

УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ

Факультет Енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації енергетичних процесів

Кафедра Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій

СИЛАБУС

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ
ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ**

Харків 2020

Кафедра	Кафедра теплоенергетики та енергозберігаючих технологій Department of thermal power engineering and energy-saving technologies Посилання на сайт кафедри tez@uipa.edu.ua
Назва навчальної дисципліни	Системний аналіз, ідентифікація та моделювання процесів і систем System analysis, identification and modeling of processes and systems Навчальна дисципліна ведеться українською мовою
Рівень вищої освіти	Бакалавр
Викладач (-і)	1. Кандидат технічних наук, доцент Василець Тетяна Юхимівна; лекційні, практичні, лабораторні заняття; посилання на профайл викладача: http://tez.uipa.edu.ua/?attachment_id=1217 ; контактний телефон: 067-57-57-032; електронна пошта: tatyana.vasilets@gmail.com.
Сторінка дисципліни в системі дистанційної освіти УПА	Дисципліна нова, сторінка ДО у стадії розробки.
Консультації	Зазначається формат, розклад і місце проведення консультацій Очні консультації: Василець Тетяна Юхимівна, щосереди та щоп'ятниці 14 ⁰⁰ -15 ⁰⁰ в ауд. 15/1 Он лайн- консультації: Усі запитання можна надсилати на електронну Василець Тетяни Юхимівни, вказану в цьому силабусі.

1. Коротка анотація до курсу.

В результаті вивчення дисципліни студенти отримають знання принципів та методів аналізу складних систем, використання методології системного аналізу для вирішення практичних завдань. Програма курсу передбачає вивчення методів моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації, практичну реалізацію ідентифікації об'єктів автоматизації, застосування прикладних програм для ідентифікації технологічних об'єктів, засвоєння теоретичних та практичних знань з обчислювальної математики, які використовуються для розв'язання різних задач в системах автоматизації і їх реалізації на базі сучасної обчислювальної техніки. Таким чином, студенти набувають знань та вмінь, які формують необхідні професійні якості фахівця в області управління складними виробничими системами.

Вивчення навчальної дисципліни сприяє здобуттю наступних компетентностей:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ФК3. Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування..

ФК4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

ФК9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

2. Мета та завдання курсу.

Мета: ознайомлення студентів з основними поняттями, принципами та закономірностями будови, функціонування і розвитку систем, формалізованим уявленням систем, методами і моделями теорії систем, етапами і методами системного аналізу, формування у студентів сучасного рівня знань, умінь і навиків моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації, вивчення принципів побудови моделей типових технологічних об'єктів, засвоєння теоретичних та практичних знань в області вирішення інженерних та наукових задач управління технологічними процесами з використанням числових методів та моделювання на ЕОМ.

Завдання:

- вивчення способів аналізу складних технологічних систем та процесів з використанням сучасної методології, моделей та методів системного аналізу;
- ознайомлення з сучасними методами ідентифікації та моделювання технологічних об'єктів та процесів;
- оволодіння технікою-використання прикладних програм для ідентифікації та моделювання процесів і систем;
- формування навичок використання чисельних методів до розв'язання задач в системах автоматизації і їх реалізації на базі сучасної обчислювальної техніки.

3. Формат навчальної дисципліни. Змішаний (blended).

4. Результати навчання.

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
ПР06. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій	ПР06. 1. Вміти визначати мету та обирати методологію системного підходу. ПР06.2. Вміти застосовувати аналітичний апарат сучасних методів системного аналізу для вирішення практичних завдань. ПР06.3. Вміти здійснювати ідентифікацію об'єктів автоматизації. ПР06.4. Вміти будувати математичні моделі об'єктів та процесів. ПР06.5. Вміти застосовувати прикладні програми для ідентифікації та моделювання технологічних об'єктів. ПР06.6. Вміти використовувати чисельні методи для розв'язання різних задач в системах автоматизації з застосуванням сучасної обчислювальної техніки.

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
ПР05. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування	ПР05.1. Вміти застосовувати аналітичний апарат сучасних методів системного аналізу для вирішення практичних завдань. ПР05.2. Вміти здійснювати ідентифікацію об'єктів автоматизації. ПР05.3. Вміти будувати математичні моделі об'єктів та процесів. ПР05.4. Вміти застосовувати прикладні програми для ідентифікації та моделювання технологічних об'єктів. ПР05.5. Вміти використовувати чисельні методи для розв'язання різних задач в системах автоматизації з застосуванням сучасної обчислювальної техніки.

