

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

СИСТЕМИ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Методичні вказівки до проведення практичних занять
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Електронний ресурс

Рецензенти:

О. М. Черняк – кандидат технічних наук, доцент кафедри мехатроніки та електротехніки Національного аерокосмічного університету імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний університет»;

В. М. Князєва – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій ННІ «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 1 від 23 жовтня 2025 року)*

Системи економічного управління складними технічними комплексами : методичні вказівки до проведення практичних занять для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» [Електронний ресурс] / уклад. Т. М. Фурсова. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 28 с.)

У методичних вказівках до практичних занять з дисципліни «Системи економічного управління складними технічними комплексами» розглянуті питання управління технічними об'єктами на прикладі енергетичної галузі.

Видання призначене здобувачам вищої освіти ОС «магістр» за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

УДК 681.5(075.5)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2025
© Фурсова Т. М., уклад., 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Тема №1 ВПЛИВ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ЕКОНОМІЧНІСТЬ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	5
Тема №2 ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЕНЕРГОБЛОКІВ	7
Тема №3 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЇХ ПОХИБКИ	10
Тема №4 ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН	15
Тема №5 ПОБУДОВА КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ	20
Тема №6 ПОКАЗНИКИ ЦІННОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ	22
Тема №7 СИСТЕМИ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ (презентації доповідей за тематикою дисципліни)	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27

ВСТУП

Сучасний етап розвитку енергетики характеризується стрімким зростанням складності технологічних процесів, впровадженням цифрових технологій та необхідністю забезпечення високої ефективності використання ресурсів. В умовах зростаючих вимог до екологічної безпеки та енергетичної стабільності зростає роль систем економічного управління складними технічними комплексами, до яких належать теплові, атомні та відновлювані електростанції, енергосистеми та об'єднані енергетичні структури.

Ефективне управління такими об'єктами потребує інтеграції технічних, економічних та інформаційних рішень, що дозволяє досягти оптимального співвідношення між виробничими витратами, якістю продукції (електроенергії, тепла) та впливом на довкілля. Саме тому вивчення дисципліни «Системи економічного управління складними технічними комплексами» є надзвичайно актуальним для майбутніх фахівців у галузі автоматизації та енергетики.

Особливу актуальність ця дисципліна набуває в контексті реалізації Цілей сталого розвитку ООН, зокрема:

***Ціль 7: Забезпечення доступу до недорогих, надійних, сталих і сучасних джерел енергії;

***Ціль 9: Побудова стійкої інфраструктури, сприяння інклюзивній та сталій індустріалізації та інноваціям;

***Ціль 12: Забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва;

***Ціль 13: Вжиття невідкладних заходів для боротьби зі зміною клімату та її наслідками.

Вивчення дисципліни формує компетентності щодо побудови, аналізу та впровадження економічно обґрунтованих рішень в управлінні технічними системами, орієнтованими на підвищення ефективності, надійності та екологічної безпеки.

Практичні заняття спрямовані на засвоєння принципів функціонування систем економічного управління, аналізу техніко-економічних показників, вивчення моделей і методів оптимізації та прийняття рішень у складних виробничих умовах енергетичної галузі.

ВПЛИВ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ЕКОНОМІЧНІСТЬ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Мета роботи – розглянути кейси впливу техніко-економічних показників на економічність електростанцій.

Збитки ТЕС в наслідок недовідпуску електричної та теплової енергії, що викликане технологічними відмовами обладнання, виражається у зниженні прибутку від реалізації і, відповідно, затрат палива.

Збитки ТЕС внаслідок недовідпуску електричної та теплової енергії, відмов, ремонтів, міжремонтного періоду обладнання, в порівнянні із заміщуючим його (поетапна модернізація):

$$U = \left[T_e E_{o,y}^{AB} (1 - \beta_{nom}^e) - b_{ey} E_{o,y}^{AB} Q_{o,y}^{AB} (1 - \beta_{nom}^m) - b_{ny} Q_{o,y}^{AB} C_n \right] \times (Y_{від} + Y_{д.рем} + Y_{пр.рем}), \quad (1)$$

У випадку недовідпуску тільки електричної енергії

$$U_{нед}^e = T_e E (1 - \beta_{nom}^e), \quad (2)$$

де T_e і T_m – середні тарифи на електроенергію і тепло, грн/кВт·г;

$E_{o,y}^{AB}$, $Q_{o,y}^{AB}$ – зниження виробітки електроенергії і тепла при аварійному відключенні обладнання в наслідок відмов, кВт·г;

β_{nom}^e , β_{nom}^m – коефіцієнти втрат у електричних та теплових мережах за нормативами;

b_{ny} , b_{ey} – фактичні питомі витрати умовного палива на відпуск електроенергії та тепла, г.у.п./кВт·г;

$Y_{від}$, $Y_{д.рем}$, $Y_{пр.рем}$ – коефіцієнти завищення у розрахунку за рік числа відмов, довжини ремонту і міжремонтного періоду застарілого обладнання у порівнянні з новим на заміну.

Кейс №1.

Оцінити збитки внаслідок зниження вакууму у конденсаторі енергоблоку К-300-240 на $\Delta P_k = 0,01$ кПа, якщо відомо, що зниження вакууму $\Delta P_k = + 0,01$ кПа приводить до зниження потужності $\Delta Ne = 0,01$ (1%) і приросту питомої витрати палива енергоблоком $\Delta b = (0,01 \div 0,02) b_0$.

Для енергоблоку К-300-240 $b_0 = 340$ г/кВт·г, тоді при $b = 0,02$:

$\Delta b_i = 340 \times 0,02 = 6,8 \text{ г/кВт}\cdot\text{г}$, тобто $b_i = b_0 + \Delta b_i = 346,8 \text{ г/кВт}\cdot\text{г}$;

$N_{e0} = 300 \times 10^3 \text{ кВт}$, $\Delta N_{ei} = 0,01 \times 300 \times 10^3 = 3000 \text{ кВт}$,

$N_{ei} = 300 \times 10^3 - 3 \times 10^3 = 297 \times 10^3 \text{ кВт}$.

Число годин відмов обладнання $\tau = 1000$ годин;

Недовиробітка електроенергії $\Delta E = 1 \times 10^3 \times 3 \times 10^3 = 3 \times 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{г}$,

Перевитрата палива $\Delta B = 3 \times 10^6 \times 6,8 = 21 \text{ тона}$,

Збитки при ціні палива $C_p = 50 \times 5 = 250 \text{ грн/т}$,

$U_p = 250 \times 21 = 5250 \text{ грн}$.

