

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра конструювання машин і обладнання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету конструювання та
дизайну

_____ Зіновій РУЖИЛО
“_12_” _____ 06 _____ 2025 р.

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри
конструювання машин і обладнання
Протокол №12 від «_06»_06____2025 р.
Завідувач кафедри
_____ Вячеслав ЛОВЕЙКІН

РОЗГЛЯНУТО

Гарант ОП «Машинобудування (за спеціалізаціями)»
_____ Володимир БУЛГАКОВ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ РОБОТІВ І БПЛА

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність: G11 «Машинобудування (за спеціалізаціями)»

Освітня програма «Машинобудування (за спеціалізаціями)» підготовки
здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Факультет конструювання та дизайну

Розробники: д.т.н., проф. Ловейкін В.С., д.т.н., проф. Ромасевич Ю.О.

Київ - 2025

Опис навчальної дисципліни
Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА

Актуальність вивчення дисципліни "Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА" зумовлена швидким розвитком сучасних технологій, які вимагають інтеграції механіки, електроніки, автоматизації та інформаційних технологій. "Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА" є основою розробки мехатронних систем керування рухом роботів і БПЛА. Знання цієї дисципліни дозволяють майбутнім фахівцям розуміти принципи побудови та функціонування складних технічних систем керування рухом роботів і БПЛА, оптимізувати їхню роботу, забезпечувати надійність та ефективність. Крім того, вивчення цієї дисципліни дозволяє студентам ознайомитись з сучасними математичними методами оптимізації при дослідженні складних технічних систем

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь	
Освітній ступінь	<i>Бакалавр</i>
Спеціальність	<i>G11«Машинобудування(за спеціалізаціями)»</i>
Освітня програма	<i>«Машинобудування»</i>
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	<i>Вибіркова</i>
Загальна кількість годин	<i>210</i>
Кількість кредитів ECTS	<i>7</i>
Кількість змістових модулів	<i>2</i>
Курсовий проект (робота) (за наявності)	<i>-</i>
Форма контролю	<i>Екзамен</i>
Показники навчальної дисципліни для денної форми навчання	
Курс (рік підготовки)	<i>4</i>
Семестр	<i>8</i>
Лекційні заняття	<i>26 год.</i>
Практичні, семінарські заняття	<i>-</i>
Лабораторні заняття	<i>39 год.</i>

Самостійна робота	145 год.
Індивідуальні завдання	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5 год

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни полягає в тому, щоб виробити у студента здатність системного розгляду задач оптимізації режимів руху мобільних платформ та маніпуляторів сільськогосподарських і промислових роботів та безпілотних літальних апаратів, а також подати конструктивні методи їх розв'язання.

Завдання дисципліни полягає у наступному:

1. Розуміння основних принципів та концепцій теорії оптимізації режимів руху роботів і БПЛА: студенти ознайомлюються з принципами та методами оптимізації, вивчають основи теорії оптимізації режимів руху мобільних платформ та маніпуляторів сільськогосподарських і промислових роботів, а також БПЛА;
2. Оволодіння теоретичними знаннями та навичками моделювання динаміки руху роботів і БПЛА: студенти вивчають методи моделювання та динамічного аналізу руху промислових та сільськогосподарських роботів і БПЛА;
3. Вивчення сучасних технологій та методів розрахунку оптимальних режимів руху роботів та БПЛА: студенти досліджують сучасні досягнення в теорії оптимізації та методах розрахунку режимів руху роботів та БПЛА;
4. Ознайомлення з методами оптимізації режимів руху мобільних платформ та роботів сільськогосподарського призначення та набуття практичних навичок їхнього використання: студенти здобувають практичний досвід розв'язування задач оптимізації режимів руху мобільних платформ та роботів;
5. Сприяння розвитку творчого мислення та інженерної думки: студенти навчаються аналізувати проблеми, що виникають при оптимізації режимів руху роботів і БПЛА, шукати інноваційні рішення та використовувати творчий підхід при розв'язуванні задач оптимізації режимів руху роботів.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність особи розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

ФК1. Здатність застосовувати типові аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, ефективні кількісні методи математики, фізики, інженерних наук, а також відповідне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування.

