X	Y	
		A	Б
1	1,70	6,35	7,72
2	2,50	8,26	9,27
3	3,30	12,22	13,52
4	4,10	18,63	20,53
5	4,90	27,09	29,80
6	5,70	36,57	40,22
7	6,50	46,05	50,69
8	7,30	55,13	60,70
9	8,10	64,21	70,76
10	8,90	74,31	81,97

Вариант 21			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,70	2,99	3,71
2	1,20	3,52	4,41
3	1,70	4,84	6,06
4	2,20	7,09	8,84
5	2,70	10,13	12,57
6	3,20	13,56	16,77
7	3,70	17,02	20,98
8	4,20	20,33	25,00
9	4,70	23,67	29,03
10	5,20	27,40	33,53

Вариант 22			
N	X	Y	
		A	Б
1	2,50	9,05	6,23
2	3,25	11,28	7,61
3	4,00	15,51	10,27
4	4,75	22,23	14,51
5	5,50	30,95	20,03
6	6,25	40,58	26,10
7	7,00	49,99	32,03
8	7,75	58,73	37,50
9	8,50	67,25	42,83
10	9,25	76,68	48,71

Вариант 23			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,800	3,41	2,70
2	1,800	4,76	3,77
3	2,800	8,48	6,85
4	3,800	15,00	12,29
5	4,800	23,89	19,74
6	5,800	34,18	28,39
7	6,800	44,90	37,43
8	7,800	55,62	46,51
9	8,800	66,77	55,98
10	9,800	79,32	66,65

Вариант 24			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,90	3,91	3,81
2	1,80	4,86	5,30
3	2,70	7,05	9,28
4	3,60	10,72	16,20
5	4,50	15,65	25,63
6	5,40	21,22	36,50
7	6,30	26,85	47,80
8	7,20	32,28	59,08
9	8,10	37,75	70,77
10	9,00	43,88	83,92

Вариант 25			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,80	3,24	3,80
2	2,00	4,37	5,09
3	3,20	7,89	8,82
4	4,40	14,21	15,41
5	5,60	22,92	24,44
6	6,80	33,07	34,91
7	8,00	43,71	45,82
8	9,20	54,43	56,75
9	10,4	65,64	68,12
10	11,6	78,29	80,93

Вариант 26			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,85	3,27	3,40
2	2,20	4,26	4,28
3	3,55	8,17	7,53
4	4,90	15,47	13,56
5	6,25	25,68	21,98
6	7,60	37,72	31,84
7	8,95	50,48	42,25
8	10,30	63,51	52,80
9	11,65	77,25	63,88
10	13,00	92,82	76,42

Вариант 27			
N	X	Y	
		A	Б
1	0,60	3,22	2,90
2	1,80	4,03	3,81
3	3,00	6,74	7,50
4	4,20	11,71	14,37
5	5,40	18,58	24,02
6	6,60	26,61	35,39
7	7,80	35,04	47,44
8	8,99	43,43	59,65
9	10,2	52,38	72,78
10	11,4	62,39	87,53

Додаток 2

Варіант 1						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,10	45,0	6,090	1,1	44,8	3,470
2	3,20	49,8	10,70	3,2	49,9	6,430
3	5,10	35,2	14,60	5,3	34,8	8,860
4	7,10	40,0	19,00	7,2	39,5	11,50
5	8,90	25,1	22,40	8,8	24,8	13,00
6	11,0	29,8	27,00	10,8	30,2	15,80
7	13,1	14,9	30,80	13,1	14,9	17,70
8	15,1	20,2	35,20	14,8	20,2	20,20
9	17,2	5,10	38,70	16,9	5,00	21,50
10	18,8	10,1	42,30	18,8	9,8	24,20

Варіант 2						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,6	45,8	4,92	1,5	45,5	4,530
2	3,7	50,4	8,16	3,5	49,5	7,210
3	5,5	35,6	10,23	5,5	35,5	9,360
4	7,6	40,3	13,46	7,5	39,5	12,00
5	9,7	25,2	15,45	9,5	25,5	13,80
6	11,6	30,7	18,46	11,5	29,5	16,50
7	13,7	15,6	19,96	13	14,5	17,90
8	15,6	20,4	22,92	15,5	19,5	20,60
9	17,7	5,6	23,97	17,5	4,8	21,70
10	19,6	10,4	26,93	19,5	10,2	24,40

Варіант 3						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,7	45,4	5,33	1,6	45,7	4,19
2	3,5	50,5	7,37	3,4	50,3	6,55
3	5,2	36,2	8,49	7,6	35,4	11,29
4	7,6	40,2	11,07	9,4	40,2	13,7
5	9,5	25,6	11,94	11,6	25,3	15,52
6	11,6	30,7	14,28	13,4	30,1	17,94
7	13,7	15,4	14,85	15,6	15,5	19,41
8	14,8	20,5	16,3	17,4	20,7	21,87
9	16,8	5,6	16,45	19,6	5,9	22,97
10	19,4	10,4	19,15	21,5	10,4	25,48

Варіант 4						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,3	45,7	3,8	1,7	45,4	6,49
2	3,2	51,8	6,52	3,5	50,5	8,99
3	5,3	36,5	8,73	5,2	36,2	10,42
4	7,4	41,2	11,69	7,6	40,2	13,6
5	9,2	26,3	13	9,5	25,6	14,76
6	11,2	31,4	15,85	11,6	30,7	17,63
7	13,3	16,4	17,01	13,7	15,2	18,43
8	15,2	21,8	19,78	14,8	20,5	20,22
9	17,3	6,4	20,38	16,8	5,6	20,54
10	19,2	11,2	23,08	19,4	10,4	23,87

Варіант 5						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,2	46,1	4,24	2,1	36,1	8,46
2	3,3	50,9	7,51	4,2	40,2	13,47
3	5,2	35,7	10,16	5,9	28,1	16,86
4	7,1	40,8	13,13	8,1	32,2	22,09
5	9,3	26,4	16,02	10,2	20,3	25,99
6	11,2	31,1	18,99	11,9	24,3	30,11
7	13,1	15,8	21,19	14,1	14,1	33,99
8	15,3	20,9	24,61	16,2	18,2	39,01
9	17,2	5,8	26,58	18,1	7,9	41,89
10	19,1	10,7	29,56	20,1	12,2	46,75

Варіант 6						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,5	35,6	6,27	2,2	36,5	9,48
2	4,4	40,1	9,31	4,6	40,3	15,91
3	6,3	27,7	11,16	6,1	28,9	18,96
4	8,5	31,2	14,54	8,5	32,4	25,33
5	10,4	19,8	15,84	10,3	20,7	28,5
6	12,5	23,4	19,07	12,4	22,3	33,81
7	14,6	13,1	20,19	14,2	14,2	36,9
8	16,5	17,4	23,31	16,7	18,4	43,57
9	18,4	7,8	23,8	18,1	8,8	45,01
10	20,5	11,5	27,09	20,4	12,6	51,14

Варіант 7						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,1	36,1	4,98	1,3	46,1	2,82
2	4,2	40,2	8,13	3,2	51,3	4,78
3	5,9	28,1	9,87	5,3	36,8	6,29
4	8,1	32,2	13,14	7,4	41,6	8,44
5	10,2	20,3	14,92	9,2	26,4	9,19
6	11,9	24,3	17,53	11,2	31,2	11,23
7	14,1	14,1	19,15	13,3	16,3	11,82
8	16,2	18,2	22,32	15,2	21,7	13,84
9	18,1	7,9	23,12	17,3	6,4	13,94
10	20,1	12,2	26,22	19,2	11,1	15,89

Варіант 8						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,2	36,8	3,85	1,6	46,1	3,14
2	4,3	40,3	6,32	3,2	50,9	5
3	6,1	28,5	7,81	5,5	35,7	7,1
4	8,4	32,1	10,47	7,6	40,8	9,52
5	10,2	20,3	11,56	9,3	26	10,6
6	12,6	24,6	14,37	11,6	31,1	13,23
7	14,5	14,3	15,3	13,5	15,8	14,1
8	16,2	18,6	17,43	15,6	20,9	16,52
9	18,9	8,9	18,88	17,1	5,8	16,66
10	20,4	12,2	20,74	19,8	10,7	19,61

