НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра механіки

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Декан факультету конструювання та дизайну
Іван РОГОВСЬКИЙ
_____ 20____ р.

"СХВАЛЕНО"
на засіданні кафедри механіки
протокол № 8 від "27" 05 2026 р.
Завідувач кафедри
Володимир БУЛГАКОВ

"РОЗГЛЯНУТО"
Гарант ОП « Робототехнічні системи і комплекси сільськогосподарського виробництва»
_____
Юрій РОМАСЕВИЧ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ПЛАНУВАННЯ РУХУ РОБОТІВ І МАНІПУЛЯТОРІВ

(вибіркова)

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»
Спеціальність G 11 – «Машинобудування»
Освітня програма «Робототехнічні системи і комплекси сільськогосподарського виробництва»
Факультет конструювання та дизайну
Розробники: Булгаков В.М., зав. кафедри механіки, д.т.н, професор,
Черниш О.М., доцент кафедри механіки, к.т.н, доцент

Київ – 2026 р.

Опис навчальної дисципліни "Планування руху роботів і маніпуляторів"

Навчальна дисципліна «Планування роботів і маніпуляторів» є важливою складовою сучасних дисциплін, які пов'язані з розробкою і застосуванням робототехніки та автоматизованих систем. З точки зору механіки цей курс є фундаментальним для розуміння принципів роботи сучасних робототехнічних систем. Він поєднує класичні методи кінематики і динаміки з сучасними алгоритмами планування та оптимізації, що дозволяє розробляти ефективні та безпечні робототехнічні системи. Предметом дисципліни є методи, алгоритми теоретичних розрахунків, які забезпечують планування руху роботів і маніпуляторів для виконання завдань в різних умовах і середовищах. Це включає дослідження руху, визначення можливих траєкторій для подальшого ефективного їх застосування.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь	
Освітній ступінь	*Магістр*
Спеціальність	*G 11 «Машинобудування»*
Освітня програма	*«Робототехнічні системи і комплекси сільськогосподарського виробництва»*
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	вибіркова
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4,0
Кількість змістових модулів	2
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-
Форма контролю	*екзамен*
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти	
	Форма здобуття вищої освіти
	денна
Курс (рік підготовки)	I
Семестр	2
Лекційні заняття	*15 год.*
Практичні, семінарські заняття	-
Лабораторні заняття	*15 год.*
Самостійна робота	*90 год.*
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	*2 год.*

1. **Мета навчальної дисципліни**

Мета дисципліни: формування системи спеціальних знань та практичних навичок у галузі теоретичних досліджень механіки роботів та робототехнічних систем, їх проектування за заданими критеріями і властивостями згідно із технологією робочого процесу у сільськогосподарському виробництві.

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню дисципліни «Планування руху роботів і маніпуляторів»: «Вища та прикладна математика», «Інформатика і комп'ютерна техніка», «Теоретична механіка», «Теорія механізмів і машин», «Інженерна і комп'ютерна графіка», «Комп'ютерні технології та програмування».

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні завдання і проблеми галузевого машинобудування, що передбачають проведення дослідження та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог

Загальні компетентності (ЗК):
ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
ЗК9. Здатність працювати в команді.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):
СК2. Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку. Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримування практичних результатів.
СК4. Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі.
СК5. Здатність розробляти і реалізовувати плани й проекти у сфері галузевого машинобудування та дотичних видів діяльності, здійснювати відповідну підприємницьку діяльність.
Програмні результати навчання (ПРН):
ПРН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

1. **Програма та структура навчальної дисципліни**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							Заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Модуль 1. **Структура, кінематика і динаміка елементарних механізмів передачі руху робототехнічних систем**													
Тема 1.1. Основні поняття курсу. Загальна класифікація роботів	1	**9**	1		1		7						
Тема 1.2. Структура механізмів роботів і їх характеристики	2	**8**	1		1		6						
Тема 1.3. Рухомість кінематичних ланцюгів механізмів роботів	3	**8**	1		1		6						
Тема 1.4. Аналітична кінематика механізмів роботів замкненої структури	4	**9**	1		1		7						
Тема 1.5. Аналітична кінематика механізмів роботів розімкненої структури	5	**8**	1		1		6						
Тема 1.6. Силовий і динамічний аналіз механізмів роботів	6	**9**	1		1		7						

