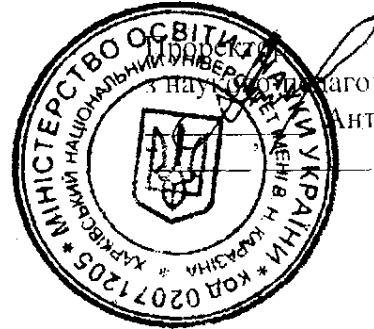


Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



доцента педагогічної роботи

Антон ПАНТЕЛІ-СІМЕОНОВ

2020 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації**

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

вид дисципліни вибіркова

факультет комп'ютерних наук

2020 / 2021 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження вченою радою факультету комп'ютерних наук

“ 31 ” серпня 2020 року, протокол № 1

**РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:**

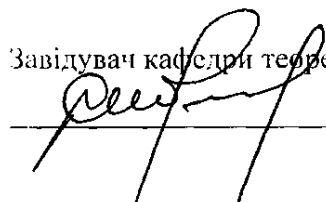
кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

**Бакуменко Ніна Станіславівна**

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

Протокол від “ 31 ” серпня 2020 року № 1

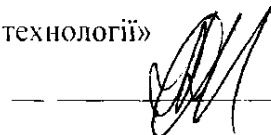
Завідувач кафедри теоретичної та прикладної системотехніки



Сергій ШМАТКОВ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Гарант освітньої програми 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

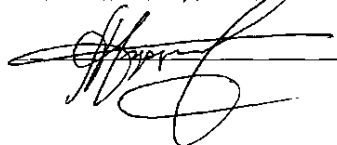


Дмитро ЛАБЕНКО

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від “ 31 ” серпня 2020 року № 1

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук



Анатолій БЕРДНІКОВ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації» розроблена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (бакалаврського) рівня 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є демонстрація методів та принципів побудови моделей об'єктів автоматизації та покращення їх роботи виходячи з цих моделей.

Об'єкт вивчення: сучасна методологія системного підходу до ідентифікації та моделювання об'єктів автоматизації, орієнтована на вироблення найкращої стратегії роботи цих об'єктів.

Предмет вивчення. об'єкти автоматизації незалежно від їх призначення, складності та природи виникнення.

1.2. Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є одержання студентами базових знань про методи моделювання об'єктів автоматизації, набуття практичних навичок з побудови і дослідження моделей об'єктів автоматизації.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі компетентності.

#### *Інтегральна компетентність*

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів галузі.

#### *Загальні компетентності (ЗК)*

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

#### *Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)*

ФК 3. 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.

ФК5. Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

ФК7. Здатність обґрунтовувати вибір технічної структури та вміти розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів.

1.3. Кількість кредитів – 12

1.4. Загальна кількість годин – 360

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Вибіркова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання

Рік підготовки	
3,4-й	-й
Семестри	
6, 7-й	-й
Лекції	
48 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
64 год.	год.
Лабораторні заняття	
48 год.	год.
Самостійна робота	
200 год.	год.
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Відповідно до вимог освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки за результатами вивчення дисципліни студенти повинні – знати:

- основні поняття теорії автоматичного керування (поняття суб'єкта, об'єкта автоматизації, структурної, функціональної та принципової схем їх роботи);
- методикау ідентифікації простих об'єктів автоматизації;
- методи визначення умов ефективної їх роботи;
- методології та сучасні технології моделювання;
- методи і алгоритми ідентифікації та моделювання;
- особливості досліджень безперервних і дискретних і об'єктів управління;
- основні положення автоматизації як наукових, так і промислових досліджень в задачах ідентифікації та моделювання технічних систем;

уміти:

- збирати та систематизувати вихідні дані досліджуваних процесів;
- методами визначення характеристик і параметрів об'єктів автоматизації;
- складати математичний опис об'єктів управління;
- орієнтуватися і обґрунтовано застосовувати методи і алгоритми моделювання;
- проводити дослідження та обробляти результати з метою отримання математичних моделей в рамках процесу проектування систем управління;

мати уявлення:

- про методи аналізу моделей об'єктів управління;
- про методи інтерпретації результатів моделювання
- про роль методів комп'ютерного моделювання для аналізу сучасних складних технічних систем;
- перспективи розвитку комп'ютерного моделювання; про основні проблеми розробки сучасного програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання.

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі *програмні результати навчання (ПРН)*.

ПРН1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику, теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації.

ПРН 6. 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.

ПРН 8. Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

*Розділ 1. Основні підходи до моделювання об'єктів автоматизації.*

*Тема 1. Історія та основи моделювання.*

Передумови створення моделей та історичний аспект. Методологія моделювання. Типізація та вибір найкращої моделі. Математичні моделі як найбільш функціональні. Отримання робочих моделей прикладних об'єктів автоматизації.