Варіант 9						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,2	36,2	9,59	1,2	46,1	5,54
2	4,3	40,3	15,05	3,3	50,9	9,1
3	6,2	28,2	18,85	5,2	35,7	11,68
4	8,3	32,3	24,31	7,1	40,8	14,92
5	10,2	20,3	27,45	9,3	26	17,6
6	12,4	24,3	33,13	11,2	31,1	20,84
7	14,2	14,4	35,72	13,1	15,8	22,63
8	16,3	18,2	41,16	15,3	20,9	26,33
9	18,2	8,2	43,43	17,2	5,8	27,72
10	20,1	12,3	48,52	19,1	10,7	30,96

Варіант 10						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,9	39,4	4,87	2,5	36	8,36
2	2,5	41,2	5,63	3,1	39,9	9,64
3	6,2	34,8	10	6,7	28,2	15,18
4	7,6	35,6	11,71	8,1	32,1	17,97
5	10,2	24,3	14,43	9,3	20,3	18,69
6	13,4	28,6	18,38	12,7	23,9	24,8
7	15,2	20,8	20,11	14,5	14,2	26,17
8	17,8	22,5	23,23	16,3	18,1	29,74
9	18,1	11,2	22,9	18,5	7,9	31,19
10	20,3	16,3	25,74	20,6	11,9	35,26

Варіант 11						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,4	40,2	3,54	2,1	35,5	8,64
2	5,2	42,6	7,93	4,2	38,3	13,78
3	7,9	32,6	10,79	6,6	27,9	18,61
4	8,1	37,9	11,15	8,1	31,2	22,37
5	10,6	24,8	13,58	10,2	19,7	25,78
6	15,4	27,5	19	12,5	23,5	31,4
7	17,8	18,2	21,19	14,1	13,5	33,28
8	20,1	22,1	23,92	16,2	17,2	38,45
9	25,6	10,2	29,11	18,1	7,7	40,55
10	29,3	14,7	33,42	20,1	11,9	45,66

Варіант 12						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,1	36,4	2,23	2,5	35,1	9,55
2	3,9	42,5	3,8	4,6	39,1	14,88
3	5,4	29,6	4,12	6,5	27,8	19,04
4	8,6	31,8	5,73	8,6	30,9	23,83
5	14,7	21,5	7,89	10,2	18,7	28,02
6	16,3	24,7	8,84	12,6	23,2	33,38
7	22,9	14,2	10,7	14,8	13,8	36,96
8	26,3	18,5	12,59	16,4	17,9	41,84
9	28,4	9,6	12,35	18,6	6,8	45,61
10	30,5	11,7	13,45	20,5	11,1	50,55

Варіант 13						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,5	24,8	6,76	3,1	39,6	6,16
2	2,3	26,1	8,46	4,8	41,3	8,34
3	5,6	21,7	15,41	5,2	33,3	8,59
4	8,7	25,3	22,03	9,6	35,2	14,08
5	12,4	14,3	29,62	11,4	28,7	15,92
6	16,3	18,5	37,95	15,3	30,2	20,73
7	19,4	8,8	44,16	17,8	21,6	23,01
8	22,3	10,4	50,29	21,3	25,3	27,49
9	24,7	3,7	55,04	24,5	14,6	30,06
10	28,9	6,2	63,93	25,9	19,3	32,23

Варіант 14						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,3	41,9	3,72	2,8	26,1	9,71
2	2,4	43,2	5,04	4,2	32,9	12,84
3	5,6	32,4	8,69	7,6	23,5	18,75
4	7,8	35,5	11,33	8,5	24,8	20,61
5	11,6	24,1	15,47	10,2	18,7	23,13
6	15,8	29,8	20,54	13,8	20,4	30,11
7	17,8	18,5	22,38	14,1	12,7	29,44
8	19,2	21,7	24,12	16,2	15,5	33,73
9	22,6	10,2	27,41	19,4	5,1	37,39
10	25,3	14,3	30,68	22,9	9,9	44,63

Варіант 15						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,2	30,9	5,16	2,5	35,1	5,17
2	2,5	32,5	7,45	4,6	39,1	7,62
3	3,8	24,3	9,33	6,5	27,8	9,71
4	6,7	26,5	14,31	8,4	30,9	11,91
5	9,1	21,7	17,93	10,5	18,7	14,19
6	12,5	23,8	23,76	12,6	23,4	16,63
7	13,4	14,2	24,09	14,5	14,5	18,67
8	15,6	19,3	28,28	16,4	17,8	20,87
9	18,4	5,6	30,62	18,6	6,8	23,18
10	20,4	10,7	34,55	20,5	11,1	25,4

Варіант 16						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,8	32,6	7,9	1,1	35,1	3,68
2	3,3	33,5	8,71	3,2	37,2	7,28
3	4,6	25,5	10,47	5,2	27,9	10,45
4	7,9	28,7	15,71	7,4	31,8	14,25
5	9,9	21,5	18,35	9,1	21,5	16,68
6	10,2	23,9	18,96	11,2	24,2	20,26
7	12,5	14,2	21,71	13,1	12,2	22,71
8	16,7	18,3	28,32	15,5	16,3	26,83
9	18,2	7,7	29,41	17,1	4,1	28,52
10	19,4	10,6	31,47	19,2	8,2	32,15

Варіант 17						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,7	41,5	6,09	3,1	46,3	3,98
2	3,3	46,6	6,88	5,2	51,6	5,63
3	6,5	34,6	10,47	7,1	35,9	6,93
4	8,9	37,8	13,39	9,2	42,1	8,61
5	12,5	27,4	17,26	11,1	28,6	9,85
6	15,6	30,4	20,99	13,2	33,4	11,49
7	17,9	19,6	23,1	15,1	16,3	12,63
8	21,5	22,2	27,37	17,2	24,3	14,31
9	25,9	6,9	31,28	20,6	8,4	16,43
10	29,9	13,8	36,28	23,1	11,8	18,34

Варіант 18						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,5	41,2	6,5	1,3	33,2	4,98
2	3,6	45,5	8,41	2,6	36,5	7,59
3	7,8	35,6	15,45	2,9	28,6	7,92
4	12,4	37,9	23,29	6,3	30,8	14,51
5	16,9	27,8	30,64	9,5	18,6	19,63
6	20,8	31,4	37,32	11,7	24,1	24,18
7	26,9	19,8	47,1	16,3	10,7	30,95
8	30,4	24,5	53,17	18,2	15,3	34,98
9	31,3	12,3	54,06	19,9	3,2	36,06
10	33,3	15,3	57,53	20,7	6,8	38,03

Варіант 19						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,3	35,2	5,29	3,1	45,3	9,91
2	6,2	39,6	10,76	5,2	50,2	14,63
3	8,1	28,6	12,99	7,1	36,7	17,86
4	10,5	31,7	16,36	9,2	40,1	22,47
5	13,6	22,6	20,05	11,1	27,9	25,28
6	18,4	24,5	26,53	13,2	31,5	29,87
7	22,4	15,6	31,05	15,1	17,4	31,95
8	26,9	18,9	37,24	17,2	22,5	36,7
9	27,1	7,7	36,29	19,1	8,8	38,29
10	29,2	11,4	39,38	21,2	13,6	43,01

Варіант 20						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,2	41,3	6,79	4,5	45,2	11,2
2	3,6	45,5	9,13	6,4	49,6	14,55
3	5,4	35,6	12,04	8,5	37,6	17,51
4	9,1	40,9	18,2	10,4	41,4	20,85
5	15,6	30,8	28,76	12,5	29,7	23,52
6	18,3	32,4	33,22	14,3	33,3	26,68
7	20,4	24,3	36,48	16,5	21,4	29,22
8	22,2	28,6	39,54	18,4	25,2	32,54
9	24,5	16,5	42,97	20,4	12,3	34,34
10	26,3	22,1	46,06	22,5	17,8	38,16

