

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теплотехнічні вимірювання та прилади»

**90 год. / 3 кредити ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

Навчальний контент

Модуль 1

Змістовний модуль 1. Теоретичні основи і засоби вимірювань. Методи вимірювання термодинамічних параметрів робочих тіл СЕУ

Тема 1. Вимірювання; основні поняття та означення. прями та опосередковані вимірювання. Точність і похибки вимірювань. Систематичні похибки і способи їх обліку. Випадкові похибки. Нормальний закон розподілу випадкових похибок. Середня квадратична похибка. Випадкові похибки опосередкованих вимірювань.

Тема 2. Способи представлення результатів вимірювань. Графічний спосіб. Емпіричні формули. Графічний метод і метод найменших квадратів для визначення емпіричних формул. Автоматизація обробки результатів вимірювань.

Тема 3. Засоби вимірювань; їх класифікація та структурні схеми. Метрологічні характеристики і властивості засобів вимірювань. Перетворювачі неелектричних величин в електричні (параметричні та генераторні). Пристрої представлення вимірювальної інформації. Суднові інформаційно-вимірювальні системи.

Тема 4. Термометри розширення і манометричні термометри; їх характеристики. Термоелектричні термометри. Теоретичні основи термопар. Стандартні термопари. Способи вимірювання термоЕРС. Термометри опору (металеві та напівпровідникові). Стандартні термометри опору. Способи вимірювання електричного опору. Систематичні похибки вимірювання температури контактними методами. Неконтактні методи вимірювання температури. Пірометри випромінювання; їх схеми та характеристики.

Тема 5. Вимірювання повного і статичного тиску. Рідинні, механічні та електричні манометри; їх характеристики. Пружинні манометри. Основні правила вибору, установки та перевірки манометрів. Вимірювання швидкозмінних тисків. Індикатори та їх типи.

Змістовний модуль 2. Методи вимірювання теплотехнічних і режимних параметрів СЕУ

Тема 6. Механічні рівнеміри (футштоки, водо показчикові прилади, поплавкові рівнеміри). Електричні рівнеміри; їх типи та характеристики. Ємнісні рівнеміри; їх типи, схеми та характеристики. Ультразвукові рівнеміри; принцип дії, схеми та характеристики.

Тема 7. Тахометричні лічильники кількості та витратоміри. Витратоміри змінного перепаду тиску. Теоретичні основи звужувальних пристроїв. Методика розрахунку і правила розміщення звужувальних пристроїв. Витратоміри постійного перепаду тиску. Ротаметри; їх типи та характеристики. Теплові, ультразвукові та електромагнітні витратоміри; їх схеми та характеристики.

Тема 8. Підсумовуючі лічильники обертів. Відцентрові, електричні, магнітні та стробоскопічні тахометри; їх схеми та характеристики. Визначення потужності за параметрами робочого тіла. Гідравлічні та електричні гальмові пристрої; їх характеристики. Торсіометри, теоретичні основи. електричні, оптичні та акустичні торсіометри. Торсіометри з тензодатчиками.

Тема 9. Завдання газового аналізу. Відбирання проб газу. Механічні (хімічні), кондуктометричні та магнітні газоаналізатори; їх характеристики. Хроматографи; принцип вимірювання і характеристики. Визначення концентрації канцерогенних речовин. вимірювання шуму та вібрації. Вимірювальні схеми; характеристики шумомірів та віброметрів.

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теплотехнічні вимірювання та прилади»

**90 год. / 3 кредити ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Градування технічних термопар	1
2	Градування термометрів опору	1
3	Градування логометра	2
4	Повірка пружинного манометра	2
5	Вимірювання швидкозмінного тиску механічними індикаторами	2
6	Повірка електричного покажчика рівня рідини	2
7	Градування витратоміра змінного перепаду тиску із звужувальним чутливим елементом (діафрагмою)	2
8	Градування витратоміра постійного перепаду тиску (ротаметра) і швидкісного лічильника кількості	2
9	Повірка відцентрового тахометра	1
Разом:		15

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теплотехнічні вимірювання та прилади»

