

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Кафедра конструювання машин і обладнання

“ЗАТВЕРДЖЕНО”
Факультет (ННІ) Факультет конструювання та дизайну
(назва)

“ ____ ” _____ 20__ р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**
Розрахунок і конструювання роботів і маніпуляторів

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма «Галузеве машинобудування»

Факультет (ННІ) Факультет конструювання та дизайну

Розробники: старший викладач, Ph.D Сподоба Олександр Олександрович
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Опис навчальної дисципліни Розрахунок і конструювання роботів і маніпуляторів

(до 1000 друкованих знаків)

Завданням дисципліни навчити студентів складати розрахункові схеми, визначати стійкість та міцність деталей, роботів і маніпуляторів, а також конструктивні форми і розміри елементів роботів і маніпуляторів.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	G11 «Машинобудування»	
Освітня програма	Робототехніка і робототехнічні системи та комплекси	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	360	
Кількість кредитів ECTS	10,0	
Кількість змістових модулів	4	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	Курсова робота (проект) 30	
Форма контролю	Залік, іспит	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	4	-
Семестр	7; 8	-
Лекційні заняття	56 год.	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	56 год.	-
Самостійна робота	158 год.	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	4 год	-

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета студенти повинні навчитися застосовувати загальнонаукові положення про розрахунок та проектування механічних систем роботів та маніпуляторів, механізмів та обладнання в умовах монтажу, експлуатації, та агрегування робочих машин з гідравлічним приводом, пневматичним приводом, електроприводом і елементами конструкції автоматичного регулювання безперервних технологічних процесів сучасного сільськогосподарського виробництва.

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню «Розрахунок і конструювання роботів і маніпуляторів» (за їх наявності)

OK12 Матеріалознавство

OK13 Технологія конструкційних

OK19 Деталі машин та ПТМ

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):

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Здатність планувати та управляти часом.

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

ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК8. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

ЗК10. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК11. Здатність працювати в команді.

ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

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.

ФК3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК4. Здатність втілювати інженерні розробки у галузевому машинобудуванні з урахуванням технічних, організаційних, правових, економічних та екологічних аспектів за усім життєвим циклом машини: від проектування, конструювання, експлуатації, підтримання працездатності, діагностики та утилізації.

ФК5. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування.

ФК6. Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність типових систем та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів, аналізу аналогів та використання доступних даних.

ФК7. Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

ФК8. Здатність реалізовувати творчий та інноваційний потенціал у проектних розробках в сфері галузевого машинобудування.

ФК9. Здатність здійснювати комерційну та економічну діяльність у сфері галузевого машинобудування.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПН1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

ПН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

ПН3. Знати і розуміти системи автоматичного керування об'єктами та процесами галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання.

ПН4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.

ПН5. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

ПН7. Готувати виробництво та експлуатувати вироби, застосовуючи автоматичні системи підтримування життєвого циклу.

ПН10. Розуміти проблеми охорони праці та правові аспекти інженерної діяльності у галузевому машинобудуванні, навички прогнозування соціальних й екологічних наслідків реалізації технічних завдань.

ПН11. Вільно спілкуватися з інженерним співтовариством усно і письмово державною та іноземною мовами.

PH12. Застосовувати засоби технічного контролю для оцінювання параметрів об'єктів і процесів у галузевому машинобудуванні.

PH13. Розуміти структури і служб підприємств галузевого машинобудування.

PH14. Розробляти деталі та вузли машин із застосуванням систем автоматизованого проектування.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин													
	тижні	усього	денна форма					заочна форма						
			л	п	лаб	інд	с.р.	усього	у тому числі					
									л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Модуль 1. Геометрія та кінематика маніпуляційних систем														
Тема 1. Структурний аналіз агророботів. Особливості кінематики маніпуляторів для роботи з біологічними об'єктами..	1-2	18	4		4			10						
Тема 2. Матричні методи опису просторового положення ланок. Матриці однорідних перетворень.	3-4	18	4		4			10						
Тема 3. Пряма задача кінематики. Метод Денавіта-Хартенберга для польових та садових роботів.	5-6	18	4		4			10						
Тема 4. Обернена задача кінематики. Особливості аналітичних розв'язків для 3D/4D маніпуляторів.	7-8	18	4		4			10						
Разом за змістовним модулем 1		72	16		16			40						
Модуль 2. Конструктивне виконання ланок, шарнірів та напрямних														
Тема 1. Конструкції ланок маніпуляторів. Профілі відкритого та закритого перерізу. Зварні, литі та штамповані ланки агроманіпуляторів.	9-10	18	4		4			10						

