

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра теплотехніки

T7513



ЗАТВЕРДЖЕНО

Заступник директора
з навчальної роботи
к.т.н., професор О.М. Дудченко

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА ПРИЛАДИ

Heat Engineering Measurements and Instruments

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

Херсон – 2023


Робоча програма навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освітньо-професійні програми «Холодильні машини і установки».

« 25 » серпня 2023 року – 25 с.

Розробники: Коновалов Д.В., д.т.н., професор кафедри теплотехніки
Кобалава Г.О., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми
«Холодильні машини і установки»
к.т.н., доцент без вч. звання


_____ І.В. Калініченко


Проект робочої програми навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» розглянуто на засіданні кафедри теплотехніки
Протокол № 01 від « 28 » серпня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри теплотехніки


_____ Г.О. Кобалава

Робоча програма навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» затверджена методичною радою ХННІ НУК
Протокол № 01 від « 29 » серпня 2023 р.

Голова МР ХННІ НУК


_____ О.М. Дудченко

© ХННІ НУК, 2023

ЗМІСТ

Вступ	
1. Опис навчальної дисципліни.....	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	7
3. Передумови для вивчення дисципліни.....	7
4. Очікувані результати навчання.....	7
5. Програма навчальної дисципліни.....	9
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	15
7. Форми поточного та підсумкового контролю	15
8. Критерії оцінювання результатів навчання	17
9. Засоби навчання	18
10. Рекомендовані джерела інформації	18
Додатки.....	20

ВСТУП

Анотація

Дисципліною «Теплотехнічні вимірювання та прилади» передбачено набуття студентами знань та навичок для оволодіння основними концепціями і принципами, пов'язаними з вимірюваннями в теплотехніці, використанням та обслуговуванням приладів, а також проведення аналізу результатів вимірювань, визначення точності та невизначеності, оцінка достовірності даних. Ці знання дозволяють дотримуватись вимог щодо стандартизації і калібрування приладів для забезпечення високої точності вимірювань та вирішувати на високому рівні практичні теплотехнічні завдання, розробляти та вдосконалювати теплотехнічні системи. Мета досягається на основі вивчення методів вимірювання теплотехнічних величин, будови засобів вимірювань, способів обробки інформації. Ці завдання спрямовані на те, щоб підготувати студентів до вирішення реальних завдань у галузі теплотехніки та енергетики, де вимірювання та контроль теплових параметрів є важливою складовою роботи установок та систем.

Програма навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» розрахована на студентів, які вивчили наступні дисципліни: Метрологія та стандартизація, Гідрогазодинаміка, Технічна термодинаміка, Електротехніка та електроніка. Програма передбачає комплексне застосування набутих компетенцій для вирішення виробничо-технологічних завдань та задач в області теплотехніки та енергетики.

Дисципліна «Теплотехнічні вимірювання та прилади» забезпечує застосовування отриманих навичок та компетенцій для успішної роботи в галузі теплотехніки, вирішуючи важливі завдання щодо енергоефективності, теплообміну та інших аспектів теплотехнічних систем, а також при розробці відповідних розділів атестаційної випускної роботи бакалавра.

Ключові слова: датчики, теплотехнічні величини, вимірювання, калібрування, аналіз даних.

Abstract

The discipline "Heat Engineering Measurements and Instruments" is designed to provide students with knowledge and skills for mastering the fundamental concepts and principles associated with measurements in heat engineering. This includes the use and maintenance of instruments, as well as the analysis of measurement results, determination of accuracy and uncertainties, and assessment of data reliability. These acquired knowledge enables adherence to standards and calibration requirements for

ensuring high measurement accuracy and addressing practical heat engineering tasks at an advanced level, including the development and improvement of heat engineering systems.

The goal is achieved through the study of methods for measuring heat engineering quantities, the design of measuring instruments, and information processing techniques. These tasks aim to prepare students for solving real-world challenges in the field of heat engineering and energy, where the measurement and control of thermal parameters are crucial aspects of the operation of installations and systems.