Варіант 21						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,2	33,5	2,28	4,8	43,6	11,61
2	3,6	36,9	4,3	6,7	47,5	15,04
3	8,4	28,6	7,95	8,8	35,6	17,96
4	11,3	31,2	10,38	10,6	39,5	21,22
5	15,5	22,7	13,22	12,4	27,4	23,29
6	19,6	24,3	16,51	14,4	31,5	26,94
7	22,3	12,7	17,59	16,6	19,5	29,27
8	27,8	16,8	22,08	18,7	23,4	33,02
9	29,1	5,5	21,78	20,5	10,2	34,24
10	30,3	10,7	23,24	22,7	14,3	38,15

Варіант 22						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,5	30,5	8,63	3,1	43,2	10,96
2	2,4	33,9	11,56	5,2	47,5	16,03
3	3,8	24,7	15,44	7,1	35,7	20,04
4	4,9	25,6	18,84	9,3	39,3	25,32
5	6,1	20,8	22,1	11,2	27,6	29,02
6	8,8	22,1	30,32	13,1	31,2	33,59
7	9,4	14,7	31,25	15,3	19,8	37,69
8	10,3	18,5	34,37	17,2	23,5	42,28
9	11,6	10,8	37,13	19,4	9,8	45,84
10	13,7	12,3	43,43	22,5	14,4	53,15

Варіант 23						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	3,1	43,7	5,02	2,5	38,2	8,17
2	4,2	45,6	5,85	4,6	42,6	12,26
3	6,1	39,8	7,14	6,4	30,5	14,72
4	8,5	40,1	8,89	8,5	34,5	18,79
5	12,4	31,4	11,48	10,4	20,7	20,68
6	15,6	35,5	13,88	12,3	24,6	24,35
7	17,9	22,2	15,06	14,5	12,4	26,32
8	20,1	26,7	16,76	16,5	16,4	30,17
9	25,6	11,3	19,89	18,6	4,5	31,42
10	26,8	15,6	20,92	20,4	8,6	34,99

Варіант 24						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	1,9	30,5	7,37	4,4	40,6	14,87
2	2,5	33,3	8,87	6,1	44,5	19,58
3	3,6	24,1	11,39	8,2	34,1	24,34
4	5,8	28,6	16,79	10,2	36,4	29,72
5	9,3	18,5	24,86	12,3	26,3	34,02
6	11,5	20,8	30,21	14,1	30,5	39,07
7	14,3	12,4	36,42	16,3	17,7	42,79
8	17,6	16,3	44,48	18,2	22,3	48,17
9	19,1	4,2	47,12	20,2	9,5	50,82
10	22,5	7,6	55,34	22,4	14,2	56,96

Варіант 25						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	2,4	28,6	10,4	3,2	46,3	12,71
2	2,9	31,2	11,98	4,6	51,2	16,87
3	3,8	22,4	14,23	5,5	40,5	19,07
4	5,5	25,1	19,32	6,9	42,7	23,13
5	8,7	18,5	28,01	8,7	36,2	27,87
6	9,4	20,9	30,26	11,5	38,6	35,89
7	11,8	11,6	35,96	15,2	25,4	45,09
8	13,3	14,7	40,58	17,6	33,4	52,52
9	15,6	5,3	45,48	18,4	17,1	52,95
10	17,8	9,7	52,29	20,2	22,8	58,49

Варіант 26						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	4,7	33,9	11,49	1,8	42,1	6,18
2	5,2	36,4	12,52	2,4	45,5	7,3
3	9,6	28,8	20,58	5,5	35,2	12,09
4	13,4	31,5	27,93	6,9	39,6	14,68
5	18,7	22,3	37,13	9,1	28,5	17,49
6	19,5	24,5	38,83	11,2	30,8	21,07
7	22,3	14,7	42,98	14,7	22,3	25,71
8	24,7	18,6	47,82	16,8	24,6	29,27
9	25,6	9,3	48,31	20,5	14,2	33,39
10	28,3	12,3	53,57	21,4	16,3	35,09

Варіант 27						
N	А			Б		
	X1	X2	Y	X1	X2	Y
1	4,6	40,8	8,92	2,5	28,6	10,54
2	6,6	42,3	12,16	3,5	31,5	13,47
3	8,2	30,7	14,02	4,6	20,7	15,86
4	9,3	36,9	16,1	8,8	24,3	27,58
5	11,4	23,2	18,28	10,1	15,4	30,01
6	15,7	28,6	25,17	12,4	17,6	36,41
7	19,3	15,4	28,87	16,7	9,8	46,28
8	22,2	17,3	33,26	18,2	12,7	50,77
9	24,5	8,5	35,12	20,1	4,5	53,77
10	26,5	11,1	38,33	22,2	7,2	59,76

Додаток 3

Варіант 1

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					30	30	30
Крок варіювання					10	10	10
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	61,48	61,67	61,87
2	+1	-1	+1	+1	61,65	61,84	61,74
3	+1	+1	-1	+1	63,58	63,79	63,81
4	+1	-1	-1	+1	62,41	62,65	62,79
5	+1	+1	+1	-1	51,16	50,21	50,32
6	+1	-1	+1	-1	51,43	50,32	50,49
7	+1	+1	-1	-1	55,38	55,09	55,18
8	+1	-1	-1	-1	56,11	55,99	56,06
Досліди у центрі плану							
а)	60,49	60,87	60,44	61,32	61,81		
б)	60,21	60,68	60,33	61,21	61,62		
в)	60,30	60,59	60,29	61,11	61,58		

Варіант 2

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					30	30	30
Крок варіювання					10	10	10
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	49,42	50,10	50,22
2	+1	-1	+1	+1	49,99	50,60	50,67
3	+1	+1	-1	+1	47,00	47,30	47,35
4	+1	-1	-1	+1	48,03	48,70	48,65
5	+1	+1	+1	-1	40,41	40,20	40,15
6	+1	-1	+1	-1	42,52	43,00	43,12
7	+1	+1	-1	-1	38,91	38,20	38,56
8	+1	-1	-1	-1	35,51	35,10	35,23
Досліди у центрі плану							
а)	45,66	45,93	44,96	45,71			
б)	45,12	45,87	44,83	45,65			
в)	45,18	45,73	44,78	45,49			

Варіант 3

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					2	100	1,5
Крок варіювання					1	10	0,5
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	17,60	18,00	18,30
2	+1	-1	+1	+1	23,20	23,60	23,90
3	+1	+1	-1	+1	51,00	51,50	51,80
4	+1	-1	-1	+1	13,80	14,20	14,80
5	+1	+1	+1	-1	18,60	19,00	19,40
6	+1	-1	+1	-1	38,00	38,20	38,60
7	+1	+1	-1	-1	41,00	41,40	41,70
8	+1	-1	-1	-1	14,50	14,90	15,30
Досліди у центрі плану							
а)	27,20	28,30	26,50	27,50			
б)	27,60	28,50	27,30	27,80			
в)	27,90	28,80	27,80	28,20			

Варіант 4

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					3	0,5	60
Крок варіювання					1	0,4	15
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	1100	1125	1150
2	+1	-1	+1	+1	2920	2940	2965
3	+1	+1	-1	+1	1980	2008	2032
4	+1	-1	-1	+1	2360	2380	2400
5	+1	+1	+1	-1	1257	1300	1320
6	+1	-1	+1	-1	3700	3720	3740
7	+1	+1	-1	-1	1400	1440	1465
8	+1	-1	-1	-1	2710	2730	2765
Досліди у центрі плану							
а)	2170	2050	2200	2100			
б)	2190	2075	2225	2120			
в)	2210	2155	2250	2140			

