

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ
«ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ»
(ЧАСТИНА 1) ЗА ОСВІТНІМ РІВНЕМ «БАКАЛАВР»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Затверджено на засіданні
кафедри комп'ютерно-
інтегрованих технологій та
автоматизації
Протокол № 9 від 26.06.2019

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів» (частина 1) за освітнім рівнем «Бакалавр» для студентів спеціальності «151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укл. О.В. Тітова. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. – 51 с.

Укладач О.В. Тітова, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск О.П. Мисов, канд. техн. наук

Навчальне видання

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів» (частина 1) за освітнім рівнем «Бакалавр» для студентів спеціальності «151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Укладач ТІТОВА Олена Василівна

Технічний редактор В.П. Синицька
Комп'ютерна верстка В.П. Синицька

Підписано до друку 01.10.2020. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов. друк. арк. 2,31. Обл.-вид. арк. 2,39. Тираж 100 прим. Зам. № 84. Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2015

ДВНЗ УДХТУ, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, 49005

Редакційно-видавничий відділ

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 надавати 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:

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

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 нулеві 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 :

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

$$\frac{\partial(b_0+b_1x)}{\partial b_0}=1 \quad ; \quad \frac{\partial(b_0+b_1x)}{\partial b_1}=x \quad (5)$$

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:

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

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

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

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):

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

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).

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

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}^0	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:

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

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:

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

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:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N ((a_1 x_1^0 + a_2 x_2^0 + \dots + a_k x_k^0) - y_i^0)^2 \rightarrow \min \quad (41)$$

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

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

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

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

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

Після перетворення системи рівнянь (43) отримаємо:

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

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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot r_{x_2 x_1} + a_3 \cdot r_{x_3 x_1} + \dots + a_k \cdot r_{x_k x_1} = r_{y x_1} \\ a_1 \cdot r_{x_1 x_2} + a_2 \cdot 1 + a_3 \cdot r_{x_3 x_2} + \dots + a_k \cdot r_{x_k x_2} = r_{y x_2} \\ a_1 \cdot r_{x_1 x_k} + a_2 \cdot r_{x_2 x_k} + a_3 \cdot r_{x_3 x_k} + \dots + a_k \cdot 1 = r_{y x_k} \end{array} \right. \quad (47)$$

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:

$$R = \sqrt{a_1 \cdot r_{y x_1} + a_2 \cdot r_{y x_2} + a_3 \cdot r_{y x_3} + \dots + a_k \cdot r_{y x_k}} \quad (48)$$

Він слугує 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 зазвичай 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:

№ дослідів	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 досліду.

3) властивість рототабельності

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

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії проводиться за наступними формулами:

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

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 дослідження в центрі плану.

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

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

Визначимо дисперсію відтворення:

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

СКВ коефіцієнтів рівняння регресії:

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

$f = m-1$ – число ступенів свободи.

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

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

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

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

Незначимі коефіцієнти необхідно виключити із рівняння регресії.

Адекватність отриманого рівняння визначають за критерієм Фішера.

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

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

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

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.