The course "Heat Engineering Measurements and Instruments" is tailored for students who have studied the following disciplines: Metrology and Standardization, Hydrodynamics and Gas Dynamics, Technical Thermodynamics, Electrical Engineering and Electronics. The program involves the comprehensive application of acquired competencies to address production and technological tasks in the field of heat engineering and energy.

The discipline "Heat Engineering Measurements and Instruments" ensures the application of acquired skills and competencies for successful work in the field of heat engineering, addressing important challenges in energy efficiency, heat exchange, and other aspects of heat engineering systems. It also plays a crucial role in the development of relevant sections of the bachelor's degree thesis.

Keywords: Sensors, Heat Engineering Parameters, Measurements, Calibration, Data Analysis.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів: 3,0	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Обов'язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки	
Змістових модулів – 2		3-й	
Електронний адрес на сайті ХННІ НУК: http://kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/refrigerating-machines-and-installations-b.html	Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування» Освітня програма «Холодильні машини і установки»	Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: –		5-й	
Загальна кількість годин: 90		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи здобувача – 4		15 годин	
		Практичні роботи	
		–	
	Лабораторні роботи		
	15 годин		
	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
		60 годин	
		Індивідуальні завдання	
		–	
		Вид контролю:	
	Залік		
	Форма контролю: комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)		

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» є набуття знань формування у студентів згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 19.10.2018 №1136 таких компетентностей:

Інтегральна компетентність

– Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми у галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

ФК2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії.

ФК7. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: Метрологія та стандартизація, Гідрогазодинаміка, Технічна термодинаміка, Електротехніка та електроніка.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

ПР2. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

ПР10. Планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

ПР11. Розуміння застосовуваних методик проектування і досліджень у сфері енергетичного машинобудування, а також їх обмежень.

ПР13. Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень при вирішенні професійних завдань.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

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

Тема 1. Вимірювання: основні поняття та визначення. Прямі 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.

Джерела інформації: [1] с.8-9, 12-26; [2] с.9-11, 15-29; [5, 6].

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

Джерела інформації: [1] с.209-214; [2] с.245-253.

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. Інформаційно-вимірювальні системи.

Джерела інформації: [1] с.10-12, 26-42; [2] с.11-15, 30-36, 50-57; [5, 6].

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.

Джерела інформації: [1] с.43-82; [2] с.60-84; [5, 6].

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

Джерела інформації: [1] с.92-102; [2] с.117-137; [5, 6].

Змістовий модуль 2. Методи вимірювання теплотехнічних і режимних параметрів.

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.

Джерела інформації: [1] с.127-136; [2] с.183-191; [5, 6].

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.

Джерела інформації: [1] с.103-126; [2] с.164-183; [5, 6].

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: електричні, оптичні та акустичні торсіометри. Торсіометри з тензодатчиками.

Джерела інформації: [1] с.137-160; [2] с.191-216.

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.

Джерела інформації: [1] с.184-194, 201-202, 204-208; [2] с.217-222, 225-227, 235-241; [5, 6].

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		лаб	пр	с.р.	
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Теоретичні основи і засоби вимірювань. Методи вимірювання термодинамічних параметрів робочих тіл.					
Тема 1. Вимірювання: основні поняття та визначення. Прямі 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.	9	2	–	–	7
Тема 2. Способи представлення результатів вимірювань. Графічний спосіб. Емпіричні формули. Графічний метод і метод найменших квадратів для визначення емпіричних формул. Автоматизація обробки результатів вимірювань.	9	2	2	–	5
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. Інформаційно-вимірювальні системи.	9	2	2	–	5

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.	9	2	2	–	5
Тема 5. Вимірювання повного і статичного тиску. Рідинні, механічні та електричні манометри; їх характеристики. Пружинні манометри. Основні правила вибору, установки та повірки манометрів. Вимірювання швидкозмінних тисків. Індикатори та їх типи.	9	2	2	–	5
Разом за змістовим модулем 1	45	10	8	–	27
Змістовний модуль 2. Методи вимірювання теплотехнічних і режимних параметрів.					
Тема 6. Механічні рівнеміри (футштоки, водопоказникові прилади, поплавкові рівнеміри). Електричні рівнеміри, їх типи та характеристики. Ємнісні рівнеміри, їх типи, схеми та характеристики. Ультразвукові рівнеміри, принцип дії, схеми та характеристики.	12	1	2	–	9
Тема 7. Тахометричні лічильники кількості та витратоміри. Витратоміри змінного перепаду тиску. Теоретичні основи звукувальних пристроїв. Методика розрахунку і правила розміщення звукувальних пристроїв. Витратоміри постійного перепаду тиску. Ротаметри, їх типи та характеристики. Теплові, ультразвукові та електромагнітні витратоміри, їх схеми та характеристики.	12	2	2	–	8

