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

Кафедра Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми

(підпис) Г. О. Горбенко (ініціали та прізвище)

«30» серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНА ФІЗИКА
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань *14 «Електрична інженерія»*
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: *144 «Теплоенергетика»*
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: *«Енергетичний менеджмент»*
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
(рівень освіти)

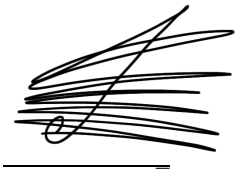
Харків 2021 рік

Робоча програма *Математична фізика*
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю: *144 «Теплоенергетика»*
(код та найменування спеціальності)

Освітньою програмою: *«Енергетичний менеджмент»*
(назва освітньої програми)

« 30 » _серпня___ 2021 р, 10 с.



Розробник: *Третяк О. В. д. т. н., доцент каф. аерокосмічної теплотехніки (205)*
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання) (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 31 » _серпня _ 2021 р.

Завідувач кафедри *д.т.н., доцент* _____ *П. Г. Гакал*
(наукова ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти</td><td>Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>Денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="13">Галузь знань
14 «Електрична інженерія»
(шифр та найменування)

Спеціальність:
144 «Теплоенергетика »
(код та найменування)

Освітня програма:
«Енергетичний менеджмент»
(найменування)

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td>Вибіркова

Цикл професійної підготовки</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 2</td><td>Навчальний рік</td></tr>
<tr><td>Кількість змістових модулів – 3</td><td>2021/2022</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне завдання: Розрахункова робота РГР «Вирішення одновимірної неоднорідної задачі теплопровідності»</td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 64/150</td><td>6-й</td></tr>
<tr><td>Лекції *</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4
самостійної роботи студента – 3</td><td>32 годин</td></tr>
<tr><td>Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>32 годин</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>0 годин</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>86 годин</td></tr>
<tr><td>Вид контролю</td></tr>
<tr><td>Модульний контроль, іспит</td></tr>
</table>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить – 64/86=0.74
1) Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни.

Мета: засвоєння концептуально-методолічного базису та прийомів вирішення задач математичної фізики, зокрема задач технічної теплофізики, гідрогазодинаміки та інших, які описуються диференціальними рівняннями у частинних похідних другого порядку.

Завдання: здобути знання та сформувати навички дослідження фізичних процесів за допомогою математичного апарату, який ґрунтується на математичних моделях з диференційними рівняннями у частинних похідних.

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

ЗК2 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуація в частині визначення параметрів теплофізичного процесу.

ЗК3 – Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій при створенні алгоритму використаних фізичних явищ у концептуальному рішенні.

ЗК4 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК5 – Здатність працювати в команді.
ЗК6 – Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово при створенні розрахункових записок.
ЗК7 – Здатність приймати обґрунтовані рішення в частині вибору теплофізичних параметрів системи.
ЗК8 – Здатність спілкуватися іноземною мовою (основні терміни задач теплофізики).

ФК1 – Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, наукові і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.
ФК2 – Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін в частині фізичних чинників, що діють на конструкцію.
ФК3 – Здатність продемонструвати практичні інженерні навички при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання.
ФК4 – Здатність продемонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних в теплоенергетичній галузі для створення алгоритму роботу системи з використанням основних теплофізичних процесів.
ФК5 – Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.
ФК6 – Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов’язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі.
ФК8 – Здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів.
ФК9 – Здатність демонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в теплоенергетичній галузі.
ФК10 – Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання.
ФК11 – Здатність продемонструвати розуміння необхідності дотримання професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі.
ФК12 – Здатність демонструвати розуміння проблем якості в теплоенергетичній галузі на основі фізичних процесів.
ФК13 – Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетичній галузі та їх вплив на фізичні процеси.
ФК14 – Здатність продемонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності та контрактів в теплоенергетичній галузі.

Програмні результати навчання:

ПРН1 – Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепло - та масообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми. Визначення основних принципів роботи існуючого електротехнічного та теплотехнічного обладнання.

ПРН13 – Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

Міждисциплінарні зв’язки: програмування та методи обчислень, вища математика.

Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Диференціальні рівняння у частинних похідних і постановка задач математичної фізики.
Тема 1. Методи дослідження фізичних процесів та місце математичної фізики. Фізичне поле та його математичний опис. Диференціальні оператори. Фізичне значення дивергенції та градієнта.
Тема 2. Диференціальний запис законів збереження. Умови однозначності. Типи граничних умов та їх фізичне значення. Задача Коші. Крайові задачі.
Тема 3. Загальний вигляд диференціального рівняння у частинних похідних другого порядку. Класифікація диференціальних рівнянь у частинних похідних. Фізичне значення різних типів рівнянь.
Тема 4. Коректність постановки задачі математичної фізики. Одиничність та стійкість рішення деяких задач математичної фізики. Принцип максимуму. Ряди Фур'є. Властивість ортогональності системи функцій.