Варіант 5

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					0,032	1,0	15,0
Крок варіювання					0,005	0,5	5,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	99,32	98,80	99,10
2	+1	-1	+1	+1	95,24	94,80	95,10
3	+1	+1	-1	+1	98,18	98,90	98,50
4	+1	-1	-1	+1	97,36	98,40	98,00
5	+1	+1	+1	-1	98,34	97,50	97,90
6	+1	-1	+1	-1	92,96	93,60	93,30
7	+1	+1	-1	-1	97,88	98,40	98,00
8	+1	-1	-1	-1	96,18	94,10	95,10
Досліди у центрі плану							
а)	96,95	96,75	96,55	97,15	97,19		
б)	96,85	96,58	96,38	97,19	96,22		
в)	96,60	96,50	96,90	97,20	6,90		

Варіант 6

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					150,0	40,0	20,0
Крок варіювання					50,0	20,0	10,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	12,00	12,50	12,90
2	+1	-1	+1	+1	8,00	8,40	8,70
3	+1	+1	-1	+1	18,00	18,30	18,60
4	+1	-1	-1	+1	10,00	10,40	10,70
5	+1	+1	+1	-1	8,60	8,50	8,80
6	+1	-1	+1	-1	4,00	4,40	5,30
7	+1	+1	-1	-1	6,00	6,30	7,10
8	+1	-1	-1	-1	2,00	3,90	2,10
Досліди у центрі плану							
а)	8,50	8,90	8,20	8,00			
б)	8,30	9,10	9,30	8,90			
в)	8,80	9,50	9,20	9,30			

Варіант 7

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					18,0	24,0	15,0
Крок варіювання					2,0	4,0	3,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	88,02	88,48	88,29
2	+1	-1	+1	+1	85,60	84,90	85,30
3	+1	+1	-1	+1	90,30	89,60	89,90
4	+1	-1	-1	+1	85,10	84,80	84,95
5	+1	+1	+1	-1	89,50	91,90	91,30
6	+1	-1	+1	-1	82,45	82,10	82,29
7	+1	+1	-1	-1	86,50	84,80	85,29
8	+1	-1	-1	-1	80,23	81,10	81,10
Досліди у центрі плану							
а)	85,95	85,60	86,30	85,70			
б)	85,85	85,65	86,45	85,11			
в)	86,15	85,75	86,56	85,67			

Варіант 8

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					50,0	100,0	45,0
Крок варіювання					20,0	20,0	30,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	88,82	87,73	89,75
2	+1	-1	+1	+1	75,73	74,82	76,69
3	+1	+1	-1	+1	57,22	56,18	58,25
4	+1	-1	-1	+1	68,31	67,28	69,35
5	+1	+1	+1	-1	84,48	83,50	85,38
6	+1	-1	+1	-1	74,56	74,02	75,52
7	+1	+1	-1	-1	60,29	59,81	61,32
8	+1	-1	-1	-1	67,32	66,35	68,35
Досліди у центрі плану							
а)	72,12	71,83	72,45	71,87			
б)	71,15	70,86	71,48	70,75			
в)	73,10	72,76	73,55	72,83			

Варіант 9

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					50,0	130,0	4,5
Крок варіювання					20,0	200,0	0,5
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	5,76	5,58	5,94
2	+1	-1	+1	+1	9,50	9,28	9,78
3	+1	+1	-1	+1	1,47	1,36	1,68
4	+1	-1	-1	+1	4,65	4,43	4,87
5	+1	+1	+1	-1	7,68	7,45	7,92
6	+1	-1	+1	-1	13,74	13,53	13,92
7	+1	+1	-1	-1	1,19	1,03	1,28
8	+1	-1	-1	-1	6,37	7,55	6,52
Досліди у центрі плану							
а)	6,32	6,21	6,43	6,25			
б)	6,14	6,07	6,29	6,08			
в)	6,54	6,37	6,69	6,48			

Варіант 10

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					600,0	55,0	85,0
Крок варіювання					100,0	15,0	26,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	98,67	98,33	97,87
2	+1	-1	+1	+1	97,77	97,56	97,94
3	+1	+1	-1	+1	97,94	97,73	98,13
4	+1	-1	-1	+1	99,06	98,78	99,25
5	+1	+1	+1	-1	97,92	97,70	98,14
6	+1	-1	+1	-1	99,08	98,75	99,27
7	+1	+1	-1	-1	97,42	97,17	97,61
8	+1	-1	-1	-1	97,11	97,03	97,44
Досліди у центрі плану							
а)	98,14	98,27	98,02	98,31	98,25		
б)	98,02	98,05	98,15	97,81	98,09		
в)	98,25	98,46	98,23	98,14	98,55		

Варіант 11

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					0,5	160,0	55,0
Крок варіювання					0,2	6,0	15,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	76,00	76,25	76,52
2	+1	-1	+1	+1	80,90	81,12	81,37
3	+1	+1	-1	+1	74,05	74,31	74,56
4	+1	-1	-1	+1	82,40	82,65	82,87
5	+1	+1	+1	-1	76,81	77,08	77,29
6	+1	-1	+1	-1	81,40	81,64	81,91
7	+1	+1	-1	-1	62,65	62,87	62,99
8	+1	-1	-1	-1	73,00	73,25	73,51
Досліди у центрі плану							
а)	77,30	77,90	78,40	77,30	77,70		
б)	77,55	78,12	78,62	77,49	77,87		
в)	77,78	78,34	78,81	77,75	77,98		

Варіант 12

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					2,0	100,0	1,5
Крок варіювання					1,0	10,0	0,5
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	17,60	17,90	18,20
2	+1	-1	+1	+1	23,20	23,40	23,70
3	+1	+1	-1	+1	51,00	51,30	51,60
4	+1	-1	-1	+1	13,80	14,10	14,40
5	+1	+1	+1	-1	18,60	18,90	19,20
6	+1	-1	+1	-1	36,60	38,20	36,50
7	+1	+1	-1	-1	41,00	41,20	41,30
8	+1	-1	-1	-1	14,50	14,80	14,90
Досліди у центрі плану							
а)	27,20	27,50	27,70	26,90	27,33		
б)	27,40	27,70	27,90	26,90	27,20		
в)	27,60	27,90	28,20	27,30	27,40		

Варіант 13

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					25,0	98,0	60,0
Крок варіювання					1,5	63,0	50,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	14,50	14,80	14,95
2	+1	-1	+1	+1	42,50	41,20	41,60
3	+1	+1	-1	+1	26,80	38,20	38,40
4	+1	-1	-1	+1	18,60	18,90	19,20
5	+1	+1	+1	-1	13,80	14,10	14,40
6	+1	-1	+1	-1	51,00	51,30	51,60
7	+1	+1	-1	-1	23,20	23,40	28,50
8	+1	-1	-1	-1	17,60	17,90	18,20
Досліди у центрі плану							
а)	26,20	26,50	26,70	25,76	25,71		
б)	26,40	26,70	26,90	25,90	26,20		
в)	26,60	26,90	27,20	26,50	26,45		

Варіант 14

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					145,0	30,0	48,0
Крок варіювання					14,5	36,0	1,9
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	6,80	8,30	7,95
2	+1	-1	+1	+1	3,75	5,20	3,80
3	+1	+1	-1	+1	7,61	7,50	8,20
4	+1	-1	-1	+1	4,32	2,69	5,30
5	+1	+1	+1	-1	6,44	6,30	6,20
6	+1	-1	+1	-1	3,11	3,09	3,00
7	+1	+1	-1	-1	7,43	7,60	6,90
8	+1	-1	-1	-1	3,37	3,25	3,42
Досліди у центрі плану							
а)	5,93	5,51	5,65	6,01	6,10		
б)	5,55	6,02	5,89	5,42	5,31		
в)	5,89	5,96	6,10	5,64	6,03		