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: електричні, оптичні та акустичні торсіометри. Торсіометри з тензодатчиками.	11	2	3	–	6
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.	10	–	–	–	10
Разом за змістовим модулем 2	45	5	7	–	33
Разом	90	15	15	–	60

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна форма навчання
1	Градуювання технічних термопар	2
2	Градуювання термометрів опору	2
3	Градуювання логометра	2
4	Повірка пружинного манометра	2
5	Вимірювання швидкозмінного тиску механічними індикаторами	2
6	Повірка електричного показчика рівня рідини	2
7	Градуювання витратоміра постійного та змінного перепаду тисків (із звужувальним чутливим елементом (діафрагмою) та швидкісного лічильника кількості (ротаметра)	3
Разом		15

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна форма навчання
1	Систематичні похибки і способи їх обліку	7
2	Способи представлення результатів вимірювань	5
3	Метрологічні характеристики і властивості засобів вимірювань	5
4	Основні правила вибору, установки та повірки манометрів	5
5	Систематичні похибки вимірювання температури контактними методами	5
6	Ультразвукові рівнеміри; принцип дії, схеми та характеристики	9
7	Методика розрахунку і правила розміщення звужувальних пристроїв	8
8	Визначення потужності за параметрами робочого тіла	6
9	Завдання газового аналізу	10
Разом		60

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

для всіх видів занять:

- робота з літературою – опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної освіти;

- пояснення – словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;

- дискусія - обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її обстоювати;

для лекційних занять:

- відеометод – використання відеоматеріалів для активізації наочно-чуттєвого сприймання; забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості;

для лабораторних занять:

- лабораторна робота – метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом виконання вимірювань та досліджень при виконанні лабораторних завдань;

- інструктаж – ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- звіти з виконання лабораторної роботи та презентації результатів виконаних лабораторних робіт на комп'ютері (або письмовий контроль результатів);

- усні відповіді на лабораторних заняттях;

- поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);

- залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку.

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок - **40 балів**. Право здавати заключний залік надається студенту, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного іспиту набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань лабораторних робіт та надання відповідей по тематичним тестам.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання лабораторних робіт

Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, розв'язано всі поставлені задачі за варіантом без помилок.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент розв'язує всі поставлені задачі після консультації викладача; відповідає на запитання; в цілому правильно проводить лабораторну роботу за варіантом, відповідає на запитання.
3	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, відповідає на запитання; виконує завдання з незначними помилками.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу під керівництвом викладача; дає відповіді не на всі запитання; виконує завдання з незначними помилками.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу під керівництвом викладача; дає відповіді не на всі запитання; виконує завдання зі значними помилками.
0	Робота не виконувалася.

Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	12,5	11	9	8	7	6	5	4	3	2

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Бал	Критерії оцінювання
40	Студент виконав підсумкову роботу, відповів на питання без помилок, вирішив задачу.
30	Студент виконав підсумкову роботу без помилок, вирішив задачу, але відповіді на питання не повні.
20	Студент орієнтується у теоретичних питаннях, але недостатньо володіє методами розрахунків.
10	Студент слабо орієнтується у теоретичних питаннях і недостатньо володіє методами розрахунків.
0	Студент не володіє теоретичним матеріалом дисципліни, не розв'язує задачі, не відповідає на питання.