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

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

Лабораторна робота № 4

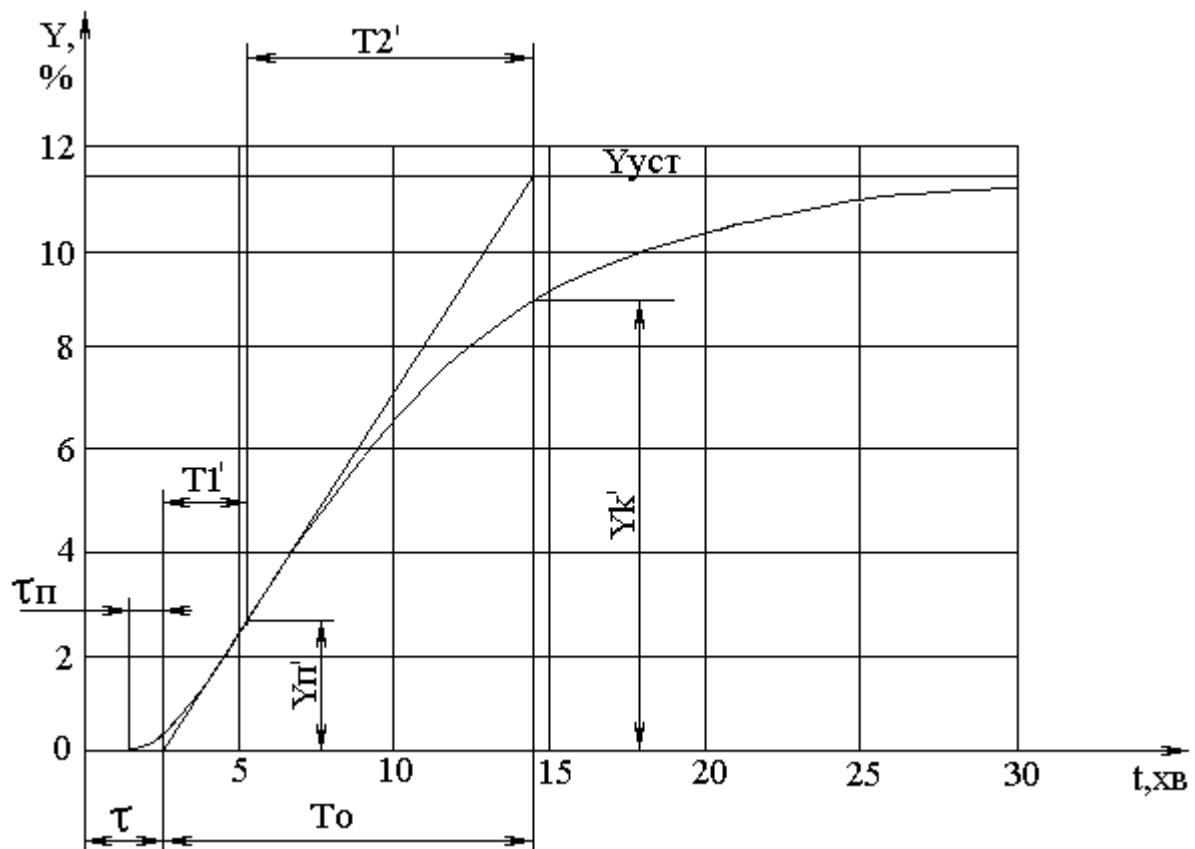
Визначити математичні моделі динаміки об'єкта керування за результатами експериментально знятої кривої розгону. Отримані математичні моделі динаміки об'єкта використати для синтезу одноконтурної АСК з ПІ- або ПІД-регулятором та провести аналіз цієї системи з отриманням перехідного процесу.

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'_n – величину ординати точки перегину та Y'_k – 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:

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

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

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 $\tau_{п}$.

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

$$T_2' = -0,1823 + 0,9837 \cdot T_0 - 2,4529 \cdot \tau_{п} \quad (72)$$

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:

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

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

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

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:

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

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

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 за співвідношенням, яке достатньо точно відображається рівнянням регресії:

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

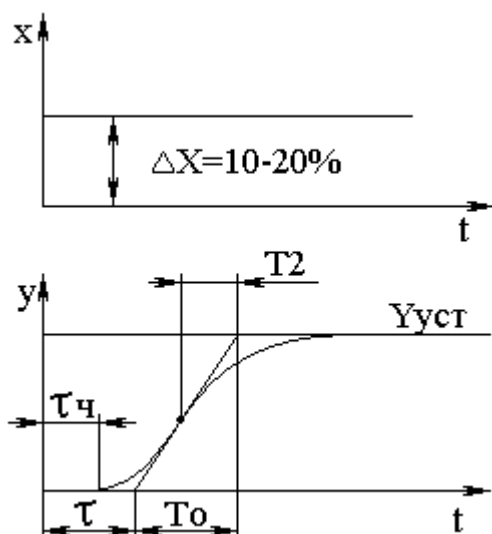
Якщо абсолютна різниця між лівою і правою частинами рівняння складає $0,01 \div 0,03$, то це є задовільним результатом.

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 двоємнісний з запізнюванням:



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

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

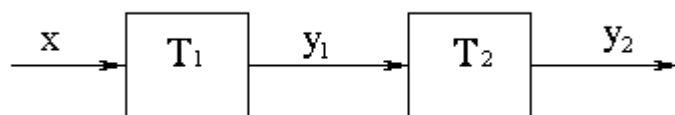
$$C = \frac{T_1^2}{T_2}; \quad T_1 = \sqrt{C \cdot T_2} \quad (82)$$

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 двоємнісного 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:

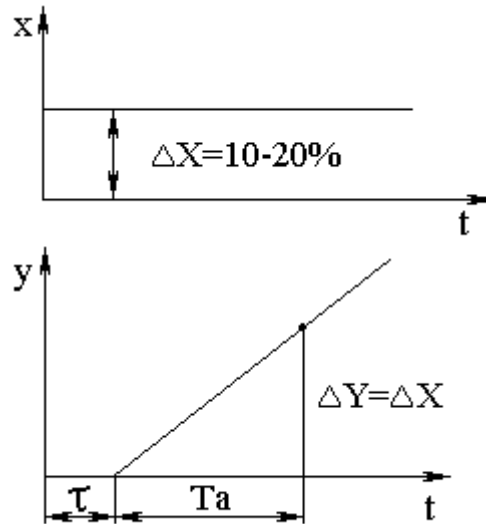
$$y = K_0 \cdot \Delta x \cdot \left(1 + \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot e^{-\frac{t - \tau_d}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot e^{-\frac{t - \tau_d}{T_2}} \right) + y_0 \quad (85)$$

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

3) Передаточна функція:

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

Астатичний об'єкт з запізненням:



T_a – час розгону астатичного об'єкту.