Тема 2. Рухомі зчленування та шарнірні вузли. Конструкції поворотних осей, підшипникові опорні вузли роботів.	11-12	18	4	4	10								
Тема 3. Напрявні лінійного переміщення	13-14	18	4	4	10								
Тема 4. Конструктивні елементи зрівноважувальних механізмів	15	14	2	2	10								
Разом за змістовним модулем 2	68		14	14	40								
Разом за 7-й семестр	140		30	30	80								
Модуль 3. Силіві системи та виконавчі механізми агророботів.													
Тема 1. Вибір приводів. Особливості гідро- та пневмоприводів для важких умов експлуатації	1-2	18	4	4	10								
Тема 2. Механічні передачі. Розрахунок закритих редукторів та систем захисту рухомих частин.	3-4	18	4	4	10								
Тема 3. Жорсткості елементів маніпуляторів великого вильоту	5-6	18	4	4	10								
Тема 4. Розрахунок спеціалізованих схватів (вакуумні, еластичні, адаптивні) для делікатних біооб'єктів.	7-8	18	4	4	10								
Разом за змістовним модулем 3	72		16	16	40								
Модуль 4. Міцність та надійність в умовах АПК													
Тема 1. Точність позиціонування з урахуванням коливань шасі трактора чи мобільної	9-10	18	4	4	10								

платформи.													
Тема 2. Статичний та динамічний розрахунок ланок на міцність. Вплив вібрацій від ДВС та ґрунту.	11-12	18	4		4		10						
Тема 3. Надійність та пило-вологозахист (стандарти IP65/IP67) елементів роботів.	13	22	2		2		18						
Разом за змістовним модулем 4		58	10		10		38						
Разом за 8-й семестр		130	26		26		78						
Курсовий проект			-	-		30	-						
Усього годин		300	56		56	30	158						

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структурний аналіз агророботів. Особливості кінематики маніпуляторів для роботи з біологічними об'єктами..	4
2	Матричні методи опису просторового положення ланок. Матриці однорідних перетворень.	4
3	Пряма задача кінематики. Метод Денавіта-Хартенберга для польових та садових роботів.	4
4	Обернена задача кінематики. Особливості аналітичних розв'язків для 3D/4D маніпуляторів.	2
5	Конструкції ланок маніпуляторів. Профілі відкритого та закритого перерізу. Зварні, литі та штамповані ланки агроманіпуляторів.	4
6	Рухомі зчленування та шарнірні вузли. Конструкції поворотних осей, підшипникові опорні вузли роботів.	4
7	Напрямні лінійного переміщення	4
8	Конструктивні елементи зрівноважувальних механізмів	4
9	Вибір приводів. Особливості гідро- та пневмоприводів для важких умов експлуатації	4
10	Механічні передачі. Розрахунок закритих редукторів та систем захисту рухомих частин.	4
11	Жорсткості елементів маніпуляторів великого вильоту	4
12	Розрахунок спеціалізованих схватів (вакуумні, еластичні, адаптивні) для делікатних біооб'єктів.	4
13	Точність позиціонування з урахуванням коливань шасі трактора чи мобільної платформи.	4
14	Статичний та динамічний розрахунок ланок на міцність. Вплив вібрацій від ДВС та ґрунту.	4
15	Надійність та пило-вологозахист (стандарти IP65/IP67) елементів роботів.	2
	Разом	26

