УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ

Факультет Енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації енергетичних процесів

Кафедра Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій

СИЛАБУС

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

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	Статистичні методи дослідження автоматизованих систем управління Statistical methods of research of automated control 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 УІПА	http://do.uipa.edu.ua/course/index.php?categoryid=18
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.**

«Статистичні методи дослідження автоматизованих систем управління» – це дисципліна, що вивчає імовірнісні і статистичні характеристики випадкових впливів і процесів і способи їх визначення й оцінювання, імовірнісне дослідження випадкових процесів у лінійних стаціонарних системах і визначення точності їхньої роботи, методи побудови моделей об'єктів управління, на які діють випадкові впливи, методи синтезу стохастичних оптимальних систем управління.

Поява і розвиток статистичних методів аналізу і синтезу систем автоматичного управління при наявності дій у вигляді випадкових функцій часу розширює можливості методів аналізу і синтезу систем при впливах у вигляді заданих функцій часу стосовно більш повного врахування реальних умов роботи системи.

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: оволодіння методами аналізу і синтезу сучасних автоматизованих систем управління, що знаходяться під впливом випадкових процесів, методами синтезу стохастичних оптимальних систем, призначених для застосування в різних галузях промисловості і якнайповніше відповідних вимогам технології, що дозволить успішно вирішувати теоретичні і практичні задачі в професійній діяльності бакалавра.

Завдання:

- вивчення математичних методів формалізованого опису систем автоматичного управління при наявності випадкових впливів;
- формування вміння розраховувати чи визначати експериментально основні динамічні характеристики, показники якості роботи систем управління, що знаходяться під впливом випадкових процесів;
- формування вміння обґрунтувати вибір принципу дії, структури системи управління при наявності випадкових впливів,
- формування навичок розрахувати параметри елементів стохастичних системи що проектується;
- оволодіти технікою застосування математичних пакетів для імітаційного моделювання та синтезу оптимальних стохастичних систем.

3. Формат навчальної дисципліни. Змішаний (blended).

4. Результати навчання.

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 визначити імовірнісні характеристики випадкових величин і процесів, що діють на систему. ПР05.2. Вміти визначити характеристики випадкових процесів у системах при стаціонарних випадкових впливах. ПР05.3. Вміти провести аналіз точності систем при наявності випадкових впливів ПР05.4. Вміти застосовувати аналітичні і експериментальні методи визначення динамічних характеристик лінійних об'єктів. ПР05.5. Вміти проводити синтез оптимальних стохастични систем автоматичного

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
	управління з застосування сучасних пакетів прикладних програм.
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	ПР05.1. Вміти визначити характеристики випадкових процесів у системах при стаціонарних випадкових впливах. ПР05.2. Вміти провести аналіз точності систем при наявності випадкових впливів визначити часові та частотні характеристики систем автоматичного управління. ПР05.3. Вміти застосовувати аналітичні і експериментальні методи визначення динамічних характеристик лінійних об'єктів. ПР05.4. Вміти проводити синтез оптимальних стохастични систем автоматичного управління з застосування сучасних пакетів прикладних програм.

5. Обсяг курсу

Види навчальних занять	Кількість годин (кредитів)	Форми поточного та підсумкового контролю
Лекції	36	Опитування.
Практичні заняття	12	Опитування, письмові контрольні роботи.
Лабораторні заняття	12	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	7 (осінь)	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	вибіркова (В)

7. **Пререквізити.** Теоретичною базою вивчення дисципліни «Статистичні методи дослідження автоматизованих систем управління» є попередні навчальні дисципліни: «Вища математика», «Теорія автоматичного управління», «Програмування, бази даних, програмне забезпечення в мікропроцесорних системах і системах управління»,