Змістовий модуль 2. Метод розділення змінних (метод Фур'є).
Тема 5. Принцип суперпозиції. Вирішення методом розділення змінних одновимірних нестаціонарних задач. Задача Штурма–Ліувілля.
Тема 6. Загальна схема розподілу змінних. Загальний вигляд задачі Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій та власних значень.
Тема 7. Вирішення багатовимірних задач методом розподілу змінних. Метод скінчених різниць.

Змістовий модуль 3. Спеціальні функції.
Тема 8. Загальне рівняння теорії спеціальних функцій.
Тема 9. Циліндричні функції. Функції Бесселя.
Тема 10. Сферичні функції. Поліноми Лежандра.
Тема 11. Поліноми Чебишева–Ерміта. Рівняння Шредингера.

1. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	у тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Семестр 6					
Змістовий модуль 1. Диференціальні рівняння у частинних похідних і постановка задач математичної фізики.					
Тема 1. Методи дослідження фізичних процесів та місце математичної фізики. Фізичне поле та його математичний опис. Диференціальні оператори. Фізичне значення дивергенції та градієнта.	8	2	2		4
Тема 2. Диференціальний запис законів збереження. Умови однозначності. Типи граничних умов та їх фізичне значення. Задача Коші. Крайові задачі.	8	2	2		4
Тема 3. Загальний вигляд диференціального рівняння у частинних похідних другого порядку. Класифікація диференціальних рівнянь у частинних похідних. Фізичний смисл різних типів рівнянь.	7	1	2		4
Тема 4. Коректність постановки задачі математичної фізики. Одиничність та стійкість рішення деяких задач математичної фізики. Принцип максимуму. Ряди Фур'є. Властивість ортогональності системи функцій.	7	1	2		4
Модульний контроль	**2**	**2**			
Разом за змістовим модулем 1	**32**	**8**	**8**		**16**
Змістовий модуль 2. Метод розділення змінних (метод Фур'є).					
Тема 5. Принцип суперпозиції. Вирішення методом розділення змінних одновимірних нестаціонарних задач. Задача Штурма–Ліувілля.	20	6	6		8

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	у тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Тема 6. Загальна схема розподілу змінних. Загальний вигляд задачі Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій та власних значень.	18	4	6		8
Тема 7. Вирішення багатовимірних задач методом розподілу змінних. Метод скінчених різниць.	17	4	4		9
Модульний контроль	**2**	**2**			
Разом за змістовим модулем 2	**57**	**16**	**16**		**25**
Змістовий модуль 3. Спеціальні функції.					
Тема 8. Загальне рівняння теорії спеціальних функцій.	9	2	2		5
Тема 9. Циліндричні функції. Функції Бесселя.	9	2	2		5
Тема 10. Сферичні функції. Поліноми Лежандра.	8	1	2		5
Тема 11. Поліноми Чебишева–Ерміта. Рівняння Шредингера.	13	1	2		10
Модульний контроль	**2**	**2**			
Разом за змістовим модулем 3	**41**	**8**	**8**		**25**
Розрахункова робота «Вирішення одновимірної неоднорідної задачі теплопровідності»	**20**				**20**
Усього годин	**150**	**32**	**32**		**86**

2. Теми семінарських занять

Навчальним планом не передбачені

3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Методи дослідження фізичних процесів та місце математичної фізики. Фізичне поле та його математичний опис. Диференціальні оператори. Фізичне значення дивергенції та градієнта.	2
2	Тема 2. Диференціальний запис законів збереження. Умови однозначності. Типи граничних умов та їх фізичне значення. Задача Коші. Крайові задачі.	2
3	Тема 3. Загальний вигляд диференціального рівняння у частинних похідних другого порядку. Класифікація диференціальних рівнянь у частинних похідних. Фізичне значення різних типів рівнянь.	2
4	Тема 4. Коректність постановки задачі математичної фізики. Одиничність та стійкість рішення деяких задач математичної фізики. Принцип максимуму. Ряди Фур'є. Властивість ортогональності системи функцій.	2
5	Тема 5. Принцип суперпозиції. Вирішення методом розділення змінних одновимірних нестаціонарних задач. Задача Штурма–Ліувілля.	6
6	Тема 6. Загальна схема розподілу змінних. Загальний вигляд задачі Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій та власних значень.	6
7	Тема 7. Вирішення багатовимірних задач методом розподілу змінних. Метод скінчених різниць.	4
	Тема 8. Загальне рівняння теорії спеціальних функцій.	2
	Тема 9. Циліндричні функції. Функції Бесселя.	2
	Тема 10. Сферичні функції. Поліноми Лежандра.	4
	Тема 11. Поліноми Чебишева–Ерміта. Рівняння Шредингера.	2
	Разом	32

