

Національна академія наук України

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора
будівничої роботи

.. .. 2019 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Математичне моделювання, ідентифікація та оптимізація фізичних процесів

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 144 Теплоенергетика

спеціалізація Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 18 жовтня 2018 року, протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Костіков Андрій Олегович, д-р техн. наук, доцент, член-кор.
НАН України

Програму схвалено на засіданні відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів

Протокол № 2 від 07.09.2018 р.

Завідувач відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів



(підпис)

Мацевитий Ю. М.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Енергомашинобудування.
Теплова та відновлювана енергетика. Екологія»

Протокол № 13 від 13.09.2018 р.

Голова НТПР



(підпис)

Русанов А.В.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Математичне моделювання, ідентифікація та оптимізація фізичних процесів” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 Теплоенергетика (спеціалізація «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика»)

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є оволодіння методами чисельного розв’язання прямих і обернених задач математичної фізики, формування практичних умінь і навичок щодо постановки задач моделювання, ідентифікації і оптимізації фізичних процесів, розробки математично-комп’ютерного інструментарію для їх розв’язання та його використання при розв’язанні певних практичних задач.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є практична реалізація можливостей застосування методів моделювання, ідентифікації і оптимізації для аналізу фізичних процесів в енергетичних системах та інших технічних об’єктах.

Здобувачі вищої освіти ступеня доктора філософії мають досягти таких результатів навчання:

- вміти формувати задачу, формувати математичну модель фізичних процесів, що розглядаються;
- знати важливі поняття теорії чисельного розв’язання прямих і обернених задач математичної фізики;
- володіти основними математичними методами розв’язання прямих і обернених задач, методами регуляризації некоректних задач і пошуку екстремуму функціоналу;
- вміти будувати алгоритми розрахунку для розв’язання різних типів задач моделювання, ідентифікації і оптимізації фізичних процесів;
- розуміти властивості та можливості методів і алгоритмів;
- вміти проводити розрахунки та аналізувати отримані результати;
- вміти використовувати отримані знання для розв’язання прикладних задач за спеціальністю.

1.3. Кількість кредитів 2

1.4. Загальна кількість годин 60

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Нормативна	
Вид підсумкового контролю: <i>екзамен</i>	
Рік підготовки	1-й
Семестр	1-й
Лекції	30 год.
Практичні, семінарські заняття	год.
Індивідуальні заняття	год.
Самостійна робота	30 год.

1.6. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу студенти повинні:

Знати: важливі поняття теорії чисельного розв’язання прямих і обернених задач математичної фізики; основні математичні методи розв’язання прямих і обернених задач, методами регуляризації некоректних задач і пошуку екстремуму функціоналу.

Вміти: формулювати задачу, формувати математичну модель фізичних процесів, що розглядаються, будувати алгоритми розрахунку для розв'язання різних типів, проводити розрахунки та аналізувати отримані результати, використовувати отримані знання для розв'язання прикладних задач за спеціальністю.

Розуміти: властивості та можливості методів і алгоритмів моделювання, ідентифікації, і оптимізації.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Моделювання фізичних процесів

Тема 1. Математичні моделі фізичних явищ

Поля фізичних величин. Математичні моделі з зосередженими і розподіленими параметрами. Основні закони збереження і їх запис у інтегральній і диференціальній формі. Умови однозначності. Граничні і початкові умови і їх фізичний смисл. Прямі і обернені задачі.

Тема 2. Варіаційні методи розв'язання прямих задач математичної фізики

Диференціальна і варіаційна постановка задачі. Простір функцій, що задовольняють однорідним крайовим умовам. Мінімізуюча послідовність. Теорема про енергетичний функціонал. Метод Рітца. Функціонал нев'язки. Варіаційний метод найменших квадратів.

Базисні функції із скінченим носієм. Метод скінчених елементів як наслідок варіаційних методів при спеціальному виборі базисних функцій. Особливості системи лінійних алгебраїчних рівнянь у випадку методу скінчених елементів.

Тема 3. Скінчено-різницеві методи розв'язання прямих задач математичної фізики

Сітка, граничні і внутрішні вузли, часовий шар. Сіткова функція. Шаблон, регулярні і нерегулярні вузли. Заміна диференціального оператора різницеvim оператором. Різницева схема. Пошаровий алгоритм вирішення нестационарних задач. Явні і неявні різницеві схеми. Методи різницевої апроксимації. Нев'язка апроксимації Апроксимація граничних умов.

Розділ 2. Ідентифікація і оптимізація фізичних процесів

Тема 4. Обернені задачі математичної фізики

Постановка оберненої задачі. Типи обернених задач. Постановка обернених задач з додатковими обмеженнями. Особливості задач ідентифікації і оптимізації. Некоректність обернених задач. Основи теорії регуляризації. Практичне застосування обернених задач при дослідженні фізичних процесів в енергетичному обладнанні.

Тема 5. Методи розв'язання обернених задач

Метод автоматизованого підбору. Метод спектральних функцій впливу.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.
Розділ 1. Моделювання фізичних процесів						
Тема 1. Математичні моделі фізичних явищ	8	4				4
Тема 2. Варіаційні методи розв'язання прямих задач математичної фізики	16	8				8
Тема 3. Скінчено-різницеві методи розв'язання прямих задач	16	8				8

<i>математичної фізики</i>							
Разом за розділом 1		40	20				20
Розділ 2. Ідентифікація і оптимізація фізичних процесів							
Тема 4. <i>Обернені задачі математичної фізики</i>		12	6				6
Тема 5. <i>Методи розв'язання обернених задач</i>		8	4				4
Разом за розділом 2		20	10				10
<i>Усього годин</i>		60	30				30

4. Індивідуальні завдання

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Постановка задач математичної фізики	4
2	Метод Гальоркіна	4
3	Побудова системи базисних функцій	4
3	Інтегро-інтерполяційні методи, метод скінченних об'ємів	2
4	Особливості застосування скінченно-різницевих методів у багатовимірному випадку	2
5	Усталеність і збіжність різницевих розв'язків. Оцінка точності розв'язку	2
6	Наближені методи розв'язання нелінійних прямих задач математичної фізики	2
7	Коефіцієнти чутливості в оберненій задачі	2
8	Методи регуляризації розв'язків некоректних задач (регуляризація Тихонова, ітераційна регуляризація, регіонально-структурна регуляризація)	4
9	Метод оптимальної динамічної фільтрації	2
10	Гradientні методи розв'язання обернених задач	2
	Разом	30

6. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється методом усного опитування. Також оцінюється здатність здобувача вищої освіти приймати участь у науковій дискусії. Підсумковий контроль проводиться у вигляді екзамену.

7. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Індивідуальні завдання	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1			Розділ 2					
T1	T2	T3	T4	T5				
12	12	12	12	12		60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
90 – 100	відмінно
70–89	добре
50–69	задовільно
1–49	незадовільно

8. Рекомендована література

1. Калиткин Н. Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978.
2. Ректорис К. Вариационные методы в математической физике и технике. – М.: Мир, 1985.
3. Алифанов О. М. Обратные задачи теплообмена / О. М. Алифанов. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
4. Мацевитый Ю. М. Обратные задачи теплопроводности: в 2-х т. / Ю. М. Мацевитый. – Киев: Наук. думка, 2002. – Т. 1. Методология. – 2002. 408 с.

Допоміжна література

5. Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. – М.: Наука, 1971.
6. Тихонов, Андрей Николаевич. Уравнения математической физики : учебное пособие для вузов / Андрей Николаевич Тихонов, Александр Андреевич Самарский . – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Наука, 1966 . – 724 с.
7. Алифанов О. М. Идентификация процессов теплообмена летательных аппаратов / О. М. Алифанов. – М.: Машиностроение. 1979. – 216 с.
8. Алифанов О. М. Экстремальные методы решения некорректных задач и их приложения к обратным задачам теплообмена / О. М. Алифанов, Е. А. Артюхин, С. В. Румянцев. – М.: Наука, 1988. – 288 с.
9. Мацевитый Ю. М. Идентификация в задачах теплопроводности / Ю. М. Мацевитый, А. В. Мултановский. – Киев: Наук. думка, 1982. – 238 с.
10. Мацевитый Ю. М. Идентификация теплофизических свойств твердых тел / Ю. М. Мацевитый, С. Ф. Лушпенко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 216 с.
11. Бек Дж. Некорректные обратные задачи теплопроводности / Дж. Бек, Б. Блакуэлл, Ч. Сент-Клер (мл.). – М.: Мир, 1989. – 312 с.
12. Тихонов А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 288 с.

9. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотека ІПМаш НАН України.