

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

 Сергій СЛОБОДЯН

«24» 05 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ В МОРСЬКІЙ РОБОТОТЕХНІЦІ

Automation systems in marine robotics

рівень вищої освіти другий (магістерський)

тип дисципліни нормативна

мова(и) викладання українська

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ОПП «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

Миколаїв, 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» розроблена для підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОПП «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика» галузі знань 6 «Інженерія, виробництво та будівництво» зі спеціальності 67 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

«20» квітня 2025 р. – 14 с.

Розробники: Черно О.О., завідувач кафедри комп'ютеризованих систем управління (КСУ), д-р техн. наук, професор, методист 1 кат. Махнова І.В..

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

Гарант ОПП  Андрій ТОПАЛОВ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» розглянуто на засіданні кафедри КСУ.

Протокол від «21» квітня 2025 року № 9.

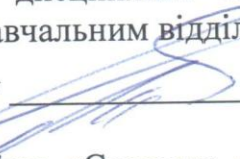
Завідувач кафедри КСУ  Олександр ЧЕРНО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» розглянуто методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики і електротехніки.

Протокол від «15» травня 2025 року № 5.

Заст. голови  Сергій НОВОГРЕЦЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу  Андрій ЛАБАРТКАВА

Робочу програму навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» затверджено Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 5 від «21» травня 2025 р.

Голова НМР НУК 

Анотація

Навчальна дисципліна «Системи автоматизації в морській робототехніці» є нормативною дисципліною професійної підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика» 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, а також позбавляє людину від монотонних, фізично важких, ризикованих та шкідливих для здоров'я робіт. Це особливо актуально в галузях промисловості з екстремальними умовами праці, у тому числі в морських технологіях. При проектуванні морських роботів дуже важливою задачею є розробка системи автоматичного керування рухом маніпулятора, яка повинна забезпечувати задані параметри руху в умовах значних зовнішніх збурень.

В курсі вивчаються особливості побудови систем керування суднових маніпуляційних роботів з урахуванням динаміки руху судна. Особливу увагу приділено синтезу систем автоматичного керування електроприводами ланок маніпулятора.

Ключові слова: морські роботи, система автоматичного керування.

Abstract

The discipline "Automation systems in marine robotics" is a normative discipline of professional training of specialists of the first (bachelor's) level of higher education in the educational-professional program "Computer-based control systems and automatics" 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, and also saves people from monotonous, physically difficult, risky and harmful to health work. This is especially true in industries with extreme working conditions, including marine technology. When designing marine robots, a very important task is to develop a system of automatic control of the movement of the manipulator, which should provide the specified parameters of movement in conditions of significant external disturbances.

The course examines the features of the construction of control systems for ship handling robots, taking into account the dynamics of the ship. Particular attention is paid to the synthesis of systems for automatic control of electric drives of the manipulator.

Key words: marine robots, automatic control system.

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	8
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	9
8. Критерії оцінювання результатів навчання	9
9. Засоби навчання.....	10
10. Рекомендовані джерела інформації.....	10
Додаток.....	11

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»	Нормативна з циклу дисциплін професійної підготовки магістра	
Модулів - 1	Спеціальність G7 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка	Рік підготовки	
Змістових модулів - 2		5-й	5-й
Загальна кількість годин – 150		Семестр	
		10-й	10-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента - 7		Лекції	
		30 год	10 год
		Лабораторні роботи	
		15 год	10 год
		Практичні заняття	
		-	-
		Самостійна робота	
		105 год	140 год
Освітній рівень: другий (магістерський)	Вид контролю: екзамен		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

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

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен оволодіти як загальними, так і фаховими компетентностями відповідно до ОПП «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»:

- Здатність генерувати нові ідеї (креативність)(ЗК2).
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК3),
- Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв (СК1)
- Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережових та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робото технічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу (СК8).
- Здатність застосовувати сучасні технології наукових досліджень процесів, обладнання, засобів і систем автоматизації, контролю, діагностики, випробування та керування складними організаційно-технічними об'єктами та системами (СК9).
- Здатність застосовувати знання автоматизації, мікропроцесорної техніки та інформаційних технологій для проєктування та експлуатації комп'ютеризованих систем керування спеціальними технічними пристроями та системами, зокрема робототехнічними комплексами та технічними засобами суден (СК13).

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Передумовами для вивчення навчальної дисципліни «Системи автоматизації в морській робототехніці» є наступні навчальні дисципліни: «Теорія і проектування цифрових систем управління»; «Іноземна мова».

4. Очікувані результати навчання

Програмні результати навчання полягають в наступному:

- Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, сенсорних технологій, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв (PH1).
- Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, сенсорних технологій, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом (PH9),
- Застосовувати сучасні технології наукових досліджень, спеціалізований математичний інструментарій для дослідження, моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації (PH13).
- Створювати комп'ютеризовані системи керування спеціальними технічними пристроями та системами, зокрема робототехнічними комплексами та технічними засобами суден (PH18).

