

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

Кафедра математичного моделювання та штучного інтелекту (№ 304)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова проектної групи

h/ О. В. Карташов
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 11 «Математика та статистика»
(шифр і назва галузі)

Спеціальність: 113 «Прикладна математика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Обчислювальний інтелект»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Робоча програма нормативної навчальної дисципліни

«Чисельні методи математичної фізики»

(назва навчальної дисципліни)

для студентів за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

освітніми програмами «Обчислювальний інтелект»

«27» серпня 2023 р. – 16 с.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Скоб Ю. О., проф. кафедри 304, д. т. н., доцент

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

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Математичного
моделювання та штучного інтелекту» (№ 304)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «30» серпня 2023 р.

Завідувач

кафедри № 304

д.т.н., професор

(науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)

А. Г. Чухрай

(ініціали та прізвище)

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 11 «Математика та статистика»	<i>Обов'язкова</i>
Модулів – 2		Рік підготовки:
Змістових модулів – 4		
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>розрахункова робота</u> «Розробка алгоритмів чисельного рішення задач математичної фізики».	Напрями підготовки 113 « <u>Прикладна математика</u> »	2023/2024
		Семестр
		7-й
Загальна кількість годин – денна – 64/120	Освітня програма: « <u>Обчислювальний інтелект</u> »	Лекції
		32 год.
		Практичні
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,0 самостійної роботи студента – 3,5	Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	32 год.
		Лабораторні
		–
		Самостійна робота
		56 год.
		Індивідуальна робота
		–
		Вид контролю
іспит		

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 64/56.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчання дисципліни «Чисельні методи математичної фізики» є засвоєння студентами чисельних методів й алгоритмів розв'язання рівнянь математичної фізики еліптичного, параболічного та гіперболічного типів та ін., вироблення навичок по адаптації стандартних алгоритмів до нових – чисельних рішень складних прикладних задач математичної фізики, а також придбання знань про пакети прикладних програм спеціального призначення.

Завданням навчальної дисципліни «Чисельні методи математичної фізики» є вивчення чисельних методів й алгоритмів розв'язання рівнянь математичної фізики, формування навичок працювати в середовищі спеціалізованого програмного забезпечення; вирішувати задачі чисельного характеру з застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення.

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

- базові знання в області фундаментальної та прикладної математики та уміння їх застосовувати в науково-дослідній і професійній діяльності (ЗК 16);
- базові знання науково-методичних основ і стандартів в області інформаційних технологій, уміння застосовувати їх під час розробки та інтеграції систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій (ЗК 17);
- здатність до дослідницької роботи (ЗК 18).

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

- ґрунтовна математична підготовка, а також підготовка з теоретичних, методичних і алгоритмічних основ інформаційних технологій для використання математичного апарату під час вирішення прикладних і наукових завдань в області інформаційних систем і технологій (ФК 1);
- здатність до проектної діяльності в професійній сфері, уміння будувати і використовувати моделі для опису об'єктів і процесів, здійснювати їх якісний аналіз (ФК 6).

Програмні результати навчання.

Відповідно до освітньої програми студент повинен досягти наступних програмних результатів:

- здатність до математичного та логічного мислення, знання основних понять, ідей і методів фундаментальної математики та вміння їх використовувати під час розв'язання конкретних завдань (ПРН 1);
- знання сучасних методів побудови та аналізу ефективних алгоритмів і вміння їх реалізувати в конкретних застосуваннях (ПРН 4);
- знання теоретичних особливостей чисельних методів, можливостей їх адаптації до інженерних задач, уміння використовувати чисельні методи під час розв'язання різних прикладних задач (ПРН 7);
- знання методології автоматизованого проектування складних об'єктів і систем, уміння використовувати сучасні комп'ютерні технології для їх системного, функціонального, конструкторського та технологічного проектування (ПРН 21).

Міждисциплінарні зв'язки: алгебра та геометрія, математичний аналіз, теорія імовірностей та математична статистика, теорія алгоритмів та математична логіка, фізика, функціональний аналіз, алгоритми і структури даних, методи обчислень, методи оптимізації та дослідження операцій, програмування та алгоритмічні мови, варіаційні методи, паралельні та розподілені обчислювання, проектування програмних систем, системи та методи прийняття рішень.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Класифікація методів чисельного рішення рівнянь математичної фізики.

Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни.

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Чисельні методи математичної фізики». Основні історичні етапи розвитку обчислювальної математики.

Тема 2. Ієрархічне представлення методів чисельного рішення рівнянь математичної фізики.

Системний аналіз фізичних процесів та систем. Основні принципи та етапи розробки моделей фізичних процесів.

Змістовна постановка задач. Формалізація представлення даних. Структуризація і математична постановка задач. Коректність постановки задач по Адамару. Складність (інформаційна) методу рішення поставленої задачі. Верифікація математичної моделі. Критерії якості математичної моделі.

Тип представлення, підходи, постановки та методологія рішення задач математичної фізики. Класифікація сучасних методів рішення задач математичної фізики. Сіткові методи чисельного рішення рівнянь математичної фізики.

Тема 3. Основні поняття теорії різницевої схем (методу сіток).

Різницева схема як операторні рівняння в просторах сіткових функцій.

Узгодженість, порядок апроксимації, стійкість, збіжність різницевої схем.

Змістовий модуль 2. Загальні методи побудови та аналізу коректності чисельного рішення рівнянь математичної фізики.

Тема 4. Методи побудови різницевої схем.

Побудова різницевої схем на основі сіткових методів: різницевої апроксимації, невизначених коефіцієнтів, інтегро – інтерполяційного. Методи зв'язаних нев'язок – кінцевих елементів, кінцевих об'ємів.

Методи сіткового представлення граничних умов – різницевої апроксимації, підвищеного порядку апроксимації.

Явні і неявні різницева схеми.

Тема 5. Методи дослідження стійкості різницевої схем.

Дослідження стійкості різницевої схем на основі принципу максимуму, спектрального методу. Стійкість двоярусних схем.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3. Методи побудови та аналізу стійкості різницевої схем для рівнянь математичної фізики.

Тема 6. Різницева схеми для рівнянь переносу.

Математичний аналіз узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності існуючих різницевої схем для рівнянь переносу. Властивості різницевої схем: узгодженість, монотонність, диссипативність, консервативність.

Тема 7. Різницева схеми для еліптичних рівнянь.

Математичний аналіз узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності існуючих різницевої схем для еліптичних рівнянь. Еволюційна постановка задачі. Економічні схеми: методи ітерацій, встановлення.

Тема 8. Різницева схеми для параболічних рівнянь.

Математичний аналіз узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності існуючих різницевої схем для параболічних рівнянь. Схеми з вагами. Метод прямих. Економічні різницева схеми розщеплення для параболічних рівнянь: методи перемінних напрямків, локально-одновимірний.

Тема 9. Різницеві схеми для гіперболічних рівнянь.

Математичний аналіз узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності існуючих різницевих схем для гіперболічних рівнянь. Економічні схеми розщеплення гіперболічних рівнянь: метод факторизації, попеременно-трикутний.

Змістовий модуль 4. Чисельні методи рішення систем рівнянь математичної фізики.**Тема 10. Чисельні методи рішення систем диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП).**

Похідна по напрямку. Системи квазілінійних ДРЧП гіперболічного типу.

Нестаціонарна одновимірна задача газової динаміки. Приведення системи рівнянь до характеристичної форми. Інваріанти Рімана. Метод характеристик.

Схеми наскрізного рахунка для побудови розривних рішень. Економічні схеми для рішення багатомірних задач: методи встановлення, сітково-характеристичний, розщеплення.

Різницеві схеми для задач газової динаміки. Економічні схеми рішення задач газової динаміки: методи С.К. Годунова, попеременно-трикутний. Властивості різницевих схем – TVD-, ENO-принципи побудови різницевих схем підвищеного порядку апроксимації.

Тема 11. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для автоматизації рішення задач математичної фізики.

Знайомство з спеціалізованими PPP для автоматизації математичних розрахунків. Основні характеристики і принципи роботи. Програмування в пакетах. Рішення основних задач математичної фізики в пакетах.

Модульний контроль**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. Класифікація методів чисельного рішення рівнянь математичної фізики						
Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни	4	2				2
Тема 2. Ієрархічне представлення методів чисельного рішення рівнянь математичної фізики	4	2				2
Тема 3. Основні поняття теорії різницевих схем (методу сіток)	6	2				4
Разом за змістовим модулем 1	14	6				8
Змістовий модуль 2. Загальні методи побудови та аналізу коректності чисельного рішення рівнянь математичної фізики						
Тема 4. Методи побудови різницевих схем	8	4				4
Тема 5. Методи дослідження стійкості різницевих схем	6	2				4
Разом за змістовим модулем 2	14	6				8
Модульний контроль	2	2				
Змістовий модуль 3. Методи побудови та аналізу стійкості різницевих схем для рівнянь математичної фізики						

Тема 6. Різницеві схеми для рівнянь переносу	14	2	6			6
Тема 7. Різницеві схеми для еліптичних рівнянь	14	2	6			6
Тема 8. Різницеві схеми для параболічних рівнянь	16	4	6			6
Тема 9. Різницеві схеми для гіперболічних рівнянь	16	4	6			6
Разом за змістовим модулем 3	60	12	24			24
Змістовий модуль 4. Чисельні методи рішення систем рівнянь математичної фізики						
Тема 10. Чисельні методи рішення систем диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДУЧП)	9	3	4			2
Тема 11. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для автоматизації рішення задач математичної фізики	13	3	4			6
Разом за змістовим модулем 4	22	6	8			8
Модульний контроль	2	2				
Модуль 2						
РР. Розробка алгоритмів чисельного рішення задач математичної фізики	8					8
Контрольний захід						
Усього годин навчальної дисципліни	120	32	32			56

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Чисельне рішення рівняння переносу методом сіток. Чисельні алгоритми рішення на основі явних різницевих схем.	2
2	Чисельне рішення рівняння переносу методом сіток. Чисельні алгоритми рішення на основі неявних ітераційних різницевих схем.	2
3	Чисельне рішення рівняння переносу методом характеристик.	4
4	Чисельне рішення рівняння Лапласу методом сіток. Метод ітерацій.	2
5	Чисельне рішення рівняння Лапласу методом сіток. Метод встановлення.	4
6	Чисельне рішення змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності методом сіток. Чисельні алгоритми рішення на основі явних різницевих схем.	2
7	Чисельне рішення змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності методом сіток. Чисельні алгоритми рішення неявних різницевих схем методом прогонки.	2

8	Чисельне рішення змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності методом кінцевих елементів (варіаційно-різницеvim методом).	2
9	Чисельне рішення змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності методом кінцевих елементів (проекційна постановка задачі).	2
10	Чисельне рішення змішаної крайової задачі для хвильового рівняння методом сіток. Чисельні алгоритми рішення на основі явних різницеvim схем.	2
11	Чисельне рішення змішаної крайової задачі для хвильового рівняння методом сіток. Чисельні алгоритми рішення на основі неявних різницеvim схем.	4
12	Основні характеристики і принципи роботи з пакетами прикладних програм (ППП) для автоматизації рішення задач математичної фізики.	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Предмет вивчення і задачі дисципліни	2
2.	Ієрархічне представлення методів чисельного рішення рівнянь математичної фізики	2
3.	Основні поняття теорії різницеvim схем (методу сіток)	4
4.	Методи побудови різницеvim схем	4
5.	Методи дослідження стійкості різницеvim схем	4
6.	Різницеві схеми для рівнянь переносу	6
7.	Різницеві схеми для еліптичних рівнянь	6
8.	Різницеві схеми для параболічних рівнянь	6
9.	Різницеві схеми для гіперболічних рівнянь	6
10.	Чисельні методи рішення систем диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП)	2
11.	Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для автоматизації рішення задач математичної фізики	6
12.	РР. Розробка алгоритмів чисельного рішення задач математичної фізики	8
	Разом	56

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи на тему «Розробка алгоритмів чисельного рішення задач математичної фізики». Сформулювати постановку завдання, умови коректності постановки завдання. Вибрати чисельний метод синтезу розв'язання поставленого завдання, провести аналіз коректності обраного методу. Розробити алгоритм чисельного розв'язання поставленого завдання. Розробити програмну реалізацію обраного алгоритму. До пояснювальної записки долучити тексти програми, копію вікна з результатами розрахунку. Обсяг роботи – 15 сторінок.

10. Методи навчання

1. Пояснювально-ілюстративний (інформаційно-рецептивний) метод та метод проблемного виконання (лекційні заняття).
2. Репродуктивний (практичні заняття).
3. Частково-пошуковий (евристичний) та дослідницький (самостійна робота та виконання розрахункової роботи).

11. Методи контролю

Визначення рівня засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточних і підсумкових контролів. У завдання поточного контролю входить систематична перевірка розуміння й засвоєння студентом програмного матеріалу, виконання лабораторних робіт, умінь самостійно проробляти тексти складання конспектів, написання звітів, здатності усно або письмово представляти певний матеріал. Перед підсумковим контролем ставиться завдання перевірки глибини засвоєння студентом програмного матеріалу дисципліни, логіки й взаємозв'язки між її окремими розділами, здатності творчо використати придбані знання, умінь сформулювати своє відношення до проблеми, що впливає зі змісту дисципліни.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання для одержання позитивної оцінки)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
–	–	–	–
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	2	0...10
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	2	0...10
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 4			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...5	1	0...5

Змістовний модуль 5			
–	–	–	–
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 6			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	2	0...10
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Захист розрахункової роботи	0...15	1	0...15
Усього за семестр			0...100

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.

Білет для іспиту складається з 3-х питань.

Складові білету	Складові оцінки	Бали за одне питання	Сумарна кількість балів
Пункт 1.	дано визначення наведеного поняття	5	20
	наведено приклади	5	
	наведено фрагменти тексту	10	
Пункт 2.	складено алгоритм розрахунку (блок-схема)	10	30
	створено проект консольного застосунку з використанням задач	10	
	отримано результати в консольному вікні	10	
Пункт 3.	складено алгоритм розрахунку (блок-схема)	10	50
	створено проект застосунку з паралельним доступом до спільних даних	10	
	отримано і проаналізовано результати у консольному вікні	30	
Ітогова оцінка за іспит			100

12.2. Якісні критерії оцінювання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- особливості побудови математичних моделей фізичних процесів, які моделюються;
- методи побудови різницевих схем для рівнянь математичної фізики еліптичного, параболічного та гіперболічного типів;
- методи математичного аналізу узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності різницевих схем;
- методи розв'язування різницевих рівнянь; математичні методи аналізу збіжності алгоритмів розв'язування різницевих рівнянь;
- застосування спеціалізованих пакетів для рішення задач математичної фізики;

вміти:

- будувати різницеві схеми для рівнянь математичної фізики еліптичного, параболічного та гіперболічного типів;
- аналізувати: узгодженість, порядок апроксимації, стійкість, збіжність різницевих схем;
- розв'язувати різницеві рівняння;
- аналізувати збіжність алгоритмів розв'язування різницевих рівнянь;
- вирішувати задачі математичної фізики чисельного характеру з застосуванням спеціалізованих пакетів;

придбати навички:

- складання узагальненого алгоритму рішення задач математичної фізики шляхом декомпозиції її на найпростіші на основі спадної і/або висхідної концепцій;
- удосконалення існуючих та розробки нових методів побудови різницевих схем для рівнянь математичної фізики еліптичного, параболічного та гіперболічного типів; математичного аналізу узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності різницевих схем;
- складання алгоритмів розв'язування різницевих рівнянь;
- математичного аналізу збіжності алгоритмів розв'язування різницевих рівнянь;
- працювати в середовищі спеціалізованих пакетів; вирішувати задачі чисельного характеру з застосуванням спеціалізованих пакетів.
- робити аналіз результату математичних розрахунків.

мати уявлення:

- про роль сучасних методів прикладної математики, математичного моделювання; перспективах розвитку чисельних методів розв'язування задач математичної фізики;
- про сучасне програмне забезпечення комп'ютерів;
- про основні проблеми розробки програмного забезпечення для чисельного рішення задач математичної фізики.

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки (у тому числі використовуючи готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки):

- особливості побудови математичних моделей фізичних процесів, які моделюються;
- методи побудови різницевих схем для рівнянь математичної фізики еліптичного, параболічного та гіперболічного типів;
- методи математичного аналізу узгодженості, порядку апроксимації, стійкості, збіжності різницевих схем;
- методи розв'язування різницевих рівнянь; математичні методи аналізу збіжності алгоритмів розв'язування різницевих рівнянь;
- застосування спеціалізованих пакетів для рішення задач математичної фізики.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки (у тому числі використовуючи готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки):

- будувати різницеві схеми для рівнянь математичної фізики еліптичного, параболічного та гіперболічного типів;
- аналізувати: узгодженість, порядок апроксимації, стійкість, збіжність різницевих схем;
- розв'язувати різницеві рівняння;
- аналізувати збіжність алгоритмів розв'язування різницевих рівнянь;
- вирішувати задачі математичної фізики чисельного характеру з застосуванням спеціалізованих пакетів.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти використовуючи готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки, застосовувати методи штучного інтелекту до будь-якого дослідження.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти використовувати методи вилучення і класифікації знань, використовувати методи формалізації знань і міркувань, у тому числі використовуючи готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти самостійно створювати програмні рішення для реалізації завдань в лабораторних роботах і розрахунковій роботі.

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

Навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів.

Конспекти лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни

1. Михайленко С.В. Численные методы / С.В. Михайленко.– Учебное пособие по курсу "Прикладная и вычислительная математика". - Харьков : ХАИ им. Н.Е. Жуковского, 1978.- 126 с.
2. Михайленко С.В. Прикладная математика / С.В. Михайленко.– Лабораторный практикум по численным методам. – Харьков: ХАИ им. Н. Е. Жуковского, 1992.-102 с.
3. Михайленко С.В., Численные методы / С.В. Михайленко, Л.И. Черноштан.– Учебное пособие по лабораторному практикуму. - Харьков: ХАИ им. Н. Е. Жуковского, 1984.-127 с.
4. Федоренко Б.З. Разностные методы решения задач математической физики / Б.З. Федоренко.– Учеб. пособие. – Харьков: Харьк. авиац. ин –т. 1986. – 99 с.
5. Угрюмов М.Л. Численные методы решения задач математической физики: учебное пособие по лабораторному практикуму / М.Л. Угрюмов, А.А. Трончук, Ю.А.Скоб. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 95 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Численные методы: Учебник для техникумов / Н.И. Данилина, Н.С. Дубровская, О.П. Кваша и др. – М.: Высш. школа, 1976. – 368 с.
2. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы (введение в теорию): Учеб. пособие. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 440 с.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем: Учеб. пособие. – М. Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 656 с.
4. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров. – М.: Мир, 1985. – 384 с.
5. Самарский А.А. Введение в численные методы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 288 с.
6. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 429 с.
7. Самарский А.А., Гулин А.В. Устойчивость разностных схем.– М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. – 416 с.

Допоміжна

1. Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. – М.: Наука, 1988. – 288 с.
2. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики: Учеб. пособие – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 608 с.
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: Учеб. пособие – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 600 с.
4. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Начало теории вычислительных методов. Уравнения в частных производных. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 311 с.
5. Путятин Е.П., Смалин Д.Н., Степанов В.П. Турбо Паскаль в курсе высшей математики. Учеб. пособие. – Харьков, Каравелла, 1997. – 352с.
6. Пирумов У.Г., Росляков Г.С. Численные методы газовой динамики: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 232 с.
7. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложение в газовой динамике. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. – 688 с.
8. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные схемы газовой динамики. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975. – 352 с.
9. Беляев Н.М., Хрущ В.К. Численный расчет сверхзвуковых течений газа. К.: Вища. шк., 1984. – 224 с.
10. Численное решение многомерных задач газовой динамики / С.К. Годунов, А.В. Забродин, М.Я. Иванов, А.Н. Крайко. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
11. Марчук Г.И. Методы расщепления. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 264 с.
12. Ковеня В.М., Гарнавский Г.А., Черный С.Г. Применения метода расщепления в задачах аэродинамики. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 247 с.
13. Ворожцов Е.В., Яненко Н.Н. Методы локализации особенностей при численном решении задач газодинамики. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. – 224 с.
14. Соколовский Г.А., Гнесин В.И. Нестационарные трансзвуковые и вязкие течения в турбомашинах. – Киев: Наука думка, 1986. – 264 с.
15. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен : В 2-х т.:
Т. 1. – М. : Мир, 1990. – 384 с.
Т. 2. – М. : Мир, 1990 – 728–392 с.
16. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: В 2-х т.:
Т. 1. – М.: Мир, 1991. – 504 с.
Т. 2. – М.: Мир, 1991 – 552 с.

17. Методы расчета турбулентных течений / Под ред. В. Колльмана. – М. Мир, 1984. – 464 с.
18. Беляев Н.М., Рядно А.А. Математические методы теплопроводности: Учеб. пособие. – К.: Вища школа, 1992. – 415 с.
19. Приходько А.А. Компьютерные технологии в аэрогидродинамике и тепломассообмене. – К.: Наукова думка, 2003. – 380 с.
20. Аэродинамический расчет и оптимальное проектирование проточной части турбомашин/ А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, С.В. Ершов и др.; Под общ. ред. А.В. Бойко. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2002. – 356 с.
21. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
22. Сполдинг Д.В. Горение и массообмен. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
23. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков.– М.:Мир, 1990.–660 с.
24. Нечипорук Н.В., Скоб Ю.А., Угрюмов М.Л. Математическое моделирование экологических процессов: Учеб. пособие по лаб. практикуму. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 89 с. (абонемент библиотеки гл.корп., метод. кабінет каф. 304)

15. Інформаційні ресурси

1. сайт кафедри №304 - <http://k304.khai.edu>