

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра

Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Керівник проектної групи



(підпис)

М. В. Амброжевич
(ініціали та прізвище)

«30» серпня 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТЕПЛОФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань

14 «Електрична інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

144 «Теплоенергетика»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма:

«Теплофізика»

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)

(найменування спеціалізації)

Харків 2019 рік

Робоча програма

Технічні засоби теплофізичного експерименту

(назва дисципліни)

для студентів за спе-
ціальністю:

144 «Теплоенергетика»

(код та найменування спеціальності)

Освітньою програ-
мою:

«Теплофізика»

(назва освітньої програми)

«26»

червня

2019 р.

15

с.

Розробник:

Корогодський В.А. доцент каф. аерокосмічної теп-
лотехніки (205), д. т. н., доцент

(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри

Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

(назва кафедри)

Протокол № 2 від «21» червня 2019 р.

Завідувач кафедри

д.т.н., доцент

(наукова ступінь
та вчене звання)

(підпис)

П.Г. Гакал

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування) Спеціальність: <u>144 «Теплоенергетика»</u> (код та найменування) Освітня програма: <u>«Теплофізика»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 2		2019/2020
Індивідуальне завдання - не передбачено		Семестр
Загальна кількість годин – 72/150		7-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,5 самостійної роботи студента – 4,9		Лекції *
		32 годин
		Практичні, семінарські
		8 годин
		Лабораторні
		32 годин
		Самостійна робота
	78 години	
	Вид контролю	
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання $72/78 = 0,92$

* Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: придбання знань, вмінь та навичок, що дає змогу планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки.

Завдання: в результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- основні положення техніки та види теплотехнічного експерименту і досліджень стосовно енергетичного обладнання, двигунів і енергоустановок літальних апаратів;
- різновиди і пристрої типових експериментальних стендів, їх систем, частин, елементів;
- принципи роботи й основні умови застосування датчиків і приладів, сфери їхнього застосування, переваги, недоліки;
- області застосування різних типів датчиків і приладів;
- методики оцінки похибки вимірювань.

вміти:

- спроектувати схему для виміру теплотехнічних параметрів процесів у конкретних умовах;
- оцінювати їх ефективність з погляду функціонального призначення діапазону працездатності і матеріальних витрат;
- вибрати за каталогами тип і марку датчика або приладу;
- виміряти теплотехнічні параметри на агрегатах авіаційної й енергетичної техніки.
- оцінювати похибки вимірювання.

Програмні результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- знати і розуміти основи метрології та теплотехнічних й електричних вимірювань, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань;
 - продемонструвати знання основних вимірювальних параметрів приладів, знати їх шкали вимірювання, відрізняти прямі вимірювання від непрямих;
 - мати здатність визначати метрологічні характеристики засобів вимірювань, оцінювати результати вимірювань;
 - визначати приведену та відносну похибки вимірювання;
 - оцінювати похибки скляних, манометричних термометрів, термоперетворювачів опору;
 - використовувати електричні методи вимірювання фізичних величин та прибори для вимірювання електричних величин;
 - враховувати вимоги, які ставляться до матеріалу термоперетворювача опору, знати діапазон застосовування платинових та мідних термоперетворювачів опору, як виникає ЕРС, які пристрої використовуються для введення поправки на зміну температури;
 - знати принципи дії рідинних, грузопоршневих, деформаційних манометрів, тензоперетворювача та прилади для вимірювання вакууму;

- використовувати Міжнародну температурну шкалу, одиниці вимірювання температури, методи виміру температури та пристрої виміру температури;
- давати критичну оцінку області застосування вітромірів та використовувати пристрої для виміру швидкості й витрати рідини та газів;
- продемонструвати знання експериментальних планів;
- вміти оцінювати похибки прямих та непрямих вимірювань;
- демонструвати здатність виконувати дисперсійний аналіз результатів вимірювань;
- вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

Міждисциплінарні зв'язки: вища математика, фізика, хімія, технічна термодинаміка, тепло-масообмін, гідрогазодинаміка.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1.

Змістовний модуль 1. Вимір теплотехнічних параметрів.

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни «Технічні засоби теплофізичного експерименту».

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Технічні засоби теплофізичного експерименту», структура курсу. Література.

ТЕМА 2. Метрологічні характеристики засобів вимірів.

Види, методи й засоби вимірів. Погрішності вимірів, їхня класифікація. Метрологічні характеристики засобів вимірів.

ТЕМА 3. Електричні методи вимірів неелектричних величин.

Електричні методи вимірів неелектричних величин. Перетворювачі неелектричних величин в електричні - реостатні, тензо- і терморезисторні, індуктивні, ємнісні, фото-, п'єзоелектричні, термоелектричні. Оцінка точності вимірювальних приладів.