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Системи автоматизації в морській робототехніці

Змістовий модуль 1. Кінематика, динаміка та побудова систем управління морських роботів.

Тема 1. Загальна структура системи управління морським роботом. 2 год. [1, с. 3-11].

Тема 2. Розрахунок законів зміни координат вантажу відносно основи маніпулятора. 2 год. [1, с. 12-15].

Тема 3. Розв'язання зворотної задачі кінематики для контрольних точок траєкторії. 2 год. [1, с. 15-18].

Тема 4. Визначення кутових швидкостей ланок в кінцевій точці траєкторії. 2 год. [1, с. 18].

Тема 5. Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора. 4 год. [1, с. 19, 20], [2, с. 149-165].

Тема 6. Визначення максимальних кутових швидкостей та прискорень ланок маніпулятора. 2 год. [1, с. 20, 21].

Змістовий модуль 2. Теорія проектування систем управління електроприводами суднового маніпулятора.

Тема 7. Визначення максимальних моментів навантаження. 2 год. [1, с. 21, 22].

Тема 8. Вибір приводних двигунів. 2 год. [1, с. 22-25].

Тема 9. Побудова структурних схем систем керування електроприводами. 2 год. [1, с. 25-27].

Тема 10. Синтез бажаних передавальних функцій систем керування електроприводами. 2 год. [1, с. 27-32].

Тема 11. Визначення неперервних передавальних функцій коригуючих пристроїв. 2 год. [1, с. 32-34].

Тема 12. Визначення дискретних передавальних функцій коригуючих пристроїв. 2 год. [1, с. 34].

Тема 13. Аналіз систем керування електроприводами ланок маніпулятора. 2 год. [1, с. 34-36].

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	лаб.	с.р.		л	лаб	с.р.
Змістовий модуль 1. Кінематика, динаміка та побудова систем управління морських роботів.								
Тема 1. Загальна структура системи управління морським роботом	6	2	-	4	6	-	-	6
Тема 2. Розрахунок законів зміни координат вантажу відносно основи маніпулятора	12	2	2	8	12	-	2	10
Тема 3. Розв'язання зворотної задачі кінематики для контрольних точок траєкторії	12	2	2	8	12	2	-	10
Тема 4. Визначення кутових швидкостей ланок в кінцевій точці траєкторії	8	2	-	6	8	-	-	8
Тема 5. Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора	14	4	2	8	14	2	2	10
Тема 6. Визначення максимальних кутових швидкостей та прискорень ланок маніпулятора	8	2	2	4	8	-	-	8
Разом за змістовим модулем 1	60	14	8	38	60	4	4	52
Змістовий модуль 2. Теорія проектування систем управління електроприводами суднового маніпулятора								
Тема 7. Визначення максимальних моментів навантаження	16	2	2	12	14	-	2	12
Тема 8. Вибір приводних двигунів	10	2	-	8	8	-	-	8
Тема 9. Побудова структурних схем систем керування електроприводами	10	2	-	8	12	2	-	10
Тема 10. Синтез бажаних передавальних функцій систем керування електроприводами	14	2	2	10	16	2	2	12
Тема 11. Визначення неперервних передавальних функцій коригуючих пристроїв	10	2	-	8	10	-	-	10
Тема 12. Визначення дискретних передавальних функцій коригуючих пристроїв	10	2	-	8	10	-	-	10
Тема 13. Аналіз систем керування електроприводами ланок маніпулятора	20	4	3	13	20	2	2	16
Разом за змістовим модулем 2	90	16	7	67	90	6	6	78
Усього годин	150	30	15	105	150	10	10	130

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Моделювання руху об'єкта відносно основи маніпулятора	2	2
2	Розв'язання зворотної задачі кінематики для контрольних точок траєкторії	2	-
3	Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора, обчислення кутових швидкостей та прискорень	4	2
4	Моделювання моментів навантаження	2	2
5	Визначення дискретних передавальних функцій коригуючих пристроїв	2	2
6	Моделювання динаміки систем керування електроприводами ланок маніпулятора	3	2
	Разом	15	10

Теми практичних занять

Практичних занять програмою не передбачено

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 – 1-2 год. / на 1 лекцію;
- підготовка до лабораторних робіт – 2- 4 год. / 1 робота;
- підготовка до контрольних заходів – 3-10 год. / 1 захід.

Завдання для самостійної роботи

№	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	30	30
2	Самостійне опрацювання окремих тем навчальної дисципліни	15	40
3	Підготовка до лабораторних робіт	30	30
4	Підготовка до контрольних заходів	30	30
	Разом	105	130

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; графічна перевірка).

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є: екзамен; студентські презентації та виступи на наукових заходах; завдання на комп'ютерах.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Поточний контроль засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом перевірки лабораторних робіт, а також шляхом опитування під час лекцій.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу та методики проектування цифрових систем автоматичного керування, що застосовується в лабораторних роботах, оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи у формі тестування.

Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінки за виконання та захист лабораторних робіт (максимум 60 балів) та оцінки за модульну контрольну роботу (максимум 40 балів). Додаткові бали студент отримує за правильні відповіді на лекціях (від 3 до 7 балів в залежності від складності питання).