8. **Постреквізити.** Дисципліни, які будуть використовувати результати навчання даного курсу: «Системний аналіз, ідентифікація та моделювання процесів і систем», «Автоматизовані системи управління технологічними процесами і об'єктами», 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;
- 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 занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
Змістовий модуль № 1. ***Імовірнісні характеристики випадкових процесів, що діють на систему. Випадкові процеси в системах автоматичного управління***			
1	Лекція 1	Визначення випадкового процесу. Закони розподілу випадкового процесу	2
	Лекція 2	Характеристики випадкового процесу	2
	Лекція 3	Стаціонарні випадкові процеси. Ергодичні стаціонарні випадкові процеси	2
	Практичне заняття 1	Визначення математичного чекання стаціонарного ергодичного випадкового процесу по експериментально знятій реалізації	2
	Практичне заняття 2	Визначення дисперсії і кореляційної функції і стаціонарного ергодичного випадкового процесу по експериментально знятій реалізації.	2
	Самостійна робота 1	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	16
2	Лекція 4	Спектральна щільність стаціонарного випадкового процесу	2
	Практичне заняття 3,4	Визначення спектральної щільності стаціонарного ергодичного випадкового процесу по експериментально знятій реалізації	4
	Лекція 5	Випадкові процеси в системах автоматичного управління. Математичне чекання сталого випадкового процесу на виході системи	2
	Самостійна робота 2	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань.	16
3	Лекція 6	Зв'язок між кореляційними функціями сталого випадкового процесу на вході і виході системи	2
	Лекція 7	Зв'язок між спектральними щільностями випадкового процесу на вході і виході системи	2
	Самостійна робота 3	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	16
4	Лекція 8	Залежність кореляційної функції і дисперсії сталого випадкового процесу на виході си-	2

		стеми від спектральної щільності вхідного впливу	
	Лекція 9	Сталий випадковий процес у системі при впливі типу “білого шуму”	2
	Самостійна робота 4	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	16
Всього за змістовий модуль 1 – 90 год. (лекцій – 18 год., ПЗ – 8 год., СР – 64 год.)			
Змістовий модуль № 2. ***Аналіз точності системи автоматичного управління при наявності випадкових впливів. Синтез оптимальних стохастичних систем***			
5	Лекція 10	Оцінка точності системи по середньоквадратичній помилці	2
	Лекція 11	Спектральна щільність і дисперсія помилки системи при впливі на систему одного корисного сигналу і при впливі корисного сигналу і завади	2
	Лекція 12	Обчислення середньоквадратичної помилки	2
	Практичне заняття 5	Визначення середньоквадратичної помилки аналітичним методом	2
	Самостійна робота 5	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	12
6	Практичне заняття 5	Визначення середньоквадратичної помилки графічним методом.	2
	Лекція 13	Стаціонарний формуючий пристрій	2
	Самостійна робота 6	Підготовка до лабораторної роботи 1	2
	Лабораторна робота 6	Формування випадкового сигналу із заданою спектральної щільністю	4
	Лекція 14	Синтез оптимальних параметрів при заданій структурі системи	2
	Самостійна робота 7	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові..	13
7	Лекція 15	Синтез оптимальної структури системи по методу Н. Вінера	
	Самостійна робота 8	Підготовка до лабораторної роботи 2	2
	Лабораторна робота 2	Аналіз лінійної системи при впливі випадкового обурення і детермінованого корисного сигналу.	4

	Лекція 16	Оптимальний фільтр Калмана-Б'юсі	2
	Самостійна робота 9	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	12
8	Лекція 17	Оптимальні автоматичні системи. Критерії оптимальності. Загальна характеристика задачі оптимізації	2
	Лекція 18	Методи рішення задачі синтезу оптимального управління. Аналітичне конструювання регуляторів	2
	Самостійна робота 10	Підготовка до лабораторної роботи 3	2
	Лабораторна робота 3	Аналіз лінійної системи при впливі випадкового корисного сигналу і випадкового шуму.	4
	Самостійна робота 11	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до захисту курсового проекту. Складання тлумачного словника на англійській мові. Підготовка до іспиту.	13
Всього за змістовий модуль 2 – 90 год. (лекцій – 18 год., ПЗ – 4 год., ЛР – 12 год., СР – 56 год.)			
Всього з навчальної дисципліни – 180 год. (лекцій – 36 год., ПЗ – 12 год., ЛР – 12 год., СР – 120 год.)			