5. Обсяг курсу

Види навчальних занять	Кількість годин (кредитів)	Форми поточного та підсумкового контролю
Лекції	38	Опитування.
Практичні заняття	6	Опитування, письмові контрольні роботи.
Лабораторні заняття	16	Опитування, захист лабораторних робіт
Самостійна робота	120	Захист індивідуальних завдань.
Всього	180 (6 кредитів)	Підсумковий контроль: Екзамен.

6. Ознаки навчальної дисципліни:

Навчальний рік	Курс (рік навчання)	Семестр	Спеціальність (спеціалізація), освітня програма (за необхідністю)	Нормативна / вибіркова
2020/2021	4	8 (весна)	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	нормативна (Н)

7. Пререквізити. Теоретичною базою вивчення дисципліни «Теорія автоматичного управління» є попередні навчальні дисципліни: «Вища математика», «Теорія автоматичного управління», «Програмування, бази даних, програмне забезпечення в мікропроцесорних системах і системах управління», «Технічні засоби автоматизації та проектування систем автоматизації», «Основи комп'ютерно-інтегрованого управління».

8. Постреквізити. Дисципліни, які будуть використовувати результати навчання даного курсу: дипломне проектування.

9. Технічне й програмне забезпечення та/або обладнання. ПК Celeron 2.8 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 250 Гб HDD – 15 шт. Система MATLAB.

10. Політики курсу. Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень:

- Положення про академічну доброчесність в Українській інженерно-педагогічній академії
[https://drive.google.com/file/d/1fyh2uMJczxJ8shq9LYB9Rhs2TFsbT9bF/view](https://drive.google.com/file/d/1fyh2uMJczxJ8shq9LYB9Rhs2TFsbT9bF/view;);
- Положення про академічну доброчесність при виконанні письмових робіт здобувачами освіти Української
<https://drive.google.com/file/d/1R5RZt0aA1y-mS7lzecUkfGWozG-3QS0h/view>;
- Положення про порядок формування рейтингу успішності студентів Української інженерно-педагогічної академії для призначення стипендії <https://drive.google.com/file/d/1ZRDuNTerpnwHUtL4G25B0RmDuBSU9HfH/view>;
- Положення про порядок реалізації учасниками освітнього процесу УІПА права на академічну мобільність
- https://drive.google.com/file/d/1RwJKM6P5QiTgqm7STqczL7ng-2_GvMKu/edit

та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.

11. Календарно-тематичний план навчальної дисципліни

№ тижня	Вид і номер заняття	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
Змістовий модуль № 1. Системний аналіз. Числові методи			
1	Лекція 1	Основні поняття теорії систем і системного аналізу	2
	Лекція 2	Класифікація методів системного аналізу	2
	Лекція 3	Алгоритми системного аналізу	2
	Лекція 4	Моделювання в системному аналізі. Аналіз та синтез в системних дослідженнях	2
	Самостійна робота 1	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	15
2	Лекція 5	Предмет, задачі та методи обчислювальної математики	2
	Лекція 6	Чисельне диференціювання	2
	Практичне заняття 1	Вивчення функцій чисельного диференціювання в системі MATLAB	2
	Лекція 7	Чисельне інтегрування	2
	Самостійна робота 2	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	15
3	Практичне заняття 2	Вивчення функцій чисельного інтегрування в системі MATLAB	2
	Лекція 8	Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь	2
	Лекція 9	Крайова задача для звичайних диференціальних рівнянь	2
	Практичне заняття 3	Вивчення функцій, що реалізують методи Коші для диференціальних рівнянь в системі MATLAB	2
	Самостійна робота 3	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	16