Студент також має можливість отримати додаткові бали за виконання індивідуального завдання за тематикою дисципліни, пов'язаного з його діяльністю на виробництві, або з модернізацією лабораторної бази університету. Кількість балів за виконання індивідуального завдання може складати від 0 до 70 балів в залежності від його рівня та обсягу.

Результуюча оцінка виставляються відповідно до шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

Звіти з лабораторних завдань оцінюються за двома умовами: підготовка звіту; захист звіту.

Рівень підготовки звіту оцінюється за трьома критеріями:

- вчасність здавання звіту;
- правильність виконання завдання;
- відповідність оформлення звіту вимогам.

Рівень захисту звіту оцінюється за трьома критеріями: правильність відповіді; оперативність надання відповіді.

Кількість балів		Критерії оцінювання лабораторних робіт
Денна форма	Заочна форма	
10	12	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.
9	10	Роботу виконано із підказками викладача у встановлений термін. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
8	9	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
7	8	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Складає звіт, що містить неточності і помилки.
5	6	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.

Модульна контрольна робота проводиться у формі тестування. Тестове завдання містить 40 питань. Оцінка визначається як кількість правильних відповідей.

Контрольна робота у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Кількість балів	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4

Розподіл балів, які отримують студенти

Форма навчання	Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			КР	Сума
	Л. р. 1	Л. р. 2	Л. р. 3	Л. р. 4	Л. р. 5	Л. р. 6		
Денна	10	10	10	10	10	10	40	100
Заочна	12	-	12	12	12	12	40	100

9. Засоби навчання

Для досягнення мети дисципліни та набуття бажаних результатів навчання передбачено застосування наступних засобів навчання: комп'ютери; обчислювальні середовища: MATLAB Simulink, Mathcad.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Черно О. О. Системи автоматизації в морській робототехніці: Конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. О. Черно. – Миколаїв, 2023. – 38 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1YAZrAW8R9pr6Gd5eQxQ1uWnpjbgbk2a/view?usp=share_link
2. Fu, Gonzalez, Lee. Robotics: control, sensing, vision and intelligence, 1987. – 584 p. Режим доступу: <https://www.slideshare.net/zakianwer/robotics-53241477>
3. Черно О. О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Проектування системи автоматичного керування суднового вантажного маніпулятора»: у 2 ч. Частина 1. Теоретичні основи та методика проектування / О. О. Черно, А. П. Гуров, О. Г. Васильєв. – Миколаїв: НУК, 2018. – 45 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1sA-QrYlBw_Wz7WajoGhcZ2KAwtoZMyAg/view?usp=share_link
4. Черно О. О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Проектування системи автоматичного керування суднового вантажного маніпулятора»: у 2 ч. Частина 2. Приклад розрахунку / О. О. Черно, А. П. Гуров, О. Г. Васильєв. – Миколаїв: НУК, 2018. – 42 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1FUV_G4z29yKDgN7TljOw_A38VZCLgIjh/view?usp=share_link
5. Черно О. О. Робототехнічні системи в морських технологіях: Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт. – Миколаїв: НУК, 2013. – 31 с. Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1EhjZBvw7J7RT7bb290UwObln5FP4ulBx/view?usp=sharing>

Допоміжна література

6. 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
7. 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>
8. Цвіркун Л.І. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І. Цвіркун, Г. Грулер; під заг. ред. Л.І. Цвіркуна; МОН 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

Питання для модульного контролю**Змістовий модуль 1**

1. Сфери використання морських роботів.
2. Загальна структура системи управління морським роботом.
3. Математичний опис просторового руху судна-носія.
4. Розрахунок законів зміни координат вантажу відносно основи маніпулятора.
5. Планування траєкторії маніпулятора з рухомою основою.
6. Розв'язання зворотної задачі кінематики для контрольних точок траєкторії.
7. Забезпечення плавного підходу до об'єкта на водній поверхні.
8. Визначення кутових швидкостей ланок в кінцевій точці траєкторії.
9. Види інтерполюючих сплайн-функцій для опису руху ланок маніпулятора.
10. Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора.
11. Визначення максимальних кутових швидкостей та прискорень ланок маніпулятора.

Змістовий модуль 2

12. Визначення максимальних моментів навантаження.
13. Статичний та динамічний моменти навантаження.
14. Двигуни, що застосовуються у приводах ланок маніпулятора.
15. Вибір приводних двигунів.
16. Функціональна схема виконавчого керуючого рівня.
17. Побудова структурних схем систем керування електроприводами.
18. Методи синтезу систем керування електроприводами ланок на основі бажаних ЛАЧХ.
19. Синтез бажаних передавальних функцій систем керування електроприводами.
20. Визначення неперервних передавальних функцій коригуючих пристроїв.
21. Визначення дискретних передавальних функцій коригуючих пристроїв.
22. Розрахунок запасів стійкості та показників якості керування електроприводами ланок маніпулятора.