ТЕМА 4 Вимір тиску й вакууму.

Вимір тиску й вакууму. Основні способи й засоби. Рідинні й грузопоршневі прилади. Деформаційні прилади тиску. Електричні датчики. Прилади для виміру вакууму.

ТЕМА 5. Вимір температур.

Вимір температур. Фізичні основи температурних вимірів. Температурні шкали. Види термометрів - рідинно-скляні, манометричні, термоперетворювачі опору, термоелектричні перетворювачі, температурні індикатори, пірометри випромінювання. Динамічні характеристики термометрів.

Змістовий модуль 2. Методи визначення параметрів потоків та властивостей речовин.

ТЕМА 6. Вимір швидкості й витрати рідини й газу.

Вимір швидкості й витрати рідини й газів. Пневмометричні трубки. Термоанемометрія. Вимір витрат газу й рідини.

ТЕМА 7. Оптичні методи виміру параметрів потоку.

Оптичні методи виміру параметрів потоку. Фізичні основи методів. Тіньовий метод. Шлирен-метод Теплера. Інтерферометричні методи. Лазерна анемометрія. Доплеровські методи. Використання голографічних методів у теплофізичному експерименті.

ТЕМА 8. Методи визначення термічних властивостей речовин.

Методи визначення щільності рідин і газів. Визначення поверхневого натягу й кутів змочування. Визначення тиску насичених пар. Визначення температури плавлення.

ТЕМА 9. Методи визначення калоричних властивостей речовин.

Методи визначення калоричних властивостей речовин. Визначення калоричних властивостей рідин і газів. Визначення теплоти плавлення й паротворення. Визначення теплопровідності речовин.

Тема 10. Трубопроводи і арматура теплофізичних стендів.

Вимоги до трубопроводів і арматури, загальний підхід до їх вибору для використання в стенді конкретного призначення. Конструкційні матеріали трубопроводів і арматури. Критерії оцінки і класи негерметичності. Ущільнення нерухомих з'єднань. Ущільнення з'єднань пар обертального руху. Клапанні ущільнення. Щілисті ущільнення. Матеріали ущільнень. Перевірочний міцнісний розрахунок трубопроводів, арматура, кінцевих елементів. Основи розрахунку ущільнень.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Вимір теплотехнічних параметрів						
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Теплотехнічні вимірювання і прилади».	2	2	–	–	–	–
Тема 2. Метрологічні характеристики засобів вимірів.	17	2	1	4	–	10
Тема 3. Електричні методи вимірів неелектричних величин.	19	4	1	4	–	10
Тема 4. Вимір тиску й вакууму.	19	4	1	4	–	10
Тема 5. Вимір температур.	17	2	1	4	–	10
Модульний контроль	2	2	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	76	16	4	16	–	40
Модуль 2						
Змістовий модуль 2. Методи визначення параметрів потоків та властивостей речовин.						
Тема 6. Вимір швидкості й витрати рідини й газу.	13	2	1	4	–	6
Тема 7. Оптичні методи виміру параметрів потоку.	15	2	1	4	–	8
Тема 8. Методи визначення термічних властивостей речовин.	15	2	1	4	–	8
Тема 9. Методи визначення калоричних властивостей речовин.	17	4	1	4	–	8
Тема 10. Трубопроводи і арматура теплофізичних стендів.	12	4	–	–	–	8
Модульний контроль	2	2	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	74	16	4	16	–	38
Усього годин	150	32	8	32	–	78

5. Теми семінарських занять

Навчальним планом не передбачені

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обробка результатів прямих вимірювань.	1
2	Обробка результатів непрямих вимірювань.	1
3	Планування експерименту.	1
4	Методи виміру тиску.	1
5	Вимір температур. Градування термопари.	1
6	Вимір витрат газу й рідини.	1
7	Вимір теплоємності й теплопровідності	1
8	Ознайомлення з сучасними засобами вимірювання та управління теплотехнічними стендами	1
	Разом	8

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення тиску й вакууму.	4
2	Вимірювання температур.	4
3	Вимірювання швидкості й витрати рідини й газу.	4
4	Зняття тарифовочних характеристик засобів виміру витрат рідин	4
5	Дослідження аеродинаміки і теплообміну одиночних крапель	4
6	Дослідження дисперсності розпилу паливних форсунок.	4
7	Визначення теплоємності й теплопровідності повітря.	4
8	Моделювання теплонасосних установок	4
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Міжнародна система одиниць СІ. Основні одиниці.	10
2	Вимір температури полум'я. Вибір методу виміру температури полум'я.	10
3	Вимір електричних величин.	10
4	Вимір швидкозмінних тисків. Особливості виміру тисків у потоках рідини й газу.	10
5	Похибки засобів виміру температури, джерела методичних похибок. Вибір засобів виміру температури. Особливості виміру низьких (криогенних) температур	6

6	Вимір турбулентних характеристик потоків оптичними методами.	8
7	Методи визначення термічних властивостей речовин.	8
8	Визначення в'язкості рідин і газів. Визначення вологості пару.	8
9	Устаткування випробувальних станцій і стендів.	8
	Разом	64

9. Індивідуальні завдання.

