

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

T73921



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯЦІЙНИХ РОБОТІВ

Control systems of handling robots

рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)

перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни

обов'язкова

обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання

українська

українська/англійська

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» розроблена для студентів з галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», ОПП «Автоматика та робототехніка».

“12” травня 2025 р. – 12 с.

Розробники: Черно О.О., завідувач кафедри комп'ютеризованих систем управління, доктор техн. наук, професор; Махнова І.В., методист І категорії.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Автоматика та робототехніка»

Гарант ОПП  Іван БІЛЮК

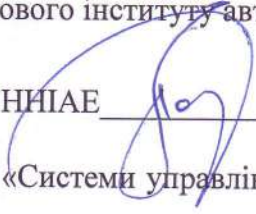
Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління (КСУ).

Протокол № 10 від “12” травня 2025 року.

Завідувач кафедри КСУ  Олександр ЧЕРНО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» розглянуто методичною комісією Навчально-наукового інституту автоматики і електротехніки.

Протокол № 5 від “15” травня 2025 року.

Заступник голови МР НІАЕ  Сергій НОВОГРЕЦЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу  Андрій ЛАБАРТКАВА

Робочу програму навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» затверджено Науково-методичною радою НУК.

Протокол № 5 від “21” травня 2025 року.

Голова НМР НУК  Сергій СЛОБОДЯН

© Черно О.О., 2025 рік
© Махнова І.В., 2025 рік
© НУК, 2025 рік

Анотація

Навчальна дисципліна «Системи управління маніпуляційних роботів» є нормативною дисципліною професійної підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою "Автоматика та робототехніка" зі спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво».

Промислові роботи і збудовані на їх основі роботизовані комплекси є перспективним засобом комплексної автоматизації виробничих процесів. Застосування роботів дозволяє істотно підвищити продуктивність праці, ефективність діючого і заново розробляемого обладнання, а також позбавляє людину від монотонних, фізично важких, ризикованих та шкідливих для здоров'я робіт. Тому, існує потреба у фахівцях у галузі робототехніки.

В курсі вивчаються принципи побудови промислових роботів, математичний опис їх кінематики, основи планування траєкторії маніпулятора, технічний зір роботів, принципи побудови систем автоматичного керування маніпуляційними роботами.

Ключові слова: маніпуляційний робот, системи керування.

Abstract

The discipline "Control systems of handling robots" is a normative discipline of professional training of specialists of the first (bachelor's) level of higher education in the educational-professional program "Automation and robotics" in specialty G7 "Automation, computer-integrated technologies and robotics", field of knowledge G "Engineering, manufacturing and construction".

Industrial robots and robotic complexes built on their basis are a promising means of complex automation of production processes. The use of robots can significantly increase productivity, efficiency of existing and newly developed equipment, as well as relieves people from monotonous, physically difficult, risky and harmful to health work. Therefore, there is a need for specialists in the field of robotics.

The course studies the principles of construction of industrial robots, mathematical description of their kinematics, the basics of planning the trajectory of the manipulator, robot technical vision, the structures of handling robot automatic control systems.

Key words: handling robots, control systems.

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни.....	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	9
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	9
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	9
9. Засоби навчання.....	11
10. Рекомендовані джерела інформації.....	11
Додаток.....	12

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	Галузь знань Г «Інженерія, виробництво та будівництво»	Обов’язкова	
Модулів – 1	Спеціальність G7 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» Освітня програма «Автоматика та робототехніка» Освітній рівень перший (бакалаврський)	Рік підготовки	
Змістових модулів – 2		4-й	–
Електронний адрес РПНД на сайті Університету https://nuos.edu.ua/studentu/polozhennya-nuk/opisopp/opp-avtomatika-tarobotehnika-bakalavr/		Семестр	
		8-й	–
		Лекції	
		30 год.	–
Загальна кількість годин – 120		Практичні роботи	
		15 год.	–
		Лабораторні роботи	
		15 год.	–
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 4		Самостійна робота	
		60 год.	–
		Вид контролю	
		екзамен	–

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета – надбання студентами знань і навичок в області систем управління маніпуляційних роботів.

