

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« » 2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань	<u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і найменування галузі знань)
Спеціальність	<u>142 «Енергетичне машинобудування»</u> (код та найменування спеціальності)
Освітня програма	<u>«Енергетичне машинобудування»</u> (код та найменування спеціальності)
Рівень вищої освіти	<u>Третій (освітньо-науковий)</u>
Форма навчання	<u>денна</u>

Харків – 2020

Робоча програма

Системи забезпечення теплового режиму

(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»
освітньо-наукової програми «Енергетичне машинобудування»

« 1 » липня 2020 р. 11 стор.

Розробник: професор, д.т.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Г.О. Горбенко
(ініціали та прізвище)

Гарант ОНП: Зав. кафедрою, д.т.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

С. В. Спіфанов
(ініціали та прізвище)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених



Т.П. Старовойт

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: 14 <u>«Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	<i>Вибіркова</i>
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 142 <u>«Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва)	Навчальний рік 2021/2022
Кількість змістових модулів – 2		Семестр 4-й Лекції* 32 год. Практичні, семінарські* 32 год. Лабораторні* 0 Самостійна робота 86 год. Вид контролю <i>іспит</i>
Індивідуальне завдання: -		
(назва)		
Загальна кількість годин – 64/150		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи–5,4	Рівень вищої освіти <u>Третій</u> <u>(освітньо-науковий)</u>	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – $64/86=0,74$

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: отримувати знання та практичні навички необхідні для проектування високоефективних енергетичних систем різного призначення з використанням системного аналізу, комп'ютерного моделювання та методів оптимізації, розроблювати, застосовувати та удосконалювати математичні моделі для вирішення інженерних завдань.

Завдання: на підставі узагальнення знань вміти розробляти, проектувати, модернізувати системи забезпечення теплового режиму, аналізувати ефективність систем, оптимізувати та знаходити шляхи удосконалення систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні досягти таких **компетентностей**:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері енергетичного машинобудування та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з галузі електричної інженерії, та суміжних галузей.

СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері енергетичного машинобудування.

Програмні результати навчання:

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з енергетичного машинобудування і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, ...) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

РН04. Розробляти, проектувати, модернізувати складні об'єкти енергетичного машинобудування, формувати вимоги до них, аналізувати адекватність методології проектування.

РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми енергетичного машинобудування з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

РН08. Розуміти загальні принципи та методи енергетичного машинобудування, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері енергетичного машинобудування та у викладацькій практиці.

РН10. Здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проектів з енергетичного машинобудування.

РН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання робочих процесів досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати

нові, вдосконалювати та розвивати моделі систем та елементів об'єктів енергетичного машинобудування

Міждисциплінарні зв'язки вивчення курсу «Системи забезпечення теплового режиму» базується на загальних знаннях з таких дисциплін як «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ», «Управління науковими проектами», «Наукові проблеми забезпечення надійності, міцності та ресурсу об'єктів енергетичного машинобудування», «Наукові проблеми удосконалення робочих процесів об'єктів енергетичного машинобудування» та вибіркові компоненти переліка 2. Отримані знання є основою для успішної роботи над випускною роботою для отримання ступеня доктора філософії.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль № 1

Змістовний модуль 1. «Забезпечення теплових режимів літальних апаратів, енергоустановок, технологічних процесів».

ТЕМА 1. Вступ. Що таке система забезпечення теплового режиму (СЗТР)? Призначення і сфери застосування СЗТР. Приклади СЗТР. Цілі вивчення дисципліни. Задачі, що вирішуються СЗТР.

ТЕМА 2. Способи забезпечення теплових режимів. Класифікація СЗТР. Технічні вимоги, що висуваються до СЗТР. Критерії і показники ефективності СЗТР. Класифікація показників ефективності. Вимоги до показників ефективності.

ТЕМА 3. Проектувальний розрахунок та розрахунок характеристик СЗТР. Задачі проектувального розрахунку і розрахунку характеристик СЗТР. Характеристики СЗТР. Приклади характеристик СЗТР.