Варіант 15

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					60,0	57,0	3,6
Крок варіювання					30,0	10,0	2,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	56,65	56,85	57,02
2	+1	-1	+1	+1	56,91	57,11	57,31
3	+1	+1	-1	+1	58,22	58,42	58,63
4	+1	-1	-1	+1	56,73	56,93	57,17
5	+1	+1	+1	-1	49,82	50,02	50,25
6	+1	-1	+1	-1	47,57	47,77	47,97
7	+1	+1	-1	-1	51,50	53,10	53,40
8	+1	-1	-1	-1	47,49	47,71	47,91
Досліди у центрі плану							
а)	54,95	55,47	54,39	54,53	54,74		
б)	55,15	55,68	54,65	54,75	54,95		
в)	56,30	55,90	56,50	55,55	55,19		

Варіант 16

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					20,0	12,0	1,6
Крок варіювання					10,0	4,0	1,4
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	4,60	4,70	4,90
2	+1	-1	+1	+1	4,20	4,40	4,50
3	+1	+1	-1	+1	6,00	6,10	6,30
4	+1	-1	-1	+1	4,50	4,60	4,70
5	+1	+1	+1	-1	5,00	5,10	5,20
6	+1	-1	+1	-1	6,30	6,30	6,60
7	+1	+1	-1	-1	8,40	8,10	8,30
8	+1	-1	-1	-1	7,80	7,60	7,80
Досліди у центрі плану							
а)	4,80	4,50	5,10	4,90			
б)	4,90	4,60	5,30	5,00			
в)	5,00	4,70	5,40	5,10			

Варіант 17

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					20,0	12,0	1,6
Крок варіювання					10,0	4,0	1,4
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	1,50	1,70	1,20
2	+1	-1	+1	+1	0,70	0,80	0,90
3	+1	+1	-1	+1	0,50	0,60	0,70
4	+1	-1	-1	+1	0,85	0,95	0,95
5	+1	+1	+1	-1	1,60	1,60	1,70
6	+1	-1	+1	-1	1,10	1,20	1,30
7	+1	+1	-1	-1	1,80	1,75	2,00
8	+1	-1	-1	-1	1,00	1,10	1,200
Досліди у центрі плану							
а)					1,20	1,15	1,00
б)					1,30	1,20	1,14
в)					1,40	1,30	1,20

Варіант 18

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					40,0	100,0	27,0
Крок варіювання					10,0	56,0	13,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	10,00	11,30	12,60
2	+1	-1	+1	+1	7,30	8,60	9,50
3	+1	+1	-1	+1	5,10	6,50	7,70
4	+1	-1	-1	+1	7,60	8,70	9,10
5	+1	+1	+1	-1	15,20	16,10	17,20
6	+1	-1	+1	-1	11,00	12,00	13,80
7	+1	+1	-1	-1	18,20	15,30	20,10
8	+1	-1	-1	-1	9,70	11,00	14,50
Досліди у центрі плану							
а)					12,10	11,50	10,90
б)					13,50	12,80	12,30
в)					14,00	13,70	13,65

Варіант 19

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					20,0	28,0	54,0
Крок варіювання					9,0	14,0	32,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	46,30	47,30	48,10
2	+1	-1	+1	+1	45,20	44,60	45,60
3	+1	+1	-1	+1	60,10	61,20	62,30
4	+1	-1	-1	+1	45,90	44,30	44,70
5	+1	+1	+1	-1	50,40	51,80	52,10
6	+1	-1	+1	-1	60,20	62,10	62,30
7	+1	+1	-1	-1	80,60	81,00	81,40
8	+1	-1	-1	-1	80,40	79,30	78,90
Досліди у центрі плану							
а)					48,10	48,60	49,10
б)					49,80	51,60	50,40
в)					52,30	49,90	53,70

Варіант 20

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					150,0	40,0	20,0
Крок варіювання					50,0	20,0	10,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	2,60	2,10	2,30
2	+1	-1	+1	+1	6,30	6,20	5,80
3	+1	+1	-1	+1	4,80	4,10	4,50
4	+1	-1	-1	+1	8,30	8,20	8,40
5	+1	+1	+1	-1	10,20	10,30	10,60
6	+1	-1	+1	-1	15,20	16,90	15,90
7	+1	+1	-1	-1	8,40	7,20	7,70
8	+1	-1	-1	-1	12,00	12,40	12,10
Досліди у центрі плану							
а)					8,40	8,60	8,70
б)					8,15	8,65	8,25
в)					8,40	8,51	8,63

Варіант 21

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					70,0	58,0	93,0
Крок варіювання					35,0	12,0	47,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	61,41	61,61	61,82
2	+1	-1	+1	+1	61,54	61,82	61,51
3	+1	+1	-1	+1	63,58	63,75	63,76
4	+1	-1	-1	+1	62,46	62,65	62,72
5	+1	+1	+1	-1	51,18	50,29	50,36
6	+1	-1	+1	-1	51,47	50,44	50,40
7	+1	+1	-1	-1	55,38	55,07	55,21
8	+1	-1	-1	-1	56,18	55,88	56,06
Досліди у центрі плану							
а)	60,54	60,61	60,58	60,60	60,63		
б)	60,22	60,54	60,72	60,35	60,66		
в)	60,36	60,45	60,32	60,48	60,41		

Варіант 22

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					68,0	52,0	14,0
Крок варіювання					25,0	12,0	6,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	1115	1129	1146
2	+1	-1	+1	+1	2931	2946	2972
3	+1	+1	-1	+1	1984	2011	2048
4	+1	-1	-1	+1	2365	2384	2475
5	+1	+1	+1	-1	1259	1305	1345
6	+1	-1	+1	-1	3212	3820	3984
7	+1	+1	-1	-1	1415	1447	1465
8	+1	-1	-1	-1	2722	2733	2741
Досліди у центрі плану							
а)	2050	2053	2058	2060			
б)	2191	2089	2211	2079			
в)	2140	2156	2159	2186			

Варіант 23

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					20,0	38,0	77,0
Крок варіювання					14,0	26,0	15,3
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	88,11	88,51	88,25
2	+1	-1	+1	+1	85,67	84,87	85,47
3	+1	+1	-1	+1	90,41	89,65	89,94
4	+1	-1	-1	+1	85,15	84,71	84,85
5	+1	+1	+1	-1	89,59	91,92	91,37
6	+1	-1	+1	-1	82,47	82,15	82,39
7	+1	+1	-1	-1	86,10	84,10	85,21
8	+1	-1	-1	-1	80,35	82,95	81,22
Досліди у центрі плану							
а)	85,93	85,68	86,10	85,76			
б)	85,83	85,65	86,12	85,36			
в)	85,75	85,86	85,91	85,22			

Варіант 24

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					111,0	54,0	86,3
Крок варіювання					15,0	43,0	25,4
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	13,50	12,63	13,54
2	+1	-1	+1	+1	9,70	8,57	8,86
3	+1	+1	-1	+1	18,00	18,47	18,65
4	+1	-1	-1	+1	10,54	10,25	10,25
5	+1	+1	+1	-1	8,52	8,61	8,97
6	+1	-1	+1	-1	4,72	5,24	5,32
7	+1	+1	-1	-1	6,41	8,36	11,50
8	+1	-1	-1	-1	2,23	1,50	3,60
Досліди у центрі плану							
а)	8,40	8,61	8,74	8,54	8,67		
б)	8,84	8,75	8,72	8,99	8,55		
в)	9,22	9,63	9,35	9,48	9,67		

Варіант 25

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					20,0	18,0	74,0
Крок варіювання					16,0	2,6	54,0
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	1,80	1,78	1,33
2	+1	-1	+1	+1	0,78	0,86	0,97
3	+1	+1	-1	+1	0,54	0,74	0,74
4	+1	-1	-1	+1	0,85	0,95	0,95
5	+1	+1	+1	-1	1,60	1,74	1,74
6	+1	-1	+1	-1	1,25	1,35	1,32
7	+1	+1	-1	-1	2,10	1,75	3,12
8	+1	-1	-1	-1	1,56	1,24	1,260
Досліди у центрі плану							
а)	1,25	1,15	1,36	1,54	1,11		
б)	1,44	1,39	1,45	1,58	1,69		
в)	1,45	1,52	1,68	1,86	2,01		