Навчальним планом не передбачені

10. Методи навчання

Лекційні заняття будуть проводитись методом розповідь-бесіда, з застосуванням електронних засобів навчання та додаткового друкованого допоміжного матеріалу. Практичні заняття будуть проводитись шляхом проведення студентами розрахункових досліджень згідно тем занять.

11. Методи контролю

Контроль виконується у вигляді поточного семестрового контролю під час здачі змістовних модулів та лабораторних робіт.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0,25...0,5	8	2...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0,5...1	8	4...8
Виконання і захист практичних робіт	0,5...1	2	1...2
Модульний контроль	23...36	1	23...36

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0,25...0,5	8	2...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0,5...1	8	4...8
Виконання і захист практичних робіт	0,5...1	2	1...2
Модульний контроль	23...36	1	23...36
Усього за семестр			60...100

За виконання лабораторних та практичних робіт студент в залежності від оцінки отримує до 1 бала.

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку.

Допуском до іспиту/заліку є здача усіх лабораторних робіт.

Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з 4 теоретичних, у відповідності до модуля, та двох практичних завдань. Максимальна сума балів за теоретичні запитання є 60, за практичні – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Для отримання позитивної оцінки студент повинен отримати знання, які дозволять підібрати стандартне обладнання та прилади, зробити вимірювання й оцінити погрішності вимірів.

Студент повинен вміти:

Проектувати схему для виміру теплотехнічних параметрів процесів у конкретних умовах.

Вибирати по каталогах тип і марку датчика або приладу.

Вимірювати теплотехнічні параметри.

Визначати похибки вимірювання.

Розробляти експериментальні плани.

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Здати лабораторні й практичні роботи та здати тестування.

Знати основні види теплофізичних випробувань і досліджень стосовно двигунів і енергоустановок літальних апаратів, вимірювальні параметри прила-

дів їх шкали вимірювання, основні принципи дії рідинних, грузопоршневих, деформаційних манометрів, тензоперетворювачів та приладів для вимірювання вакууму, одиниці вимірювання температури, пристрої виміру температури, область застосування вітромірів, методики оцінки похибки вимірювань скляних, манометричних термометрів, термоперетворювачів опору.

Уміти: проводити вимірювання фізичних величин, використовувати метрологічні характеристики засобів вимірювань, відрізняти приведену та відносну похибку вимірювання, відрізняти прямі вимірювання від непрямих, використовувати Міжнародну температурну шкалу та пристрої для виміру температури, тиску, швидкості й витрати рідини та газів.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум. Здати лабораторні й практичні роботи та здати тестування.

Знати основні методики виміру тиску, температури, швидкості й витрати рідини та газів; принципи дії та конструктивні особливості вимірювальних пристроїв, сфери їхнього застосування, переваги та недоліки; методики формування експериментальних планів.

Уміти: розробляти принципові схеми стендів різного вигляду, розраховувати елементну базу експериментальних стендів, оцінювати їх ефективність; розробляти експериментальні плани; використовувати методи вимірювання фізичних величин та застосовувати відповідні прибори; оцінювати похибки прямих та непрямих вимірювань; виконувати дисперсійний аналіз результатів вимірювань.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій.

2. Учебный посібник «Теплотехнические измерения и приборы» Т.П. Михайленко, А.Ю. Лисица. Ю.В. Шахов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 124 с.

14.Рекомендована література.

Базова

1. Теория и техника теплофизического эксперимента: Уч. пособие для вузов / В.Ф. Гортышев, Ф.Н. Дресвяников, Н.С. Идиатулин и др., под ред. В.К. Щукина. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 360 с.

2. Геращенко, О.А. Температурные измерения. Справочник / Геращенко О.А., Гордив А.Н., Лах В.И. и др. К.: Наукова думка, 1984. – 494 с.
3. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник/ Под общ. ред. чл.-корр. АН СССР В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1988. – 560 с.: ил. – (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн.2)
4. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. – М.: Физматлит, 1994. – 192 с.
5. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 960 с.