ТЕМА 4. СЗТР та навколишнє середовище. Структура СЗТР. СЗТР і навколишнє середовище. Внутрішні і зовнішні джерела (стік) тепла на літальних апаратах, енергоустановках. Промінна енергія Сонця. Власне випромінювання Землі та планет. Визначення температури космічних апаратів без внутрішнього тепловиділення.

ТЕМА 5. Засоби регулювання температурного режиму. Охоронні нагрівачі. Терморегулювання з використанням витратних речовин.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2.

Системний підхід до проектування СЗТР. Математичне моделювання СЗТР. Оптимізація СЗТР.

ТЕМА 6. Системний підхід до проектування СЗТР. Постановка задачі синтезу системи. Основні етапи системного підходу. Цілі та завдання етапів системного підходу.

ТЕМА 7. Математичне моделювання теплогідрравлічних процесів в СЗТР. Загальні принципи і етапи математичного моделювання СЗТР. Вимоги до математичних моделей. Математичне моделювання розгалужених СЗТР.

ТЕМА 8. Ідеалізовані елементи (контрольний об'єм, гілка, тепловий вузол, тепловий провідник). Нодалізаційна схема. Рівняння законів збереження для ідеалізованих елементів.

ТЕМА 9. Математичні моделі елементів СЗТР (насос, трубопровід, теплообмінник, тепловий та гідравлічний акумулятор та ін.). Загальна математична модель СЗТР. Матриця з'єднання. Матриця незалежних контурів. Система рівнянь для моделювання СЗТР.

ТЕМА 10. Оптимізація СЗТР

Постановка задачі оптимізації. Методи оптимізації. Класифікація методів оптимізації. Безградієнтні, градієнтні методи оптимізації. Багатопараметрична оптимізація. Рекомендації щодо вибору методів оптимізації СЗТР.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усьо го	у тому числі				
1	2	л	п	лаб	інд	с.р.
Змістовий модуль 1 «Забезпечення теплових режимів літальних апаратів, енергоустановок, технологічних процесів»						
ТЕМА 1. Вступ. Що таке система забезпечення теплового режиму (СЗТР)? Призначення і сфери застосування СЗТР. Приклади СЗТР. Цілі вивчення дисципліни. Задачі, що вирішуються СЗТР.	12	2	2	—	—	8
ТЕМА 2. Способи забезпечення теплових режимів. Класифікація СЗТР. Технічні вимоги, що висувуються до СЗТР. Критерії і показники ефективності СЗТР. Класифікація показників ефективності. Вимоги до показників ефективності.	16	4	4	—	—	8
ТЕМА 3. Проектувальний розрахунок та розрахунок характеристик СЗТР. Задачі проектувального розрахунку і розрахунку характеристик СЗТР. Характеристики СЗТР. Приклади характеристик СЗТР.	16	4	4	—	—	8
ТЕМА 4. Структура СЗТР. СЗТР і навколишнє середовище. Внутрішні і зовнішні джерела (стік) тепла на літальних апаратах, енергоустановках. Промінна енергія Сонця. Власне випромінювання Землі та планет. Визначення температури космічних апаратів без внутрішнього тепловиділення.	16	4	4	—	—	8
ТЕМА 5. Засоби регулювання температурного режиму. Охоронні нагрівачі. Терморегулювання з використанням витратних речовин.	12	2	2	—	—	8
Модульний контроль	2*			—	—	—
Разом за модулем 1	72	16	16	0	0	40

Змістовий модуль 2 Системний підхід до проектування СЗТР. Математичне моделювання СЗТР. Оптимізація СЗТР.						
ТЕМА 6. Системний підхід до проектування СЗТР. Постановка задачі синтезу системи. Основні етапи системного підходу. Цілі та завдання етапів системного підходу.	14	2	4	—	—	8
ТЕМА 7. Загальні принципи і етапи математичного моделювання СЗТР. Вимоги до математичних моделей. Математичне моделювання розгалужених СЗТР.	12	2	2	—	—	8
ТЕМА 8. Ідеалізовані елементи (контрольний об'єм, гілка, тепловий вузол, тепловий провідник). Нодалізаційна схема. Рівняння законів збереження для ідеалізованих елементів.	16	2	4	—	—	10
ТЕМА 9. Математичні моделі елементів СЗТР (насос, трубопровід, теплообмінник, тепловий та гідравлічний акумулятор та ін.). Загальна математична модель СЗТР. Матриця з'єднання. Матриця незалежних контурів. Система рівнянь для моделювання СЗТР.	18	4	4	—	—	10
ТЕМА 10. Оптимізація СЗТР. Постановка задачі оптимізації. Методи оптимізації. Класифікація методів оптимізації. Безградієнтні, градієнтні методи оптимізації. Багатопараметрична оптимізація. Рекомендації щодо вибору методів оптимізації СЗТР.	18	6	2	—	—	10
Модульний контроль	2*	—	—	—	—	—
Разом за модулем 2	78	16	16	—	—	46
Разом за семестр	150	32	32	0	0	86