Варіант 26

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					36,0	63,0	56,0
Крок варіювання					14,0	25,9	17,5
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	17,65	18,05	18,32
2	+1	-1	+1	+1	23,46	23,74	23,56
3	+1	+1	-1	+1	51,62	51,54	51,84
4	+1	-1	-1	+1	13,84	14,29	14,82
5	+1	+1	+1	-1	18,64	19,36	19,23
6	+1	-1	+1	-1	38,02	38,24	38,21
7	+1	+1	-1	-1	41,25	38,25	35,21
8	+1	-1	-1	-1	14,52	14,93	15,32
Досліди у центрі плану							
а)	27,20	27,36	27,80	28,01			
б)	27,69	27,91	28,13	27,96			
в)	27,90	28,30	28,15	28,37			

Варіант 27

					X ₁	X ₂	X ₃
Основний рівень					75,0	12,5	49,3
Крок варіювання					10,0	2,5	0,5
N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	Y		
					а	б	в
1	+1	+1	+1	+1	5,79	5,25	5,98
2	+1	-1	+1	+1	9,63	9,36	9,58
3	+1	+1	-1	+1	1,52	2,25	1,74
4	+1	-1	-1	+1	4,58	4,87	4,25
5	+1	+1	+1	-1	7,36	7,52	7,96
6	+1	-1	+1	-1	13,79	13,26	13,84
7	+1	+1	-1	-1	1,25	1,05	1,24
8	+1	-1	-1	-1	6,25	7,89	6,58
Досліди у центрі плану							
а)	6,25	6,47	6,85	7,01			
б)	6,29	6,31	6,42	6,58			
в)	6,54	6,58	6,71	6,66			

Додаток 4

	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
t	Y		Y		Y		Y	
хв.	A	Б	A	Б	A	Б	A	Б
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0.13	0	0.28	0	0	0	0
4	0.14	0.46	0	0.96	0.67	0	0	0.37
5	0.47	0.91	0.16	1.84	2.09	0.16	0.42	1.20
6	0.88	1.41	0.53	2.82	3.76	0.53	1.28	2.23
7	1.32	1.93	1.05	3.80	5.39	1.03	2.34	3.32
8	1.76	2.44	1.63	4.75	6.87	1.59	3.41	4.38
9	2.17	2.93	2.24	5.64	8.15	2.17	4.42	5.36
10	2.54	3.40	2.86	6.45	9.22	2.73	5.31	6.26
11	2.89	3.83	3.45	7.18	10.09	3.26	6.09	7.07
12	3.20	4.22	4.01	7.83	10.80	3.75	6.76	7.78
13	3.47	4.58	4.54	8.40	11.37	4.21	7.32	8.41
14	3.72	4.90	5.03	8.90	11.83	4.62	7.79	8.96
15	3.94	5.20	5.48	9.33	12.19	4.98	8.18	9.44
16	4.13	5.46	5.89	9.70	12.47	5.31	8.50	9.85
17	4.30	5.69	6.27	10.03	12.70	5.60	8.77	10.22
18	4.46	5.90	6.61	10.30	12.87	5.85	8.99	10.53
19	4.59	6.08	6.91	10.54	13.01	6.08	9.17	10.81
20	4.71	6.25	7.19	10.74	13.12	6.27	9.32	11.05
21	4.83	6.39	7.44	10.92	13.20	6.45	9.45	11.25
22	4.91	6.52	7.66	11.07	13.27	6.60	9.55	11.43
23	4.99	6.63	7.86	11.19	13.32	6.73	9.63	11.59
24	5.06	6.74	8.05	11.30	13.36	6.84	9.70	11.72
25	5.12	6.83	8.21	11.39	13.39	6.94	9.75	11.84
26	5.18	6.90	8.35	11.47	13.41	7.03	9.80	11.94
27	5.23	6.97	8.48	11.53	13.43	7.11	9.83	12.03
28	5.27	7.04	8.60	11.59	13.45	7.17	9.86	12.10
29	5.31	7.09	8.71	11.64	13.46	7.23	9.89	12.17
30	5.34	7.14	8.80	11.68	13.47	7.28	9.91	12.23
ΔX	8	10	12	14	15	8	10	12
Yуст	5.6	7.5	9.6	11.9	13.5	7.6	10	12.6
x1	2	3	3	3	2	3	2	2
x2	8	8	9	6	4	7	5	7

	Варіант 5		Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8	
t	Y		Y		Y		Y	
хв.	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.28	0.22	0	0	0	0	0.12	0.06
4	0.95	0.79	0.24	0	0	0.08	0.43	0.23
5	1.86	1.59	0.78	0.13	0.08	0.31	0.90	0.48
6	2.89	2.52	1.48	0.46	0.29	0.66	1.49	0.80
7	3.96	3.54	2.23	0.94	0.62	1.10	2.17	1.16
8	5.01	4.58	2.97	1.52	1.03	1.62	2.91	1.55
9	6.02	5.62	3.68	2.17	1.52	2.20	3.69	1.96
10	6.98	6.63	4.35	2.85	2.05	2.83	4.50	2.38
11	7.86	7.60	4.96	3.55	2.63	3.49	5.32	2.81
12	8.67	8.52	5.51	4.25	3.23	4.17	6.14	3.24
13	9.41	9.38	6.02	4.93	3.86	4.87	6.96	3.66
14	10.07	10.18	6.47	5.59	4.49	5.57	7.75	4.07
15	10.67	10.92	6.88	6.23	5.12	6.27	8.53	4.47
16	11.21	11.60	7.25	6.84	5.75	6.97	9.28	4.85
17	11.68	12.22	7.58	7.41	6.37	7.66	10.01	5.22
18	12.11	12.79	7.88	7.95	6.98	8.33	10.70	5.57
19	12.49	13.31	8.14	8.45	7.57	8.99	11.37	5.91
20	12.83	13.78	8.38	8.92	8.15	9.62	12.00	6.22
21	13.12	14.20	8.59	9.35	8.71	10.24	12.60	6.52
22	13.39	14.59	8.78	9.75	9.24	10.84	13.17	6.80
23	13.62	14.93	8.95	10.13	9.76	11.41	13.71	7.07
24	13.83	15.25	9.10	10.47	10.25	11.96	14.21	7.31
25	14.01	15.53	9.24	10.78	10.72	12.49	14.69	7.55
26	14.18	15.78	9.36	11.07	11.17	12.99	15.13	7.76
27	14.32	16.01	9.47	11.33	11.60	13.47	15.55	7.97
28	14.45	16.22	9.57	11.58	12.01	13.93	15.94	8.15
29	14.56	16.40	9.66	11.80	12.39	14.36	16.31	8.33
30	14.66	16.57	9.73	12.00	12.76	14.78	16.65	8.49
ΔX	14	15	8	10	12	14	15	8
Yуст	15.4	18	10.4	14	18	21	21	10,4
x1	3	4	2	5	9	10	7	7
x2	8	9	9	10	12	12	12	11