4. Теми лабораторних (практичних, семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження структури та побудова робочої зони маніпулятора	4
2	Складання матриць Денавіта-Хартенберга для антропоморфного робота	4
3	Кінематичний аналіз механізму робота	4
4	Розв'язання прямої задачі кінематики для триланкового маніпулятора	2
5	Моделювання жорсткої просторової ланки коробчастого перерізу	4
6	Проектування та підбір підшипникового вузла для поворотного шарніра агроманіпулятора	4
7	Моделювання та кінематичний аналіз механізму телескопічного вильоту ланки маніпулятора	4
8	Розробка конструкції та інтеграція пружинного компенсатора ваги для вертикальної ланки робота	4
9	Розрахунок та вибір гідроприводу	4
10	Моделювання та розрахунок геометрії адаптивного схвату для збору овочів	4
11	Визначення деформацій довгомірної стріли маніпулятора під навантаженням	4
12	Силовий розрахунок механізму затискання стебел/плодів без їх руйнування	4
13	Розрахунок ланки маніпулятора на міцність та коефіцієнт запасу	4
14	Частотний аналіз конструкції для запобігання резонансу	4
15	Оцінка точності роботи маніпулятора за наявності люфтів у зношених шарнірах	2
	Разом	56

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальні відомості про роботи і маніпулятори.	40
2	Механічна система та приводні механізми промислових роботів і маніпуляторів	40
3	Передаточні механізми промислових роботів	39
4	Механізми переміщення промислових роботів	39
	Разом	158

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- екзамен;
- модульні тести;
- захист лабораторних робіт.

7. Методи навчання:

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- метод проєктного навчання;
- метод перевернутого класу, змішаного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;
- метод командної роботи, мозкового штурму
- словесний метод (лекція, співбесіда тощо);

- практичний метод (лабораторні, практичні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);
- індивідуальна науково-дослідна робота здобувачів вищої освіти.

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
Семестр 1		
Модуль 1. Геометрія та кінематика маніпуляційних систем.		
Лабораторна робота 1.	ПРН1, ПРН2, ПРН3, ПРН4, ПРН5,	14
Лабораторна робота 2	ПРН7, ПРН10, ПРН11, ПРН12, ПРН13,	14
Лабораторна робота 3.	ПРН14.	14
Лабораторна робота 4.	Студент повинен знати:	14
Самостійна робота 1.	основи конструювання елементів роботів, маніпуляторів та їх приводів. Він повинен вміти на підставі аналізу існуючих елементів та конструкцій спроектувати та розрахувати робочу зону робота і маніпулятора. Знати склад нормативно-технічної документації для проектування елементів роботів і маніпуляторів з оптимальними параметрами за коефіцієнтом корисної дії, довговічності, ремонтоздатності тощо у відповідності до вимог ЄСКД. Вміти визначати матеріали для виготовлення елементів конструкції роботів і маніпуляторів в залежності від функціонального призначення.	14
Модульна контрольна робота 1.		30
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Конструктивне виконання ланок, шарнірів та напрямних.		
Лабораторна робота 5.	ПРН1, ПРН2, ПРН3, ПРН4, ПРН5,	14
Лабораторна робота 6.	ПРН7, ПРН10, ПРН11, ПРН12, ПРН13,	14
Лабораторна робота 7.	ПРН14.	14
Лабораторна робота 8.	Вміти проектувати елементи механічної	14