Кейс №2.

Збитки від недовідпуску електроенергії енергоблоком 300 МВт Зміївської ТЕС при тарифі $T_e = 0,15 \text{ грн./кВт}\cdot\text{г}$ і втрати в електричних мережах $\beta_{nom}^e = 0,15$ і $\Delta E_e = 3 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{г}$ складають

$$U_{нед}^e = 0,15 \cdot 3 \cdot 10^6 (1 - 0,5) = 3,8 \cdot 10^5$$

Для визначення втрат внаслідок аварійних ремонтів

$$U_{ABрем} = \alpha_{рем} T_{рем} N_{рем},$$

де $\alpha_{рем}$ – вартість ремонту енергоблоку в простій потужністю 1 МВт за добу, грн/МВт·доба;

$T_{рем}$ – тривалість аварійних робіт, доба;

$N_{рем}$ – встановлена потужність ремонтуємого енергоблоку, МВт;

Втрати від внепланових пусків енергоблоків внаслідок відмов

$$U_{пуск} = C_n \sum B_{ni} \cdot n_i \cdot m_i, \text{ грн},$$

де C_n – ціна палива, грн/т;

B_{ni} – нормативні витрати палива на кожен внеплановий пуск енергоблоку і-го типу, Т/пуск;

n_i – кількість пускаємих і-х енергоблоків, штук;

m_i – кількість пусків енергоблоків, штук.

Кейс №3.

Визначити шкоду внаслідок вне планових пусків енергоблоку К-300-240. Пускові втрати для блоків 300 МВт складають: $B_{ni} = 200 \text{ т}$ при ціні $C_p = 250 \text{ грн/т}$, $U_{пуск} = 200 \cdot 250 = 50\,000 \text{ грн}$.

При відмовах обладнання ТЕС і АЕС відбувається збільшення витрати енергії для КЕС. Доля витрати електроенергії на власні потреби КЕС при нормальних режимах $\alpha_{\text{вп}} = 0,04 \div 0,09$, при неразрахункових режимах $\alpha_{\text{вп}}$ підвищується.

Кейс №4

Визначити витрати $\alpha_{\text{вп}}$ для блоку 300 МВт при зниженні навантаження внаслідок відмови до $N_{\text{ei}} = 240$ МВт. Згідно нормативним характеристикам, для 300 МВт $\alpha_{\text{вп}} = 0,04 \div 0,09$.

$$U_{\text{вп}} = (\alpha_{\text{вп}i} - \alpha_{\text{вп}}) E T_e = 0,015 \cdot 240 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 0,15 = 540 \cdot 10^3 \text{ грн}$$

Втрати від збільшення викидів до навколишнього середовища забруднюючих речовин визначаються додатковими коштами за викиди при експлуатації несправних енергоблоків. Платежі за викиди, що перебільшують норми, визначаються шляхом множення ставок плат за забруднення на п'ятикратний збільшуючий коефіцієнт. У плату за викиди вводиться коефіцієнт екологічної ситуації, що враховує стан повітряного басейну у різних економічних районах.

Для оцінки економічних збитків від викидів забруднюючих речовин може бути використана формула

$$U_{\text{вик}} = \sum \left[(M_{\text{всв}i} - M_{\text{нвд}i}) H_{\text{всв}i} K_e + (M_{\text{в}i} - M_{\text{всв}i}) 5 H_{\text{всв}i} K_e \right], \text{ грн},$$

де $H_{\text{всв}i}$ - нормативи за викиди i -ї забруднюючої речовини, грн/г;

$M_{\text{всв}i}, M_{\text{нвд}i}$ - викиди i -ї забруднюючої речовини (золи, діоксиду сірки, оксиду азоту) у допустимих межах, г/с;

$M_{\text{в}i}$ - фактичні викиди i -ї забруднюючої речовини, г/с;

K_e – коефіцієнт екологічної ситуації;

Таким чином, сумарні збитки внаслідок несправного обладнання електростанцій можуть бути визначені за формулою (1) з урахуванням розглянутих аспектів. Однак, слід зазначити, що достовірність та оперативність результатів може бути реалізована на базі АСУ ТП.

Тема №2

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЕНЕРГОБЛОКІВ

Мета роботи – закріпити знання щодо енергетичних показників електростанцій.

Кейс. На електростанції встановлені три турбоагрегати потужністю 50 МВт кожний. Максимальне навантаження станції 140 МВт. Річний графік навантаження електростанції представлений на рис. 2.1. Визначити річне виробництво електроенергії та показники режиму експлуатації електростанції.

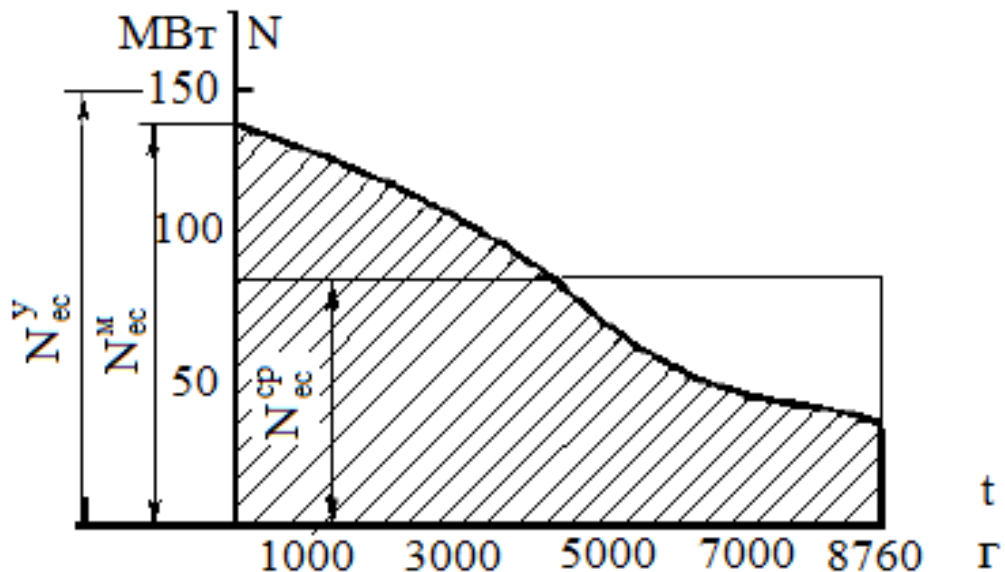


Рис. 2.1. Річний графік електричного навантаження

Розв'язок.

