

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
Кафедра механіки

**“ЗАТВЕРДЖЕНО”**  
Факультет конструювання та дизайну  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
ДИНАМІКА РУХУ РОБОТІВ, МАНІПУЛЯТОРІВ ТА БПЛА  
(вибіркова за уподобанням студента)

Спеціальність 133 – «Галузеве 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

## Опис навчальної дисципліни "Динаміка руху роботів, маніпуляторів та БПЛА"

Навчальна дисципліна «Динаміка руху роботів, маніпуляторів та БПЛА» є важливою складовою сучасних дисциплін, які пов'язані з розробкою і застосуванням робототехніки в сільськогосподарському виробництві. З точки зору механіки цей курс є фундаментальним для розуміння принципів роботи сучасних робототехнічних систем. Він поєднує класичні методи кінематики і динаміки з сучасними методами аналітичного розрахунку динамічних параметрів роботів, що дозволяє створювати ефективні алгоритми їх створення і керування в різних умовах і середовищах.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь	
Освітній ступінь	Бакалавр
Спеціальність	133 «Галузеве машинобудування»
Освітня програма	«Робототехнічні системи і комплекси сільськогосподарського виробництва»
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	обов'язкова
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)	2
Семестр	3
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, компетентності та програмні результати навчальної 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.

#### 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):

ЗК1. Здатність застосовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК2. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК7. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.



Тема 2.3. Рівняння динаміки руху маніпуляторів	12-13	15	2	2								
Тема 2.4. Динамічні рівняння БПЛА	14-15	15	2	2								
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>60</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>44</b>								
<b>Усього годин за семестр</b>	<b>120</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>90</b>								

### 3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття курсу. Класифікація роботів і їх структура	2
2	Кінематичні ланцюги і рухомість роботів	2
3	Методи аналітичної кінематики важільних механізмів роботів	2
4	Аналітична кінематика маніпуляторів	2
5	Задачі позиціонування маніпуляторів	2
6	Задачі динаміки роботів. Рівняння динаміки руху міні-роботів	2
7	Рівняння динаміки руху маніпуляторів	2
8	Динамічні рівняння БПЛА	2

### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження структурних схем механізмів роботів	1
2	Дослідження формули рухомості механізмів маніпуляторів	2
3	Аналітичні дослідження кінематики елементарних важільних механізмів робота	2
4	Дослідження координат точки маніпулятора у системі відліку, що обертається	2
5	Дослідження прямої задачі кінематики маніпулятора	2
6	Дослідження оберненої задачі кінематики маніпулятора	2
7	Дослідження інтерполяції законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора	2
8	Моделювання задачі динаміки руху маніпулятора	2

### 5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення кінематичних параметрів маніпулятора за заданим законом руху	46
2	Розрахунок динамічних рівнянь руху маніпуляторів	44

### 6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- усне або письмове опитування;
- співбесіда;
- тестування;
- захист практичних робіт;
- самооцінювання.

## 7. Методи навчання:

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;

## 8. 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
<b>Модуль 1. Основи теорії структури і кінематичних параметрів роботів і роботехнічних систем</b>		
Лабораторна робота 1. Дослідження структурних схем механізмів роботів	Засвоїти методику складання структурних схем механізмів із використанням стандартних умовних позначень. Провести аналіз рухомих ланок заданого механізму і класифікацію його кінематичних пар.	<b>10</b>
Лабораторна робота 2. Дослідження формули рухомості механізмів маніпуляторів	Засвоїти методику застосування формул рухомості і навчитися визначати за структурною схемою механізмів маніпуляторів ступінь їх рухомості.	<b>10</b>
Лабораторна робота 3. Аналітичні дослідження кінематики елементарних важільних механізмів робота	Вивчити траєкторію руху ланок і характерних точок елементарних важільних механізмів робота. Побудувати і дослідити кінематичні параметри переміщень, швидкостей і прискорень вихідної ланки механізмів в залежності від заданих параметрів і швидкості його вхідної ланки.	<b>10</b>
Лабораторна робота 4. Дослідження координат точки маніпулятора у системі відліку, що обертається	Навчитися визначати координати точки маніпулятора, яка зв'язана з обертовою системою відліку, за допомогою матриць повороту в задачах позиціонування.	<b>10</b>
Самостійна робота 1. Визначення кінематичних параметрів маніпулятора за заданим законом руху	Закріпити навички визначення кінематичних параметрів маніпулятора за заданим законом руху	<b>30</b>
Модульна контрольна робота 1.	Підтвердження знань з теорії і практики основних розділів першого модулю курсу	<b>30</b>
<b>Всього за модулем 1</b>		<b>100</b>
<b>Модуль 2. Задачі кінематики і динаміки роботів, маніпуляторів та БПЛА</b>		
Лабораторна робота 4. Дослідження прямої задачі кінематики маніпулятора	Навчитися визначати кінематичні параметри точки, що рухається в одній площині: знаходити рівняння її траєкторії, швидкість і прискорення при заданому законі руху.	<b>10</b>
Лабораторна робота 5. Дослідження оберненої задачі кінематики маніпулятора	Навчитися розв'язувати обернену задачу кінематики для триланкового маніпулятора робота і визначати приєднані координати ланок маніпулятора,	<b>10</b>