Завдання – вивчити принципи побудови, кінематику та динаміку маніпуляторів, особливості планування траєкторій, структуру систем автоматичного керування ланками маніпулятора, основні види датчиків, що застосовуються в робототехніці.

Загальні (ЗК) та фахові (ФК) компетентності:

- **ЗК 1.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- **ФК 5.** 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.
- **ФК 6.** Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Передумовами для вивчення навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» є наступні навчальні дисципліни:

- Вища математика;
- Теорія автоматичного керування.

4. Очікувані результати навчання

Програмні результати навчання полягають в наступному:

- **ПРН 4.** Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.
- **ПРН 5.** Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Кінематика та планування траєкторій маніпуляторів.

Тема 1. Основні поняття, класифікація та побудова промислових роботів [1, с. 3-5], [2, с. 30-46], [3, с. 15-30], [4, с. 9-30], 4 год.

Тема 2. Математичний опис руху ланок. Матриці повороту та перетворень [1, с. 5-9], [5, с. 14-33], 4 год.

Тема 3. Пряма задача кінематики [1, с. 9-11], [4, с. 31-35], [5, с. 33-48], 4 год.

Тема 4. Зворотна задача кінематики, планування траєкторії маніпулятора [1, с. 12-20], [5, с. 149-165], [6, с. 9-14], 4 год.

Змістовий модуль 2. Технічний зір, системи очутливлення та структура систем керування маніпуляційними роботами.

Тема 5. Технічний зір роботів. Первинна обробка зображень. Виділення контурів об'єктів. [1, с. 20-27], [7, с. 34-56], 4 год.

Тема 6. Системи очутливлення роботів. [1, с. 32-39], [5, с. 267-288], 4 год

Тема 7. Структурні схеми систем керування ланкою маніпулятора [1, с. 39-44], 4 год

Тема 8. Ієрархічна структура системи управління маніпуляційним роботом [1, с. 44-46], 2 год.

МКР 4 год.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		лек.	лаб.	практ.	с. р.		лек.	лаб.	практ.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Модуль 1. Системи управління маніпуляційних роботів										
Змістовий модуль 1. Кінематика та планування траєкторій маніпуляторів										
Тема 1. Основні поняття, класифікація та побудова промислових роботів	15	4	-	-	11	-	-	-	-	-
Тема 2. Математичний опис руху ланок. Матриці повороту та перетворень	15	4	2	2	7	-	-	-	-	-
Тема 3. Пряма задача кінематики	15	4	2	2	7	-	-	-	-	-
Тема 4. Зворотна задача кінематики, планування траєкторії маніпулятора	15	4	6	2	3	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	60	16	10	6	28	-	-	-	-	-
Змістовий модуль 2. Технічний зір, системи очутливлення та структура систем керування маніпуляційними роботами										
Тема 6. Технічний зір роботів. Первинна обробка зображень. Виділення контурів об'єктів.	16	4	5	5	2	-	-	-	-	-
Тема 8. Системи очутливлення роботів	12	4	-	-	8	-	-	-	-	-
Тема 9. Структурні схеми систем керування ланкою маніпулятора	14	4	-	-	10	-	-	-	-	-
Тема 8. Ієрархічна структура системи управління маніпуляційним роботом	14	2	-	-	12	-	-	-	-	-
Модульна контрольна робота	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	60	14	5	9	32	-	-	-	-	-
Усього годин за модулем 1	120	30	15	15	60	-	-	-	-	-

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна	Заочна
1	Матриці повороту і перетворень	2	-
2	Пряма задача кінематики	2	-
3	Зворотна задача кінематики	2	-
4	Планування траєкторії маніпулятора	4	-
5	Первинна обробка зображень	3	-
6	Виділення контурів об'єктів	2	-
	Разом	15	-

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна	Заочна
1	Матриці повороту і перетворень	2	-
2	Пряма задача кінематики	2	-
3	Зворотна задача кінематики	2	-
4	Первинна обробка зображень	3	-
5	Виділення контурів об'єктів	2	-
6	Модульна контрольна робота	4	-
	Разом	15	-

Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти є однією з форм організації навчання, основною формою оволодіння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений для засвоєння здобувачем вищої освіти в процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався при проведенні навчальних занять.

