

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

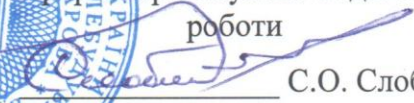
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра комп'ютеризованих систем управління



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної
роботи


С.О. Слободян

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

РОБАСТНО-ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Robust-optimal control of dynamic systems

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

тип дисципліни обов'язкова

мова(и) викладання українська/англійська (за проханням студентів)

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Миколаїв – 2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Робастно-оптимальне керування динамічними системами» є однією із обов'язкових складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» за освітньо-науковою програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» третього рівня вищої освіти.

06.01.2025 року. – 12 с.

Розробники: Герасін О.С., канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Робастно-оптимальне керування динамічними системами» розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління

Протокол № 6 від 16.01.25 р.

Завідувач кафедри

д-р техн. наук, професор



Черно О.О.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Робастно-оптимальне керування динамічними системами» узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми

д-р техн. наук, професор



Тимченко В. Л.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Робастно-оптимальне керування динамічними системами» розглянуто Методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки.

Протокол № 2 від 20.02.2025 р.

Голова



Жук Д.О.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Робастно-оптимальне керування динамічними системами» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу



Лабарткава А. В.

Робоча програма навчальної дисципліни «Наукові основи автоматизації керування динамічними системами» затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 2 від 26.02.2025 р.

Голова НМР НУК



© Герасін О.С., 2025

© НУК, 2025

Анотація

Навчальна дисципліна «Робастно-оптимальне керування динамічними системами» є основою теоретичних та практичних знань та вмінь для проведення фундаментальних і прикладних досліджень в галузі автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки. Метою викладання дисципліни є формування у здобувачів компетентностей, необхідних для наукової та науково-педагогічної діяльності в області розробки та дослідження систем керування динамічними об'єктами, а також знань, вмінь необхідних у їх подальшій професійній діяльності. Завданням вивчення навчальної дисципліни є засвоєння здобувачами методів та видів моделювання багатовимірних нелінійних нестационарних динамічних систем; знання способів та засобів синтезу робастно-оптимальних систем керування; формування навичок аналізу результатів моделювання динамічних процесів, що протікають у компонентах систем; вміння оптимізувати керовані процеси та обґрунтовувати досягнення заданої якості керованих процесів.

Ключові слова: багатовимірні нелінійні нестационарні динамічні системи, робастно-оптимальні системи керування.

Abstract

The educational discipline "Scientific bases of automation of control of dynamical systems" is the basis of theoretical and practical knowledge and skills for conducting fundamental and applied research in the field of automation, computer-integrated technologies and robotics. The purpose of teaching the discipline is the formation of students' competencies necessary for scientific and scientific-pedagogical activities in the field of development and research of control systems of dynamical objects, as well as knowledge and skills necessary for their further professional activities.

The task of studying the educational discipline is to master the methods and types of modeling of multidimensional nonlinear non-stationary dynamical systems; knowledge of methods and means of synthesis of robust and optimal control systems; formation of skills and analysis of the results of simulation of dynamic processes occurring in components of dynamical systems; the ability to optimize controlled processes and justify the achievement of the specified quality of controlled processes.

Keywords: multidimensional nonlinear non-stationary dynamical systems, robust-optimal control systems.

Зміст

1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	9
7. Форми поточного та підсумкового контролю	9
8. Критерії оцінювання результатів навчання	11
9. Засоби навчання.	11
10. Рекомендовані джерела інформації	11

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	Обов’язкова з циклу професійної підготовки доктора філософії	
Модулів – 1	Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		1-й	1-й
Електронна адреса РПНД на сайті університету:			
Загальна кількість годин – 120		Семестри	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи здобувача – 5	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	2-й	2-й
		Лекції	
		30 год	10 год
		Практичні заняття	
		15 год	6 год
		Самостійна робота	
		75 год	104 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
Вид контролю: екзамен			
Форма контролю: усна / письмова			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у здобувачів наукового ступеня відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та з дотичних до міждисциплінарних напрямів на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності (у відповідності до ОНП ЗК4);
- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, керування складними організаційно-технічними чи кіберфізичними системами та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях (СК1);
- здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та викладацькій діяльності (СК3);
- здатність створювати новітні системи автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології, розробляти їх технічне, інформаційне, математичне, програмне та організаційне забезпечення із застосуванням сучасних інформаційних технологій, інструментів та компонентів (СК5).