	що забезпечують задане положення та орієнтацію схвату у просторі із заданою точністю	
Лабораторна робота 6. Дослідження інтерполяції законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора	Навчитися розв'язувати задачу визначення законів зміни кутів повороту ланок триланкового маніпулятора для забезпечення його руху за заданою траєкторією.	<b>10</b>
Лабораторна робота 7. Моделювання задачі динаміки руху маніпулятора	Навчитися розв'язувати задачу визначення керуючих моментів, що забезпечують задані кути, швидкості і прискорення ланок триланкового маніпулятора	<b>10</b>
Самостійна робота 2. Розрахунок динамічних рівнянь руху маніпуляторів	Закріпити навички із розрахунку рівнянь Лагранжа при визначенні динамічних параметрів руху маніпулятора.	<b>30</b>
Модульна контрольна робота 2.	Підтвердження знань з теорії і практики основних розділів другого модулю курсу	<b>30</b>
<b>Всього за модулем 2</b>		<b>100</b>
<b>Навчальна робота</b>	<b>70</b>	
<b>Екзамен</b>	<b>30</b>	
<b>Всього за курс</b>	<b>100</b>	

## 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

<b>Політика щодо дедлайнів та перекладання</b>	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перекладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
<b>Політика щодо академічної доброчесності</b>	Списування під час проведення тестування, контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів).
<b>Політика щодо відвідування</b>	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)

## 9. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни на навчальному порталі НУБіП України eLearn: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4222>;

- посилання на цифрові освітні ресурси:

1. [Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського](#) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : НБУВ, 2013-2020. – Режим доступу: [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)

2. Державна науково-технічна [бібліотека України \[Електронний ресурс\] : \[Веб-сайт\]](#). – Електронні дані. – Київ : ДНТБ, 1998-2020. – Режим доступу:[www.gntb.gov.ua/ua](http://www.gntb.gov.ua/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:

#### 10. Рекомендовані джерела інформації

1. Дейнека О. С., Ковальчук В. М. Динаміка та керування роботизованими системами: навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2023. 320 с.
2. Дмитрів В., Ланець О. Динаміка і точність роботів. Навчальний посібник. – Львів: Львівська політехніка, 2021. – 197 с.
3. Лавренюк О. А., Салій О. В. Моделювання та керування динамікою польоту безпілотних літальних апаратів: монографія. Київ : НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2022. 280 с.
4. Іванов В. В., Петренко С. М. Основи динаміки роботів і маніпуляторів: навч. посіб. Київ : Видавничий дім "Києво-Могилянська академія", 2021. 260 с.
5. Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. Robotics: Modelling, Planning and Control. 3rd ed. London : Springer, 2022. Approx. 780 p.
6. Mueller, M. Modelling and Control of Mini and Micro Aerial Vehicles. 2nd ed. Cham : Springer, 2021. 300 p.
7. Lewis, F. L., & Liu, X. Reinforcement Learning and Control for Robotic Systems. Boca Raton : CRC Press, 2023. Approx. 450 p.
8. Park, F. C., & Lynch, K. M. Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. 1152 p.
9. Sabatini, R. Applied UAV Control Systems: Algorithms, Design, and Implementation. Cham : Springer, 2023. Approx. 500 p.