Розподіл годин самостійної роботи для денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 1 год. / на 1 лекцію;
- підготовка до лабораторних робіт – 1 год. / 1 робота;
- підготовка до контрольних заходів – 8 год. / 1 захід.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лекцій	14
2	Підготовка до виконання лабораторних робіт	9
3	Підготовка до виконання практичних робіт	9
4	Підготовка до контрольних заходів	28
	Разом	60

Індивідуальне науково дослідне завдання

Студент має можливість отримати виконання індивідуальне науково-дослідне завдання за тематикою дисципліни, або проєктне завдання, пов'язане з його діяльністю на виробництві, або з модернізацією лабораторної бази університету.

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

Методи навчання:

- лекція;
- ілюстрування;
- лабораторна робота;
- інструктаж;
- робота з літературою;
- методи контролю і самоконтролю:
 - контрольні роботи;
 - лабораторний контроль.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- презентації результатів виконання завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- завдання на лабораторному та комп'ютерному обладнанні.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом контролю виконання лабораторних робіт, їх захисту та підсумкового контролю у формі письмової модульної контрольної роботи. Додаткові бали студент отримує за правильні відповіді на лекціях (від 3 до 7 балів в залежності від складності питання).

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Студент також має можливість отримати додаткові бали за виконання індивідуального завдання, пов'язаного з його діяльністю на виробництві, або з модернізацією лабораторної бази університету. Кількість балів за виконання індивідуального завдання може складати від 0 до 100 балів в залежності від його рівня та обсягу.

Семестровий підсумковий контроль здійснюється в письмовій формі у вигляді тестування. Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, пише підсумкову семестрову залікову роботу (проводиться у письмовій формі у вигляді тестів). Максимальна кількість балів за підсумкову залікову роботу становить 20 балів. Результуюча оцінка виставляється відповідно до шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання

Сума балів за результатом підсумкового контролю	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82 – 89	B
74 – 81	C
64 – 73	D
60 – 63	E
35 – 59	FX
0 – 34	F

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Зарахування лабораторної роботи здійснюється за трьома умовами:

- виконання роботи;
- підготовка звіту;
- захист звіту.

Рівень виконання лабораторної роботи оцінюється за наступними критеріями.

Кількість балів		Критерії оцінювання
Денна форма	Заочна форма	
6	-	Роботу виконано самостійно у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі, мету написання програми, складає алгоритм раціонального вирішення поставленої задачі. У висновках проведено коректну інтерпретацію результатів. Звіт відповідає встановленим вимогам.
5	-	Роботу виконано із підказками викладача у встановлений термін. Студент складає алгоритм розв'язання поставленої задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
4	-	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
3	-	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Складає звіт, що містить неточності і помилки.
2	-	Роботу виконано під керівництвом викладача з порушенням встановленого терміну. Студент пише програму за складеним під керівництвом викладача алгоритмом вирішення поставленої задачі. Складає звіт, що містить неточності і помилки.
0	-	Робота не виконується.

Рівень виконання практичної роботи оцінюється за наступними критеріями.

Кількість балів		Критерії оцінювання
Денна форма	Заочна форма	
5	-	Роботу виконано самостійно у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі, мету написання програми, складає алгоритм раціонального вирішення поставленої задачі. У висновках проведено коректну інтерпретацію результатів. Звіт відповідає встановленим вимогам.
4	-	Роботу виконано із підказками викладача у встановлений термін. Студент складає алгоритм розв'язання поставленої задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
3	-	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
2	-	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Складає звіт, що містить неточності і помилки.
1	-	Роботу виконано під керівництвом викладача з порушенням встановленого терміну. Студент пише програму за складеним під керівництвом викладача алгоритмом вирішення поставленої задачі. Складає звіт, що містить неточності і помилки.
0	-	Робота не виконується.