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни немає.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів наукового ступеня таких результатів навчання:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та з дотичних міждисциплінарних напрямів, розуміти методологію наукових досліджень. Уміти застосовувати їх у власних дослідженнях, скерованих на отримання нових знань та/або здійснення інновацій, та у викладацькій практиці (у відповідності до ОНП РН1);
- розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів і процесів автоматизації, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних розробок у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних міждисциплінарних напрямів (РН3);
- планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих комплексів та їх складових з використанням сучасних методів дослідження, технічних, програмних засобів та з дотриманням норм академічної і професійної етики. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані (РН4);
- розробляти і застосовувати сучасні методи аналізу, синтезу, оптимізації, проектування та дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів (РН6);
- застосовувати сучасні цифрові технології, мікропроцесорні засоби, мехатронні компоненти, спеціалізоване програмне забезпечення, для створення новітніх систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх технічного, інформаційного, математичного, програмного та організаційного забезпечення (РН7).

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Робастно-оптимальне керування динамічними системами.

Змістовий модуль 1. Основні компоненти та принципи побудови динамічних систем.

Тема 1. Характеристики, функціональні, структурні схеми побудови динамічних систем. [1, с. 55-190], [3, с. 11-40], [2, с. 315-329].

Тема 2. Загальні принципи побудови моделей динамічних систем. Керованість та спостережуваність. [1, с. 58-76], [2, с. 352-358].

Змістовий модуль 2. Моделювання багатовимірних нелінійних нестационарних динамічних систем.

Тема 3. Лінійні багатовимірні математичні моделі динамічних об'єктів. [1, с. 139-190], [2, с. 333-341].

Тема 4. Нелінійні та нестационарні математичні моделі динамічних об'єктів. Методи лінеаризації. [2, с. 21-34], [3, с. 41-58].

Тема 5. Стохастичні математичні моделі динамічних об'єктів. Сінгулярні збурення. [1, с. 210-214], [2, с. 8-14], [3, с. 11-25].

Змістовий модуль 3. Оптимальне керування динамічними системами.

Тема 6. Класичні методи оптимального керування динамічними системами. Варіаційне числення. [2, с. 137-147], [3, с. 25-40].

Тема 7. Принцип максимуму. [2, с. 147-158].

Тема 8. Планування оптимальних перехідних процесів в динамічних системах. [3, с. 76-112], [4, с. 289-295].

Тема 9. Визначення моментів перемикавання керуючих функцій. Теорема Фельдбаума. [3, с. 85-100], [4, с. 295-301].

Тема 10. Синтез оптимального керування динамічними системами на основі змінних структур. [3, с. 100-112], [4, с. 301-310].

Змістовий модуль 4. Робастне та адаптивне керування динамічними системами.

Тема 11. Робастні властивості ПД регуляторів. [1, с. 693-730].

Тема 12. Синтез робастного керування динамічними системами на основі матричних норм. [2, с. 251-264], [5, с.14-24].

Тема 13. Методи адаптивного керування динамічними системами. Системи з моделлю. [2, с. 251-264], [4, с. 310-323].

Тема 14. Методи адаптивного керування. Градієнтні методи. [3, с. 137-159], [5, с.14-24].

Тема 15. Синтез робастно-оптимального керування динамічними системами. [3, с. 115-136; 160-180].