Тема 1.7. Основи аналітичної механіки механізмів роботів	7	**9**	1		1		7						
Разом за модулем 1	**60**		**7**		**7**		**46**						
Модуль 2. **Принципи розрахунку кінематичних і динамічних параметрів робототехнічних систем в задачах планування руху**													
Тема 2.1. Геометрія руху ланок маніпулятора і його робочі зони	12	**8**	1		1		6						
Тема 2.2. Основні кінематичні співвідношення в маніпуляторах у матричному вигляді	13	**8**	1		1		6						
Тема 2.3. Задачі позиціювання маніпулятора	14	**8**	1		1		6						
Тема 2.4. Швидкості і прискорення ланок маніпулятора	15	**8**	1		1		6						
Тема 2.5. Планування траєкторій у просторі узагальнених координат і координат захвату	8	**7**	1		1		5						
Тема 2.6. Кінетостатичні рівняння маніпуляційних механізмів	9	**7**	1		1		5						
Тема 2.7. Рівняння руху маніпуляційного механізму у формі Лагранжа. Принцип Гауса	10	**7**	1		1		3						
Тема 2.8. Поняття про динамічне планування руху	11	**7**	1		1		5						
Разом за модулем 2	**60**		**8**		**8**		**44**						
Усього годин за семестр	**120**		**15**		**15**		**90**						

2. **Теми лекцій**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття курсу. Загальна класифікація роботів	1
2	Структура механізмів роботів і їх характеристики	1
3	Рухомість кінематичних ланцюгів механізмів роботів	1
4	Аналітична кінематика механізмів роботів замкненої структури	1
5	Аналітична кінематика механізмів роботів розімкненої структури	1
6	Силовий і динамічний аналіз механізмів роботів	1
7	Основи аналітичної механіки механізмів роботів	1
8	Геометрія руху ланок маніпулятора і його робочі зони	1

9	Основні кінематичні співвідношення в маніпуляторах у матричному вигляді	1
10	Задачі позиціювання маніпулятора	1
11	Швидкості і прискорення ланок маніпулятора	1
12	Планування траєкторій у просторі узагальнених координат і координат захвату	1
13	Кінетостатичні рівняння маніпуляційних механізмів	1
14	Рівняння руху маніпуляційного механізму у формі Лагранжа Принцип Гауса	1
15	Поняття про динамічне планування руху	1

3. **Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Побудова структурних схем механізмів роботів	1
2	Дослідження ступенів рухомості кінематичного ланцюга маніпулятора	2
3	Дослідження кінематичних параметрів елементарних важільних механізмів робота із замкненим контуром	2
4	Дослідження кінематичних параметрів механізмів робота із розімкненим контуром	2
5	Пряма задача кінематики маніпулятора	2
6	Обернена задача кінематики маніпулятора	2
7	Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора	2
8	Моделювання задачі динаміки руху маніпулятора	2

4. **Теми самостійної роботи**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналітичне визначення швидкостей і прискорень в плоскому механізмі маніпулятора за заданим законом руху	31
2	Аналітичне визначення динамічних рівнянь руху плоского механізму маніпулятора	29

5. **Методи та засоби діагностики результатів навчання:**
   - усне або письмове опитування;
   - співбесіда;
   - тестування;
   - захист лабораторних робіт;
   - самооцінювання.

6. **Методи навчання:**
   - метод проблемного навчання;
   - метод практико-орієнтованого навчання;
   - метод навчання через дослідження;
   - метод навчальних дискусій та дебат;