Модульна контрольна робота містить 17 питань. Кожна відповідь оцінюється за наступними критеріями:

Кількість балів		Критерії оцінювання
Денна форма	Заочна форма	
2	-	Відповідь правильна та обґрунтована.
1	-	Відповідь частково правильна, містить принципові помилки.
0	0	Відповідь відсутня, або повністю невірна.

Розподіл балів, які отримують студенти

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних робіт	6х6 балів = 36 балів	-
Виконання практичних робіт	5х6 балів = 30 балів	-
Модульна контрольна робота	17х2 бали = 34 бали	-
Всього	100 балів	-

9. Засоби навчання

Для досягнення мети дисципліни та набуття бажаних результатів навчання передбачено застосування наступних засобів навчання:

- демонстраційні лабораторні стенди;
- комп'ютери;
- обчислювальне середовище Mathcad.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Черно О.О. Системи управління маніпуляційних роботів: Конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. О. Черно. – Миколаїв, 2023. – 46 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1TxujVjrHUi8UBcVZjXqokPKKYG4yG78O/view?usp=share_link
2. Морзе Н.В. Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 с. Режим доступу: https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/f49ee634-1909-4c5d-ab78-0ff34a693f94/book_Robotics.pdf
3. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 112 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41388/1/RTS.pdf>
4. Цвіркун Л.І. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І. Цвіркун, Г. Грулер ; під заг. ред. Л.І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с. Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Tsvirkun_2017_224.pdf
5. Fu, Gonzalez, Lee. Robotics: control, sensing, vision and intelligence, 1987. – 584 p. Режим доступу: <https://www.slideshare.net/zakianwer/robotics-53241477>
6. Черно О.О. Системи управління маніпуляційних роботів: Методичні вказівки до лабораторних робіт / О.О. Черно, А.П. Гуров, М.В. Покровський, О.Л. Авдєєва. – Миколаїв : НУК, 2023. – 41 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1SH41eRZjRMHNSAuQhIGNqXeKCplBG_P5/view?usp=share_link
7. Вовк С.М. Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навч. посіб. / С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. – Д.: ЛІРА, 2016. – 148 с. Режим доступу: https://it.nmu.org.ua/ua/scientific_method_materials/books/MOZKZ.pdf

Допоміжна література

8. Творошенко І.С. Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму 6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій / І. С. Творошенко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 75 с.

9. Кондратенко Ю.П., Кондратенко Г.В., Топалов А.М., Герасін О.С. Пристрій для реєстрації сигналу проковзування. Патент на корисну модель UA93997. Опубл. 27.10.2014 р., бюл. №20. – 7 с.
10. Лозінський Д.О., Буренніков Ю.А., Козлов Л.Г., Ковальчук В.А. Солтик О.О., Павлюк В.О. Комп'ютеризована система керування роботом МП-11 на базі вільнопрограмованого контролера FESTO FC620 FST. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, 2013, № 2. – С. 28 – 32.
11. Васильєв О.Г. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Системи керування промисловими робототехнічними комплексами" / О.Г. Васильєв, С.І. Ольшевський, О.О. Черно. – Миколаїв: НУК, 2022. – 128 с.

Питання для поточного та модульного контролю

1. Класифікація роботів за рівнем складності алгоритму керування, системою координат та видом приводів ланок.
2. Побудова промислових роботів.
3. Матриці повороту і матриці перетворення.
4. Представлення Денавіта-Хартенберга.
5. Пряма задача кінематики.
6. Зворотна задача кінематики.
7. Задача планування траєкторії маніпулятора.
8. Первинна обробка зображень. Основи фільтрації зображень.
9. Виділення контурів об'єктів на растровому зображенні.
10. Системи очутливлення роботів. Датчики внутрішнього та зовнішнього стану.
11. Структурна схема системи керування ланкою маніпулятора з ПІД-регулятором.
12. Структурна схема системи керування ланкою маніпулятора зі зворотним зв'язком за швидкістю.
13. Структурна схема комбінованої системи керування ланкою маніпулятора
14. Трьохрівнева ієрархічна система управління промисловим роботом.