	Варіант 9		Варіант 10		Варіант 11		Варіант 12	
t	Y		Y		Y		Y	
хв.	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0.12	0.14	0	0.63
4	0.10	0	0	0.31	0.42	0.50	0.10	2.07
5	0.37	0.15	0.07	1.05	0.83	0.99	0.37	3.85
6	0.76	0.53	0.27	2.04	1.29	1.56	0.75	5.73
7	1.24	1.08	0.56	3.14	1.78	2.16	1.21	7.56
8	1.78	1.74	0.93	4.27	2.26	2.77	1.72	9.26
9	2.35	2.45	1.36	5.38	2.73	3.36	2.26	10.81
10	2.93	3.20	1.84	6.43	3.18	3.93	2.80	12.20
11	3.53	3.95	2.35	7.41	3.60	4.46	3.34	13.43
12	4.11	4.69	2.87	8.30	3.98	4.95	3.86	14.51
13	4.68	5.41	3.41	9.11	4.34	5.40	4.37	15.46
14	5.23	6.09	3.96	9.83	4.66	5.82	4.85	16.29
15	5.76	6.74	4.50	10.48	4.96	6.19	5.31	17.01
16	6.26	7.34	5.04	11.05	5.23	6.52	5.73	17.64
17	6.73	7.90	5.56	11.55	5.47	6.82	6.13	18.18
18	7.17	8.42	6.08	12.00	5.69	7.08	6.50	18.66
19	7.58	8.90	6.57	12.38	5.89	7.32	6.84	19.07
20	7.97	9.33	7.05	12.72	6.07	7.53	7.15	19.42
21	8.32	9.73	7.52	13.02	6.23	7.71	7.44	19.73
22	8.65	10.09	7.96	13.28	6.37	7.87	7.71	20.00
23	8.95	10.42	8.38	13.51	6.50	8.02	7.95	20.23
24	9.23	10.71	8.78	13.70	6.61	8.14	8.17	20.44
25	9.49	10.98	9.17	13.87	6.72	8.25	8.37	20.61
26	9.72	11.22	9.53	14.02	6.81	8.35	8.55	20.76
27	9.94	11.44	9.87	14.15	6.89	8.43	8.71	20.89
28	10.13	11.63	10.20	14.26	6.97	8.51	8.86	21.01
29	10.31	11.80	10.20	14.36	7.03	8.57	8.99	21.11
30	10.47	11.96	10.79	14.45	7.09	8.63	9.11	21.19
ΔX	10	12	14	15	8	10	12	15
Yуст	12	13,2	14,7	15	7,6	9	10,2	21.75
x1	6	5	8	3	3	4	5	2
x2	9	8	12	7	9	7	9	7

	Варіант 13		Варіант 14		Варіант 15		Варіант 16	
t	Y		Y		Y		Y	
хв.	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0.14	0	0	0	0	0.09
4	0	0.48	0.50	0	0.12	0.23	0.05	0.32
5	0.42	1.58	1.04	0.10	0.42	0.74	0.20	0.65
6	1.39	2.99	1.68	0.36	0.85	1.39	0.42	1.06
7	2.72	4.50	2.40	0.74	1.35	2.08	0.69	1.51
8	4.22	6.00	3.17	1.20	1.89	2.76	1.01	2.00
9	5.78	7.44	3.95	1.72	2.44	3.40	1.36	2.50
10	7.32	8.78	4.74	2.28	3.00	4.00	1.73	3.01
11	8.80	10.01	5.52	2.85	3.54	4.54	2.11	3.51
12	10.19	11.13	6.29	3.43	4.05	5.02	2.50	4.01
13	11.48	12.15	7.02	4.01	4.54	5.46	2.89	4.49
14	12.67	13.07	7.72	4.57	5.00	5.85	3.28	4.95
15	13.74	13.90	8.39	5.12	5.43	6.19	3.67	5.39
16	14.71	14.64	9.03	5.64	5.82	6.49	4.04	5.81
17	15.59	15.31	9.62	6.15	6.18	6.76	4.41	6.21
18	16.37	15.90	10.18	6.62	6.52	7.00	4.76	6.58
19	17.07	16.44	10.70	7.08	6.82	7.21	5.10	6.93
20	17.69	16.92	11.19	7.50	7.10	7.40	5.43	7.26
21	18.25	17.35	11.64	7.91	7.35	7.56	5.74	7.57
22	18.74	17.73	12.06	8.28	7.57	7.71	6.04	7.86
23	19.18	18.07	12.44	8.63	7.78	7.84	6.32	8.13
24	19.56	18.38	12.80	8.96	7.96	7.95	6.59	8.38
25	19.90	18.66	13.13	9.27	8.13	8.05	6.84	8.61
26	20.21	18.90	13.44	9.55	8.28	8.14	7.08	8.82
27	20.48	19.12	13.72	9.82	8.42	8.22	7.08	9.02
28	20.71	19.32	13.98	10.06	8.54	8.28	7.52	9.21
29	20.92	19.50	14.22	10.29	8.65	8.35	7.72	9.38
30	21.11	19.66	14.44	10.50	8.75	8.40	7.91	9.54
ΔX	15	14	12	10	8	8	10	12
Yуст	22.5	21	16.8	13	9.6	8.8	10.5	11.4
x1	3	2	5	5	4	2	7	5
x2	8	9	11	12	9	8	13	12

	Варіант 17		Варіант 18		Варіант 19		Варіант 20	
t	Y		Y		Y		Y	
хв.	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0.07	0	0
4	0	0.18	0.20	0.36	0	0.26	0	0.07
5	0.19	0.62	0.71	1.21	0.12	0.53	0.07	0.25
6	0.63	1.25	1.43	2.37	0.43	0.87	0.25	0.53
7	1.25	1.97	2.27	3.68	0.87	1.25	0.51	0.88
8	1.96	2.75	3.18	5.04	1.41	1.66	0.85	1.28
9	2.70	3.55	4.12	6.38	2.01	2.09	1.24	1.73
10	3.45	4.34	5.06	7.67	2.65	2.53	1.66	2.20
11	4.19	5.09	5.97	8.88	3.29	2.97	2.11	2.70
12	4.89	5.82	6.84	10.00	3.94	3.40	2.57	3.20
13	5.55	6.49	7.66	11.03	4.58	3.83	3.04	3.72
14	6.17	7.12	8.44	11.97	5.19	4.23	3.51	4.22
15	6.75	7.69	9.16	12.82	5.79	4.63	3.97	4.73
16	7.28	8.22	9.82	13.58	6.35	5.00	4.43	5.22
17	7.77	8.70	10.44	14.26	6.88	5.36	4.87	5.70
18	8.21	9.14	11.00	14.87	7.38	5.70	5.31	6.17
19	8.62	9.53	11.51	15.41	7.85	6.02	5.72	6.62
20	8.99	9.89	11.97	15.90	8.28	6.31	6.12	7.06
21	9.33	10.20	12.40	16.32	8.68	6.59	6.50	7.47
22	9.64	10.49	12.78	16.70	9.06	6.86	6.86	7.87
23	9.92	10.74	13.13	17.04	9.40	7.10	7.20	8.25
24	10.17	10.97	13.44	17.34	9.72	7.33	7.53	8.61
25	10.40	11.17	13.72	17.60	10.01	7.54	7.83	8.95
26	10.61	11.35	13.98	17.84	10.28	7.74	8.12	9.27
27	10.80	11.51	14.21	18.04	10.52	7.92	8.39	9.57
28	10.97	11.65	14.41	18.22	10.75	8.09	8.65	9.86
29	11.12	11.78	14.60	18.39	10.95	8.24	8.89	10.13
30	11.26	11.89	14.76	18.53	11.14	8.39	9.11	10.38
ΔX	14	15	12	14	10	8	10	12
Yуст	12.6	12.75	16.2	19.6	13	10	12	13.8
x1	3	4	4	3	5	6	7	8
x2	10	8	9	8	10	11	12	12