5. Теми семінарських занять

№	Назви занять	Кількість годин
1	—	—

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Технічні вимоги, що висуваються до СЗТР. Критерії і показники ефективності СЗТР. Класифікація показників ефективності. Вимоги до показників ефективності.	2
2.	Внутрішні і зовнішні джерела (стік) тепла на літальних апаратах, енергоустановках. Промінна енергія Сонця. Власне випромінювання Землі та планет. Визначення температури космічних апаратів без внутрішнього тепловиділення.	4
3.	Засоби регулювання температурного режиму. Охоронні нагрівачі. Терморегулювання з використанням витратних речовин.	4
4.	Основні етапи системного підходу. Цілі та завдання етапів системного підходу.	2
5.	Математичне моделювання розгалужених СЗТР.	4
6.	Ідеалізовані елементи (контрольний об'єм, гілка, тепловий вузол, тепловий провідник). Нодалізаційна схема. Рівняння законів збере-	2

	ження для ідеалізованих елементів.	
7.	Математичні моделі елементів СЗТР (насос, трубопровід, теплообмінник, тепловий та гідравлічний акумулятор та ін.).	2
8.	Загальна математична модель СЗТР.	4
9.	Система рівнянь для моделювання СЗТР..	4
10.	Безградієнтні, градієнтні методи оптимізації. Багатопараметрична оптимізація..	4
Разом		32

7. Теми лабораторних занять

№	Назви занять	Кількість годин
1		

8. Самостійна робота

Теми змістових модулів	Назва теми	Кількість годин
Тема 1	Призначення і сфери застосування СЗТР. Приклади СЗТР. Задачі, що вирішуються СЗТР.	8
Тема 2	Способи забезпечення теплових режимів. Класифікація СЗТР. Технічні вимоги, що висуваються до СЗТР. Критерії і показники ефективності СЗТР. Класифікація показників ефективності. Вимоги до показників ефективності.	8
Тема 3	Проектувальний розрахунок та розрахунок характеристик СЗТР. Задачі проектувального розрахунку і розрахунку характеристик СЗТР. Характеристики СЗТР. Приклади характеристик СЗТР.	8
Тема 4	Структура СЗТР. СЗТР і навколишнє середовище. Внутрішні і зовнішні джерела (стік) тепла на літальних апаратах, енергоустановках. Промінна енергія Сонця. Власне випромінювання Землі та планет. Визначення температури космічних апаратів без внутрішнього тепловиділення.	8
Тема 5	Засоби регулювання температурного режиму. Охоронні нагрівачі. Терморегулювання з використанням витратних речовин.	8
Тема 6	Системний підхід до проектування СЗТР. Постановка задачі синтезу системи. Основні етапи системного підходу. Цілі та завдання етапів системного підходу.	8
Тема 7	Загальні принципи і етапи математичного моделювання СЗТР. Вимоги до математичних моделей. Математичне моделювання розгалужених СЗТР.	8
Тема 8	Ідеалізовані елементи (контрольний об'єм, гілка, тепловий вузол, тепловий провідник). Нодалізаційна схема. Рівняння законів збереження для ідеалізованих елементів.	10
Тема 9	Математичні моделі елементів СЗТР (насос, трубопровід, теплообмінник, тепловий та гідравлічний акумулятор та ін.). Загальна математична модель СЗТР. Матриця з'єднання. Матриця незалежних контурів. Система рівнянь для моделювання СЗТР.	10
Тема 10	Оптимізація СЗТР. Постановка задачі оптимізації. Методи оптимізації. Класифікація методів оптимізації. Безградієнтні, градієнтні методи оптимізації. Багатопараметрична оптимізація. Рекомендації щодо видору методів оптимізації СЗТР.	10
Разом		86

9. Індивідуальні завдання

№	Назви занять	Кількість годин
1		

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), а також в літературних джерелах.

