

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи


Богдан КОРОБКО
« 29 » 18 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Динаміка і точність робіт та
маніпуляторів»
(назва навчальної дисципліни)

Підготовки	Бакалавр (назва ступеня вищої освіти)
Освітньої програми	<u>Робототехніка та автоматизовані системи керування</u> (назва освітньої програми)
Спеціальності	<u>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u> (код і назва спеціальності)

Полтава
2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Динаміка і точність роботів та маніпуляторів» для студентів спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка, першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Складена відповідно до освітньої програми «Робототехніка та автоматизовані системи керування», 2024 року.

Розробник: Вірченко В.В. к.т.н., доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки

Погоджено:

Гарант освітньої програми  Богдан БОРЯК

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки

Протокол від «28» 08 20 25 року № 1

Завідувач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки

 Олександр ОРИСЕНКО

«28» 08 20 25 року

Схвалено навчально-методичною комісією інституту інформаційних технологій та робототехніки

Протокол від «28» 08 20 25 року № 1

Голова навчально-методичної комісії  Олександр ШЕФЕР

«28» 08 20 25 року

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни		
		Форма здобуття освіти		
		денна	заочна	дистанційна
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <u>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</u>	вибіркова		
Загальна кількість годин – 180				
Модулів – 1	Спеціальність <u>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u>	Рік підготовки:		
		IV-й	IV -й	IV -й
Змістових модулів – 3		Семестр		
		7-й	7-й	7-й
		Лекції		
Індивідуальне завдання – не передбачено	Ступінь вищої освіти <u>Перший (бакалаврський)</u>	30 год.	10 год.	
		Лабораторні		
		30 год.	10 год.	
		Самостійна робота		
		120 год.	160 год.	180 год.
		Індивідуальна робота:		
		0 год.		
Вид контролю: екзамен				

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми здобуття освіти – 60/120

для заочної форми здобуття освіти – 20/160

для дистанційної форми здобуття освіти – 0/180

2. Мета навчальної дисципліни

Формування у здобувачів системного розуміння законів механіки багатоланкових систем та здатності застосовувати методи аналітичної механіки для побудови математичних моделей руху маніпуляторів роботів, визначення силових навантажень, реакцій у кінематичних парах та оцінювання точності позиціювання.

Навчальна дисципліна використовується для формування наступних компетентностей, передбачених ОПП:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність застосовувати знання фізики, механіки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях.
- Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.
- Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.
- Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.
- Здатність до розуміння передових методів робототехніки, проектування та використання робототехнічних засобів

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовою вивчення навчальної дисципліни є дисципліни, що формують основу підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня.

4. Очікувані результати навчання з дисципліни

Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Вміти застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних технологічних параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

Вміти проектувати багаторівневі системи керування і збору даних для формування бази параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу, використовуючи новітні комп'ютерно-інтегровані технології.

Вміти проектувати, програмувати, налаштовувати робототехнічні системи та використовувати робототехнічні засоби для автоматизації складних технологічних процесів і операцій.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання може бути досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом вивчення навчальної дисципліни.

Мінімальний пороговий рівень оцінки варто визначати за допомогою якісних критеріїв і трансформувати в мінімальну позитивну оцінку числової (рейтингової) шкали.

Сума балів	ЄКТС значення	Оцінка за національною шкалою	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
90 – 100	A	Відмінно	Здобувач демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. Власні пропозиції здобувача в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін.	Високий , що повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни.
82 – 89	B	Добре	Здобувач демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати теоретичні положення при вирішенні практичних задач, але допускає окремі неточності. Вміє самостійно виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною.	Достатній , що забезпечує здобувачу самостійне вирішення основних практичних задач.
74 - 81	C	Добре	Здобувач загалом добре володіє матеріалом, знає основні положення матеріалу, що відповідають робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та використовує для рішення характерних/типових	Достатній , конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни.

			практичних завдань на професійному рівні. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають ускладнення.	
64 - 73	D	Задовільно	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постановку стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. Розуміє основні положення, що є визначальними в курсі, може вирішувати подібні завдання тим, що розглядались з викладачем, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок, які може усувати за допомогою викладача.	Середній , що забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни.
60 – 63	E	Достатньо	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постановку стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень і володіє основними положеннями на рівні, який визначається як мінімально допустимий. Правила вирішення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	Середній , що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни.