Допоміжна

6. Румшицкий, Л.А. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство. – М.: Наука, физ.мат.л-ра, 1971. – 192 с.
7. Кадышевич, А.Б. Измерение температуры пламени. – М.: Metallurgizdat, 1961. – 218 с.
8. Преображенский, В.П. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергия, 1978. – 703 с.
9. Повх, И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении – Л.: Машиностроение, 1974. – 479 с.
10. Геращенко, О.А. Основы теплотехники. – К.: Наукова думка, 1976. – 192 с.
11. Солохин Э.Л. Испытания авиационных воздушно-реактивных двигателей. – М.: Машиностроение, 1975. – 356 с.
12. Конструкция жидкостных ракетных двигателей / Под ред. В. Я. Левина. – М.: Машиностроение, 1981. – 199 с.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Технічні засоби теплофізичного експерименту

галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

спеціальність: 144 «Теплоенергетика»

1. Що відноситься до основних вимірювальних параметрів?
2. Навіщо потрібна метрологія?
3. Чим відрізняються прямі вимірювання від непрямих?
4. Які види шкал вимірюваних пристроїв вам відомі?
5. Наведіть основні види, методи та засоби вимірювань.
6. Наведіть метрологічні характеристики засобів вимірювань.
7. Охарактеризуйте електричні методи вимірювання фізичних величин.
8. Які прилади використовуються для вимірювання електричних величин?
9. В чому є різниця між приведеною та відносною похибками вимірювання?
10. Які вимоги ставляться до матеріалу термоперетворювача опору?
11. В якій області температур застосовуються платинові та мідні термоперетворювачі опору?
12. В якому випадку в цепі з двох передавачів виникає ЕДС?
13. Які пристрої використовуються для введення поправки на зміну температури вільних кінців?
14. Який принцип дії рідинних манометрів?
15. Які є способи підвищення точності рідинних манометрів?
16. Що визначає високу точність грузопоршневих манометрів?
17. Які ви знаєте типи деформаційних манометрів?
18. В чому полягає принцип дії тензоперетворювача?
19. Які прилади застосовуються для вимірювання вакууму?
20. Наведіть вимоги до систем вимірювання тиску й вакууму.
21. Як відновлюється Міжнародна температурна шкала?
22. Які одиниці вимірювання температури ви знаєте?
23. Які методи виміру температури ви знаєте?
24. Які контактні пристрої виміру температури ви знаєте та в яких межах температур вони використовуються?
25. Які безконтактні пристрої виміру температури ви знаєте та в яких межах температур вони використовуються?
26. Охарактеризуйте область застосування вітромірів змінного перепаду тиску.
27. Які типи звужуючих пристроїв ви знаєте?
28. Проаналізуйте область застосування, переваги та недоліки витратомірів постійного перепаду тиску.
29. Які сили забезпечують нахождення поплавка в потоці?
30. Проаналізуйте переваги та недоліки ультразвукових витратомірів.
31. Який принцип дії вагових витратомірів?
32. Ознайомитися з основними термінами та визначеннями.
33. Ознайомитися з основними одиницями SI.
34. Ознайомитися з характеристиками Міжнародної системи одиниць.
35. Визначення чисельних коефіцієнтів в формулах при переході до одиниць SI.
36. Ознайомитися з засобами вимірювання напруги.

37. Ознайомитися з засобами вимірювання електричної потужності.
38. Ознайомитися з засобами вимірювання напруженості електромагнітного поля.
39. Ознайомитися з засобами вимірювання частоти.
40. Якими засобами вимірюються швидкозмінний тиск?
41. За яким принципом працюють термоанемометри?
42. Принцип дії п'єзоелектричних манометрів.
43. Типи тензоперетворювачів і який їх принцип дії?
44. Яка гранична похибка скляних термометрів?
45. Від чого залежить похибка манометричних термометрів?
46. Яким чином визначаються межі допустимих відхилень вимірюваних значень температур в термоперетворювачах опору?
47. Як визначається похибка вимірювання температури вимірювального комплексу, що складається з термоперетворювача опору і вторинного приладу?
48. Яка температура називається криогенної?
49. Який діапазон виміру конденсаційних гелієвих термометрів?
50. Наведіть переваги та недоліки ультразвукових витратомірів.
51. Який принцип дії доплерівських кореляційних витратомірів?
52. Які переваги вихрових витратомірів?
53. Що впливає на процес вихроутворення?
54. З якою метою проводять планування та аналіз даних експерименту?
55. Що розуміється під плануванням експерименту?
56. Що є результатом експерименту?
57. У чому переваги багатофакторного експерименту перед однофакторним?
58. На чому ґрунтується вимір температури тіла пірометрами?
59. На чому заснована дія оптичних пірометрів?
60. Які ви знаєте оптичні методи дослідження газодинамічних потоків?
61. Які ви знаєте методи вимірювання теплоємності речовин?
62. На чому засновані методи вимірювання теплопровідності речовин?
63. Які ви знаєте методи вимірювання в'язкості рідин та газів?
64. Яким чином може бути охарактеризована вологість газів?
65. Які методи застосовуються для вимірювання вологості газів?
66. В чому полягає метод вимірювання в'язкості?
67. В чому полягає психрометричний метод вимірювання вологості?