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Навчальним планом не передбачені	

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Методи дослідження фізичних процесів та місце математичної фізики. Фізичне поле та його математичний опис. Диференціальні оператори. Фізичне значення дивергенції та градієнта.	4
2	Тема 2. Диференціальний запис законів збереження. Умови однозначності. Типи граничних умов та їх фізичне значення. Задача Коші. Крайові задачі.	4
3	Тема 3. Загальний вигляд диференціального рівняння у частинних похідних другого порядку. Класифікація диференціальних рівнянь у частинних похідних. Фізичне значення різних типів рівнянь.	4
4	Тема 4. Коректність постановки задачі математичної фізики. Одиничність та стійкість рішення деяких задач математичної фізики. Принцип максимуму. Ряди Фур'є. Властивість ортогональності системи функцій.	4
5	Тема 5. Принцип суперпозиції. Вирішення методом розділення змінних одновимірних нестаціонарних задач. Задача Штурма–Ліувілля.	8
6	Тема 6. Загальна схема розподілу змінних. Загальний вигляд задачі Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій та власних значень.	8
7	Тема 7. Вирішення багатовимірних задач методом розподілу змінних. Метод скінчених різниць.	9
	Тема 8. Загальне рівняння теорії спеціальних функцій.	5
	Тема 9. Циліндричні функції. Функції Бесселя.	5
	Тема 10. Сферичні функції. Поліноми Лежандра.	5
	Тема 11. Поліноми Чебишева–Ерміта. Рівняння Шредингера.	10
	Виконання розрахункової роботи	20
	Разом	86

6. Індивідуальні завдання

Учбовий план передбачає виконання розрахункової роботи в якості індивідуального завдання. Витрати часу на її виконання складають 20 годин за рахунок обсягу часу для самостійної роботи. Результати роботи студенти подають у вигляді пояснювальних записок обсягом 6-10 сторінок.

Розрахункова робота має на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни. З огляду на майбутній фах темою розрахункових робіт є «Одновимірна нестаціонарна неоднорідна задача теплопровідності».

Оскільки дисципліна «Математична фізика» розглядає методи та способи вирішення диференціальних рівнянь у частинних похідних, в розрахунковій роботі вирішується нестаціонарне неоднорідне рівняння теплопровідності за допомогою методу розділення змінних та методами скінчених різниць: методом сіток, «методом прямих».

У розрахунковій роботі студенти обчислюють поле розподілу температури у металевому стрижні з внутрішнім джерелом теплоти. Приймається, що бічна поверхня теплоізольована, тому тепло поширюється тільки вздовж осі x (одновимірна задача). Вихідні дані задачі: довжина стрижня, матеріал стрижня та його теплофізичні властивості, питома потужність внутрішнього джерела теплоти, початкові умови, що задано у вигляді розподілу температури в залежності від координати *x*, крайові умови, що задано у вигляді значень температур на торцях стрижня. Обчислення проводиться аналітично та за допомогою комп'ютерної програми Mathcad. За результатами розрахунків будують графіки розподілу температури довжиною стрижня, за питомий проміжок часу.

Роботу виконують протягом десятого − чотирнадцятого тижнів шостого семестру; на п'ятнадцятий тиждень призначено її прийом. Бали за розрахункову роботу нараховуються відповідно до якості та з урахуванням своєчасності її виконання.

Загальна кількість балів, які студенти отримують під час здачі розрахункової роботи дорівнює 40 балів.

7. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять з застосуванням електронних засобів навчання та розповсюдженням додаткового друкованого допоміжного матеріалу, самостійна робота студентів.

8. Методи контролю

Контроль виконується у вигляді поточного семестрового контролю під час здачі змістовних модулів, практичних робіт, розрахункової роботи.

9. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

10.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	0.25	8	0…2
Робота на практичних заняттях	0	0.25	8	0…2
Модульний контроль	10	16	1	10…16
Змістовний модуль 2				
Робота на лекціях	0	0.25	8	0…2
Робота на практичних заняттях	0	0.25	8	0…2
Модульний контроль	10	16	1	10…16
Змістовний модуль 3				
Робота на лекціях	0	0.25	8	0…2
Робота на практичних заняттях	0	0.25	8	0…2
Модульний контроль	10	16	1	10…16
Виконання і захист РР	30	40	1	30…40
Усього за семестр:				60…100

За розрахункову роботу студент в залежності від якості виконання роботи та відповідей на запитання у усній формі отримує наступні оцінки:

- «задовільно» - робота виконана та оформлена, студент відповідає на питання, які відносяться до роботи з помилками, але логіка відповідей правильна – 30 балів.
- «добре» - робота виконана та оформлена, студент відповідає на питання з незначними помилками - 35 балів.
- «відмінно» - робота виконана та оформлена, студент відповідає на питання - 40 балів.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування, якщо студент не набрав мінімальну кількість балів (60 балів) й за наявності допуску до іспиту/заліку.

Допуском до іспиту є здача розрахункової роботи.

Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 48 балів. З урахуванням балів за відвідування лекцій, активність на практичних роботах та розрахункову роботу максимальна сума балів є 100.

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних та двох практичних завдань Максимальна сума балів за теоретичні запитання є 18, за практичні – 30 балів.

11. Якісні критерії оцінювання

Для отримання позитивної оцінки студент повинен отримати знання, які дозволять розробляти і вирішувати змістові математичні моделі теплофізичних процесів, які описуються лінійними диференціальними рівняннями у частинних похідних другого порядку.

Студент повинен вміти:

- класифікувати диференціальні рівняння у частинних похідних;
- розробляти математичні моделі, що ґрунтуються на диференціальних формах запису законів збереження;
- формувати умови однозначності;
- обґрунтовувати одиничність та стійкість рішення задач математичної фізики;
- вирішувати одно – та багатовимірні нестаціонарні задачі методом розділення змінних;
- вирішувати багатовимірні нестаціонарні задачі методом скінчених різниць.

a. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити розрахункову роботу та здати тестування.

Знати: диференціальні оператори, фізичне значення дивергенції та градієнта, диференціальний запис законів збереження, типи граничних умов, задачу Коші, крайові задачі, класифікація диференціальних рівнянь у частинних похідних, одиничність та стійкість рішення деяких задач математичної фізики, вирішення методом розділення змінних одновимірних нестаціонарних задач, задачу Штурма–Ліувілля, метод скінчених різниць.

Уміти: застосовувати спеціальні функції вирішувати методом розділення змінних одновимірних нестаціонарних задач, багатовимірних задач; вирішувати задачі методом скінчених різниць.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум. Здати захистити розрахункову роботу та здати тестування. Уміти: застосовувати спеціальні функції при рішенні практичних задач.

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

12. Методичне забезпечення

1. Перелік задач для практичних занять та самостійної роботи.
2. Блинков В.Н., Горбенко Г.А., Костиков А.О. Теоретические основы аэрокосмической теплотехники. Часть 3: Основы теплопередачи объектов аэрокосмической техники. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2004. – 84 с.
3. Борковская И.М. Уравнения математической физики/И М. Борковская, О.Н. Пыжкова. – Минск. : 2010 . – 77 с.

13. Рекомендована література

Базова

1. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики : учебное пособие / А. Н. Тихонов, А.А. Самарский. – 6-е изд., испр. и доп . – М. : Изд-во МГУ, 1999 . – 798 с.
2. Владимиров В.С. Уравнения математической физики: учебное пособие для вузов / Василий Сергеевич Владимиров. – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Наука, 1981 . – 512 с.
3. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики : Учеб. пособие для мех.-мат. фак. ун-тов / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М. : «Высшая школа», 1970. – 712 с.
4. Свешников А.Г. Лекции по математической физике: учеб. пособие / А.Г.Свешников, А.Н. Боголюбов, В.В. Кравцов – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 352 с.
5. Будак Б.М. Сборник задач по математической физике : для вузов / Б.М. Будак, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов . – 4-е изд., испр . – М. : Наука, 2004 . – 688 с. – Режим доступа: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm

Допоміжна

1. Практичний курс вищої математики. Кн. 4. Варіаційне числення. Рівняння математичної фізики. Випадкові процеси. : Навч. посібник для вузів / І.В. Брисіна, О.В. Головченко, В.Ф. Деменко і др. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2004. – 355 с.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 600 с. – Режим доступа: http://www.read.in.ua/book153493, свободный.
3. Кирьянов Д.В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

14. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: www.k205.khai.edu
Ментор https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1218