Встановлена потужність електростанції:

$$N_{ec}^y = 3 \cdot 50 = 150 \text{ МВт.}$$

Річне виробництво електроенергії визначається площиною графіка навантаження за тривалістю.

Тоді виробництво електроенергії за 8760 годин (1 рік):

$$E_{річ}^{вир} = 855 \cdot 10^3 \text{ МВт} \cdot \text{г.}$$

Середнє навантаження електростанції

$$N_{ec}^{cp} = \frac{E_{річ}^{вир}}{8760} = \frac{855 \cdot 10^3}{8760} = 97,6 \text{ МВт.}$$

Коефіцієнт навантаження

$$k_H = \frac{N_{ec}^{cp}}{N_{ec}^{max}} = \frac{97,6}{140} = 0,697.$$

Коефіцієнт використання встановленої потужності

$$k_{\epsilon} = \frac{N_{ec}^{cp}}{N_{ec}^y} = \frac{97,6}{150} = 0,65.$$

Коефіцієнт резерву

$$k_P = \frac{N_{ec}^y}{N_{ec}^{max}} = \frac{150}{140} = 1,07 \text{ або}$$

$$k_P = \frac{k_H}{k_{\epsilon}} = \frac{0,697}{0,65} = 1,07.$$

Число часів використання максимуму навантаження

$$T_M = \frac{E_{\text{річ}}^{вир}}{N_{ec}^{max}} = \frac{855 \cdot 10^3}{140} = 6110 \text{ г.}$$

Число часів використання встановленої потужності

$$T_y = \frac{E_{\text{річ}}^{вир}}{N_{ec}^y} = \frac{855 \cdot 10^3}{150} = 5700 \text{ г.}$$

Індивідуальні завдання

1. Визначити коефіцієнт резерву на електростанції, якщо відомі коефіцієнт навантаження 0,75 і коефіцієнт використання встановленої потужності.
2. Визначити виробництво електроенергії за рік на електростанції, якщо по графіку тривалості визначено $N_{ec}^{cp} = 1 \cdot 10^3$ кВт.
3. Визначити число годин встановленої потужності, якщо на електростанції потужністю $N_{ec}^y = 1 \cdot 10^3$ кВт вироблено $E_{\text{річ}}^{вир} = 6,5 \cdot 10^9$ кВт·г електроенергії.

4. Максимальне навантаження на електростанції 500 тис.кВт. Число годин використання максимуму 7000 годин. Визначити річне виробництво електроенергії.

5. Річне виробництво електричної енергії складає 1 тріліон кВт·г, число годин використання установленної потужності $T_y = 5000$ г. Визначити додаткове виробництво електричної енергії, якщо число годин використання установленної потужності збільшити на 1%.

6. Для умов задачі 5. визначити потужність електростанції, яку треба встановити для досягнення відповідного ефекту (для виробництва $\Delta E_{річ}^{вир} = 10 \cdot 10^9$ кВт·г), і додаткові капіталовкладення, якщо капітальні витрати на 1 кВт установленної потужності складають 1000 грн/кВт.

Тема №3

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЇХ ПОХИБКИ

Мета роботи – засвоїти знання щодо засобів вимірювань на електростанціях та їх похибки.

Похибка засобу вимірювань (ЗВ) – це є різниця між значенням величини, отриманим за допомогою цього засобу і істинним значенням вимірюваної величини. Оскільки істинне значення величини невідомо, на практиці замість нього користуються значенням величини, отриманим за допомогою більш точного засобу вимірювань.

Для робочого засобу вимірювань більш точним є зразковий засіб вимірювань, для зразкового – еталон. Державний еталон звіряють з міжнародним еталоном.

Похибки засобів вимірювальної техніки класифікують за наступними ознаками:

1. за характером прояву – систематичні і випадкові;
2. за умовами виникнення – основні і додаткові;
3. по відношенню до вимірюваної величини – динамічні і статичні;
4. за способом вираження – абсолютні, відносні і приведені;
5. за наявністю бо відсутністю функціонального зв'язку між похибкою вимірювання та значенням вимірюваної величини – адитивні і мультиплікативні похибки.

Основна похибка ЗВ – це похибка засобу вимірювань, яка визначається при нормальних умовах його використання. Під нормальними умовами експлуатації ЗВ розуміються наступні загально прийняті умови:

- напруга мережі живлення - $\approx (220 \pm 22)$ В;
- температура навколишнього середовища – (20 ± 2) оС;

- відносна вологість – від 30 до 80 відсотків;
- тиск – (760 ± 25) мм рт. ст. ($1 \cdot 10^5$ Па);
- відсутність зовнішніх електричного та магнітного полів, крім земного тощо.

Клас точності 3В – це узагальнена характеристика засобу вимірювань, що визначається його гранично допустимою основною похибкою. Під граничною допустимою похибкою розуміють найбільшу з допустимих похибок. Клас точності дає можливість зробити висновок про границі похибки засобу вимірювань і відіграє важливу роль при виборі засобів вимірювань.

Для кожного виду засобу вимірювань встановлюється ряд класів точності і їм привласнюються різні позначення: номери, числа, літери та інші. Класи точності відповідно до стандарту, як правило, виводяться на шкалу приладів.

Кейс №1. Визначити абсолютну, відносну і приведену похибку вольтметра з діапазоном вимірювань 0...150 В при показах його $x_{\Pi} = 120$ В і дійсному значенні вимірюваної напруги $x_{\text{д}} = 120,6$ В. За нормуюче значення прийнято верхню границю вимірювань $x_N = 150$ В.

Розв'язок.

1. Абсолютна похибка визначається за формулою

$$\Delta x_{\Pi} = x_{\Pi} - x_{\text{д}} = 120 - 120,6 = -0,6 \text{ В.}$$

2. Відносна похибка визначається за формулою

$$\varepsilon_{\Pi} = \pm \frac{\Delta x_{\Pi}}{x_{\text{д}}} \cdot 100\% = \frac{-0,6}{120,6} \cdot 100\% = -0,005 \cdot 100\% = -0,5\% .$$

3. . Приведена похибка визначається за формулою

$$\gamma = \pm \frac{\Delta x_{\Pi}}{x_N} \cdot 100\% = \frac{-0,6}{150} \cdot 100\% = -0,004 \cdot 100\% = -0,4\%$$

Кейс №2.

Клас точності засобу вимірювань напруги 0,5. Знайти основну абсолютну похибку, якщо кінцеве значення діапазону вимірювань $x_N = 150$ В.

Розв'язок.