**90 год. / 3 кредити ЕКТС
(15 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)**

Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота з курсу «Теплотехнічні вимірювання та прилади» включає такі форми:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до лабораторних занять;
- самостійна робота з літературою та джерелами для опрацювання актуальних питань курсу.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Систематичні похибки і способи їх обліку	6
2	Способи представлення результатів вимірювань	6
3	Метрологічні характеристики і властивості засобів вимірювань	6
4	Основні правила вибору, установки та перевірки манометрів	6
5	Систематичні похибки вимірювання температури контактними методами	5
6	Ультразвукові рівнеміри; принцип дії, схеми та характеристики	8
7	Методика розрахунку і правила розміщення звужувальних пристроїв	8
8	Визначення потужності за параметрами робочого тіла	8
9	Завдання газового аналізу	7
Разом:		60

Завдання для поточного та підсумкового контролю

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теплотехнічні вимірювання та прилади»

90 год. / 3 кредити ЕКТС

(15 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять)

Завдання 1

1. Результати вимірювань представляють у вигляді таблиць, графіків, емпіричних формул. Вкажіть, який спосіб представлення має найвищу наочність.

2. Визначити абсолютну похибку опосередкованого вимірювання величини y , яка обчислюється за формулою $y = 2x^2$, де результат прямого вимірювання $x = 2$, а абсолютна похибка прямого вимірювання $\Delta x = 0,1$.

Завдання 2

1. Результати вимірювань представляють у вигляді таблиць, графіків, емпіричних формул. Вкажіть, який спосіб представлення має найвищу точність.

2. Температуру вимірюють спостереженням за змінюванням фізичних властивостей речовин: об'ємне розширення рідин і твердих тіл, змінювання тиску рідини або газу в замкненій системі, виникнення електрорушійної сили, змінювання електричного опору металів і напівпровідників, випромінювання нагрітих тіл. Вкажіть, на якій фізичній властивості ґрунтується дія термоелектричних термометрів.

Завдання 3

1. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, які перетворювачі не потребують допоміжного джерела струму.

2. Емпіричні формули визначають графічним методом і методом найменших квадратів. Вкажіть, який метод забезпечує більш високу точність визначення емпіричної формули.

Завдання 4

1. За способом отримання результату вимірювання поділяють на прямі та опосередковані. Вкажіть, при якому способі вимірювання результат знаходиться безпосередньо з дослідних даних.

2. Вкажіть, які манометричні термометри – газові, рідинні або конденсаційні мають нерівномірну шкалу.

Завдання 5

1. Похибки вимірювань поділяють на систематичні, випадкові і грубі. Вкажіть, яка похибка не враховується при обробці результатів вимірювань.

2. Температуру вимірюють спостереженням за змінюванням фізичних властивостей речовин: об'ємне розширення рідин і твердих тіл, змінювання тиску рідини або газу в замкненій системі, виникнення електрорушійної сили, змінювання електричного опору металів та напівпровідників, випромінювання нагрітих тіл. Вкажіть, на якій фізичній властивості ґрунтується дія біметалевих і дилатометричних термометрів.

Завдання 6

1. Похибка вимірювання виражається в абсолютних і відносних одиницях. Вкажіть, яка похибка (абсолютна чи відносна) виражається в одиницях вимірюваної величини.

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, до яких перетворювачів відносяться термоперетворювачі опору (терморезистори).

Завдання 7

1. Систематичні похибки поділяються на методичні, апаратні та похибки відліку. Вкажіть, яка похибка зумовлена індивідуальними особливостями експериментатора.

2. До стандартних термопар відносяться: платинородій-платинородієва, платинородій-платинова, хромель-алюмелева, хромель-копелева, з сплавів – НК-СА. Вкажіть, яка термопара розвиває найбільшу ЕРС.

Завдання 8

1. Точність приладу характеризується основною і додатковою похибками. Вкажіть, яка похибка властива приладу при нормальних умовах експлуатації.

2. До стандартних термопар відносяться: хромель-копелева, хромель-алюмелева, платинородій-платинородієва, платинородій-платинова, з сплавів – НК-СА. Вкажіть, якою термопарою можна виміряти температуру 1600 °С.

