

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

Кафедра «Вищої математики та системного аналізу» (№405)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи

  
(підпис)

О.Г. Ніколаєв  
(ініціали та прізвище)

«30» 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Обчислювальні методи системного аналізу**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 124 «Системний аналіз»  
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Системний аналіз і управління»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти другий (магістерський)**

**Харків 2019\_ рік**

Робоча програма «Обчислювальні методи системного аналізу»  
(назва дисципліни)  
для студентів за спеціальністю 124 «Системний аналіз»  
освітньою програмою «Системний аналіз і управління»

«07» червня 2019 р, 6 с.

Розробник програми: Щербакова Ю.А., к. ф.-м. н., доцент каф. вищої математики та системного аналізу, доцент  
(підпису) Ю.А. Щербакова  
(прізвище та ініціали)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та системного аналізу  
(назва кафедри)

Протокол № 11 від «19» червня 2019 р.

Завідувач кафедри д.ф.-м.н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

О.Г. Ніколаєв  
(ініціали та прізвище)

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни		
		Денна форма навчання		
Кількість кредитів – 7	Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u> (шифр і назва)	Нормативна		
	Спеціальність <u>124 «Системний аналіз»</u> (шифр і назва)			
Модулів – 3	Спеціалізація: <u>«Системний аналіз і управління»</u>	<b>Рік підготовки:</b>		
Змістових модулів – 6		2019/2020		
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		<b>Семестр</b>		
Загальна кількість годин – 210		9-й		
Тижневих годин для денної форми навчання: <b>семестр 9:</b> аудиторних – 4; самостійної роботи – 9	Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	<b>Лекції</b>		
		32 год.		
		<b>Практичні, семінарські</b>		
		8 год.		
		<b>Лабораторні</b>		
		32 год.		
		<b>Самостійна робота</b>		
		138 год.		
		<b>Індивідуальні завдання</b>		
		–                      –                      –		
<b>Вид контролю</b>				
іспит			дифер. залік	

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

у 9-му семестрі – 72/138;

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Обчислювальні методи системного аналізу» є надання систематичних знань студентам з основ теорії похибок, теорії наближення та табуляції функцій, як з точки зору відповідних функціональних просторів, так і з точки зору представлення об'єктів в ЕОМ, теорії та практичного використання квадратурних та кубатурних формул, методів розв'язання граничних задач та задач оптимізації.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Обчислювальні методи системного аналізу» є знайомство з поняттям наближеного представлення математичних об'єктів, теорією та алгоритмами наближеного інтегрування, методами розв'язання граничних задач та задач оптимізації із застосуванням до конкретних задач системного аналізу.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

### **знати:**

- основні поняття теорії похибок округлення;
- поняття про часову складність обчислювального алгоритму;
- теорію многочленів ортогональних на відрізьку;
- основи теорії апроксимації, інтерполяції та табуляції функцій;
- основні поняття теорії квадратурних та кубатурних формул;
- основні методи наближеного розв'язання граничних задач та задачі Коші для диференціальних рівнянь;
- основні методи розв'язання задач нелінійного програмування.

### **вміти:**

- оцінювати похибки обчислень та часову складність обчислювальних алгоритмів;
- будувати наближення функцій в різних функціональних просторах;
- інтерполювати функції однієї та декількох змінних у тому числі за допомогою сплайнів;
- наближено обчислювати інтеграли та обирати квадратурні та кубатурні формули, відповідно до умов задачі;
- розв'язувати граничні задачі та задачу Коші для диференціальних рівнянь за допомогою наближених методів;
- розв'язувати задачі нелінійного програмування.

### **мати уявлення:**

- про дискретне та швидке перетворення Фур'є та його застосування в чисельному аналізі;
- про теорію табулювання та  $\varepsilon$ -ентропію компактів;
- про наближене обчислення сингулярних інтегралів.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 210годин/ 7 кредитів ECTS.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1. Теорія наближення та табуляції та їх застосування

##### Змістовий модуль 1

###### Тема 1. Основні теоретичні означення.

Постановка задач чисельного аналізу. Представлення чисел в ЕОМ та аналіз похибок округлення. Деякі відомості з теорії обчислювальних алгоритмів. Аналіз деяких відомих алгоритмів.

###### Тема 2. Математичні основи обчислювальних методів.

Алгоритми загальної та лінійної алгебри. Топологічні та функціональні простори та теореми функціонального аналізу. Класичні ортогональні многочлени (Лежандра, Чебишева, Лаггера). Неперервні дроби. Дискретне та швидке перетворення Фур'є та його застосування.

##### Змістовий модуль 2

###### Тема 3. Рівномірна та середньоквадратична апроксимація.

Постановка задач. Теорема про існування найкращої апроксимації. Рівномірні наближення функції однієї змінної. Поліноми Бернштейна та теорема Бернштейна. Рівномірні наближення функцій декількох змінних. Наближення в  $L_2[a, b]$ . Найкраща апроксимація в  $L_2[a, b]$ . Ортогональні системи многочленів.

###### Тема 4. Інтерполяція.

Задача інтерполяції. Чебишевські системи функцій. Алгебраїчні та тригонометричні інтерполяційні многочлени. Теорема про альтернанс та її наслідки. Інтерполяція функцій декількох змінних.

###### Тема 5. Теорія сплайнів.

Задача сплайн-інтерполяції. Лагранжеві сплайни. Загальні поліноміальні сплайни та B-сплайни. Криві Безьє. Кубічні сплайни та їх особливості.

##### Змістовий модуль 3

###### Тема 6. Табуляція.

Класичні та узагальнені таблиці; основні поняття теорії таблиць (розшифровуючий алгоритм, точність, довжина). Метричний порядок та теорема Понтрягіна-Шнірельмана.  $\varepsilon$ -ентропія компакту. Таблиці за многочленами Чебишева та наближення Паде.

#### Модуль 2. Числові методи інтегрування диференціальних рівнянь.

##### Змістовий модуль 4

###### Тема 7. Квадратурні формули

Квадратурно-інтерполяційні формули. Алгебраїчний порядок точності. Оцінка похибки квадратурно-інтерполяційних формул. Формули Гауса. Квадратурні формули для невластних та сингулярних інтегралів. Кубатурні формули.

##### Змістовий модуль 5

### Тема 8. Наближені методи розв'язання диференціальних рівнянь.

Задача Коші: методи Ойлера та Рунге-Кута. Граничні задачі: метод скінченних різниць та скінченних елементів для звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних.

### Модуль 3. Числові методи розв'язання задач оптимізації (курсний проект)

#### Змістовий модуль 6

### Тема 9. Задачі нелінійного програмування.

Постановка задач нелінійного програмування. Задача квадратичного програмування.

**Тема 10. Методи розв'язання задач нелінійного програмування на ЕОМ.** Методи покоординатного та найскорішого спуску. Метод спряжених градієнтів. Загальна характеристика методів та порівняння їх переваг та недоліків.

**Тема 11. Програмна реалізація методів пошуку розв'язку задач нелінійного програмування.** Пошук розв'язку задач нелінійного програмування згідно до індивідуального завдання та порівняння ефективності методів за результатами розрахунків. Складання пояснювальної записки.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	усього	денна форма					заочна форма					
		у тому числі					у тому числі					
1	2	л	п	лаб	інд	с.р.	л	п	лаб	інд	с.р.	
<b>Модуль 1. Теорія наближення та табуляції та їх застосування</b>												
<b>Змістовий модуль 1</b>												
Тема 1. Основні теоретичні означення.	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Тема 2. Математичні основи обчислювальних методів.	7	3		4	–	15	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	8	4		4		15						
<b>Змістовий модуль 2</b>												
Тема 3. Рівномірна та середньоквадратична апроксимація.	8	4		4	–	15	–	–	–	–	–	–
Тема 4. Інтерполяція.	6	4		2	–		–	–	–	–	–	–
Тема 5. Теорія сплайнів.	6	4		2		15						
Разом	20	12		8	–	30	–	–	–	–	–	–

зом за змістовим модулем 2												
<b>Змістовий модуль 3</b>												
Тема 6. Табуляція.	2	2		–	–	15	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	2	2		–	–	15	–	–	–	–	–	–
<b>Модуль 2. Числові методи інтегрування диференціальних рівнянь.</b>												
<b>Змістовий модуль 4</b>												
Тема 7. Квадратурні формули.	10	6		8	–	15	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 4	10	6		8		15						
<b>Змістовий модуль 5</b>												
Тема 8. Наближені методи розв'язання диференціальних рівнянь.	20	8		12	–		–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 5	20	8		12								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 3. Числові методи розв'язання задач оптимізації (курсний проект)</b>												
<b>Змістовий модуль 6</b>												
Тема 9. Задачі нелінійного програмування.			2			10						
Тема 10. Методи розв'язання задач нелінійного програмування на ЕОМ.			2			20						
Тема 11. Програмна реалізація методів пошуку розв'язку задач нелінійного програмування.			4			30						
Разом за змістовим модулем 6						60						
Усього годин	60	32	8	32		135						

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

1		
---	--	--

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обчислювальні методи лінійної алгебри.	2
2	Швидке перетворення Фур'є .	2
3	Побудова рівномірних наближень функцій.	2
4	Наближення ортогональними системами функцій.	2
5	Інтерполяція та сплайни.	4
6	Обчислення визначених та невластних інтегралів за допомогою складених квадратурних формул та гаусових квадратур.	4
7	Обчислення сингулярних інтегралів.	4
8	Наближені методи пошуку розв'язку задачі Коши .	4
9	Пошук розв'язків граничних задач для звичайних диференціальних рівнянь методом скінченних елементів та методом скінченних різниць.	4
10	Пошук розв'язків граничних задач для диференціальних рівнянь в частинних похідних методом скінченних елементів та методом скінченних різниць.	4



## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Неперервні дроби. (Тема 2)	15
2	Системи ортогональних многочленів на нескінченному проміжку(Тема 3)	15
3	Криві Без'є та B-сплайни (Тема 5)	15
4	Наближення Паде (Тема 6)	15
5	Кубатурні формули (Тема 7)	15
6	Постановка задач нелінійного програмування. (Тема 9)	13
7	Розробка алгоритму застосування методів покоординатного та найскорішого спуску та градієнтних методів. (Тема 10 )	20
8	Розробка програм для реалізації алгоритмів (Тема 11 )	20
9	Оформлення та аналіз результатів розрахунків та написання пояснювальної записки. (Тема 11)	10
Разом		138

## 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, контролю виконання лабораторних робіт та курсового проекту, фінальний контроль у вигляді іспитів та захисту курсового проекту (диф. залік).

## 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
<b>Модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	8	0...4
Робота на практичних заняттях	0...2,5	7	0...17,5
Самостійна робота	0...1	7	0...7
Модульний контроль	0...24	1	0...24
<b>Модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	8	0...4
Робота на практичних заняттях	0...2,5	5	0...12,5
Самостійна робота	0...1	5	0...5
<b>Модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0...0,5	4	0...2
Робота на практичних заняттях	0...2,5	2	0...5
Самостійна робота	0...1	2	0...2
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Виконання та захист розрахункової роботи	0...10	1	0...10
<b>Всього за семестр(*)</b>			<b>0...117</b>

(\*) Якщо кількість модульних балів у студента перевищує 100, то в якості підсумкової оцінки виставляється 100 балів.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з трьох питань (двох теоретичних і одного практичного). За кожне теоретичне питання студент може одержати 25 балів, за практичне - 50.