7. **Оцінювання результатів навчання.**

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. **Структура, кінематика і динаміка елементарних механізмів передачі руху робототехнічних систем**		
Лабораторна робота 1. Побудова структурних схем механізмів роботів	Засвоїти методику складання структурних схем механізмів роботів із використанням стандартних умовних позначень. Навчитися проводити аналіз і класифікацію ланок заданого механізму його кінематичних пар.	**10**
Лабораторна робота 2. Дослідження ступенів рухомості кінематичного ланцюга маніпулятора	Засвоїти методику застосування формул рухомості кінематичних ланцюгів маніпуляторів. Навчитися визначати за структурною схемою заданого механізму кількість рухомих ланок, рухомість кінематичних пар і загальне число його ступенів рухомості.	**10**
Лабораторна робота 3. Дослідження кінематичних параметрів елементарних важільних механізмів робота із замкненим контуром	Вивчити траєкторію руху ланок і характерних точок елементарних важільних механізмів робота із замкненим контуром. Навчитися будувати і досліджувати кінематичні параметри переміщень, швидкостей і прискорень вихідної ланки механізмів роботів в залежності від заданих параметрів і швидкості його вхідної ланки.	**10**
Лабораторна робота 4. Дослідження кінематичних параметрів механізмів робота із розімкненим контуром	Засвоїти методику проведення досліджень кінематичних параметрів механізму триланкових маніпуляторів заданої конфігурації. Навчитися розв’язувати першу і другу задачу кінематики маніпулятора, провести аналіз отриманих результатів.	**10**
Самостійна робота 1. Аналітичне визначення швидкостей і прискорень в плоскому механізмі маніпулятора за заданим законом руху	Закріпити навички визначення кінематичних параметрів плоского механізму маніпулятора за заданим законом руху	**30**
Модульна контрольна робота 1.	Підтвердження знань з теорії і практики основних розділів першого модулю курсу	**30**
Разом за модулем 1		**100**
Модуль 2. **Принципи розрахунку кінематичних і динамічних параметрів робототехнічних систем в задачах планування руху**		
Лабораторна робота 5. Пряма задача кінематики маніпулятора	Навчитися розв’язувати пряму задачу кінематики для триланкового маніпулятора робота, проводити аналітичні обчислення кінематичних параметрів його ланок	**10**
Лабораторна робота 6. Обернена задача кінематики маніпулятора	Навчитися проводити розв’язок оберненої задачі кінематики маніпулятора і визначати приєднані координати ланок маніпулятора, що забезпечать певне	**10**

	положення та орієнтацію схвату у просторі із заданою точністю	
Лабораторна робота 7. Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора	Навчитися розв'язувати задачу визначення законів зміни кутів повороту ланок триланкового маніпулятора для забезпечення заданої траєкторії руху його схвату при плануванні траєкторії.	**10**
Лабораторна робота 8. Моделювання задачі динаміки руху маніпулятора	Навчитися розв'язувати задачу визначення керуючих моментів, що забезпечують задані кути, швидкості і прискорення ланок триланкового маніпулятора при плануванні руху по заданій траєкторії.	**10**
Самостійна робота 2. Аналітичне визначення динамічних рівнянь руху плоского механізму маніпулятора	Закріпити навички із застосування рівнянь Лагранжа при визначенні динамічних параметрів руху робототехнічної системи.	**15**
Модульна контрольна робота 2.	Підтвердження знань з теорії і практики основних розділів другого модулю курсу	**30**
Разом за модулем 2		**100**
Навчальна робота	**(М1 + М2)/2*0,7 ≤ 70**	
Екзамен	**30**	
Разом за курс	**(Навчальна робота + екзамен) ≤ 100**	

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	Списування під час проведення тестування, контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів).
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

8. **Навчально-методичне забезпечення:**

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни на навчальному порталі НУБіП України eLearn: https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4352;
- посилання на цифрові освітні ресурси:

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Електронні дані. Київ: НБУВ. Режим доступу:www.nbuv.gov.ua

- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді): в eLearn
- підручники, навчальні посібники:
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти:

9. Рекомендовані джерела інформації

1. Брич М. М., Губаренко В. О. Планування та оптимізація траєкторій руху промислових роботів: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2021. 180 с.
2. Дмитрів В., Ланець О. Динаміка і точність роботів. Навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2021. 197 с.
3. Демків Л. О., Семенюк О. Ю. Алгоритми керування рухом мобільних роботів: монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2023. 250 с.
4. Коваленко В. М., Павленко І. С. Теорія планування рухів робототехнічних систем: курс лекцій. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. 160 с.
5. Dudek, G., & Jenkin, M. Computational Principles of Mobile Robotics. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. 592 p.
6. Choset, H., Lynch, K. M., Hutchinson, S., Kantor, G., Burgard, W., Kavraki, L. E., & Thrun, S. Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations. London : The MIT Press, 2022. 656 p.
7. Park, F. C., & Lynch, K. M. Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. 1152 p.
8. Geyer, H., & Badri-Spröwitz, A. Robotics: A Primer on Engineering and Designing Robotic Systems. Boca Raton : CRC Press, 2024. 350 p.
9. LaValle, S. M. Planning Algorithms. New York : Cambridge University Press, 2022. 1000 p.
10. Luiz F. P. Oliveira, António P. Moreira, Manuel F. Silva. Advances in Agriculture Robotics: A State-of-the-Art Review and Challenges Ahead. Robotics. 2021, 10(2), 52; https://doi.org/10.3390/robotics10020052.