Всього за змістовий модуль 1 – 70 год. (лекцій – 18 год., ПЗ – 6 год., ЛР – год., СР – 46 год.)			
Змістовий модуль № 2. Моделювання та ідентифікація процесів та систем			
4	Лекція 10	Поняття про математичну модель. Види математичних моделей	2
	Лекція 11	Моделі динаміки у просторі зображень	2
	Лекція 12	Моделі динаміки в частотній області	2
	Самостійна робота 4	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	14
5	Лекція 13	Моделі динаміки у просторі станів. Рівняння стану	2
	Лекція 14	Моделі багатомасових електромеханічних систем.	2
	Самостійна робота 5	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	13
6	Самостійна робота 6	Підготовка до лабораторної роботи 1	2
	Лабораторна робота 1	Моделювання двомасової двоконтурної системи підлеглого регулювання швидкості	4
	Самостійна робота 7	Підготовка до лабораторної роботи 2	2
	Лабораторна робота 2	Моделювання двомасової трьохконтурної системи підлеглого регулювання швидкості	4
	Лекція 15	Поняття ідентифікації та класифікація її методів	2
	Самостійна робота 8	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	13
7	Лекція 16	Методи ідентифікації	2
	Лекція 17	Структурна та параметрична ідентифікація	
	Лекція 18	Ідентифікація з використанням нейронних мереж	2
	Самостійна робота 9	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	13

8	Самостійна робота 10	Підготовка до лабораторної роботи 3	2
	Лабораторна робота 3	Побудова нейромережових моделей динамічних об'єктів з використанням системи MATLAB	4
	Лекція 19	Ідентифікація з використанням систем нечіткого і нейро-нечіткого висновку	2
	Самостійна робота 11	Підготовка до лабораторної роботи 4	2
	Лабораторна робота 4	Побудова нечітких моделей за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB.	4
	Самостійна робота 12	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Складання тлумачного словника на англійській мові. Підготовка до іспиту.	14
<i>Всього за змістовий модуль 2 – 110 год. (лекцій – 20 год., ПЗ – 6 год., ЛР – 16 год., СР – 74 год.)</i>			
<i>Всього з навчальної дисципліни – 180 год. (лекцій – 38 год., ПЗ – 6 год., ЛР – 16 год., СР – 120 год.)</i>			

12. Система оцінювання та вимоги

Загальна система оцінювання: Навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Робота здобувача впродовж семестру/екзамен (іспит) - 73/27

Шкала оцінювання з навчальної дисципліни

№	Види робіт здобувача	Оцінка
1.	Виконання індивідуальних завдань	0-30
2.	Виконання і захист лабораторних робіт	0-30
3.	Складання тлумачного словника на англійській мові	0-13
4.	Екзамен	0-27
	Всього за навчальну дисципліну	0-100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Підсумкова оцінка	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен)	Оцінка за національною шкалою (залік)
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано
0 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Умови допуску до підсумкового контролю:

- 1) Відпрацювання і захист усіх лабораторних робіт.
- 2) Оцінка за виконання всіх робіт, в тому числі індивідуальних завдань, не менше, ніж 60 балів з 73 можливих.
- 3) Робота здобувача впродовж семестру оцінено не менше, ніж на 60 балів.

Критерії оцінювання видів робіт.

Впродовж семестру студент повинен виконати індивідуальні завдання. Максимальна кількість балів за кожне завдання становить у середньому 6 балів.

- **6** балів виставляється студенту який має глибокі теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, відповів на всі запитання, має логічне мислення при відповідях на запитання.
- **5** балів виставляється студенту, який має достатньо глибокі теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, але його відповіді на деякі запитання не є чіткими.
- **4** бали виставляється студенту, який має тверді теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, але нераціональним способом; наявні неточності у деяких формулюваннях при відповідях на теоретичні запитання.
- **3** бали виставляється студенту, який володіє теоретичним матеріалом відповідного розділу дисципліни в повному обсязі, але допустив незначні помилки при виконанні завдання, можливі деякі неточності у відповідях на запитання.
- **2** бали виставляється студенту, який в основному володіє теоретичним матеріалом відповідного розділу дисципліни, виконав завдання з грубими помилками, не відповів на деякі запитання.
- **1** Оцінка бал виставляється студенту, який не володіє деякою частиною теоретичного матеріалу відповідного розділу дисципліни, не виконав завдання, не відповів на більшість запитань.
- **0** балів виставляється студенту, який не володіє основними питаннями теоретичного матеріалу відповідного розділу дисципліни, не виконав завдання.