Задання класу точності одним числом означає, що у даного 3В адитивна складова основної похибки перевищує мультиплікативну. А це означає, що граничні приведені і абсолютні похибки сталі і однакові для будь-якої точки шкали 3В і не залежать від значення вимірюваної величини x . Якщо нуль відліку знаходиться на початку шкали, а кінцеве значення діапазону вимірювань $x_N = 150$ В, то приведена похибка визначається за формулою:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta x}{x_N} \cdot 100\% = \pm p$$

де $p = (1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6) \cdot 10^n$; $n = -1, -2, 0, 1, 2$.

Звідси

$$\Delta x = \pm \frac{\gamma \cdot x_N}{100\%} = \pm \frac{0,5\% \cdot 150 \text{ В}}{100\%} = \pm 0,75 \text{ В}.$$

Кейс №3. Цифровий вольтметр з діапазоном вимірювання 0...100 В має клас точності 0,1/0,05. Значення виміряної напруги $x = 58,75 \text{ В}$. Знайти максимально можливу основну(відносну і абсолютну) похибку приладу при вимірюванні даного значення напруги.

Розв'язок.

Клас точності приладу 0,1/0,05. Це означає, що $c/d = 0,1/0,05$ і відповідно $c = 0,1\%$ і $d = 0,05\%$. А це, в свою чергу, означає, що адитивна і мультиплікативна складові похибки приблизно рівні між собою. В цьому випадку граничне значення основної відносної похибки визначається виразом:

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\% = \pm \left[\frac{a + bx}{x} \right] \cdot 100\% = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right] \%$$

де X_k - більша по модулю границя вимірювань або кінцеве значення діапазону вимірювань. В нашому випадку маємо

$$\varepsilon = \pm \left[0,1\% + 0,05\% \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$$

За умовою задачі, нормуюче значення цього вольтметра $X_N = 100 \text{ В}$; $x = 58,75 \text{ В}$. З іншого боку

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\% \quad \varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%$$

Тоді

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x_{\max}}{x} \cdot 100\% = \pm \frac{\Delta x_{\max}}{58,75} \cdot 100\% = \left[0,1\% + 0,05\% \left(\frac{100 \text{ В}}{58,75 \text{ В}} - 1 \right) \right] = \pm 0,135\%$$

звідки

$$\Delta x_{\max} = \pm \frac{\varepsilon x}{100} = \pm 0,0793 \text{ В} \approx \pm 0,08 \text{ В}.$$

Або, якщо порівняти вирізи

$$\frac{\Delta x_{\max}}{x} \cdot 100\% = \pm \left[0,1\% + 0,05\% \left(\frac{100 \text{ В}}{58,75 \text{ В}} - 1 \right) \right]$$

Звідки

$$\Delta x_{\max} = \frac{58,75 \text{ В} \cdot \left[0,1\% + 0,05\% \left(\frac{100 \text{ В}}{58,75 \text{ В}} - 1 \right) \right]}{100\%} = \pm 0,08 \text{ В}$$

Кейс №4.

Визначити клас точності магнітоелектричного міліамперметра з кінцевим значенням діапазону вимірювання сили струму $I_k = 0,5 \text{ мА}$, якщо граничне значення абсолютної похибки вимірювання є сталим і дорівнює $\Delta = \pm 0,0015 \text{ мА}$.

Розв'язок.

В нашому випадку маємо справу з приладом, у якого адитивна складова похибки перевищує мультиплікативну (про це свідчить той факт, що граничне значення абсолютної похибки є сталим). Клас точності приладу визначається в даному випадку за значенням приведеної основної похибки, яка визначається як

$$\gamma = \pm \frac{\Delta I}{I_k} \cdot 100\% = \pm \frac{0,0015 \text{ мА}}{0,5 \text{ мА}} \cdot 100\% = \pm 0,3\%.$$

Оскільки числове значення 0,3 відсутнє в ряду можливих значень класів точності $p = k \cdot n \cdot 10$, де $k = 1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6$, то обираємо найменше число, яке більше за 0,3: це є число 0,4. Таким чином клас точності міліамперметра 0,4.

Кейс №5

У електровимірювального приладу рівномірна шкала (шкала з поділками постійної довжини і з постійною ціною поділки) поділена на 100 інтервалів. Нижня границя вимірювання $U_n = -25 \text{ мВ}$; верхня $U_v = 25 \text{ мВ}$. Визначити ціну поділки шкали і чутливість приладу.

Розв'язок.

1. В даному випадку стрілка переміститься з однієї поділки шкали на сусідню при зміні вхідної напруги на величину:

$$\Delta U = \frac{25 \text{ мВ} - (-25 \text{ мВ})}{100} = \frac{50 \text{ В}}{100} = 0,5 \text{ мВ}$$

Отже, ціна поділки $C = 0,5 \text{ мВ/под.}$

2. Чутливість вимірювального приладу S – це відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни вимірюваної величини на вході, що викликає зміну вихідного сигналу:

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta x}$$

де ΔL - зміна вихідного сигналу;

Δx - зміна вхідного сигналу, що спричинює зміну ΔL .

Якщо за зміну вихідної величини даного приладу прийняти переміщення стрілки на один інтервал (на одну поділку), то

$$S = \frac{1}{0,5 \text{ мВ}} = 2 \text{ мВ}^{-1}$$

Тобто, чутливість S і ціна поділки C є оберненими величинами,

Індивідуальні завдання

1. Є три засоби вимірювань 3В1, 3В2, 3В3, класи точності яких відповідно – 1,0; 2,0 у колі; 0,1/0,05. Визначити для кожного з цих засобів вимірювань вирази граничних значень основної абсолютної, основної відносної та основної приведенної похибок. При цьому значення вимірюваної величини позначити як x , а нормуюче значення як X_N .

2. Амперметр має границю вимірювань $\Gamma I = 5 \text{ А}$. Максимальна абсолютна похибка приладу складає $\pm 0,05 \text{ А}$. Визначити клас точності приладу.

3. У коло з опором $R = 100 \text{ Ом}$ для вимірювання ЕРС (електрорушійної сили) включили вольтметр класу 0,2 з верхню межею вимірювань 3 В і внутрішнім опором $B R = 1000 \text{ Ом}$. Визначити відносну методичну похибку ϵ вимірювання ЕРС.

4. Необхідно виміряти струм $I = 4 \text{ А}$. Є два амперметри: один класу точності 0,5 має верхню межу вимірювань 20 А , другий – класу точності 1,5 має верхню межу вимірювань 5 А . Визначити, у якого приладу менша границя допустимої основної відносної похибки і який прилад краще використовувати для вимірювання сили струму $I = 4 \text{ А}$.