	Варіант 21		Варіант 22		Варіант 23		Варіант 24	
t	Y		Y		Y		Y	
хв.	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0.12	0.15	0.18	0	0	0.25	0
4	0	0.44	0.54	0.65	0.22	0	0.82	0
5	0.10	0.91	1.11	1.30	0.75	0.30	1.50	0.15
6	0.34	1.49	1.79	2.06	1.47	0.93	2.18	0.48
7	0.71	2.14	2.53	2.87	2.26	1.71	2.83	0.93
8	1.18	2.83	3.32	3.70	3.08	2.53	3.40	1.42
9	1.71	3.55	4.12	4.52	3.88	3.31	3.90	1.92
10	2.29	4.29	4.91	5.31	4.63	4.02	4.32	2.40
11	2.90	5.01	5.68	6.07	5.34	4.66	4.68	2.84
12	3.53	5.73	6.43	6.77	5.98	5.22	4.99	3.25
13	4.16	6.42	7.14	7.42	6.56	5.70	5.24	3.62
14	4.80	7.09	7.80	8.03	7.08	6.12	5.44	3.95
15	5.42	7.73	8.43	8.58	7.54	6.48	5.61	4.23
16	6.03	8.33	9.02	9.08	7.96	6.79	5.76	4.49
17	6.62	8.90	9.56	9.53	8.32	7.05	5.87	4.70
18	7.19	9.44	10.06	9.94	8.64	7.27	5.97	4.89
19	7.73	9.95	10.52	10.31	8.92	7.46	6.04	5.06
20	8.25	10.42	10.94	10.64	9.16	7.62	6.11	5.20
21	8.75	10.86	11.33	10.94	9.38	7.75	6.16	5.31
22	9.21	11.26	11.69	11.21	9.56	7.87	6.20	5.42
23	9.66	11.64	12.01	11.44	9.72	7.96	6.24	5.50
24	10.07	11.99	12.30	11.65	9.87	8.05	6.27	5.58
25	10.46	12.31	12.57	11.84	9.99	8.12	6.29	5.64
26	10.83	12.61	12.81	12.01	10.10	8.17	6.31	5.70
27	11.17	12.88	13.03	12.16	10.19	8.22	6.33	5.74
28	11.50	13.14	13.23	12.29	10.27	8.27	6.34	5.78
29	11.79	13.37	13.40	12.41	10.34	8.30	6.35	5.82
30	12.07	13.58	13.57	12.51	10.40	8.33	6.36	5.84
ΔX	14	15	15	14	12	10	8	8
Yуст	15.4	15.75	15	13.3	10.8	8.5	6.4	6
x1	7	6	5	4	3	2	2	3
x2	11	10	9	8	7	6	5	6

	Варіант 25		Варіант 26		Варіант 27	
t	Y		Y		Y	
хв.	А	Б	А	Б	А	Б
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0.05	0	0	0
4	0.11	0.10	0.17	0.06	0	0
5	0.39	0.34	0.36	0.24	0.09	0.11
6	0.77	0.69	0.60	0.50	0.31	0.39
7	1.21	1.10	0.89	0.82	0.65	0.80
8	1.68	1.56	1.20	1.20	1.06	1.30
9	2.15	2.04	1.53	1.61	1.54	1.86
10	2.61	2.51	1.89	2.05	2.05	2.46
11	3.05	2.99	2.25	2.51	2.59	3.08
12	3.47	3.44	2.62	2.97	3.14	3.70
13	3.85	3.88	2.99	3.44	3.70	4.32
14	4.20	4.29	3.35	3.90	4.24	4.92
15	4.52	4.67	3.71	4.36	4.78	5.49
16	4.81	5.03	4.07	4.81	5.31	6.05
17	5.07	5.36	4.42	5.24	5.81	6.57
18	5.30	5.66	4.75	5.66	6.30	7.07
19	5.51	5.94	5.08	6.06	6.76	7.53
20	5.69	6.19	5.39	6.44	7.20	7.96
21	5.86	6.42	5.69	6.81	7.61	8.37
22	6.00	6.63	5.98	7.15	8.00	8.74
23	6.12	6.82	6.26	7.48	8.36	9.08
24	6.24	6.99	6.52	7.80	8.71	9.40
25	6.33	7.14	6.77	8.09	9.03	9.70
26	6.42	7.28	7.00	8.37	9.32	9.96
27	6.49	7.40	7.23	8.63	9.60	10.21
28	6.56	7.51	7.44	8.87	9.86	10.44
29	6.62	7.61	7.64	9.10	10.10	10.64
30	6.67	7.70	7.83	9.32	10.32	10.83
ΔX	10	12	14	15	15	14
Yуст	7	8.4	10.5	12	12.75	12.6
x1	4	5	9	8	7	6
x2	7	8	12	11	10	9

Методичні вказівки до самостійної роботи студента

Вид та тема завдання	Кількість годин самостійної роботи	Методичні вказівки до самостійної роботи студента
<p>1. Підготовка до :</p> <p>– лекцій</p> <p>– лабораторних робіт</p> <p>– практичних занять (семінарів)</p>	<p>24</p> <p>24</p>	<p>Студент повинен:</p> <p>а) опрацювати теоретичні основи прослуханого лекційного матеріалу використовуючи конспект складений під час лекції;</p> <p>б) також поглиблено вивчити рекомендовану літературу на тему лекції;</p> <p>в) провести пошук додаткової інформації використовуючи спеціальну літературу і Internet.</p> <p>При підготовці до лабораторної роботи студент повинен:</p> <p>а) ознайомитись з теорією і методикою виконання лабораторної роботи, які наведені в методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів »;</p> <p>б) опрацювати теоретичний матеріал, знання якого необхідне для виконання лабораторної роботи, використовуючи рекомендовану літературу;</p> <p>в) після виконання лабораторної роботи студент повинен скласти звіт, провести необхідні розрахунки і зробити висновки.</p>

Вид та тема завдання	Кількість годин самостійної роботи	Методичні вказівки до самостійної роботи студента
<p>2. Опрацювання питань, які не викладаються на лекціях:</p> <p>Складні та прості системи. Параметричний аналіз модельованих систем. Декомпозиція складних систем. Елементи та підсистеми ієрархічних систем. Основні етапи та методи побудови моделей.</p> <p>Постановка та методи рішення задач структурної та параметричної ідентифікації моделей складних систем.</p> <p>Одержання математичної моделі методом Брандона.</p> <p>. Ротатабельні плани другого порядку.</p> <p>Дослідження перехідних процесів на ЕОМ комбінованих та каскадних АСР .</p>	<p>10</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>5</p>	<p>За допомогою рекомендованої, спеціальної літератури та Internet студенти самостійно опрацюють теми, що не викладаються на лекціях.</p> <p>В.В.Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии Учебник для вузов.- 4-е издание,- М.: Химия, 1985.-445с. С.21-50.</p> <p>Математичні методи в хімії та хімічній технології: Навч. посібник / Рудавський Ю. К., Мокрий Є. М. та інш. – Львів: Світ, 1993. - 208 с. С.115-123.</p> <p>А.Г.Бондарь. Математическое моделирование в химической технологии. - К.: Вища школа, 1973.- 280 с. С. 85-88.</p> <p>С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высш.шк., 1978. – 319 с. С.251-256.</p> <p>Математичні методи в хімії та хімічній технології: Навч. посібник / Рудавський Ю. К., Мокрий Є. М. та інш. – Львів: Світ, 1993. - 208 с. С.186-198.</p>
<p>3. Підготовка до модульних контрольних робіт</p>	<p>20</p>	<p>Білет з МКР містять теоретичні запитання і практичні завдання і задачі. При підготовці до МКР студент повинен:</p> <p>а) повторити теоретичні основи прослуханого лекційного матеріалу використовуючи конспект складений під час лекції, рекомендовану і додаткову літературу;</p> <p>б) повторити теоретичні основи, викладені в методичних вказівках до лабораторних робіт і практичних занять;</p> <p>в) повторити матеріал самостійного опрацювання тем, що не викладаються на лекціях;</p> <p>г) розглянути приклади вирішення практичних завдань і задач, які розглядалися під час практичних занять.</p>

<p>4. Виконання індивідуальних завдань: – розрахункові, графічні (або інші) роботи – курсовий проект – курсова робота</p>	<p>36</p>	<p>При підготовці до виконання курсової роботи студент повинен: а) ознайомитись з теорією і методикою виконання роботи, які наведені в методичних вказівках до виконання курсової роботи з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів» ; б) опрацювати теоретичний матеріал, знання якого необхідне для виконання курсової роботи, використовуючи рекомендовану літературу; в) після виконання роботи студент повинен скласти звіт, провести необхідні розрахунки, зробити висновки і захистити курсову роботу.</p>
--	-----------	---