13. Питання до екзамену

1. Назвіть основні етапи розвитку теорії систем.
2. За якими ознаками здійснюється класифікація систем?
3. Які системи відносять до великим, а які до складних?
4. Перерахуйте основні характеристики ефективності системи.
5. Назвіть основні елементи системного аналізу.
6. Вкажіть основні принципи системного аналізу.
7. Перерахуйте етапи системного аналізу
8. Назвіть і дайте визначення основних видів аналізу.
9. Охарактеризуйте процедури системного аналізу та їх взаємозв'язок.
10. Вкажіть основні методи системного аналізу.
11. Вкажіть основні типи з'єднань підсистем в складних системах.
12. Особливості аналізу складних систем зі змінними зв'язками
13. Зміст основних етапів системного аналізу.
14. Принципи деталізації етапів системного аналізу.
15. Дайте визначення терміну «управління».
16. Сформулюйте основні принципи управління системою.
17. Назвіть основні групи методів розв'язання математичних задач та їх характеристики.
18. Назвіть основні характеристики чисельних методів. Розкрийте їх суть.
19. Що називають "ітерацією"? Наведіть загальну схему ітераційного методу.
20. Які методи розв'язання математичних задач називають ітераційними?
21. Які методи розв'язання математичних задач називають чисельними?
22. Дайте визначення поняттям абсолютної та відносної погрешностей.
23. Дайте визначення лінійної і квадратичної швидкості збіжності ітераційного методу.
24. Які універсальні математичні пакети ви знаєте? Для чого вони використовуються?
25. Сформулюйте постановку задачі диференціювання функцій.
26. На якому принципі заснований чисельний розрахунок похідних функції в точці?
27. Який інтерполяційний багаточлен є найбільш зручним для чисельного диференціювання?
28. Сформулюйте постановку задачі чисельного інтегрування функції.
29. Що називається звичайним диференціальним рівнянням?

30. Сформулюйте постановку задачі Коші для звичайного диференціального рівняння. Що є її розв'язком? У якому вигляді подається розв'язок чисельним методом?
31. Дайте визначення поняттям «модель» і «моделювання».
32. Перерахуйте основні етапи процесу моделювання. Що відносять до основних переваг моделювання, як методу аналізу?
33. Сформулюйте основні принципи моделювання.
34. Перерахуйте ознаки класифікації моделей.
35. Визначення адекватності моделі.
36. У чому різниця між статичною та динамічною моделями?
37. Що таке модель «чорного ящика»?
38. Сутність імітаційного моделювання систем
39. Які рівняння називаються рівняннями статички і рівняннями динаміки систем автоматичного управління?
40. Як виконується запис диференціальних рівнянь в операторній формі
41. Запишіть в загальному вигляді передатну функцію лінійної системи із сталими параметрами.
42. Що називається структурною схемою системи? Як одержати структурну схему?
43. Як одержати аналітичний вираз частотних характеристик?
44. Які змінні називаються змінними стану системи?
45. Що називається простором стану?
46. Що називають траєкторією вектора стану?
47. Запишіть рівняння стану системи у векторно-матричній формі.
48. Як визначаються матриці A , B , C і D , що входять в рівняння стану у векторно-матричній формі?
49. Як записується рівняння стану в стандартній формі?
50. Як виконується розв'язання однорідних і неоднорідних рівнянь стану?
51. Що називається функцією ваги і перехідною функцією лінійної стаціонарної системи? Як вони визначаються?
52. Як визначаються жорсткості механічних зв'язків?
53. Як виконується приведення моментів інерції і мас до розрахункової швидкості?
54. Як виконується приведення жорсткостей механічних зв'язків моментів інерції і мас до розрахункової швидкості?
55. Як виконується приведення моментів і сил навантаження до розрахункової швидкості?
56. Зобразіть трьохмасову і двомасову розрахункові схемі механічної частини електроменханнячної системи.
57. Запишіть рівняння стану двомасової системи.
58. Як визначається момент в'язкого тертя?