5. Верхня границя вимірювань зразкового приладу може перевищувати верхню границю повіряемого приладу не більше, ніж на 25%. Перевірити правомірність вибору зразкового електровимірювального приладу, якщо його верхня границя вимірювань $X_{N\text{зразк.}}$ перевищує верхню границю повіряемого приладу $X_{N\text{пов.}}$ класу 2,5 ($K = 2,5$ п) в 2 рази.

6. Повіряється вольтметр класу точності 2,5 з границями вимірювань $0 \dots 30 \text{ В}$ методом порівняння з показами зразкового вольтметра класу точності 0,5. Заздалегідь відомо, що похибка зразкового приладу знаходиться в допустимих межах ($\pm 0,5\%$ від верхньої границі вимірювань), але максимальна. Як виключити

вплив цієї похибки зразкового приладу на результат повірки, щоб не забракувати хороший прилад.

7. Двома пружинними манометрами на 600 кПа виміряно тиск повітря в останній камері компресора. Один манометр має похибку 1% від верхньої границі вимірювань, другий – 4%. Перший показав 600 кПа, другий – 590 кПа. Назвати дійсне значення тиску в камері, оцінити істинне значення тиску, а також похибку вимірювання тиску другим манометром – абсолютну і відносну.

Тема №4

ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Мета роботи – навчитись визначати похибки вимірювань фізичних величин.

Види вимірювань класифікують за наступними ознаками:

1. за способом одержання числового значення вимірюваної величини:

- а) прямі;
- б) непрямі (опосередковані)
- в) сукупні;
- г) сумісні.

2. за точністю вимірювання числових значень вимірюваної величини:

а) метрологічні вимірювання або вимірювання з максимально можливою точністю;

- б) контрольно-повірочні вимірювання;
- в) технічні вимірювання;

3. за умовами вимірювань:

- а) рівноточні;
- б) нерівноточні;

4. за кількістю вимірювань:

- а) однократні;
- б) багатократні;

5. за характером зміни вимірюваної величини в часі:

- а) статичні;
- а) статичні;
- б) динамічні;

6. за способом представлення (відбиття) результатів вимірювань:

- а) абсолютні;
- б) відносні.

7. за формою одержаного значення вимірюваної величини:

- а) аналогові;

б) цифрові;

в) графічні.

9. за ступенем достатності:

а) необхідні;

б) надлишкові;

Якість результату вимірювання та якість засобів вимірювання (ЗВ) прийнято характеризувати показом їхніх похибок. У загальному, **похибка вимірювань** – це **критерій якості проведених вимірювань**, і являє собою відхилення результату вимірювання фізичної величини від її істинного значення.

Похибка результату вимірювань ΔP_B - це число, яке показує можливі межі невизначеності значення вимірюваної фізичної величини (ФВ), тобто, ΔP_B оцінює відхилення результату хвим вимірювання ФВ певним ЗВ від її істинного $x_{іст}$ (чи дійсного x дійсне) значення в об'єкті.

Похибка засобу вимірювання ΔZ_B - це властивість ЗВ, вимірювати ФВ з наперед заданою межею невизначеності, і для визначення цієї властивості у ЗВ необхідно попередньо провести його метрологічні дослідження, використовуючи відповідні правила метрологічної атестації або повірки.

Похибки вимірювань класифікують за наступними ознаками:

1. за характером прояву – систематичні, випадкові, грубі похибки і промахи;
2. за способом виразу – абсолютні, відносні;
3. за умовами зміни вимірюваної величини – статичні і динамічні;
4. за джерелом виникнення – методичні, інструментальні, суб'єктивні;
5. за способом обробки результатів вимірювань - середні арифметичні і середні квадратичні;
6. за повнотою охоплення вимірювальної задачі – часткові і повні;
7. по відношенню до одиниці фізичної величини – похибки відтворення одиниці, зберігання одиниці і передачі розміру одиниці.

Точність вимірювань означає максимальну наближеність їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.

Кейс №1.

Одержано 12 виправлених результатів вимірювання зовнішнього діаметру труби d (мм): 8,58; 8,50; 8,55; 8,48; 8,53; 8,52; 8,49; 8,51; 8,46; 8,45; 8,47; 8,54.
Обчислити розмах і похибки результатів вимірювань.

Розв'язок.

1. Знаходимо розмах результатів вимірювання

$$R_{12} = d_{\max} - d_{\min} = 8,58 - 8,45 = 0,13 \text{ мм.}$$

2. Знаходимо середнє арифметичне значення результатів вимірювань:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{12} d_i}{12} = \bar{d} = \frac{8,58+8,50+\dots+8,54}{12} = \frac{102,08}{12} = 8,51 \text{ мм}$$

3. Абсолютна похибка і-того вимірювання, наприклад 1-го, дорівнює

$$\Delta d_1 = d_1 - \bar{d} = 8,58 - 8,51 = 0,07 \text{ мм}$$

4. Відносна похибка і-того вимірювання (наприклад, 1-го) дорівнює:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta d_1}{d_1} = \frac{0,07}{8,58} = 0,0082 \quad \text{або} \quad 0,82\%.$$

5. Для знаходження середньої арифметичної похибки окремого вимірювання, знайдемо абсолютні похибки всіх 12-ти результатів вимірювань:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{12} |d_i - \bar{d}|}{n} = \frac{|0,07| + |-0,01| + |0,04| + |-0,03| + |0,02| + |0,01| + |-0,02| + |0| + |-0,05| + |-0,06| + |-0,04| + |0,03|}{12} = \pm 0,03 \text{ мм}$$

Окремі абсолютні похибки коливаються в межах від +0,07 до -0,06 мм, але в середньому випадкова похибка окремого вимірювання $r = \pm 0,03$ мм

6. Знаходимо середню квадратичну похибку окремого вимірювання:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(0,07)^2 + (-0,01)^2 + (0,04)^2 + (-0,03)^2 + (0,02)^2 + (0,01)^2 + (-0,02)^2 + (-0,05)^2 + (-0,06)^2 + (-0,04)^2 + (0,03)^2}{11}} = \sqrt{\frac{0,017}{11}} = \pm 0,039 \text{ мм}$$

Це значення отримано з похибкою:

$$\Delta \sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{0,039}{\sqrt{2 \cdot 11}} = \frac{0,039}{4,69} = \pm 0,008 \text{ мм}$$

7. Знаходимо середню квадратичну похибку середнього арифметичного:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,039}{\sqrt{12}} = \frac{0,039}{3,46} = \pm 0,0113 \text{ мм}$$

Аналогічно, це значення отримано з похибкою:

$$\Delta \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n(n-1)}} = \frac{\Delta \sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,008}{3,46} = \pm 0,0023 \text{ мм}$$

Кейс №2

Зроблено 5 вимірювань швидкості руху деякого тіла у в'язкій рідині: 0,51; 0,54; 0,52; 0,56; 0,58 см/с. Обчислити СКВ середнього арифметичного та похибку його визначення. v

Розв'язок.