*Тема 2. Основні приклади моделей автоматизації.*

Основні робочі приклади моделей автоматизації. Статичні та динамічні моделі. Моделі з використанням рівняння стану ідеального газу. Математична модель ресивера (на водяній парі). Оцінювання ефективності використання моделей.

*Тема 3. Ієрархічні системи керування та їх властивості.*

Типова структура та приклади ієрархічних схем. Застосування в практичних цілях. Методика ідентифікації та моделювання. Особливості технологічних процесів з ієрархічними схемами керування.

*Тема 4. Структурний аналіз об'єкта.*

Класи систем за субстанціональною ознакою: природні, що існують в об'єктивній дійсності (нежива і жива природа, суспільство); концептуальні, або ідеальні системи, які відображають реальну дійсність, об'єктивний світ; штучні, які створені людиною для досягнення конкретної мети (технічні або організаційні).

*Тема 5. Моделювання технічної структури складних систем керування.*

Використання методів теорії інформації та прийняття рішень для опису поведінки систем. Використання поряд із з кількісною інформацією методи (диференціальні, різницеві рівняння і т. д.) якісної інформації, зокрема, теорію нечітких множин.

*Розділ 2. Функціональне моделювання.*

*Тема 6. Наближення кубічними сплайнами.*

Використання кубічних сплайнів для наближення спостережуваних параметрів в найбільш допустимих практичних рамках. Для розв'язування моделі використовується система лінійних алгебраїчних рівнянь, що спрощує знаходження потрібних параметрів. пропонується розв'язувати її також в середовищі MS Excel.

*Тема 7. Модель ресивера з термодатчиками.*

Типова схема ресивера з термодатчиками. Методика регулювання термодатчиків та математична модель. Визначення параметрів ефективної роботи ресивера та особливостей моделювання і урахуванням цих параметрів.

*Тема 8. Модель з'єднання послідовних ресиверів з датчиками.*

Типові схеми послідовних ресиверів з датчиками. Методика їх моделювання з урахуванням поставлених цілей автоматизації. Узагальнення отриманих схем.

*Тема 9. Моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів.*

Методика моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів. Перетворення та дослідження математичних моделей об'єктів з розподіленими параметрами. Математичне моделювання об'єктів у декартовій та у циліндричній системах координат.

*Тема 10. Дослідження динаміки об'єктів моделювання методом частотних*

характеристик.

Частотний метод отримання динамічних характеристик. Методика експериментального визначення частотних характеристик. Визначення гармонічних складових вихідних коливань неправильної форми. Апроксимація годографа АФХ передаточними функціями. Програми апроксимації методом найменших квадратів (МНК).

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Всього	у тому числі:				
Л		ПЗ	Лаб. роб.	Інд.	СР	
1	2	3	4	5	6	7
<i>Розділ 1. Основні підходи до моделювання об'єктів автоматизації.</i>						
<i>Тема 1.</i> Історія та основи моделювання.	38	4	2	12		20
<i>Тема 2.</i> Основні приклади моделей автоматизації.	58	16	4	8		30
<i>Тема 3.</i> Ієрархічні системи керування та їх властивості.	38	4	2	12		20
<i>Тема 4.</i> Структурний аналіз об'єкта.	46	4	4	8		30
<i>Тема 5.</i> Моделювання технічної структури складних систем керування.	54	4	2	8		40
Контрольна робота за розділом 1	6		2			4
Усього за розділом 1	240	32	16	48		144
<i>Розділ 2. Функціональне моделювання.</i>						
<i>Тема 6.</i> Наближення кубічними сплайнами.	24	4	10			10
<i>Тема 7.</i> Модель ресивера з термодатчиками.	24	4	10			10
<i>Тема 8.</i> Модель з'єднання послідовних ресиверів з датчиками.	20	2	8			10
<i>Тема 9.</i> Моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів.	24	4	10			10
<i>Тема 10.</i> Дослідження динаміки об'єктів моделювання методом частотних характеристик.	20	2	8			10
Контрольна робота за розділом 2	8		2			6
Усього за розділом 2	120	16	48			56
<b>Усього годин</b>	<b>360</b>	<b>48</b>	<b>64</b>	<b>48</b>		<b>200</b>

### 4. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Етапи моделювання. Чисельний експеримент.	6
2	Математичні моделі. Моделі динамічних процесів.	6
3	Математична модель ресивера (на водяній парі).	6
4	Оцінювання ефективності використання моделей.	6
5	Застосування прикладів ієрархічних схем в практичних цілях. Методика ідентифікації та моделювання.	6

6	Структурний аналіз об'єкта.	6
7	Моделювання технічної структури складних систем керування.	6
8	Використання методів теорії інформації та прийняття рішень для опису поведінки систем.	6
	Разом	48

### Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методологія моделювання. Типізація та вибір найкращої моделі.	4
2	Етапи моделювання. Чисельний експеримент.	4
3	Експериментальне визначення часових характеристик об'єктів керування.	4
4	Синтез складних систем керування.	4
5	Використання кубічних сплайнів	4
6	Типова схема ресивера з термодатчиками.	4
	Методика регулювання термодатчиків.	4
7	Визначення параметрів ефективної роботи ресивера та особливостей моделювання і урахуванням цих параметрів.	4
8	Модель з'єднання послідовних ресиверів з датчиками.	4
9	Типові схеми послідовних ресиверів з датчиками.	4
10	Методика моделювання типових схем послідовних ресиверів з датчиками з урахуванням поставлених цілей автоматизації.	4
11	Моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів.	4
12	Методика моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів.	4
13	Перетворення та дослідження математичних моделей об'єктів з розподіленими параметрами.	4
14	Математичне моделювання об'єктів у декартовій та у циліндричній системах координат.	4
15	Частотний метод отримання динамічних характеристик..	4
16	Методика експериментального визначення частотних характеристик	4
	Разом	64

### 5. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методологія моделювання. Типізація та вибір найкращої моделі.	8
2	Статичні та динамічні моделі. Оцінювання ефективності використання моделей.	18
3	Типова структура та приклади ієрархічних схем. Методика ідентифікації та моделювання. Особливості технологічних процесів з ієрархічними схемами керування	8
4	Структурний аналіз об'єкта.	8
5	Моделювання технічної структури складних систем керування.	8
6	Використання методів теорії інформації та прийняття рішень для опису поведінки систем (диференціальні, різницеві рівняння і т. д.).	10

7	Використання якісної інформації ( теорії нечітких множин).	8
6	Використання кубічних сплайнів	10
7	Дескриптивні, імітаційні, статистичні та логічні комп'ютерні моделі.	8
8	Визначення параметрів ефективної роботи ресивера та особливостей моделювання і урахуванням цих параметрів.	8
9	Типові схеми послідовних ресиверів з датчиками. Узагальнення отриманих схем.	8
10	Моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів.	10
11	Методика моделювання об'єктів із просторовим розподіленням параметрів.	8
12	Перетворення та дослідження математичних моделей об'єктів з розподіленими параметрами	8
13	Математичне моделювання об'єктів у декартовій та у циліндричній системах координат.	8
14	Дослідження динаміки об'єктів моделювання методом частотних характеристик.	8
15	Частотний метод отримання динамічних характеристик. Методика експериментального визначення частотних характеристик. Визначення гармонічних складових вихідних коливань неправильної форми.	10
16	Апроксимація годографа АФХ передаточними функціями. Програми апроксимації методом найменших квадратів (МНК).	10
17	Підготовка до підсумкових контрольних робіт 1,2	8
	Разом	200

### 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання пов'язане із застосуванням методів ідентифікації та моделювання об'єктів автоматизації в конкретному завданні, розробкою програми для його реалізації і обґрунтуванням корисності і ефективності прийнятого рішення.

Індивідуальне завдання виконується у вигляді курсової роботи.

### 7. Методи навчання

Як правило, лекційні та практичні заняття проводяться аудиторно. В умовах дії карантину заняття проводяться відповідно до Наказу ректора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (аудиторно або дистанційно за допомогою платформ Google Meet або Zoom).

### 8. Методи контролю

Контроль роботи студентів при вивченні дисципліни і засвоєння ними навчального матеріалу здійснюється на практичному занятті шляхом проведення поточних опитувань, контрольних опитувань і захисту звітів по індивідуальних завданнях. Підсумковий контроль здійснюється при виконанні 2 контрольних робіт і на заліку та іспиті.

Студенти, що не захистили впродовж 2 семестрів 2 контрольні роботи, а також що не представили і не захистили звіти з індивідуальних завдань, до заліку та іспиту не допускаються.



Заліковий або екзаменаційний квиток містить два теоретичних і одне практичне питання. Максимальна кількість балів за відповіді на кожне теоретичне питання складає по 12 балів, на практичне питання - 16 балів. Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді заліку та іспиту.

При дистанційному навчанні видача практичних завдань та контроль їх виконання здійснюється за допомогою сервісу дистанційного навчання Google Classroom. Лекційні заняття проводяться із використанням сервісу відео-конференцій Google Meet. Підсумковий контроль у вигляді екзамену (заліку) проводиться шляхом відповіді на екзаменаційний білет та онлайн опитування (сервіси відео-конференцій Google Meet, Google Classroom).

### 9. Схема нарахування балів

#### Підсумковий контроль в формі заліку

Поточне оцінювання та самостійна робота					Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Разом	Залік	Сума
Розділ 1								
T1	T2	T3	T4	T5	1	60	40	100
7	14	7	14	7	11			

T1, T2 ... – теми розділів.