11. Методи контролю

Виконання та захист практичних робіт, письмовий модульний контроль, фінальний контроль (іспит) у вигляді підсумку балів за семестр, семестровий контроль (іспит). Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачи

12.1. Розподіл балів, які отримують здобувачи (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Активність при виконанні практичних робіт	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовий модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Активність при виконанні практичних робіт	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання і захист індивідуального завдання	0...18	1	0...18
Усього за семестр		0...100	

12.2. Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Для одержання позитивної оцінки здобувач повинен

знати:

- ~ основи синтезу систем забезпечення теплового режиму,
- ~ класифікацію систем забезпечення теплового режиму,
- ~ показники та критерії ефективності систем забезпечення теплового режиму,
- ~ зовнішні джерела теплоти, особливо у відношенні космічних апаратів,
- ~ особливості розрахунку розгалужених, багатoelementних систем,
- ~ основи оптимізації та основні методи оптимізації..

вміти:

- ~ аналізувати і синтезувати розгалуджені, багатoeлементні системи забезпечення теплового режиму.
- ~ використовувати математичні моделі для розрахунків розгалуджених, багатoeлементних систем забезпечення теплового режиму, необхідних для проектування та оцінки ефективності систем та їх елементів;
- ~ виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем забезпечення теплового режиму на основі використання математичних моделей;
- ~ аналізувати та проводити оптимізацію систем забезпечення теплового режиму;
- ~ досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження систем забезпечення теплового режиму;
- ~ використовувати технічну літературу та інших джерела інформації при проектуванні систем забезпечення теплового режиму та її елементів.

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі завдання з практичних робіт. Знати основи моделювання систем забезпечення теплового режиму, основні показники та критерії ефективності, методи оптимізації.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь.

Відмінно (90-100). Твердо опанувати знання та вміння.

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

- Експериментальний науковий стенд ауд. 161 м.
- Основи синтезу літальних апаратів. Навчальний посібник / за редакцією А. А. Лебедева. - М.: Машинобудування, 2000. - 224 с. <https://khaikaf205.wixsite.com/main>
- Навчально-методичний комплекс дисципліни який включає в себе:
 - скановану копію робочої програми з дисципліни
 - розширений план лекцій з дисципліни;
 - контрольні запитання з дисципліни;
 - рекомендації та вказівки до самосійної роботи з дисципліни.

14. Рекомендована література

Базова

- Основи теплопередачі в авіаційній і ракетно-космічній техніці. /Під ред. В. К. Кошкіна.- М.: Машинобудування, 2014, -624с.
- Теплові насоси та їх використання [Текст]: навч. посіб./М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
- Глікман Б. Ф. Математичні моделі пневмогідравлічних систем. - М.: Наука, 2009, -368с.

Допоміжна

1. Малоземов В. В., Рожнов В.Ф., Правецкий В. Н. Системи життєзабезпечення екіпажів літальних апаратів. - М.: Машинобудування, 2003 -584с.
2. Числові методи безумовної оптимізації і рішення нелінійних рівнянь: Пер. с англ. / Деннис Дж. мл., Шнабель Р. – М.: Мир, 1988. – 440 с.
3. Куландин А. А., Тимашев С. В., Атамасов В. Д., Борзилов Б. М., Герасименко П. В., Сырцов Л. А. Основи теорії конструкції і експлуатації космічних ЯЕУ. - Л.: Енергоатоміздат, 1987. – 328 с.

15. Інформаційні ресурси

Інтернет-адреса постійного розміщення опису робочої програми:

<https://khai.edu.ua/education/osvitni-programi-i-komponenti/osvitni-programi-phd/energetichne-mashinobuduvannya2/perelik-komponentiv16/>

Сайт кафедри: <https://khaikaf205.wixsite.com/main>