1. Знаходимо :

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^5 v_i}{5} = \frac{0,51+0,54+0,52+0,56+0,58}{5} = 0,54 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2. Знаходимо середню квадратичну похибку (СКВ) окремого вимірювання:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (v_i - \bar{v})^2}{4}} = \sqrt{\frac{(-0,03)^2 + (-0,02)^2 + (0,02)^2 + (0,04)^2}{4}} = 0,0278 \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 0,028 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3. Знаходимо середню квадратичну похибку середнього арифметичного:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (v_i - \bar{v})^2}{5 \times 4}} = \pm 0,013 \text{ см/с}$$

4. Знаходимо похибку визначення : $\sigma_{\bar{x}}$

$$\Delta \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\sqrt{2(n-1)}} = \pm 0,004 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Кейс №3

При вимірюванні величини x виникає систематична похибка, відносно значення якої залишається сталим у всьому діапазоні вимірювань. Вважаючи, що значення ε , відомо, вивести формулу для визначення скоригованого (тобто вільного від вказаної похибки) значення вимірюваної величини x'

Розв'язок

1. Абсолютна похибка вимірюваної величини визначається як

$$\Delta = \pm (x - x')$$

2. Іншого боку відносна похибка визначається як

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta}{x'}$$

3. Звідси випливає, що

$$\varepsilon x' = x - x'.$$

4. Таким чином,

$$x = \varepsilon x' + x' = x'(1 + \varepsilon)$$

$$x' = \frac{x}{1 + \varepsilon}$$

Кейс №4

Результат вимірювання тиску 1,0600 Па, похибка результату вимірювання $\Delta = 0,001$ Па. Записати результат вимірювання тиску.

Розв'язок

1. Оскільки в запису похибки перша значуща цифра дорівнює 1, то в кінцевому запису похибки маємо залишити дві значущі цифри, тобто додаємо ще нуль:

$$\Delta = 0,0010 \text{ Па.}$$

2. Кінцевий результат вимірювання має вид:

$$P = (1,0600 \pm 0,0010) \text{ Па}$$

Кейс №5.

Число $x = 14,75$ знайдено з відносною похибкою 0,5%. Знайти абсолютну похибку.

Розв'язок

1. Відносна похибка визначається виразом:

$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%$$

2. Звідси абсолютна похибка дорівнює:

$$\Delta x = \pm \frac{\varepsilon x}{100\%} = \pm \frac{0,5 \cdot 14,75}{100} = \pm 0,07375 \approx 0,07$$

У запису абсолютної похибки залишаємо одну значущу цифру, оскільки вона більша за 3.

3. Кінцевий результат записується у вигляді:

$$x_{\text{іст}} = x \pm \Delta x = 14,75 \pm 0,07$$

Індивідуальні завдання

1. Знайти абсолютні та відносні похибки числа $e = 2,71828182\dots$ заданого двома і трьома цифрами після коми.

2. Одержано 12 виправлених результатів вимірювання зовнішнього діаметру труби d (в мм): 8,58; 8,50; 8,55; 8,48; 8,53; 8,52; 8,49; 8,51; 8,46; 8,45; 8,47; 8,54. Обчислити розмах і похибки результатів вимірювань.

3. Зроблено 5 вимірювань швидкості деякого тіла у в'язкій рідині: 0,51; 0,54; 0,52; 0,58; 0,56. Обчислити СКВ середнього арифметичного та похибку його визначення.

4. Штангенциркулем (ціна поділки 0,05 мм) і лінійкою проведені вимірювання довжини деталі. Отримані результати 25,35 мм та 26 мм відповідно. Які вимірювання є більш точними?

5. На бензоколонці заливають бензин з абсолютною систематичною похибкою $= - 0,1$ л при кожній заправці. Обчисліть відносні похибки, що виникають при купівлі 16 л і 40 л бензину.

6. При випробувальному навантаженні резервуару допустиме відхилення від номінального тиску 300 МПа складає не більше 5 %. З якою абсолютною максимально допустимою похибкою необхідно вимірювати тиск при випробуваннях?

7. Результат вимірювання тиску 1,0600 Па, похибка результату вимірювання $\Delta = 0,001$ Па. Записати результат вимірювання тиску, користуючись правилами заокруглень.

Тема №5

ПОБУДОВА КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ

Мета роботи – оцінити якість управління теплоенергетичним об'єктом за допомогою контрольних карт.

Кейс. Контрольна карта - це інструмент у якості управління процесом, який допомагає визначити, коли процес виходить за межі прийнятних параметрів, рис. 1.

Для системи регулювання котла, основними параметрами можуть бути температура води в котлі і тиск пари.

Параметри: температура води в котлі ($^{\circ}\text{C}$) і тис пари (бар).

Кроки побудови контрольної карти:

1. Збір даних: Збираються дані про температуру води в котлі та тиск пари на регулярній основі.

2. Розрахунок середніх значень: Обчисліть середнє значення температури води і тиску пари за певний період часу (наприклад, за годину, зміну або день).

3. Визначення стандартного відхилення: Обчисліть стандартне відхилення для температури води і тиску пари. Воно вказує на розкид значень навколо середнього.

4. Побудова контрольних меж: Встановіть верхню та нижню межі контролю, які будуть представляти прийнятні діапазони для температури води і тиску пари. Зазвичай це середнє значення плюс-мінус 2 або 3 стандартні відхилення.

5. Моніторинг і аналіз: Збирайте дані про температуру і тиск на протязі часу і порівнюйте їх із контрольними межами. Якщо значення виходять за межі, реагуйте

відповідно: наприклад, виконуйте додаткове регулювання котла або виконуйте обслуговування.

Нехай середня температура води в котлі за годину дорівнює 120°C , а середній тиск пари - 10 бар. Стандартне відхилення для температури - 5°C і для тиску - 1 бар. Тоді верхня межа контролю для температури буде $120 + 2 * 5 = 130^{\circ}\text{C}$, а нижня - $120 - 2 * 5 = 110^{\circ}\text{C}$. Для тиску пари верхня межа буде $10 + 2 * 1 = 12$ бар, а нижня - $10 - 2 * 1 = 8$ бар.

Коли дані виходять за ці межі, потрібно вживати заходів для корекції роботи котла для підтримки оптимальних параметрів роботи.