35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання екзамену/ диф.залику	Здобувач може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни здобувач виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних і лабораторних робіт в більшості є неправильними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у здобувача відсутні.	Низький , не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни.
0 – 34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Здобувач повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Здобувач не допущений до здачі екзамену/залику.	Незадовільний , здобувач не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни.

6. Засоби діагностики результатів навчання

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

поточний контроль:

- виконання лабораторних робіт;
- виконання контрольних робіт (для дистанційної форми навчання);

підсумковий контроль:

- екзамен.

7. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Механічні основи побудови та руху роботизованих систем

Тема 1. Робот як багатоланкова механічна система

Поняття роботизованої механічної системи. Узагальнені координати та ступені вільності. Кінематичні ланцюги відкритого типу. Структурна декомпозиція маніпулятора. Геометричні та функціональні параметри механізму. Робочий простір та область досяжності. Показники структурної ефективності маніпулятора.

Лабораторне заняття № 1.

Тема 2. Параметризація просторового руху

Опис положення твердого тіла в просторі. Системи координат та їх зв'язок. Ортогональні матриці повороту. Однорідні перетворення координат. Послідовність кінематичних перетворень. Формування математичної моделі просторового положення робочого органа.

Лабораторне заняття № 2.

Тема 3. Кінематичні співвідношення швидкостей

Вектор кутової швидкості. Лінійна швидкість точки твердого тіла. Зв'язок між швидкостями сусідніх ланок. Диференціювання матричних перетворень. Сингулярні положення механізму. Кінематична інтерпретація особливих конфігурацій.

Лабораторне заняття № 3.**Тема 4. Кінематичні співвідношення прискорень**

Кутове прискорення ланки. Лінійні прискорення точок механізму. Транспортні та відносні складові прискорення. Формування рівнянь руху в кінематичній формі. Аналіз впливу конфігурації на кінематичні параметри.

Лабораторне заняття № 4.**Тема 5. Математична модель позиціювання**

Пряма задача визначення положення робочого органа. Формалізація оберненої задачі. Геометрична та аналітична постановка задачі позиціювання. Алгоритмічна структура розрахунку положення. Чисельна перевірка кінематичних співвідношень.

Лабораторне заняття № 5.**Змістовий модуль 2. Силовий аналіз і динамічні рівняння маніпулятора****Тема 6. Масо-інерційні характеристики механізму**

Центр мас ланки. Тензор інерції. Приведення інерційних параметрів до вибраної системи координат. Розподіл маси в багатоланковій системі. Вплив масо-інерційних характеристик на рух маніпулятора.

Лабораторне заняття № 6.**Тема 7. Силовий аналіз у квазістатичному наближенні**

Принцип Д'Аламбера. Сили інерції та інерційні моменти. Побудова розрахункових схем ланок. Послідовність визначення внутрішніх реакцій. Розрахунок навантажень у кінематичних парах.

Лабораторне заняття № 7.**Тема 8. Динаміка маніпулятора з дисипативними силами**

Механічна модель тертя в кінематичних парах. Сили сухого та в'язкого тертя. Включення тертя до рівнянь руху. Вплив дисипативних факторів на стабільність і точність. Аналіз характеру руху при наявності втрат енергії.

Лабораторне заняття № 8.**Тема 9. Енергетичний підхід до опису руху**

Кінетична енергія багатоланкової системи. Потенціальна енергія в полі сил тяжіння. Узагальнені координати та узагальнені сили. Виведення рівнянь руху на основі варіаційного підходу. Матричний запис системи рівнянь руху.

Лабораторне заняття № 9.**Тема 10. Реакції у зв'язках та узагальнені пришвидшення**

Метод множників Лагранжа. Визначення внутрішніх реакцій. Структура матриць мас та коріолісових складових. Узагальнені пришвидшення. Інтерпретація силових результатів.

Лабораторне заняття № 10.**Змістовий модуль 3. Варіаційні методи та механіка точності роботів**

Тема 11. Варіаційні принципи в механіці маніпуляторів

Функціонал примушування. Мінімізація відхилення від можливого руху. Отримання рівнянь руху на основі принципу найменшої дії. Порівняння класичних і варіаційних методів.

Лабораторне заняття № 11.**Тема 12. Геометричні джерела похибок**

Неточності виготовлення ланок. Похибки встановлення координатних систем. Вплив кінематичних відхилень на положення робочого органа. Механічна інтерпретація накопичення похибок у ланцюгу.

Лабораторне заняття № 12.**Тема 13. Пружні деформації та статична точність**

Механічна модель жорсткості ланок. Визначення статичних відхилень під дією навантаження. Зв'язок силового аналізу з точністю позиціонування. Формування рівнянь статичної похибки.