59. Запишіть рівняння стану трьохмасової системи.
60. Зобразіть алгоритмічну схему трьохмасової системи.
61. Зобразіть алгоритмічну схему двотрьохмасової системи.
62. Як записуються рівняння стану у векторно-матричній формі?
63. Як визначаються елементи матриць стану та управління?
64. У чому полягає сутність методу типової ідентифікації?
65. Як складені таблиці типової ідентифікації?
66. Як визначаються коефіцієнти диференціального рівняння системи?
67. Перечисліть достоїнства і недоліки методу типової ідентифікації.
68. Які вимоги пред'являються до вхідних сигналів при типовій ідентифікації?
69. Що називається спектральною щільністю випадкового процесу?
70. Як може бути розрахована спектральна щільність по одній реалізації?
71. Як зв'язані спектральні щільності вхідного і вихідного сигналів системи?
72. Сформулюйте сутність методу спектральної ідентифікації.
73. Перечисліть достоїнства і недоліки методу спектральної ідентифікації.
74. Які фактори зумовлюють застосування штучних нейронних мереж в задачах ідентифікації?
75. Перечисліть моделі систем, використовуваних при нейрмережевій ідентифікації.
76. Чому нейронні мережі є універсальними моделями?
77. Наведіть схеми тренування прямої і інверсної моделей об'єкту.
78. Запишіть вираз для обчислення градієнта при тренуванні нейромоделей.
79. Зобразіть схему ідентифікації нелінійного об'єкту з застосуванням багатошарового перцептронну.
80. Наведіть методику синтезу нечіткої моделі двомасової електромеханічної системи
81. Як вибирається кількість вхідних сигналів системи нечіткого висновку?
82. Як вибирається тип і кількість функцій приналежності вхідних і вихідної змінної?
83. Як реалізовані гібридні мережі в пакеті прикладних програм Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB?
84. Поясніть призначення і можливості редактора ANFIS.
85. Які методи використовуються для навчання гібридної мережі?

14. Рекомендована література та інформаційні ресурси

Основна (базова) література

1. Катренко, А.В. Системний аналіз: підручник / А. В. Катренко. - Львів : Новий Світ-2000, 2009. - 396 с.
2. Мокін, Б. І. Математичні методи ідентифікації динамічних систем: навчальний посібник / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 260 с.
3. Дубовой В.М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування /В.М. Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308 с.
4. Задачин В. М. Чисельні методи : навчальний посібник / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 180 с.
5. Буката Л.Н. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: навчальний посібник. / Буката Л.Н., Глазунова Л.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 84 с.

Додаткова (допоміжна) література

1. Ладанюк А. П. Основи системного аналізу. Навчальний посібник,- Вінниця, Нова книга, 2004. - 176 с.
2. Системний аналіз складних систем управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
3. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
4. Бурименко Ю.И. Основы теории систем и системного анализа: учеб. пособ. / Ю.И. Бурименко, Л.В. Галан, И.Ю. Лебедева, А.Ю. Щуровская. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2015. – 136 с.
5. Жученко А.І., Кваско М.З., Кубрак Н.А. Ідентифікація динамічних характеристик. Комп'ютерні методи. К.: ВІПОЛ, 2000 - 182с.
6. Дилигенская, А.Н. Идентификация объектов управления: учебное пособие / А.Н. Дилигенская. – Самара: СГТУб 2009 – 136 с.
7. Алексеев, А.А. Идентификация и диагностика систем: учебник/ А.А. Алексеев, Ю.А. Кораблев, М.Ю. Шестопапов – М.: Академия, 2009. – 352с.
8. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов: Учебное пособие. Часть II. Третье издание. – М.: МГТУ ГА, 2004. – 125 с.
9. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механи-

- ческих систем и процессов: Учебное пособие. Часть I. Третье издание. – М.: МГТУ ГА, 2004. – 108 с.3.1.4. Иванов А.О. Теорія автоматичного керування. – Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – 230 с.
- 10.Ляшенко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. – К.: Либідь, 1996. – 288 с.
 - 11.Бахвалов Н.С. Численные методы / Учебное пособие для ВУЗов. – М., Физматгиз, 2003. - 631с.
 - 12.Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MatLab. Учебный курс. - СПб: Питер, 2005. - 512с.
 - 13.Джон Г.Метьюз, Куртин Д.Финк. Численные методы. Использование MatLab. 3- е издание: Пер. с англ - М: Издательский дом «Вільямс», 2001. - 720с.

Інформаційні ресурси

Дисципліна нова, сторінка ДО у стадії розробки.