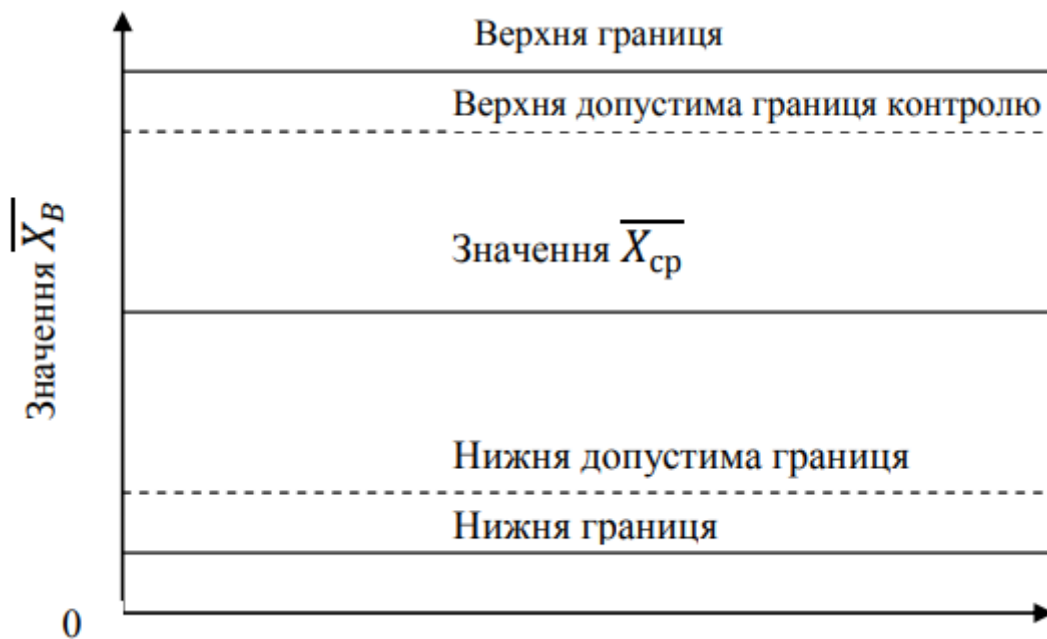


Рис. 1. Приклад контрольної карти

Кейс 2. Припустимо, що ми маємо дані про споживання тепла протягом місяця для теплоенергетичного об'єкту:

День	Споживання тепла, МВт
1	20
2	22
3	25
4	24
5	26

Середнє значення обчислюється шляхом додавання всіх значень і поділом на кількість днів $(20 + 22 + 25 + 24 + 26) / 5 = 117 / 5 = 23.4$ МВт

Побудуємо контрольну карту для моніторингу споживання тепла. Вважайте, що верхня та нижня межі контролю дорівнюють середньому значенню плюс-мінус 2 стандартні відхилення.

Стандартне відхилення вказує на розкид значень навколо середнього. Верхня і нижня межі контролю допомагають виявити аномальні значення.

Розв'язок

Спочатку знайдемо стандартне відхилення (σ). Використовуючи формулу для стандартного відхилення:

$$\sigma = \sqrt{[(\sum(x_i - \bar{x})^2) / n]},$$

де x_i - кожне значення, $\bar{x}$ - середнє значення, n - кількість значень.

Після обчислення σ , верхню та нижню межі контролю можна обчислити, додаючи та віднімаючи 2σ від середнього значення.

Припустимо, що в даних про споживання тепла з'явилося аномальне значення: 35 МВт в один з днів. Чи потрібно видаляти це значення з даних?

Викиди - це значення, які відрізняються від решти даних. Аналіз викидів допомагає визначити, чи є дані достовірними.

Для аналізу викидів можна використати звичайні методи, такі як правило "3 σ ". За цим правилом, якщо значення виходить за межі середнього значення плюс-мінус 3 стандартних відхилень, то воно вважається викидом. У цьому випадку, 35 МВт перевищує верхню межу контролю, тому це може бути викидом і його слід ретельно проаналізувати або видалити з даних, якщо виявиться, що воно не є дійсним значенням споживання тепла.

Індивідуальні завдання

Завдання 1: Контрольна карта для вітрогенератора

Припустимо, ви маєте дані про вироблену потужність (у кіловаттах) вашого вітрогенератора протягом тижня. Вам необхідно побудувати контрольну карту, щоб відслідковувати коливання виробленої потужності і вчасно виявляти будь-які аномалії.

Завдання 2: Контрольна карта для сонячного колектора.

Припустимо, що ви маєте дані про температуру та вироблену потужність вашого сонячного колектора протягом місяця. Задача полягає в тому, щоб побудувати контрольну карту для моніторингу ефективності системи вироблення енергії залежно від зміни температури.

Завдання 3: Контрольна карта для котла з вугіллям

Припустимо, ви маєте дані про витрати вугілля (у тоннах) та температуру води в котлі (у градусах Цельсія) протягом місяця. Вам необхідно побудувати контрольну карту для виявлення змін витрат вугілля в залежності від зміни температури.

Завдання 4: Контрольна карта для гідроелектростанції

Припустимо, що у вас є дані про вироблену потужність (у кіловаттах) вашої гідроелектростанції протягом року. Вам потрібно побудувати контрольну карту для відстеження змін виробленої потужності в залежності від рівня води в річці або потоці.

Завдання 5: Контрольна карта для теплової насосної системи

Припустимо, що у вас є дані про витрати електроенергії (у кіловаттах) та температуру води (у градусах Цельсія) вашої теплової насосної системи протягом місяця. Задача полягає в тому, щоб побудувати контрольну карту для відстеження змін електроенергії, яку використовує ваша система, в залежності від зміни температури.

Тема №6

ПОКАЗНИКИ ЦІННОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Мета заняття - практично застосувати узагальнену форму запису аналітичної залежності ефективності для аналізу різних систем управління з реальними прикладами.

Узагальнена форма запису аналітичної залежності ефективності від приватних характеристик системи має вигляд:

$$E = a_1k_1 + a_2k_2 + \dots + a_nk_n ,$$

де $a_1, a_2, \dots, a_n$ – вагові коефіцієнти, що встановлюють ступінь впливу визначальних факторів $k_1, \dots, k_n$ – приватних характеристик.

Кейс 1. Система керування рівнем води в резервуарі:

Аналітична залежність ефективності може мати вигляд:

$$E = 0.4 \cdot k_1 + 0.3 \cdot k_2 + 0.5 \cdot k_3$$

де k_1 - рівень води в резервуарі (від 0 до 100%);

k_2 - відсоток часу, протягом якого рівень води знаходився в нормі (від 0 до 100%);

k_3 - кількість перевищень допустимого рівня води протягом дня.