ФК2. Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

ПРН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

2. 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	
<i>Змістовий модуль 1. Основи теорії оптимізації режимів руху роботів та БПЛА</i>														
Тема 1. Загальна характеристика та конструкції роботів і БПЛА. Розв'язування прямої задачі кінематики роботів.	1	17	2	-	4	-	11							
Тема 2. Основні характеристики і параметри режимів руху роботів і БПЛА. Розв'язування	2	16	2	-	2	-	12							

зворотної задачі кінематики роботів														
Тема 3. Планування траєкторій руху роботів і БПЛА	3	16	2	-	4	-	10							
Тема 4. Критерії оптимізації режимів руху роботів і БПЛА	4	16	2	-	2	-	12							
Тема 5. Основні положення оптимізації режимів руху роботів і БПЛА	5	16	2	-	4		10							
Тема 6. Постановка задачі оптимізації режимів руху роботів і БПЛА	6	16	2	-	2		12							
Разом за змістовим модулем 1		96	12	-	18	-	67							
<i>Змістовий модуль 2. Оптимізація режимів руху роботів та БПЛА</i>														
Тема 7. Параметрична оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	7	16	2	-	4	-	10							
Тема 8. Функціональна оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	8	16	2	-	2	-	12							
Тема 9. Функціонально-параметрична оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	9	16	2	-	4	-	10							
Тема 10. Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на кінематичні характеристики	10	16	2		2		12							
Тема 11. Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на силові характеристики руху.	11	16	2	-	4	-	10							
Тема 12. Синтез оптимальних	12	16	2	-	2	-	12							

режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на енергетичні характеристики руху.													
Тема 13. Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на силові та енергетичні характеристики руху.	13	17	2	-	3	-	12						
Разом за змістовим модулем 2	13	114	14		21		78						
Усього годин	-	210	26		39	-	145						

3. Темі лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальна характеристика та конструкції роботів і БПЛА. Розв'язування прямої задачі кінематики роботів.	2
2	Основні характеристики і параметри режимів руху роботів і БПЛА. Розв'язування зворотної задачі кінематики роботів	2
3	Планування траєкторій руху роботів і БПЛА	2
4	Критерії оптимізації режимів руху роботів і БПЛА	4
5	Основні положення оптимізації режимів руху роботів і БПЛА	2
6	Постановка задачі оптимізації режимів руху роботів і БПЛА	2
7	Параметрична оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	2
8	Функціональна оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	2
9	Функціонально-параметрична оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	4
10	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на кінематичні характеристики	2

11	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на силові характеристики руху.	2
12	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на енергетичні характеристики руху.	2
13	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на силові та енергетичні характеристики руху.	2

3. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	К-сть годин
1	2	3
1	Вивчення будови роботів та БПЛА і визначення їх параметрів	4
2	Визначення характеристик і параметрів режимів руху роботів і БПЛА	2
3	Параметрична оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	4
4	Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА за енергетичним критерієм	2
5	Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА за критерієм динамічної складової потужності	2
6	Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА за критерієм середнього значення енергії ривків	4
7	Оптимізація режимів руху роботів і БПЛА за комплексним критерієм	4
8	Функціонально-параметрична оптимізація режимів руху роботів і БПЛА	2
9	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на кінематичні характеристики	2
10	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на силові характеристики	4
11	Синтез оптимальних режимів руху роботів і БПЛА при обмеженнях на силові та енергетичні характеристики	4
12	Розв'язування зворотної задачі кінематики про переміщення та швидкості маніпулятора з двома обертальними і однією поступальною кінематичними парами при оптимальному енергетичному режимі руху захвату	2
13	Розв'язування зворотної задачі кінематики про переміщення та швидкості маніпулятора з двома поступальними і однією обертальною кінематичними парами при оптимальному динамічному режимі руху захвату	3

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ. Класифікація роботів, маніпуляторів і БПЛА.	12
2	Вимоги до режимів руху роботів, маніпуляторів і БПЛА.	10
3	Основні характеристики і параметри роботів, маніпуляторів і БПЛА.	10
4	Принципи побудови динамічних моделей роботів, маніпуляторів і БПЛА.	10
5	Методи побудови математичних моделей роботів, маніпуляторів і БПЛА.	10
6	Якісні і кількісні показники оцінки роботів, маніпуляторів і БПЛА	10
7	Методи планування траєкторій руху роботів, маніпуляторів і БПЛА при наявності обмежень та перешкод	11
8	Методи розв'язування прямих і зворотних задач кінематики руху роботів, маніпуляторів і БПЛА	10
9	Методи розв'язування прямих і зворотних задач динаміки руху роботів, маніпуляторів і БПЛА	11
10	Історичний розвиток методів оптимізації об'єктів і технічних систем	10
11	Розв'язування задач варіаційного числення	10
12	Оптимальне керування рухом роботів, маніпуляторів і БПЛА	10
13	Критерії якості керування рухом роботів, маніпуляторів і БПЛА	11

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

При викладанні даної дисципліни використовуються засоби діагностики: усне опитування; екзамен; модульні тести; захист лабораторних робіт;

Методи навчання.

При викладанні даної дисципліни використовуються: метод проблемного навчання; метод практико-орієнтованого навчання; метод навчання через дослідження; метод навчальних дискусій та дебат; метод командної роботи, мозкового штурму.

7. Оцінювання результатів навчання.