Завдання 9

1. Температура вимірюється манометричним термометром класу точності 1,0; діапазон вимірювання складає від -50 °С до 150 °С. Визначити абсолютну похибку вимірювання температури.

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, до яких перетворювачів відносяться п'єзоелектричні перетворювачі.

Завдання 10

1. Випадкові похибки оцінюються методами теорії імовірностей та математичної статистики. Вкажіть, чи можна для однократного вимірювання визначити середню квадратичну похибку.

2. Визначити відносну похибку опосередкованого вимірювання величини y , яка визначається з формули $y = 2x^3$, де результат прямого вимірювання $x = 2$, а абсолютна похибка прямого вимірювання $\Delta x = 0,1$.

Завдання 11

1. Визначити абсолютну похибку опосередкованого вимірювання величини y , яка обчислюється за формулою $y = 4x^2$, де результат прямого вимірювання величини $x = 2$, а абсолютна похибка прямого вимірювання $\Delta x = 0,1$.

2. Температуру вимірюють спостереженням за змінюванням фізичних властивостей речовин: об'ємне розширення рідин і твердих тіл, змінювання тиску рідини або газу в замкненій системі, виникнення електрорушійної сили, змінювання електричного опору металів та напівпровідників, випромінювання нагрітих тіл. Вкажіть, на якій властивості ґрунтується дія рідинних скляних термометрів.

Завдання 12

1. До засобів вимірювань відносяться: міри, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади. Вкажіть, до яких засобів вимірювань відносяться термометри.

2. Манометричні термометри поділяються на газові, рідинні та конденсаційні. Вкажіть, які термометри ґрунтуються на залежності тиску насичення термометричної речовини від температури.

Завдання 13

1. За способом отримання результатів вимірювання поділяють на прямі та опосередковані. Вкажіть, при якому способі вимірювання результат отримують обчисленням за формулою.

2. ТермоЕРС термопар вимірюється прямим (мілівольтметром) і компенсаційним (потенціометром) способами. Вкажіть, який спосіб забезпечує більш високу точність вимірювання термоЕРС.

Завдання 14

1. До засобів вимірювань відносяться: міри, вимірювальні перетворювачі та вимірювальні прилади. Вкажіть, який засіб вимірювання призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру.

2. Манометричні термометри поділяються на газові, рідинні та конденсаційні. Вкажіть, в яких термометрах застосовується фреон як термометрична речовина.

Завдання 15

1. Дія засобів вимірювань ґрунтується на методі безпосереднього оцінювання (наприклад, показання рідинного скляного термометра) або на методі порівнювання з мірою (наприклад, показання потенціометра). Вкажіть, який метод забезпечує більш високу точність результату вимірювання.

2. Термометри розширення поділяються на: рідинні скляні термометри (ЖСТ), біметалеві та дилатометричні термометри. Вкажіть, які термометри ґрунтуються на лінійному розширенні речовин.

Завдання 16

1. Температура вимірюється манометричним термометром класу точності 0,5; діапазон вимірювань складає від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$; показання приладу дорівнює $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити відносну похибку вимірювання температури.

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, до яких перетворювачів відносяться резистивні перетворювачі.

Завдання 17

1. Визначити, яким манометричним термометром можна забезпечити більш високу точність вимірювання температури $100\text{ }^{\circ}\text{C}$:

Клас точності	Діапазон вимірювань
0,1	$0 \dots 200\text{ }^{\circ}\text{C}$
2,0	$-50 \dots 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

2. До термометрів розширення відносяться біметалеві та дилатометричні термометри. Вкажіть, які термометри мають меншу інерційність.

Завдання 18

1. Опосередковане вимірювання виражається функцією $y = x$. Визначити відносну похибку вимірювання величини y , якщо результат прямого вимірювання величини $x = 2$, а абсолютна похибка прямого вимірювання $\Delta x = 0,2$.

2. Манометричні термометри поділяються на газові, рідинні та конденсаційні. Вкажіть, яким термометрам не властива гідростатична похибка.

Завдання 19

1. Похибки вимірювань поділяються на систематичні, випадкові та грубі. Вкажіть, яка похибка може бути врахована введенням поправки до результату вимірювання.