Наприклад, якщо $k_1 = 70\%$, $k_2 = 80\%$, $k_3 = 2$, то:

$$E = 0.4 \cdot 70 + 0.3 \cdot 80 + 0.5 \cdot 2 = 53.$$

Кейс 2. Система керування температурою в приміщенні: У цій системі можна мати наступну залежність ефективності:

$$E = 0.6 \cdot k_1 + 0.4 \cdot k_2 - 0.2 \cdot k_3$$

k_1 - відхилення фактичної температури від заданої (в градусах Цельсія);

k_2 - середня величина зміни температури за день (в градусах Цельсія);

k_3 - кількість перегрівів або охолоджень приміщення за певний період.

Наприклад, якщо $k_1=2^\circ\text{C}$, $k_2=1.5^\circ\text{C}$, $k_3=3$, то:

$$E = 0.6 \cdot 2 + 0.4 \cdot 1.5 - 0.2 \cdot 3 = 1.2$$

Кейс 3. Система керування виробничим процесом:

Для такої системи можемо мати:

$$E = 0.7 \cdot k_1 + 0.5 \cdot k_2 - 0.3 \cdot k_3$$

k_1 - відсоток часу, коли виробничий процес працював в нормальному режимі;

k_2 - кількість зупинок виробничого обладнання;

k_3 - середня тривалість часу простою обладнання на день (у годинах).

Наприклад, якщо $k_1=80\%$, $k_2=2$, $k_3=4$, то:

$$E = 0.7 \cdot 80 + 0.5 \cdot 2 - 0.3 \cdot 4 = 55.8$$

Індивідуальні завдання

Завдання 1. Розгляньте систему керування теплопостачанням житлового комплексу. Припустимо, що аналітична залежність ефективності системи виражена такою формулою:

$$E = 0.5 \cdot k_1 + 0.3 \cdot k_2 - 0.2 \cdot k_3,$$

де k_1 - відсоток часу, коли температура в приміщеннях була в межах норми;

k_2 - кількість переривань теплопостачання;

k_3 - середня тривалість перерв у постачанні тепла (у годинах).

Для заданого періоду часу розрахуйте ефективність системи керування, якщо $k_1=85\%$, $k_2=3$, $k_3=2$.

Завдання 2: Розгляньте систему керування виробництвом на заводі. Припустимо, що аналітична залежність ефективності системи виражена такою формулою:

$$E = 0.6 \cdot k_1 + 0.4 \cdot k_2 - 0.3 \cdot k_3$$

де k_1 - відсоток часу, коли виробничий процес працював без перерв;

k_2 - кількість зупинок обладнання;

k_3 - середня тривалість часу простою обладнання на день (у годинах).

Розрахуйте ефективність системи керування, якщо $k_1=75\%$, $k_2=5$, $k_3=4$.

Завдання 3: Розгляньте систему керування транспортними потоками вагонеток на електростанції. Припустимо, що аналітична залежність ефективності системи виражена такою формулою:

$$E = 0.4 \cdot k_1 + 0.3 \cdot k_2 - 0.1 \cdot k_3$$

де k_1 - відсоток часу, коли рух транспорту був без пригальмувань;

k_2 - середня кількість пригальмувань на кожну миль пройденого шляху;

k_3 - середня тривалість заторів у годинах.

Розрахуйте ефективність системи керування, якщо $k_1=70\%$, $k_2=2.5$, $k_3=3$.

Тема №7

СИСТЕМИ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ (доповіді)

Мета заняття – всебічно розглянути системи управління складними технічними комплексами шляхом підготовки доповідей за тематикою дисципліни.

Теми доповідей

1. Вплив автоматизації на ефективність енерговиробництва ТЕС і АЕС.
2. Оцінка економічної ефективності на електростанціях.
3. Методика визначення технічної ефективності енерговиробництва.
4. Особливості оцінки ефективності АСУ енергооб'єктами.
5. Критерії ефективності систем управління.
6. Показники ефективності систем управління на електростанціях.
7. Джерела економічності систем управління на електростанціях.
8. Вплив АСУ на технологічні процеси і об'єкти керування електростанції.
9. Розробка планів ремонтних робіт на ТЕС та їх зв'язок із автоматизацією виробництва.
10. Кібернетичні признаки складних об'єктів економічного управління.
11. Реалізація систем автоматизованого управління навантаженням енергоблоків ТЕС.

12. Оптимізаційні підсистеми в АСУ енергоблоків.
13. Функціональні підсистеми оптимізації АСУ енергоблоком.
14. Напрямки і критерії оптимізації режимів роботи енергоблоків.
15. Планування експериментів при побудові інформаційних статичних характеристик.
16. Алгоритми обробки статистичних даних.
17. Особливості планування характеристик для визначення питомих приростів показників.
18. Алгоритми автоматизованого аналізу ТЕП енергоблоків ТЕС.
19. Економіко-математична модель автоматизованого аналізу ТЕП ТЕС.
20. Приклади аналізу ТЕП в АСУ ТП енергоблоків 200 МВт Зміївської ТЕС.
21. Приклади аналізу ТЕП в АСУ ТП енергоблоків 300 МВт Зміївської ТЕС.
22. Автоматизація визначення ТЕП в АСУ ТП енергоблоків 800 МВт Запорізької ТЕС.
23. Дослідження точності автоматизації визначення техніко-економічних показників енергоблоків.
24. Алгоритм автоматичного розрахунку техніко-економічних показників енергоблоків.
25. Основні інформаційні характеристики процесу управління.
26. Закономірності процесу управління.
27. Оцінка кількості інформації в системах управління.
28. Оптимізація технологічних процесів об'єктів управління.
29. Підсистеми економічного управління в АСУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетика: історія, сучасність та майбутнє. Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/>
2. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Задачі з метрології та методичні рекомендації щодо їх розв'язання: Навчально-методичний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2018. - 224 с.
3. Контрольні карти. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0
4. Канюк Г.І., Методи та моделі енергозберігаючого управління енергетичними установками електростанцій / Канюк Г.І., Мезеря А.Ю., Сук І.В. – Харків: «Точка», 2016. –332 с. ISBN 978-617-669-195-2.

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному мережному режимі

Фурсова Тетяна Миколаївна

СИСТЕМИ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Методичні вказівки до проведення практичних занять
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 23.10.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,82. Обсяг 0,739 Мб. Зам. № 525/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна