

Міністерство освіти і науки України


**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”**

Кафедра «Вищої математики та системного аналізу» № 405

ЗАТВЕРДЖУЮ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(ініціали та прізвище)
« 25 » 06 2021 р

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання складних систем

(шифр і назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність: 124 «Системний аналіз»
(шифр і назва спеціальності)

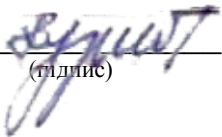
Освітня програма: «Системний аналіз і управління»
(назва спеціалізації)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник програми: к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри вищої математики та системного аналізу В.М. Кузніченко

 В.М. Кузніченко
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та системного аналізу

(назва кафедри)

Протокол № 11 від «25» червня 2021 р.

Завідувач кафедри д.ф. – м.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

О.Г. Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 6,5	Галузь знань <u>12 «Інформаційні техно- (шифр і назва) логії»</u>	<i>Обов'язкова</i>
Модулів – 2	Спеціальність (шифр і назва) <u>124 «Системний аналіз»</u>	Рік підготовки: 2021/2022
Змістових модулів – 4		Семестр 6-й
Курсова робота		Лекції 32 год.
Загальна кількість годин – 195		Практичні 8
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 год.(перша половина семестру); - 4,5 год. (друга половина семестру).	Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Лабораторні 32
		Самостійна робота 123 год.
		Індивідуальна робота:
		Види контролю: диф. залік, іспит

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

для денної форми навчання – 72/123.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення навчальної дисципліни «Моделювання складних систем» полягає: у засвоєнні основних положень, методів і засобів моделювання складних систем та застосуванні їх на практиці.

Завдання: вивчення дисципліни «Моделювання складних систем» полягає у відпрацюванні основних понять, методів та прийомів моделювання систем.

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

загальні

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- Здатність планувати і управляти часом;
- Здатність знати та розуміти предметну область і професійну діяльність;
- Здатність спілкуватися державною мовою усно і письмово;
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя;

спеціальні

- Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем;
- Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів;
- Здатність будувати математично-коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів;
- Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні

пакети, застосування баз даних і знань, використання моделей алгоритмічних обчислень, оцінювання їх ефективності та складності для адекватного моделювання предметних областей;

- Здатність організовувати роботу з аналізу та проектуванню складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмного забезпечення;
- Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них;
- Здатність системно аналізувати свою професійну і соціальну діяльність, оцінювати накопичений досвід.

Програмні результати навчання:

1. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, векторну та лінійну алгебру, аналітичну геометрію та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.

2. Вміти використовувати стандартні схеми та методи для розв'язання обчислювальних, комбінаторних та логічних задач, що сформульовані природною мовою, застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій, тощо.

3. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів, використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів.

4. Знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь у частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики.

5. Знати основні положення теорії метричних просторів, теорії обмежених лінійних операторів в банахових та гільбертових просторах, застосовувати техніку і методи функціонального аналізу для розв'язання задач керування складними процесами в умовах невизначеності.

6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів.

7. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, прийняття рішень та вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

8. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.

9. Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання та прогнозування, оцінювати вихідні дані.

10. Розуміти українську та іноземну мови на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою.

11. Враховувати вплив факторів зовнішнього середовища на результати професійної діяльності.

12. Розуміти і реалізовувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності вільного демократичного суспільства, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

Міждисциплінарні зв'язки:

Навчальна дисципліна «Моделювання складних систем» належить до циклу обов'язкових дисциплін, галузь знань – 12 «Інформаційні технології», для студентів спеціальності 124 «Системний аналіз», та освітньої програми «Системний аналіз і управління». Вивчається на третьому курсі у шостому семестрі. Вона є логічним продовженням таких дисциплін як «математичний аналіз», «алгебра та геометрія», «теорія ймовірностей та математична статистика», «диференціальні рівняння», «методи оптимізації та дослідження операцій», «аналіз даних».

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 195 годин/ 6,5 кредити ECTS.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні поняття теорії систем і моделювання

Тема 1. Вступ до теорії систем і моделювання

Основні поняття теорії систем: система, елемент, підсистема, зв'язок, цільове призначення, декомпозиція, структура, стан, рівновага, еволюція, розвиток, управління, поведінка. Класифікація систем: матеріальні та ідеальні, природні та штучні, технічні, ергодичні, соціальні, відкриті та замкнуті, детерміновані та стохастичні, прості, великі, складні. Ознаки складних систем. Основні типи структур систем. Типи ієрархічних систем. Приклади. Означення моделі та моделювання, класифікація моделей: матеріальні і абстрактні, натурні, фізичні, аналогові, концептуальні, математичні, аналітичні, чисельні, аналітико-чисельні, комп'ютерні, дискретні та неперервні, скінченний автомат, стаціонарні, нестаціонарні, динамічні, лінійні та нелінійні, скінченновимірні та нескінченновимірні.

Тема 2. Основні підходи до моделювання систем

Основні підходи до моделювання систем, їх сутність: структурний, функціональний, концептуальний, ймовірнісний, алгебраїчний. Етапи моделювання: постановка задачі і визначення цілей моделювання; збір, обробка і аналіз даних; дослідження властивостей системи, розробка концептуальної моделі, вибір структури моделі, вибір моделі з певного класу моделей або створення нової моделі, ідентифікація параметрів моделі, створення алгоритмів під програмну реалізацію моделі, програмна реалізація моделі, комп'ютерний експеримент, перевірка адекватності моделі, встановлення області адекватності моделі, аналіз результатів моделювання.

Змістовий модуль 2. Методи моделювання складних систем

Тема 3. Типи моделей складних систем

Типи моделей складних систем. Імітаційна модель, структурно-агрегатна модель, об'єктно-орієнтована модель, нечітка модель, інформаційна модель. Сутність імітаційного моделювання. Етапи створення імітаційної моделі. Статистичне забезпечення імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло. Засоби організації модельного часу. Динаміка імітаційної моделі. Перевірка адекватності моделі. Планування модельного експерименту. Обробка результатів модельного експерименту. Аналіз результатів моделювання. Основні парадигми побудови імітаційних моделей. Означення системної динаміки. Поточкові діаграми системної динаміки та їх підсистеми. Концепція системної динаміки Структура моделі системної динаміки. Предметна область застосування системної динаміки. Дискретно-подійне моделювання. Парадигма мережевого моделювання. Транзакції і блоки. Структура моделі. Предметна область застосування дискретно-подійного моделювання. Мультиагентне моделювання. Означення агента і мультиагентної моделі. Взаємодія агентів між собою і з оточуючим середовищем. Структура агентних моделей. Предметна область застосування мультиагентного моделювання. Технології розробки комп'ютерних моделей. Структурний і модульний підходи, їх особливості. Об'єктно-орієнтоване моделювання. Основні принципи: абстрагування, обмеження доступу, модульність, ієрархія, типізація, стійкість. Етапи розробки програмних систем: аналіз предметної області, об'єктна декомпозиція систем, діаграма об'єктів, діаграма класів, модулі класів. Методологія розробки класів. Успадкування і поліморфізм. Уніфікована мову моделювання UML. Математична схема агрегату. Кусково-лінійний агрегат. Типові схеми моделювання агрегатів. Моделі гібридних автоматів. Предметна область застосування структурно-агрегатного моделювання. Означення нечіткої моделі. Структура, основні елементи і операції в нечітких моделях. Основні властивості нечітких моделей. Повнота нечіткої моделі. Типи нечітких моделей: модель Мамдані, модель Такагі-Сугено. Означення інформаційної системи. Деякі типи інформаційних систем. База даних як інформаційна система. Основні означення теорії баз даних. Архітектура бази даних. Трирівнева модель системи управління базою даних. Типи моделей даних та їх особливості. Ієрархічна модель, мережна модель, реляційна модель.

Тема 4. Програмні засоби моделювання складних систем

Огляд сучасних інформаційних технологій для моделювання складних систем. Пакет AnyLogic. Загальне знайомство з пакетом. Створення моделі. Об'єкти, редагування об'єктів. Неперервні змінні і параметри моделі. Функціональна залежність між змінними. Моделювання за допомогою диференціальних рівнянь. Запуск моделі, створення графіків і фазових діаграм. Анімація моделі. Динамічні характеристики графічних об'єктів. Управління модельним часом. Співвідношення між фізичним і модельним часом. Лічильник дискретного часу. Дискретно-подійне моделювання в AnyLogic. Події. Таймери. Стейтчарти. Застосування до систем масового обслуговування. Бібліотека Enterprise Library.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Математичні методи моделювання систем

Тема 5. Основні задачі моделювання лінійних агрегатів

Лінійна дискретна модель в просторі станів і в частотній області. Лінійні стаціонарні системи. Передавальна функція, частотна характеристика. Лінійні моделі з випадковими збуреннями. Лінійні моделі з раціональною передавальною функцією. Z -перетворення. Фільтр Калмана. Задача ідентифікації параметрів моделі. Метод найменших квадратів. Моделі лінійної регресії. Статистичні властивості оцінок параметрів.

Тема 6. Алгебраїчні методи моделювання абстрактних типів даних і баз даних

Означення алгебраїчної системи, односоротної і багатосоротної алгебри. Приклади алгебраїчних систем в програмуванні. Абстрактні типи даних. Сигнатура. Множина термів в сигнатурі. Оцінка термів. Означення моделі абстрактного типу даних. Гомоморфізми моделей абстрактного типу даних. Ініціальні реалізації абстрактних типів даних. Алгебра термів. Алгебраїчне моделювання схем баз даних. Реляційні алгебри.

Тема 7. Моделювання фізичних полів

Поля деформацій і швидкостей деформацій в суцільному середовищі. Зміст компонентів тензорів деформацій і швидкостей деформацій. Тензорне поле напружень в суцільному середовищі. Формула Коші. Закон Ньютона руху в'язкої рідини. Лінійні співвідношення між напруженнями і деформаціями (швидкостями деформацій). Модель динаміки в'язкої рідини Наближення Буссінеска. Рівняння в збуреннях. Модель конвекції рідини в плоскому шарі під дією температурного градієнту. Динамічна модель Лоренца та її аналіз.

Змістовний модуль 4. Курсова робота з моделювання складних систем

Тема 8. Комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в ПП AnyLogic.

Практичне відпрацювання та виконання всіх етапів побудови імітаційної моделі. Аналіз і постановка задачі. Розробка функціональної схеми роботи моделі. Розробка алгоритмічної схеми моделі. Обґрунтування обраного ПЗ. Опис процесу створення моделі. Опис використовуваних компонентів для моделювання. Побудова подієвої частини моделі. Організація модельного часу. Виділення сегментів моделі і їх розміщення по областях перегляду. Організація виведення результатів моделювання. Відображення підсумкової моделі. Відображення роботи моделі. Проведення комп'ютерних експериментів з моделлю. Аналіз результатів моделювання.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					8	9	10	11	12	13
л		п	лаб	інд	с.р.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Загальні поняття теорії систем і моделювання												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1. Вступ до теорії систем і моделювання	6	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Тема 2 Основні підходи до моделювання систем	4	2	-	-		2						
Разом за змістовим модулем 1	10	4	-	-		6						
Змістовний модуль 2. Методи моделювання складних систем												
Тема 3. Типи моделей складних систем	32	12	-			20						
Тема 4. Програмні засоби моделювання складних систем	16	2	-	8		6						
Разом за змістовим модулем 2	48	14		8		26	-	-	-	-	-	-
Модуль 2												

Змістовий модуль 3. Математичні методи моделювання систем												
Тема 5. Основні задачі моделювання лінійних агрегатів	24	6	-	10		8	-	-	-	-	-	-
Тема 6. Алгебраїчні методи моделювання абстрактних типів даних і баз даних, уніфікований язык моделювання, основні поняття штучного інтелекту	23	8	-	-		15						
Тема 7. Моделювання фізичних полів	30		-	14		16						
Разом за змістовим модулем 3	77	14	-	24		39						
Змістовий модуль 4. Курсова робота з моделювання складних систем												
Тема 8. Комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в III AnyLogic	60	-	8	-	-	52						
Разом за змістовим модулем 4	60		8			52						
Усього годин	195	32	8	32	-	123	-	-	-	-	-	-

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Захист теоретичної частини курсової роботи	4
2	Захист практичної частини курсової роботи	4
	Разом	8

Примітка: Якщо згідно з розкладом навчального процесу додатковий час лабораторних занять припадає на сесійний тиждень, то відповідне заняття не проводиться

7. Теми лабораторних занять

№ л/з	Назва теми	Кількість годин
1	Математичне моделювання процесу теплообміну	2
2	Комп'ютерне моделювання температурного поля в стрижні методом скінченних елементів	2
3-4	Комп'ютерне моделювання напруженого стану при скрутці стрижня методом скінченних елементів	4
5-6	Моделювання температурного поля в області складної форми методом скінченних елементів	4
7-8	Визначення розподілу напружень в області зі складною	4

	геометрією методом кінцевих елементів	
9	МКР-1	2
10	Пасивний експеримент. Модель парної регресії.	2
11	Пасивний експеримент. Модель множинної регресії.	2
12	Активний експеримент. Повний факторний експеримент.	2
13	Моделювання систем масового обслуговування в AnyLogic	2
14	Побудова системно-динамічної моделі в AnyLogic	2
15	Розробка багатоагентної моделі в AnyLogic	2
16	МКР-2	2
	Разом	32

Примітка: Якщо згідно з розкладом навчального процесу додатковий час лабораторних занять припадає на сесійний тиждень, то відповідне заняття не проводиться

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Тема 1. Вступ до теорії систем і моделювання Основні поняття теорії систем: система, елемент, підсистема, зв'язок, цільове призначення, декомпозиція, структура, стан, рівновага, еволюція, розвиток, управління, поведінка. Класифікація систем: матеріальні та ідеальні, природні та штучні, технічні, ергатичні, соціальні, відкриті та замкнуті, детерміновані та стохастичні, прості, великі, складні. Ознаки складних систем. Основні типи структур систем. Типи ієрархічних систем. Приклади. Означення моделі та моделювання, Класифікація моделей: матеріальні і абстрактні, натурні, фізичні, аналогові, концептуальні, математичні, аналітичні, чисельні, аналітико-чисельні, комп'ютерні, дискретні та неперервні, скінченний автомат, стаціонарні, нестаціонарні, динамічні, лінійні та нелінійні, скінченновимірні та нескінченновимірні. [2,16,20]	4
2	Тема 2. Основні підходи до моделювання систем Основні підходи до моделювання систем, їх сутність: структурний, функціональний, концептуальний, ймовірнісний, алгебраїчний. Етапи моделювання: постановка задачі і визначення цілей моделювання; збір, обробка і аналіз даних; дослідження властивостей системи, розробка концептуальної моделі, вибір структури моделі, вибір моделі з певного класу моделей або створення нової моделі, ідентифікація параметрів моделі, створення алгоритмів під програмну реалізацію моделі, програмна реалізація моделі, комп'ютерний експеримент, перевірка адекватності моделі, встановлення області адекватності моделі, аналіз результатів моделювання. [16,17,20]	2
3	Тема 3. Типи моделей складних систем Типи моделей складних систем. Імітаційна модель, структурно-агрегатна модель, об'єктно-орієнтована модель, нечітка модель, інформаційна модель. Сутність	20

	<p>імітаційного моделювання. Етапи створення імітаційної моделі. Статистичне забезпечення імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло. Засоби організації модельного часу. Динаміка імітаційної моделі. Перевірка адекватності моделі. Планування модельного експерименту. Обробка результатів модельного експерименту. Аналіз результатів моделювання. Основні парадигми побудови імітаційних моделей. Означення системної динаміки. Поточкові діаграми системної динаміки та їх підсистеми. Концепція системної динаміки Структура моделі системної динаміки. Предметна область застосування системної динаміки. Дискретно-подійне моделювання. Парадигма мережевого моделювання. Транзакції і блоки. Структура моделі. Предметна область застосування дискретно-подійного моделювання. Мультиагентне моделювання. Означення агента і мультиагентної моделі. Взаємодія агентів між собою і з оточуючим середовищем. Структура агентних моделей. Предметна область застосування мультиагентного моделювання. Технології розробки комп'ютерних моделей. Структурний і модульний підходи, їх особливості. Об'єктно-орієнтоване моделювання. Основні принципи: абстрагування, обмеження доступу, модульність, ієрархія, типізація, стійкість. Етапи розробки програмних систем: аналіз предметної області, об'єктна декомпозиція систем, діаграма об'єктів, діаграма класів, модулі класів. Методологія розробки класів. Успадкування і поліморфізм. Уніфікована мова моделювання UML. Математична схема агрегату. Кусково-лінійний агрегат. Типові схеми моделювання агрегатів. Моделі гібридних автоматів. Предметна область застосування структурно-агрегатного моделювання. Означення нечіткої моделі. Структура, основні елементи і операції в нечітких моделях. Основні властивості нечітких моделей. Повнота нечіткої моделі. Типи нечітких моделей: модель Мамдані, модель Такагі-Сугено. Означення інформаційної системи. Деякі типи інформаційних систем. База даних як інформаційна система. Основні означення теорії баз даних. Архітектура бази даних. Трирівнева модель системи управління базою даних. Типи моделей даних та їх особливості. Ієрархічна модель, мережна модель, реляційна модель. [2-10, 22, 23, 26 -31]</p>	
4	<p>Тема 4. . Програмні засоби моделювання складних систем. Огляд сучасних інформаційних технологій для моделювання складних систем. Пакет AnyLogic. Загальне знайомство з пакетом. Створення моделі. Об'єкти, редагування об'єктів. Неперервні змінні і параметри моделі. Функціональна залежність між змінними. Моделювання за допомогою диференціальних рівнянь. Запуск моделі, створення графіків і фазових діаграм. Анімація моделі. Динамічні характеристики графічних об'єктів. Управління модельним часом. Співвідношення</p>	6

	між фізичним і модельним часом. Лічильник дискретного часу. Дискретно-подійне моделювання в AnyLogic. Події. Таймери. Стейтчарти. Застосування до систем масового обслуговування. Бібліотека Enterprise Library. [2,3,10, 13]	
5	Тема 5. Основні задачі моделювання лінійних агрегатів Лінійна дискретна модель в просторі станів і в частотній області. Лінійні стаціонарні системи. Передавальна функція, частотна характеристика. Лінійні моделі з випадковими збуреннями. Лінійні моделі з раціональною передавальною функцією. Z -перетворення. Фільтр Калмана. Задача ідентифікації параметрів моделі. Метод найменших квадратів. Моделі лінійної регресії. Статистичні властивості оцінок параметрів. [18,19,20,24]	8
6	Тема 6. Алгебраїчні методи моделювання абстрактних типів даних і баз даних Означення алгебраїчної системи, односортної і багатосортної алгебри. Приклади алгебраїчних систем в програмуванні. Абстрактні типи даних. Сигнатура. Множина термів в сигнатурі. Оцінка термів. Означення моделі абстрактного типу даних. Гомоморфізми моделей абстрактного типу даних. Ініціальні реалізації абстрактних типів даних. Алгебра термів. Алгебраїчне моделювання схем баз даних. Реляційні алгебри [14, 15, 29-31]	15
7	Тема 7. Моделювання фізичних полів Поля деформацій і швидкостей деформацій в суцільному середовищі. Зміст компонентів тензорів деформацій і швидкостей деформацій. Тензорне поле напружень в суцільному середовищі. Формула Коші. Закон Ньютона руху в'язкої рідини. Лінійні співвідношення між напруженнями і деформаціями (швидкостями деформацій). Модель динаміки в'язкої рідини Наближення Буссінеска. Рівняння в збуреннях. Модель конвекції рідини в плоскому шарі під дією температурного градієнту. Динамічна модель Лоренца та її аналіз. [21, 24, 25]	16
8	Тема 8. Комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в ПП AnyLogic Практичне відпрацювання виконання всіх етапів побудови імітаційної моделі. Аналіз і постановка задачі. Розробка функціональної схеми роботи моделі. Розробка алгоритмічної схеми моделі. Обґрунтування обраного ПЗ. Опис процесу створення моделі. Опис використовуваних компонентів для моделювання. Побудова подієвої частини моделі. Організація модельного часу. Виділення сегментів моделі і їх розміщення по областях перегляду. Організація виведення результатів моделювання. Відображення підсумкової моделі. Відображення роботи моделі. Проведення комп'ютерних експериментів з моделлю. Аналіз результатів моделювання. [1-4, 13, 23, 29-31]	52
	Разом	123

9. Індивідуальні завдання

Виконання лабораторних та практичних робіт. Виконання курсової роботи по темі 8.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних та практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

11. Методи контролю

Проведення письмових модульних робіт, захист курсової роботи (диф. залік), фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (іспит)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Робота на лекціях	0...1	16	0..16
Робота на лабораторних заняттях	0...3	16	0..48
Модульний контроль	0...30	2	0...60
Всього за семестр(*)			0...124

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

Розподіл балів, які отримують студенти (диф. залік): Т8 – тема змістовного модуля

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Робота на практичних заняттях (захист теоретичної та практичної частини курсової роботи)	0..25	4	100
Всього за семестр(*)			0..100

(*) Якщо студент отримує за курсову роботу менше 60 балів, то він до екзамену не допускається.

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та двох практичних питань. Максимальна кількість балів за кожне питання в білеті складає 25 балів. Практичні питання виконуються без використання електронних таблиць.

12.2 Якісні критерії оцінювання.

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

знати:

- основні поняття теорії систем;
- класифікацію систем; ознаки складних систем;
- основні типи структур систем; типи ієрархічних систем;
- означення моделі та моделювання; класифікацію моделей;
- основні підходи до моделювання систем; етапи моделювання;
- типи моделей складних систем;
- сутність імітаційного моделювання; етапи створення імітаційної моделі;
- основні парадигми побудови імітаційних моделей;
- концепцію і структуру моделі системної динаміки;

- концепцію дискретно-подійного моделювання;
- концепцію мультиагентного моделювання;
- основні принципи об'єктно-орієнтованого моделювання;
- уніфіковану мову моделювання UML;
- сутність структурно-агрегатного моделювання;
- типи лінійних моделей з раціональною передавальною функцією;
- модель лінійної регресії;
- метод найменших квадратів для ідентифікації параметрів моделі;
- загальні принципи моделювання фізичних полів суцільних середовищ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки: уміти:

- класифікувати системи, визначати її структуру і властивості;
- класифікувати моделі;
- виконувати основні етапи моделювання;
- будувати імітаційну модель та перевіряти її адекватність;
- планувати модельний експеримент;
- застосовувати мову UML для побудови структури об'єктно-орієнтованих, агрегатних, нечітких, інформаційних моделей;
- користуватися пакетом AnyLogic для побудови імітаційних моделей;
- моделювати фільтр Калмана;
- проводити ідентифікацію параметрів регресійної моделі;
- застосовувати математичні методи до моделювання фізичних полів.

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Розподіл балів, які отримують студенти за складання іспиту:

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти самостійно давати характеристику існуючій складній системі, проводити діагностику системи.

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 пояснювати складні способи діагностики складних систем.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основній та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти будувати складні проекти розвитку і планування складних систем. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи:

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь для роботи в пакеті AnyLogic. Відпрацювати та захистити всі етапи курсової роботи. Вміти самостійно давати характеристику існуючій складній моделі, проводити аналіз моделі.

Добре (75 - 89). Показати вміння виконувати та захищати всі етапи курсової роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновані у роботі. Вміти пояснювати характеристики побудованої моделі.

Відмінно (90 - 100). В повному обсязі знати основній та додатковий матеріал. Знати усі етапи побудови імітаційної моделі. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти будувати складні проекти розвитку і планування складних систем. Безпомилково виконувати

та захищати всі етапи курсової роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновані у моделі.

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 30	до 30	до 40	0 - 100

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. Бахмет Г.К., Бахмет А.Г., Ніколаєв О.Г. та ін. Методика виконання курсових робіт: навч. посібник.– Харків: ХАІ, 2016.
2. Ніколаєв О.Г., Кузніченко В.М. Моделювання складних систем: електронний навч. посібник.– Харків: ХАІ, 2020.

НМКД включає в себе такі обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, навчальний посібник, в тому числі в електронному вигляді, який за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання курсової роботи, розрахункових лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематика курсових завдань;
- приклади розв'язування типових завдань;
- питання та практичні завдання для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів.

14. Рекомендована література

Базова

3. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
4. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. – СПб.: Питер, Киев: ВХВ, 2004.
5. Рамбо Дж., Блаха М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. – СПб.: Питер, 2007.
6. Леоненков А.В. Самоучитель UML 2. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
7. Колесов Ю.Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. – СПб.: СПбГПУ, 2004.
8. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ, 2013.
9. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем: курс лекций. – М.: Интернет-Ун-т информационных технологий, 2005.

10. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012.
11. Карпова Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация. – СПб.: Питер, 2002.
12. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
13. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004.
14. Плоткин Б.И. Универсальная алгебра, алгебраическая логика и базы данных. – М.: Наука, 1991.
15. Бениаминов Е.М. Алгебраические методы в теории баз данных и представлении знаний. – М.: Научный мир, 2003.
16. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – К.: Наук. думка, 2005.
17. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: СПбГТУ, 2001.
18. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991.
19. Балакришнан А. Теория фильтрации Калмана. – М.: Мир, 1988.
20. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: ВШ, 2001.
21. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Математические модели механики и электродинамики сплошной среды. – М.: МГТУ, 2008.
22. Olive A. Conceptual Modeling of Information Systems. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
23. Woolfson M.M., Pert G.J. An Introduction to Computer Simulation. – N.-Y.: Oxford University Press, 1999.
24. Heinz St. Mathematical Modeling. - Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.
25. Fabien B.C. Analytical System Dynamics. Modeling and Simulation. – N.-Y.: Springer, 2009.
26. Ponniah D. Data Modeling Fundamentals. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
27. Zhang H., Lin D. Fuzzy Modeling and Fuzzy Control. – Boston: Birkhauser, 2006.

Допоміжна

28. Цаленко М.Ш. Моделирование семантики в базах данных. – М.: Наука, 1989.
29. Gould H., Tobochnik J., Christian W. An Introduction to Computer Simulation Methods. – N.-Y.: Addison Wesley, 2007.
30. Simson G.C., Witt G.C. Data Modeling Essentials. – San Francisco: Elsevier, 2005.
31. Буч Г., Максимчук Р.А., Энгл М.У. и др. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. – М.: ООО «ИД Вильямс», 2008.

15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
<https://library.khai.edu>