12. Система оцінювання та вимоги

Загальна система оцінювання: Навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Робота здобувача впродовж семестру/еказамен (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. Як визначається математичне чекання сталого випадкового процесу на виході лінійної системи, на яку діє стаціонарний випадковий вплив $X(t)$?
2. Запишіть зв'язок між кореляційними функціями сталого випадкового процесу на вході і виході системи.
3. Запишіть зв'язок між спектральними щільностями випадкового процесу на вході і виході системи.
4. Яка залежність кореляційної функції і дисперсії сталого випадкового процесу на виході системи від спектральної щільності вхідного впливу?
5. Як визначається спектральна щільність вихідного сигналу для загального випадку, коли система знаходиться під впливом двох статистично взаємозалежних стаціонарних випадкових процесів $X(t)$ і $F(t)$?
6. Як визначається спектральна щільність для випадку, коли процеси $X(t)$ і $F(t)$ статистично незалежні?
7. Запишіть вирази для обчислення кореляційної функції $R_Y(\tau)$, дисперсії D_Y і середнього квадратичного відхилення σ_Y процесу $Y(t)$ при спільній дії задаючого і збурюючого впливів.
8. Який випадковий процес називається “білим шумом”?
9. Як визначається кореляційна функція білого шуму?
10. Запишіть вираз для кореляційної функції $R_Y(\tau)$ і дисперсії D_Y вихідного сигналу $Y(t)$ через імпульсну перехідну функцію системи $k(t)$ для випадку, коли до системи прикладений вплив $X(t)$ у виді білого шуму.
11. Запишіть вираз для кореляційної функції $R_Y(\tau)$ і дисперсії D_Y процесу $Y(t)$ для випадку, якщо кореляційна функція $R_X(\tau)$ білого шуму дорівнює $\delta(\tau)$, чому відповідає значення спектральної щільності S_X рівне 1.
12. Як відбувається зведення прикладеного до системи впливу до типового впливу типу “білий шум”?
13. Запишіть порядок визначення параметрів стаціонарного формуючого пристрою.
14. Запишіть вираз для визначення частотної характеристики $W_{эк}(j\omega)$ еквівалентної схеми системи, до входу якої замість реального випадкового впливу $X(t)$ підводиться білий шум із кореляційною функцією, рівною $\delta(\tau)$.
15. Як визначається імпульсна перехідна функція $k_{эк}(t)$, що відповідає $W_{эк}(j\omega)$?
16. Запишіть вираз для визначення кореляційної функції $R_Y(\tau)$ і дисперсії D_Y сталого випадкового процесу $Y(t)$ на виході еквівалентної системи.

17. Як визначається динамічна точність систем автоматичного управління при впливі корисного сигналу $X(t)$ і завади $F(t)$?
18. Запишіть вираз для помилки системи при випадкових впливах.
19. Як визначається регулярна складова $m_\theta(t)$ випадкової помилки $\theta(t)$?
20. Як визначаються статистичні імовірнісні характеристики центрованої складової помилки $\overset{0}{\theta}(t)$?
21. Запишіть вираз для обчислення середньої квадратичної помилки і середнього квадратичного відхилення помилки.
22. Як визначається середньоквадратичне значення помилки $\theta_{с.к.}$?
23. Яка передатна функція системи називається оптимальною при використанні критерію середньоквадратичної помилки?
24. Приведіть порядок визначення спектральної щільності і дисперсії помилки системи, на вхід якої надходить задаючий вплив (корисний сигнал) $X(t)$, спектральна щільність якого $S_X(\omega)$.
25. Приведіть порядок визначення спектральної щільності і дисперсії помилки системи, на вхід якої надходить задаючий вплив $X(t)$ і завада $F(t)$, для випадків, коли $X(t)$ і $F(t)$ некорельовані і для випадку, коли процеси корельовані.
26. У чому полягає суть графічного методу визначення дисперсії помилки D_θ .
27. Як визначається дисперсія помилки системи аналітичним шляхом?
28. Як використовувати таблиці значень стандартних інтегралів для визначення D_θ ?
29. Які існують методи рішення задачі попереднього створення математичної моделі параметрів складних динамічних об'єктів, повний апріорний математичний опис яких не відомий?
30. Поясніть метод визначення імпульсної перехідної функції об'єкта $k(t)$, заснований на використанні інтегралів згортки і кореляції.
31. Як визначається $k(t)$ для окремого випадку, коли сигналом на вході є білий шум з одиничною спектральною щільністю?
32. Запишіть етапи рішення задачі визначення динамічних характеристик об'єкта.
33. У чому полягає сутність методу типової ідентифікації?
34. Як користуватися таблицями типової ідентифікації?
35. У яких випадках застосовуються методи визначення числових характеристик стаціонарних випадкових процесів шляхом моделювання?