Узагальнюючі результати поточного контролю знань

Форма контролю	Максимальна кількість балів
	денна форма навчання
Виконання лабораторних робіт	$7 \text{ роб.} \times 5 \text{ балів} = 35 \text{ балів}$
Поточний модульний контроль	$2 \text{ ПМК} \times 12,5 \text{ балів} = 25 \text{ балів}$
Виконання контрольних робіт	-
Всього	60

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№ змістового модуля і теми	Вид роботи	Кількість балів	
		денна форма	
ЗМ 1	Т2	Лабораторна робота № 1	5
	Т3	Лабораторна робота № 2	5
	Т4	Лабораторна робота № 3	5
	Т5	Лабораторна робота № 4	5
ЗМ 2	Т6	Лабораторна робота № 5	5
	Т7	Лабораторна робота № 6	5
	Т8	Лабораторна робота № 7	5
ПМК	Тести	25	
Підсумковий контроль	Залік	40	
Разом		100	

9. Засоби навчання

Засобами навчання є бібліотечні фонди (підручники, навчальні посібники, в т.ч. електронні з електронної бібліотеки кафедри), а також мультимедійні засоби (мультимедійний проєктор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет).

При проведенні занять за дистанційною формою навчання (у період карантину) використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Google Classroom, Google Meet, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber тощо). Технічні засоби навчання: мультимедійний проєктор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Єршов В.В. Теплотехнічні вимірювання та прилади в суднових енергетичних установках: Навч. посіб. Миколаїв: НУК, 2007. 220 с.
2. Рижков С.В. Теплотехнічні вимірювання в суднових енергетичних установках. Л.: Судостроение, 1980. 263 с.
3. Рижков С.В., Єршов В.В. Збірник лабораторних робіт з курсу «Теплотехнічні вимірювання». Миколаїв: УДМТУ, 1999. 56 с.
4. Єршов В.В., Димо Б.В., Фордуй С.Г. Теплотехнічні вимірювання та прилади. Методичні вказівки, програма і контрольні завдання. Миколаїв: УДМТУ, 2000. 34 с.
5. Глущенко О.Л. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» для студентів денної форми навчання. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. 34 с.
6. Малафаєв М. Т., Чеканов М. А. Лабораторний практикум із дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» [Електронний ресурс] Х.: ХДУХТ, 2018.
7. Курилов А. Ф., Козін В. М. Теплотехнічні вимірювання і прилади: навч. посібник. Суми: Сумський державний університет, 2015. 189 с.

Допоміжна література

8. Температурные измерения. Справочник / Геращенко О.А., Гордов А.Н., Еремина А.К. и др., Ин-т проблем энергосбережения. Киев: Наукова думка, 1989. 704 с.

9. Webster J.G. Measurement, Instrumentation and Sensors. Handbook. Press LLC. 1999. 2588 p.
10. Raghavendra N.V., Krishnamurthy L. Engineering Metrology and Measurements. Oxford University Press, 2013. 546 p.
11. Morris A.S., Langari R. Measurement and Instrumentation: theory and application. Elsevier Inc., 2012. 640 p.

Інформаційні ресурси

1. Сайт ХННІ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua>
2. Електронні інформаційні ресурси НБУВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>.
3. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>.
4. Херсонська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олесь Гончара [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lib.kherson.ua>.
5. Библиотека морской литературы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sealib.com.ua>.
6. Библиотека морской литературы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sealib-com-ua.blogspot.com>.

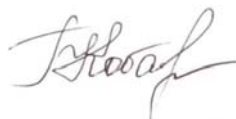
Розробники:

д.т.н., професор кафедри теплотехніки



Д.В. Коновалов

к.т.н., в.о. завідувача
кафедри теплотехніки



Г.О. Кобалава

**Контрольні питання
для поточного модульного контролю
з дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади»**

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 °С до -50 °С. Визначити відносну похибку вимірювання температури, якщо показання термометра складають -100 °С.

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 °С.

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...180 °С. Визначити відносну похибку вимірювання температури, якщо показання термометра дорівнює 100 °С.

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 °С, а показання приладу 95 °С.

2. Температура вимірюється термометром класу точності 0,1; діапазон вимірювань від -200 °С до -50 °С. Визначити відносну похибку вимірювання температури, якщо показання термометра складають -100 °С.