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Денна форма					Заочна форма				
	Кількість годин									
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
лек.		п.р.	лаб.	с.р	лек.		п.р.	лаб.	с.р	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Основні принципи побудови та динамічних систем.										
Тема 1. Характеристики, функціональні, структурні схеми побудови динамічних систем	13	2	1	–	10	14	-	-	–	14
Тема 2. Загальні принципи побудови моделей динамічних систем. Керованість та спостережуваність.	17	2	2	–	13	16	2	-	–	14
Разом за змістовим модулем 1	30	4	3	–	23	30	2	-	–	28
Змістовий модуль 2. Моделювання багатовимірних нелінійних нестационарних динамічних систем.										
Тема 3. Лінійні багатовимірні	9	2	1	–	6	9	1		–	8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
математичні моделі динамічних об'єктів.										
Тема 4. Нелінійні та нестационарні математичні моделі динамічних об'єктів. Методи лінеаризації.	10	2	2	–	6	11	1	2	–	8
Тема 5. Стохастичні математичні моделі динамічних об'єктів. Сінгулярні збурення.	11	2	2	–	7	10	-		–	10
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	30	6	5		19	30	2	2		26
Змістовий модуль 3. Моделювання багатовимірних нелінійних нестационарних динамічних систем.										
Тема 6. Класичні методи оптимального керування динамічними системами. Варіаційне числення.	6	2	1	–	3	5	-		–	5
Тема 7. Принцип максимуму.	6	2	1	–	3	7	1	1	–	5
Тема 8. Планування оптимальних перехідних процесів в динамічних системах.	6	2	1		3	7	1	1		5
Тема 9. Визначення моментів перемикання керуючих функцій. Теорема Фельдбаума.	6	2	-		4	6	1			5
Тема 10. Синтез оптимального керування динамічними системами на основі змінних структур.	6	2	-		4	5	-			5
<i>Разом за змістовим модулем 3</i>	30	10	3		17	30	3	2		25
Змістовий модуль 4. Робастне та адаптивне керування динамічними системами.										
Тема 11. Робастні властивості ППД регуляторів.	5	2			3	5	-	-		5
Тема 12. Синтез робастного керування динамічними системами на основі матричних норм.	5	2			3	6	1	-		5
Тема 13. Методи адаптивного керування динамічними системами. Системи з моделлю.	7	2	2		3	6	1	-		5
Тема 14. Методи адаптивного керування. Градієнтні методи.	5	2			3	6	1	-		5
Тема 15. Синтез робастно-оптимального керування динамічними системами.	8	2	2		4	7	-	2		5
<i>Разом за змістовим модулем 4</i>	30	10	4	–	16	30	3	2	–	25
<i>Разом</i>	120	30	15		75	120	30	6		104

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Математичний опис динамічних систем. Метод змінних стану.	1	-
2	Векторні та матричні передатні функції.	2	-
Змістовий модуль 2			
3	Моделювання багатовимірних динамічних систем.	2	1
4	Оцінка керованості динамічної системи	1	-
5	Моделювання стохастичних процесів в динамічних системах.	2	1
Змістовий модуль 3			
6	Визначення прямих умов оптимальності	1	1
7	Градієнтні методи оптимізації	2	1
Змістовий модуль 4			
8	Моделювання системи керування морським дроном	2	1
9	Робастне керування квадрокоптером	2	1
	Разом	15	6

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для аспірантів денної та заочної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять –1-2 год. / 1 лекцію;
- підготовка до практичних занять –1-2 год. / 1 заняття;
- підготовка до контрольних заходів – 5-10 год.;

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Підготовка до лекцій	30	30
2	Підготовка до практичних занять	20	30
3	Підготовка до контрольних заходів	20	30
4	Підготовка аналітичного огляду, тез доповіді, статті	5	14
Разом		75	104

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, практичних занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та практичних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на практичних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання завдань практичних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно у Google Meet.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