1) Диференційне 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

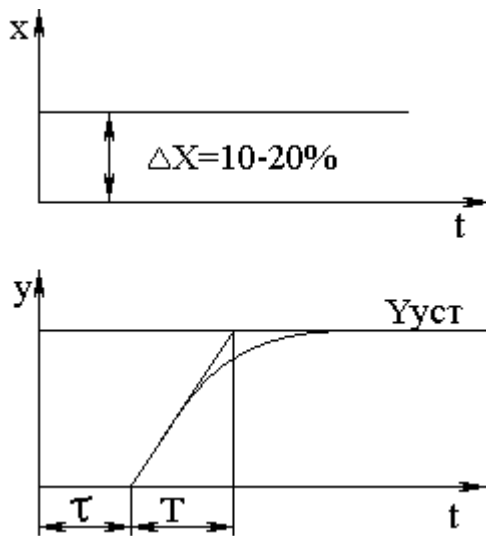
$$y = \frac{K_0 \cdot \Delta x}{T_a} \cdot (t - \tau) \quad (89)$$

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.

Об'єкт статичний однохвнїсний з запізненням:



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

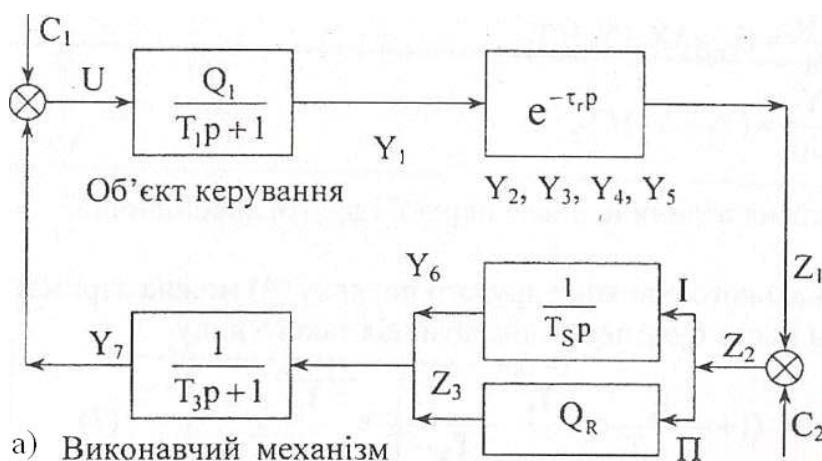
Дослідження перехідних процесів в автоматичних системах керування на ЕОМ

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:

- Отримати у викладача криву розгону, зняту на об'єкті, що досліджується, або використати експериментальні дані з лабораторної роботи № 4.
- Побудувати криву розгону, провести її обробку та отримати числові характеристики об'єкта, що досліджується (τ , $\tau_{\text{ч}}$, T_0 , $T_{\text{б}}$, T_2 , $K_{\text{об}}$).
- По динамічній характеристиці об'єкта вибрати закон регулювання та розрахувати параметри настройки регулятора.
- На ПЕОМ визвати відповідну програму і внести свої дані.
- Виконати рішення системи диференціальних рівнянь і отримати дані перехідних процесів.
- Побудувати графіки перехідних процесів, використавши для цього принтер.
- У випадку отримання незадовільних по якості перехідних процесів змінити настройки регулятора і повторити розрахунок.



а) Виконавчий механізм

ПІ-регулятор

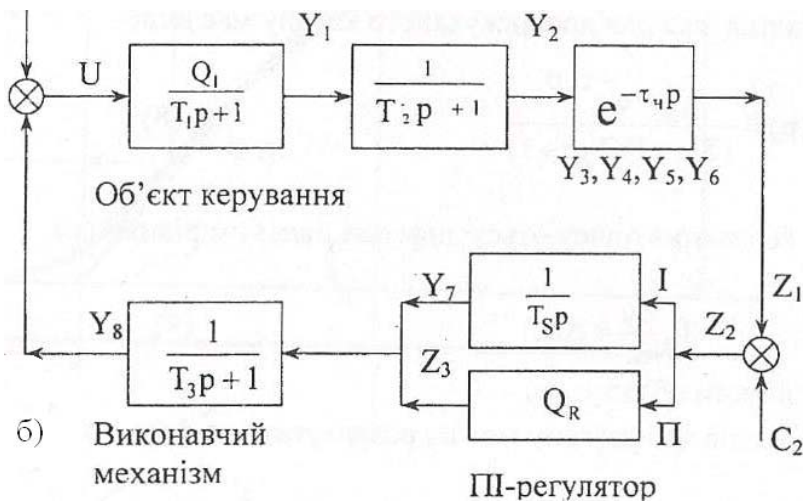


Рис. 4. Структурна схема АСУ з використанням ПІ регулятора:

- а) однокімнісний статичний об'єкт із запізнюванням;
- б) двоємісний статичний об'єкт із запізнюванням

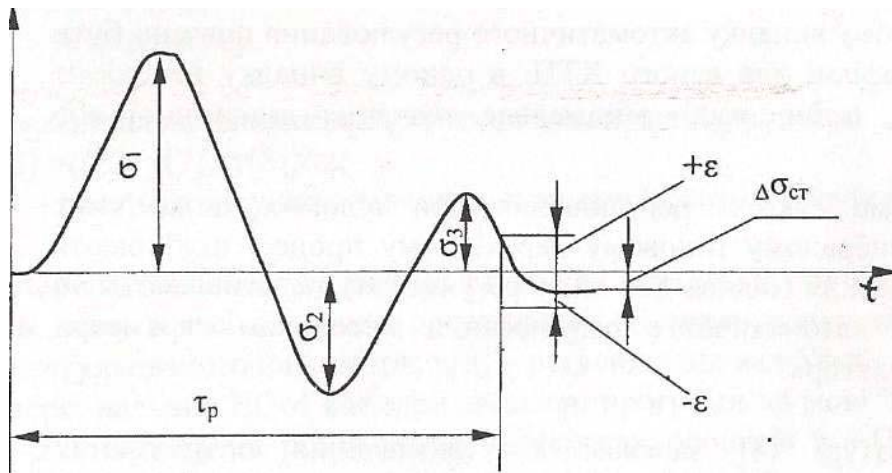


Рис. 5. Вид перехідного процесу регулювання

Якість перехідних процесів в АСР визначають по її часовій характеристиці, одержаній при ступінчастому збурюванні, або при ступінчастому зміні 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 налаштувань ПД регулятора наведена нижче.

```

program urav;
var tau, T0, K0, Kp, Tp, Ti, T1, T2, Tgp: 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;
Tgp:=(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 ('Tgp =', Tgp: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 двоємкісних 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Варіант 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

Вариант 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

Вариант 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

Вариант 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

Вариант 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

Вариант 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

Вариант 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
б)					6,14	6,07	6,29
в)					6,54	6,37	6,69

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
б)					98,02	98,05	98,15
в)					98,25	98,46	98,23

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
б)					77,55	78,12	78,62
в)					77,78	78,34	78,81

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
б)					27,40	27,70	27,90
в)					27,60	27,90	28,20

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 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 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 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	1,10			
б)	1,30	1,20	1,14	1,22			
в)	1,40	1,30	1,20	1,34			

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	11,20			
б)	13,50	12,80	12,30	13,10			
в)	14,00	13,70	13,65	12,90			

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		47,90
б)	49,80		51,60		50,40		52,00
в)	52,30		49,90		53,70		54,90

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					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	8,50			
б)	8,15	8,65	8,25	8,60			
в)	8,40	8,51	8,63	8,70			

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
б)					60,22	60,54	60,72
в)					60,36	60,45	60,32

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
б)					2191	2089	2211
в)					2140	2156	2159

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
б)					85,83	85,65	86,12
в)					85,75	85,86	85,91

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
б)					8,84	8,75	8,72
в)					9,22	9,63	9,35

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
б)					1,44	1,39	1,45
в)					1,45	1,52	1,68

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
б)					27,69	27,91	28,13
в)					27,90	28,30	28,15

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
б)					6,29	6,31	6,42
в)					6,54	6,58	6,71

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.	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	0.28	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.	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	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.	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	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.	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	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.	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	0.12	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.	A	Б	A	Б	A	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
1. Підготовка до :		Студент повинен:
– лекцій	24	а) опрацювати теоретичні основи прослуханого лекційного матеріалу використовуючи конспект складений під час лекції; б) також поглиблено вивчити рекомендовану літературу на тему лекції;
– лабораторних робіт	24	в) провести пошук додаткової інформації використовуючи спеціальну літературу і Internet. При підготовці до лабораторної роботи студент повинен: 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 »; б) опрацювати теоретичний матеріал, знання якого необхідне для виконання лабораторної роботи, використовуючи рекомендовану літературу; в) після виконання лабораторної роботи студент повинен скласти звіт, провести необхідні розрахунки і зробити висновки.
– практичних занять (семінарів)		

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

		практичних завдань і задач, які розглядались під час практичних занять.
4. Виконання індивідуальних завдань: – розрахункові, графічні (або інші) роботи – курсовий проект – курсова робота	36	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.