- За темою T1 розділу 1 студент отримує 7 балів за виконання практичної роботи 1.
- За темою T2 розділу 1 студент отримує 14 балів за виконання практичних робіт 2,3.
- За темою T3 розділу 1 студент отримує 7 балів за виконання практичної роботи 4.
- За темою T4 розділу 1 студент отримує 14 балів за виконання практичних робіт 5, 6.
- За темою T5 розділу 1 студент отримує 7 балів за виконання практичної роботи 7.

#### Підсумковий контроль в формі екзамену

Поточне оцінювання та самостійна робота					Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 2								
T6	T7	T8	T9	T10	1	60	40	100
9	9	9	9	9	15			

T1, T2 ... – теми розділів.

- За темою T6 розділу 2 студент отримує 9 балів за виконання практичної роботи 1.
- За темою T7 розділу 2 студент отримує 9 балів за виконання практичної роботи 2.
- За темою T8 розділу 2 студент отримує 9 балів за виконання практичної роботи 3.
- За темою T9 розділу 2 студент отримує 9 балів за виконання практичної роботи 4.
- За темою T10 розділу 2 студент отримує 9 балів за виконання практичної роботи 5.

#### Критерії оцінювання знань студентів за практичні роботи

Вимоги	Кількість балів
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача.</li> <li>▪ Визначає рівень поінформованості, потрібний для прийняття рішень. Вибирає інформаційні джерела.</li> <li>▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє вміннями творчо-пошукової діяльності.</li> </ul>	5
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання – повні, з деякими огріхами, виконані без допомоги викладача.</li> <li>▪ Планує інформаційний пошук; володіє способами систематизації інформації;</li> <li>▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності.</li> </ul>	4

Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається неповнотою виконання без допомоги викладача.</li> <li>▪ Студент може зіставити, узагальнити, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях.</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача.</li> <li>▪ Застосовує запропонований викладачем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі з підручником, науковими джерелами;</li> <li>▪ Вибирає відомі способи дій для виконання фахових методичних завдань.</li> </ul>	2
Завдання відзначається фрагментарністю виконання за консультацією викладача або під його керівництвом.	1

### Критерії оцінювання знань студентів за контрольні роботи

Вимоги	Кількість балів
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати закони та закономірності, структурувати судження, умовиводи, доводи, описи.	8-10
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати операції, правила, алгоритми, правила визначення понять.	5-7
Повнота виконання завдання елементарна, студент здатен вибирати відомі способи дій для виконання фахових завдань.	3-5
Повнота виконання завдання фрагментарна.	1-2

### Критерії оцінювання залікових робіт студентів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

### Критерії оцінювання екзаменаційних робіт студентів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання навчального матеріалу в обсязі, який необхідний по спеціальності, але допущені помилки.	20-30

Показано повне знання навчального матеріалу в обсязі, який необхідний по спеціальності, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти спеціальність.	1-5

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

### 10. Основна література

1. Киричков В. Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами. – Киев: Вища школа, 1990 – 263 с.
2. Ладиев Р. Я., Остапенко Ю. А., Кубрак А. И., Кваско М. З. Аналитические методы описания объектов управления с сосредоточенными параметрами, ч.І. – Киев, КПИ, 1973, 119 с.
3. Ладиев Р. Я., Остапенко Ю. А., Кубрак А. И., Кваско М. З. Аналитические методы описания объектов управления с сосредоточенными параметрами, ч.ІІ. – Киев, КПИ, 1973, 108 с.
4. Н. Г. Бишевец, А. І. Кузьмичов, Н. В. Омецинська, Т. В. Юсипів. Ймовірнісне та статистичне моделювання в Excel для прийняття рішень: навч. посіб. / Н. Г. Бишевец, А. І. Кузьмичов, Н. Г. Омецинська, Т. В. Юсипів. – К. : АМУ, 2012. – 200 с.
5. Остапенко Ю. О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник для студентів вищих закладів освіти, що навчаються за напрямком «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – К.: Задруга, 1999. – 424 с.

### Допоміжна література

1. Бордюженко О.М. Основи системного аналізу: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2008. - 113 с.
2. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу. Навч. посібник. - Вінниця: Нова книга, 2004. - 176 с.
3. Системний аналіз складних систем управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

### 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

<http://lib.chdu.edu.ua/pdf/posibnuku/33/3.pdf>

<https://studopedia.org/4-164729.html>

[http://pidruchniki.com/12281128/menedzhment/modeli\\_metodi\\_priynyattya\\_optimalnih\\_rishen](http://pidruchniki.com/12281128/menedzhment/modeli_metodi_priynyattya_optimalnih_rishen)