- екзамен;
- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних практичних завдань;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- презентації здобувачів та виступи на наукових заходах.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточного контролю у вигляді тестових завдань різної складності, перевірки результатів виконання практичних завдань та підсумкового контролю у формі екзамену. Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 30 балів.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми шляхом тестування (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання практичних завдань. Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за поточний модульний контроль у формі тестування – до 24 балів, аналітичний огляд, тези доповіді, статтю – до 10 балів, результатів виконання практичних робіт – до 36 балів, та екзамену – до 30 балів.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру здобувач може отримати від 0 до 100 балів. Право здавати екзамен дається здобувачу, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і

оцінки екзамену. Якщо здобувач не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до екзамену і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок виконання додаткового завдання для самостійного виконання, зокрема участю у науковій конференції з обов'язковою публікацією тез доповідей, або публікацією статті у фаховому вітчизняному чи закордонному виданні, що включено до міжнародних наукометричних баз даних.

Здобувач, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, складає підсумковий семестровий екзамен (що проводиться у письмовій формі в екзаменаційну сесію), до якого він допускається після виконання всіх передбачених елементів модулів, результатом якого є отримання необхідної мінімальної суми 60 балів.

Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів та їх оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичного завдання за темою наукового дослідження

Кількість балів		Критерії оцінювання
денне	заочне	
4	6	Завдання правильне, повне, логічне, містить аналіз, систематизацію, узагальнення і аргументовані висновки.
2	4	Завдання в цілому правильне, достатньо повне та логічне, але має деякі помилки та неточності у висновках.
1	2	Завдання частково правильне, але містить неточності і недостатньо обґрунтовані висновки.
0	0	Завдання не виконане або містить значну кількість суттєвих помилок.

Критерії оцінювання виконання поточного модульного контролю у формі тестування

Кількість балів		Критерії оцінювання у % правильних відповідей
денне	заочне	
6	10	100
4	7	70
2	3	30
0	0	0

Критерії оцінювання підготовки аналітичного огляду, тез доповіді, статті

Кількість балів		Критерії оцінювання
денне	заочне	
10	12	Зміст роботи відповідає обраній темі, наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті та завданням дослідження.
8	8	Зміст роботи відповідає обраній темі, але має поверхневий аналіз, основний матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано.
4	4	Зміст роботи відповідає обраній темі, але має поверхневий аналіз і основний матеріал потребує суттєвих доопрацювань.
0	0	Робота не виконана або не відповідає обраній темі дослідження. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.

Критерії оцінювання екзамену

Кількість балів	Критерії оцінювання
30	Відповідь логічно побудована, здобувач чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання: два запитання з 1-го модулю, два запитання з 2-го модулю.
25	Здобувач спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, але допускає суттєві неточності у відповідях, не завжди належно обґрунтовує відповіді.

Кількість балів	Критерії оцінювання
20	Здобувач неупорядковано дає відповіді на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію.
15	Здобувач неупорядковано дає відповіді на поставлені запитання, робить спроби аргументувати свою позицію, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді.
10	Здобувач демонструє задовільні знання з поставлених запитань, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання, та належно обґрунтувати свою відповідь.
5	Здобувач неупорядковано дає відповіді на поставлені запитання, не спроможний дати відповідь на додаткові запитання, відстоювати свою позицію.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	T1	Практичне заняття № 1	4		
	T2	Практичне заняття № 2	4		
ПМК		Тест	6	Тест	10
ЗМ2	T4	Практичне заняття № 3	4		
	T5	Практичне заняття № 4	4		
	T6	Практичне заняття № 5	4	Практичне заняття № 1	6
ПМК		Тест	6	Тест	10
ЗМ3	T4	Практичне заняття № 6	4		
	T4	Практичне заняття №7	4	Практичне заняття № 2	6
ПМК		Тест	6	Тест	10
ЗМ4	T4	Практичне заняття №8	4		
	T4	Практичне заняття №9	4	Практичне заняття №3	6
ПМК		Тест	6	Тест	10
Підготовка аналітичного огляду, тез доповіді, статті			10	Підготовка аналітичного огляду, тез доповіді, статті	12
Екзамен			30		30
Разом			100		100