36. Які фактори впливають на вибір методу визначення характеристик стаціонарного випадкового процесу в системі шляхом моделювання?
37. Перерахуєте і дайте коротку характеристику методів визначення числових характеристик випадкового процесу в системі шляхом моделювання.
38. У чому полягає задача відшуку (синтезу) оптимальної системи?
39. Дайте характеристику методів синтезу оптимальних систем на основі критерію мінімуму середньоквадратичної помилки.
40. Поясніть суть методики рішення задачі синтезу оптимальних параметрів коригувальних ланок при заданій структурі системи управління.
41. Приведіть рішення задачі на конкретному прикладі. Вирішіть задачу аналітичним і графічним шляхом.
42. Як виконується рішення задачі синтезу оптимальних параметрів з урахуванням статичних властивостей системи і показників якості перехідного процесу?

14. Рекомендована література та інформаційні ресурси

Основна (базова) література

1. Статистичні методи дослідження електромеханічних систем: Підручник для вузів. - Х.: НТУ “ХПІ”, 2006. - 304 с.
2. Кузнецов Б. І., Василець Т. Ю., Нікітіна Т.Б. Статистичні методи дослідження електромеханічних систем: Підручник для вузів. – Харків, 2005. - 269 с.
3. М. М. Притула, О. Є. Онишко. Практикум із теорії статистики: навч. посібник для вищих навч. закладів. Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, Львівський банківський ін-т. - Львів: Компакт-ЛВ, 2006. - 224 с.
4. Александров Є.Є., Голуб О.П., Кузнецов Б.І., Соляник В.П. Теорія автоматичного керування. – Харків. НТУ “ХПІ” т.№2, 2000 – 160 с.

Додаткова (допоміжна) література

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. П58 Теорія автоматичного керування: Підручник. - 2-ге вид., перероб. і догі. - К.: Либідь, 2007. - 656 с.
2. Голюк П.Ф., Гречин Т.М. Теорія автоматичного керування: Навчальний посібник. – Л: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с.
3. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Высшая шк. Головное изд-во, 1989. -431с.
4. Бесекерский В. А. , Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – М: «Профессия», 2004. – 747 с.
5. Жмудь, В. А. Теория автоматического управления. Замкнутые системы : учебное пособие для академического бакалавриата : для студентов вузов, обучающихся по инженерно-техническим направлениям / В. А. Жмудь. - 2-е изд., перераб. и доп. – М: Юрайт, 2018. - 234 с.
6. Теорияавтоматического управления: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. / Н. А. Бабаков, А. А. Воронова и др.; Под ред. А, А,, Воронова.-2-е изд., перераб.и доп. - М.: Высш. шк., 1986. - 504 с.
7. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт..; 2-е изд., перераб. и доп. Т1 / Под ред.. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. - М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 656 с.
8. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – 3-е изд., стереотип. – СПб.: Политехника, 2015. – 302 с.
9. ЛазареваТ. Я., МартемьяновЮ. Ф.Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Там-бов: Изд-воТамб. гос. техн. ун-та, 2004. - 352 с.
10. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1988. - 480 с.

Інформаційні ресурси

Посилання на сторінку навчальної дисципліни в системі дистанційної освіти УІПА
http://do.uipa.edu.ua/course/index.php?categoryid=18