Самостійна робота 2.	системи, орієнтуючі механізми. Проектувати елементи несучої системи. Проектувати елементи виконавчої системи гідравлічного приводу, проектувати елементи виконавчої системи пневматичного приводу, проектувати елементи виконавчої системи електричного приводу.	14
Модульна контрольна робота 2.	Вміти розробляти конструктивне виконання механізмів рукояті. Вміти проводити розрахунок трансмісійних валів.	30
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота		$(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70$
Залік		30
Всього за курс		$(\text{Навчальна робота} + \text{залік}) \leq 100$
Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Семестр 2		
Модуль 1. Силові системи та виконавчі механізми агророботів.		
Лабораторна робота 1.	ПРН1, ПРН2, ПРН3, ПРН4, ПРН5,	14
Лабораторна робота 2.	ПРН7, ПРН10, ПРН11, ПРН12, ПРН13,	14
Лабораторна робота 3.	ПРН14.	14
Лабораторна робота 4.	Вміти знати конструктивне виконання та вміти проводити розрахунок муфт.	14
Самостійна робота 1.	Проводити розрахунок передаточних механізмів рукояті. Вміти визначати типи захватних пристроїв та проводити їх проектний розрахунок. Проводити розрахунок та проектування механізмів з'єднання ланок. Знати конструкцію і проводити розрахунок механізмів обертання. Вміти визначати зусилля на вихідних ланках механізмів обертання за різних кінематичних компоновках роботів і маніпуляторів. Вміти проводити розрахунок черв'ячної, планетарної та хвильової передачі.	14
Модульна контрольна робота 1.		30
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Міцність та надійність в умовах АПК		
Лабораторна робота 5. Розрахунок хвильової передачі	ПРН1, ПРН2, ПРН3, ПРН4, ПРН5, ПРН7, ПРН10, ПРН11, ПРН12, ПРН13, ПРН14.	17
Лабораторна робота 6. Розрахунок та проектування опорних механізмів	Вміти знати конструктивне виконання та вміти проводити розрахунок опорних вузлів механізмів обертання.	17
Лабораторна робота 7. Вибір та розрахунок жорсткості направляючих ковзання	Знати конструктивне виконання та вміти проводити розрахунок елементів лінійного перміщення ковзання. Знати конструктивне виконання та вміти проводити розрахунок елементів	17
Самостійна робота 2.		19

Модульна контрольна робота 2.	лінійного переміщення кочення. Вміти проводити розрахунок передаточних механізмів лінійного переміщення.	30
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70$	
Екзамен	30	
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	
Курсова робота	100	

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамені/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 контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
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)

9. Навчально-методичне забезпечення:

електронний навчальний курс дисципліни

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=5681>

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=5682>

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Михайлов Є. П. Маніпулятори та промислові роботи [Текст]: підручник / Михайлов Є.П., Лінгур В.М. — Одеса: ОНПУ, 2019, -233 с.
2. Кошель С. О. Проектування промислових робіт та маніпуляторів: посібник / С. О. Кошель, Ю. Ковалёв, О. П. Манойленко — К. :Центр навчальної літератури, 2019. — 256 с.
3. Діючі стандарти ЄСКД.
4. Міщук Д. О. Проектування і конструювання робототехнічних систем: Навчальний посібник – К.: 2020. – 185 с.
5. Міщук Д. О. Роботи і маніпулятори: посібник – К.: 2020. – 268 с.
6. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних робіт: Монографія / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, В. В. Євсєєв, С. П. Новоселов, Н. П. Демська– Х.: 2022. – 427 с.
7. Eugene Kagan, Nir Shvalb, Irad Ben-Gal. Autonomous Mobile Robots and Multi-Robot Systems. John&Son Ltd. 2020. P. 319.
8. Robotique agricole: repenser la mécanisation agricole. [Type of medium]. Available: <https://www.entraid.com/articles/robotique-agricole-opportuniterepenser-mecanisation-agricole>

9. Robot Più Strani Ed Utili Mai Costruiti. [Type of medium]. Available: <https://www.smartweek.it/10-robot-piu-strani-ed-utili-mai-costruiti/6/>
10. Boston Dynamics. [Type of medium]. Available: <https://www.bostondynamics.com/>
11. Роботи KUKA Roboter :<https://www.kuka.com>
12. Роботи FANUC.URL: <http://www.fanurobotics.com/Products/Robots/Atoz.aspx>
13. Роботи Kawasaki: <http://www.kawasakirobotics.com/products/?page=robots>
14. Роботи ABB: <http://www.abb.ru/product/us/9AAC100735.aspx>
15. Зварні роботи MOTOMAN: <http://www.motoman.com/products/robots/arc-welding-robots.php>