9. Засоби навчання

На лекційних заняттях використовуються технічні засоби, а саме: комп'ютер, мультимедійний проектор або інтерактивна дошка. Якщо є можливість інтерактивної дошки або проектора, то наочні пояснення можна організувати таким чином: теоретичні відомості будуть наочно супроводжуватися демонстрацією на інтерактивній дошці (за наявності), або мультимедійному проекторі. Це дає можливість здобувачу чути і бачити матеріал, що сприяє більш ефективному засвоєнню нового. Такі лекції є найдоступнішою і найцікавішою формою викладання нового матеріалу з навчальної дисципліни «Робастно-оптимальне керування динамічними системами».

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Dorf, R., Bishop, R. Modern control systems, Adison - Wesley, 1998. – 832 p.
2. Chaku, F. Modern control theory, Budapest, Akademiani Kiado, 1972. – 410 p.
3. Timchenko, V.L., Robust-optimal stabilization systems for marine moving objects, Palmarium Academic Publishing. OmniScriptum GmbH&Co, Saarbrucken, Germany. 2015, 195 p. ISBN 978-3-659-60065-4.
4. Recent Developments in Automatic Control Systems, Series in Automation, Control and Robotics, In: Y.P. Kondratenko, V.M. Kuntsevich, A.A. Chikrii, V.F. Gubarev (Eds.), Recent

Developments in Automatic Control Systems, Series in Automation, Control and Robotics, River Publishers, Gistrup, 2022, p. 484. ISBN: 978-87-7022-674-5/.

5. Kuntsevich, V.M.: Synthesis of Robust Optimal Adaptive Control Systems for Nonstationary Objects under Bounded Disturbances. In: Journal of Automation and Information Sciences, NY, Begell house inc., vol. 36, issue 3, 2004, pp.14–24.

Допоміжна література

6. Kuntsevich, V.M., et al (Eds): Control Systems: Theory and Applications. Series in Automation, Control and Robotics, River Publishers, Gistrup, Delft, 2018. ISBN: 9788770220248.

7. Timchenko, V.L., Ukhin, O.A. and Lebedev, D.O.: Optimization of nonlinear systems of variable structure for control of marine moving vehicles. In: Intern. Journal of Automation and Information Sciences, NY, Begell house inc., vol. 49, issue 7, 2017, pp. 33–47.

8. Блінцов В.С., Блінцов О.В., Бабкін Г.В., Грицаєнко М.Г. Створення та застосування засобів морської робототехніки для знешкодження підводних потенційно небезпечних об'єктів, Миколаїв: НУК, 2016. – 366 с.

9. Timchenko, V.L., Lebedev, D.O., Optimization of Processes of Robust Control of Quadcopter for Monitoring of Sea Waters. In: Journal of Automation and Information Sciences, NY., Begell house, vol. 51, issue. 2, 2019, pp. 1–10.

10. V. L. Timchenko, Optimization of programmed trajectories of moving object's stabilization based on a control system of variable structure, International Journal of Problems of Control and Informatics, Vol. 66, No. 3, 2022, pp. 61–76.

11. Динамічні системи автоматичного керування та електроприводи / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков та ін.; за ред. М. Г. Поповича, О. Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.

12. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.

13. Субботін С.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник ; під заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009 – 375 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

– Google Scholar або Google Академія: пошукова система і некомерційна бібліометрична база даних, що індексує наукові публікації та наводить дані про їх цитування <https://scholar.google.com.ua/>.

– Портал полегшення процедури оформлення наукових джерел відповідно до вимог Вищої атестаційної комісії (ВАК) України та проходження нормоконтролю при написанні публікацій, курсових, дипломних, дисертацій та інших наукових робіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.vak.org.ua.

– Законодавство України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rada.kiev.ua>; <http://www.nau.kiev.ua>; <http://www.liga.kiev.ua>.

– Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua>.

– Національна парламентська бібліотека України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nplu.kiev.ua>.