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, які перетворювачі потребують допоміжного джерела струму.

Завдання 20

1. Емпіричні формули визначають графічним способом і методом найменших квадратів. Вкажіть, який метод забезпечує більш високу точність визначення емпіричної формули.

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, до яких перетворювачів відносяться термоелектричні перетворювачі (термопари).

Завдання 21

1. Метрологічними характеристиками засобів вимірювань є: точність, чутливість, інерційність. Вкажіть, яка метрологічна характеристика визначається відношенням змінювання вихідного сигналу до змінювання вхідного сигналу..

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні поділяються на генераторні та параметричні. Вкажіть, до яких перетворювачів відносяться термоперетворювачі опору.

Завдання 22

1. Температура вимірюється термометром класу точності 0,1; діапазон вимірювань від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити відносну похибку вимірювання температури, якщо показання термометра складають $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Повний тиск в потоці рідини дорівнює сумі статичного і динамічного тисків. Яка складова повного тиску використовується для визначення швидкості потоку рідини?

Завдання 23

1. Для вимірювання температури застосовуються термометри розширення, манометричні термометри, термометри опору, термоелектричні термометри, пірометри випромінювання. Вкажіть, яким прикладом можна виміряти температуру $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Опосередковане вимірювання представляється функцією $y = \frac{x_1^2}{x_2}$.

Визначити абсолютну похибку вимірювання величини y , якщо результати прямих вимірювань $x_1 = 2$, $x_2 = 3$, а абсолютні похибки прямих вимірювань $\Delta x_1 = 0,1$; $\Delta x_2 = 0,2$.

Завдання 24

1. Результати вимірювань представляють у вигляді таблиць, графіків, емпіричних формул. Вкажіть, який спосіб представлення має найвищу наочність.

2. Перетворювачі неелектричних величин в електричні розділяються на генераторні і параметричні. Вкажіть, до яких перетворювачів відносяться термоелектричні перетворювачі (термопари).

Завдання 25

1. Для вимірювання тиску застосовуються рідинні, механічні та електричні манометри. Вкажіть, до якого типу відносяться манометри з трубчастою пружиною.

2. Температура вимірюється термометром класу точності 1,0; діапазон вимірювань $-20\dots 180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити відносну похибку вимірювання температури, якщо показання термометра дорівнює $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Завдання 26

1. Електричний опір термоперетворювачів вимірюється логометрами, зрівноваженими і незрівноваженими мостами, компенсаційним способом. Вкажіть, який метод забезпечує більшу точність вимірювання опору.

2. Для вимірювання тиску застосовуються манометри трьох типів: рідинні, механічні та електричні. Вкажіть, до якого типу відносяться мікроманометри.

Завдання 27

1. Повний тиск рухомої речовини складається з динамічного і статичного тисків. Вкажіть, яка складова повного тиску зменшується в звужуючому пристрої витратоміра змінного перепаду тиску.

2. Термоперетворювачі опору виготовляють з металів (платина, мідь) і напівпровідників (суміші оксидів металів). Вкажіть, які матеріали застосовуються для виготовлення стандартних термоперетворювачів опору.

Завдання 28

1. Емпіричні формули визначають графічним способом і методом найменших квадратів. Вкажіть, який метод забезпечує більш високу точність визначення емпіричної формули.

2. Манометричні термометри поділяються на газові, рідинні, конденсаційні. Вкажіть, яким термометрам не властива гідростатична похибка.

Завдання 29

1. ТермоЕРС термопар вимірюється мілівольтметрами і потенціометрами. Вкажіть, в яких приладах застосовується компенсаційний спосіб вимірювання термоЕРС.

2. Тиск вимірюється пружинним манометром. При змінюванні тиску від 1 до 3 МПа стрілка приладу перемістилася на 10 поділок. Визначити ціну поділки шкали манометра.

Завдання 30

1. Визначити абсолютну похибку вимірювання температури, якщо її дійсне значення дорівнює $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а показання приладу $95\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Температура вимірюється термометром класу точності 0,1; діапазон вимірювань від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити відносну похибку вимірювання температури, якщо показання термометра складають $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$.