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

**Задовільно (60-74).** Оцінка ставиться, якщо студент знає загальні поняття метричних і гільбертових просторів, що застосовуються в обчислювальному аналізі, може навести приклади їх застосування; знає основні означення і теореми обчислювального аналізу та методи їх застосування до задач системного аналізу

**Добре (75-89).** Оцінка ставиться, якщо студент, має стійкі системні знання з дисципліни, задачі білету розв'язані але пояснення до кожного етапу

розв'язання мають певні недоліки, або студент не може обґрунтувати вибір обчислювального метода, застосованого ним до розв'язання тієї чи іншої задачі .

**Відмінно (90-100).** Оцінка ставиться, якщо студент, має стійкі системні знання з дисципліни, уміє їх обґрунтовувати, узагальнювати та продуктивно їх використовує на творчому рівні. Задачі білету розв'язані та мають пояснення до кожного етапу розв'язання. Студент вільно володіє понятійним апаратом, уміє логічно мислити, аналізувати нестандартні ситуації. Має глибокі знання з теорії наближеного розв'язання операторних рівнянь. Вміє аналізувати задачі теорії наближень, знаходити наближені розв'язки задач аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, контролювати похибки таких наближень.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Протягом семестру студент отримує бали за накопичувальною системою згідно з таблицею наведеною в п. 12.1. Дано деякі пояснення до таблиці.

Робота на лекції – активна форма засвоєння матеріалу курсу: 0,5 бала ставиться за продумані питання, які студент задає лектору, участь в обговоренні предмета лекції, відповіді на питання, які по ходу лекції задає викладач. Активність студента може заохочуватися додатковими коефіцієнтами, які множаться на 0,5 бала.

Робота на практичному занятті оцінюється так: 1,5 бала за захист виконаного домашнього завдання, 2 бали за самостійно розв'язану задачу або 1 бал за розв'язану задачу за допомогою викладача, 2 бали за обґрунтовану відповідь на теоретичне питання з доведенням основних положень біля дошки.

Самостійна робота – 1 бал ставиться студенту за виконання домашнього завдання разом з його захистом в поза аудиторний час.

Індивідуальне завдання включає виконання та захист розрахункової роботи, яка складається з 5 задач за темами, означеними в назві роботи. За кожну задачу можна одержати максимально 2 бали.

Модульний контроль проводиться два рази на семестр на 7 і 14 тижнях на практичних заняттях. Білет для модульного контролю включає 4 питання (два теоретичних і два практичних). За відповідь на одне питання студент може отримати максимально 6 балів. Критерії оцінювання у відсотковому відношенні відповідають якісним критеріям з п. 12.2.

Бали, які отримують студенти при виконанні курсового проекту:

<b>Семестр 9 (диференційований залік)</b>			
<b>Пояснювальна записка</b>	<b>Ілюстративна частина</b>	<b>Захист роботи</b>	<b>Сума</b>
<b>до 60</b>	<b>до 20</b>	<b>до 20</b>	<b>100</b>

**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

#### Конспекти лекцій та підручники:

1. Вознюк С.Н., Щербакова Ю.А. Обчислювальні методи системного аналізу, Харків, 2010

### 14. Рекомендована література

1. Алберг Дж., Нильсон В., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. М.: Мир, 1972
2. Бабенко К.И. Основы численного анализа.- М.: Наука, 1989
3. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений, М.: Физматлит, 1962
4. Дзядык В.К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. М.: Наука, 1977
5. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего М.-Л.: Физматлит, 1962
6. Коллатц Л. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Мир, 1969
7. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. М.: Мир, 1972
8. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971
9. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. М.: Наука, 1979
10. Хемминг Р.В. Численные методы (2-е изд.). М.: Наука, 1972

### 15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри [k405.khai.edu](http://k405.khai.edu)