Оцінюють знання здобувача вищої освіти за 100-бальною шкалою, яку переводить у національну оцінку згідно з чинним «Положенням про екзамени та заліки у НУБіП України».

8. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
<i>Змістовий модуль 1. Основи теорії оптимізації режимів руху роботів та БПЛА</i>		
Лабораторна робота 1	Знати загальну структуру та будову робота і БПЛА. Вміти визначити їхні основні параметри	10
Лабораторна робота 2	Вміти здійснити опис динаміки руху ланки робота у вигляді диференціального рівняння	10
Лабораторна робота 3	Знати, які параметри визначаються і з яких умов здійснюється їхнє визначення	10
Лабораторна робота 4	Знати, що представляє собою енергетичний критерій і вміти визначити оптимальний енергетичний режим руху захвату робота	10
Лабораторна робота 5	Знати, що представляє собою критерій динамічної складової потужності і вміти визначити оптимальний динамічний режим руху захвату робота	10
Лабораторна робота 6	Знати, що представляє собою критерій середнього значення енергії ривків і вміти визначити оптимальний ривковий режим руху захвату робота	10
Самостійна робота 1		10

Модульна контрольна робота 1	-	30
Разом за модулем 1	-	100
<i>Змістовий модуль 2. Оптимізація режимів руху роботів та БПЛА</i>		
Лабораторна робота 7	Вміти визначити комплексний критерій оптимізації і записати умову його екстремального значення	10
Самостійна робота 2		10
Лабораторна робота 8	Знати, за яким критерієм визначаються параметри і функціональна залежність оптимального режиму руху захватного пристрою робота	10
Лабораторна робота 9	Знати, які кінематичні параметри обмежуються при оптимізації режиму руху і який показник виступає критерієм оптимізації	10
Лабораторна робота 10	Знати, які силові параметри обмежуються при оптимізації режиму руху і який показник виступає критерієм оптимізації	10
Лабораторна робота 11	Знати, яким методом розв'язується задача оптимізації і в якому вигляді представляються енергетичні обмеження.	10
Лабораторна робота 12	Знати визначення прямої задачі кінематики і чим вона відрізняється від зворотної задачі кінематики. Вміти накреслити схему робота-	10

	маніпулятора з двома обертальними і однією поступальною кінематичними парами.	
Лабораторна робота 13	Знати чим відрізняється зворотна задача по переміщенню від зворотної задачі кінематики по швидкості. Вміти накреслити схему робота-маніпулятора з двома поступальними і однією обертальною кінематичними парами.	10
Модульна контрольна робота 2	-	20
Разом за модулем 2	-	100
Навчальна робота	-	$(M1+M2)/2*0,7 \leq 70$
Екзамен	-	30
Разом за 2 семестр	-	(Навчальна робота+екзамен) ≤ 100

8.2 Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна та результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

8.3 Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання:	роботи, які здають із порушенням термінів без поважних причин, оцінюють на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності:	списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонено (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Всі роботи, реферати повинні мати коректні текстові покликання на використану літературу.
Політика щодо відвідування:	відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в онлайн формі за погодженням із деканом факультету).

9. Навчально-методичне забезпечення

1. Підручники та посібники, зазначені у списку літератури;
2. Конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт;
4. Таблиці;
5. Інтернет-ресурси, конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді).

10. Рекомендовані джерела інформації

(не рекомендувати до використання застарілі інформаційні джерела та інформаційні джерела країни-агресора)

1. *Роботи і маніпулятори. Підручник/ Д.О. Міщук. - К.: Компринт, 2020.- 268с.*

2. *Михайлов Є.П. Маніпулятори та промислові роботи [Текст]: підручник / Михайлов Є.П., Лінгур В.М. — Одеса: ОНПУ, 2019, -233 с.*

3. *Проектування та конструювання робототехнічних систем. Навчальний посібник / Д.О. Міщук. - К.: Компринт, 2020.- 185 с.*

4. *Ладієва Р.Л. Методи оптимізації: навч. посібн. 2023.- 76 с.*

5.Сікора Я.Б. *Методи оптимізації та дослідження операцій: навч. посібн.* Житомир: ЖДУ, 2019.- 148 с.

6.*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.*

7.Ловейкін В.С. *Динаміка й оптимізація машин / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, Р.В. Кульпін. - К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2019. – 267с.*

8.Greer, R. *Advances in Control Systems for Construction Manipulators / Greer, R., Haas, C., Gibson, G.. – Austin, 2014. – 615 с. – (ISARC).*

12. Інформаційні ресурси

1. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/84559/Динамика>
2. http://vseslova.com.ua/word/Динаміка_машин_і_механізмів-32089u
3. <http://www.dynamicmachinecorp.com/>
4. <http://www.dynamiccnc.com/>