Лабораторне заняття № 13.**Тема 14. Динамічна похибка та парціальні рухи**

Парціальні координати системи. Формування рівнянь динамічної похибки. Вплив інерційних параметрів на точність. Частотні властивості системи. Аналіз чутливості параметрів.

Лабораторне заняття № 14.**Тема 15. Просторові механізми зі сферичною кінематикою**

Просторові з'єднання зі сферичними парами. Геометричний аналіз сферичних механізмів. Гвинтові координати у просторі. Особливі положення та кінематична точність. Оцінювання стабільності конфігурацій.

Лабораторне заняття № 15.**8. Структура навчальної дисципліни****а) для денної форми здобуття освіти**

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Механічні основи побудови та руху роботизованих систем						
Тема 1. Робот як багатоланкова механічна система	12	2		2		8
Тема 2. Параметризація просторового руху	12	2		2		8
Тема 3. Кінематичні співвідношення швидкостей	12	2		2		8
Тема 4. Кінематичні співвідношення прискорень	12	2		2		8
Тема 5. Математична модель позиціонування	12	2		2		8
Разом за змістовим модулем 1	60	10		10		40
Змістовий модуль 2. Силовий аналіз і динамічні рівняння маніпулятора						
Тема 6. Масо-інерційні характеристики механізму	12	2		2		8
Тема 7. Силовий аналіз у квазістатичному наближенні	12	2		2		8

Тема 8. Динаміка маніпулятора з дисипативними силами	12	2		2		8
Тема 9. Енергетичний підхід до опису руху	12	2		2		8
Тема 10. Реакції у зв'язках та узагальнені пришвидшення	12	2		2		8
Разом за змістовим модулем 2	60	10		10		40
Змістовий модуль 3. Варіаційні методи та механіка точності роботів						
Тема 11. Варіаційні принципи в механіці маніпуляторів	12	2		2		8
Тема 12. Геометричні джерела похибок	12	2		2		8
Тема 13. Пружні деформації та статична точність	12	2		2		8
Тема 14. Динамічна похибка та парціальні рухи	12	2		2		8
Тема 15. Просторові механізми зі сферичною кінематикою	12	2		2		8
Разом за змістовим модулем 3	60	10		10		40
<i>Усього годин</i>	180	30		30		120

б) для заочної форми здобуття освіти*

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Механічні основи побудови та руху роботизованих систем						
Тема 1. Робот як багатоланкова механічна система	12	2		2		8
Тема 2. Параметризація просторового руху	12	1		1		10
Тема 3. Кінематичні співвідношення швидкостей	12					12
Тема 4. Кінематичні співвідношення прискорень	12					12
Тема 5. Математична модель позиціонування	12					12
Разом за змістовим модулем 1	60	3		3		54
Змістовий модуль 2. Силовий аналіз і динамічні рівняння маніпулятора						
Тема 6. Маса-інерційні характеристики механізму	12	2		2		8
Тема 7. Силовий аналіз у квазістатичному наближенні	12	2		2		8
Тема 8. Динаміка маніпулятора з дисипативними силами	12					12
Тема 9. Енергетичний підхід до опису руху	12					12
Тема 10. Реакції у зв'язках та узагальнені пришвидшення	12					12
Разом за змістовим модулем 2	60	4		4		52
Змістовий модуль 3. Варіаційні методи та механіка точності роботів						
Тема 11. Варіаційні принципи в механіці маніпуляторів	12	2		2		8
Тема 12. Геометричні джерела похибок	12	1		1		10
Тема 13. Пружні деформації та статична точність	12					12

Тема 14. Динамічна похибка та парціальні рухи	12					12
Тема 15. Просторові механізми зі сферичною кінематикою	12					12
Разом за змістовим модулем 3	60	3		3		54
<i>Усього годин</i>	180	10		10		160

в) для дистанційної форми здобуття освіти*

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Механічні основи побудови та руху роботизованих систем						
Тема 1. Робот як багатоланкова механічна система	12					12
Тема 2. Параметризація просторового руху	12					12
Тема 3. Кінематичні співвідношення швидкостей	12					12
Тема 4. Кінематичні співвідношення прискорень	12					12
Тема 5. Математична модель позиціювання	12					12
Разом за змістовим модулем 1	60					60
Змістовий модуль 2. Силовий аналіз і динамічні рівняння маніпулятора						
Тема 6. Маса-інерційні характеристики механізму	12					12
Тема 7. Силовий аналіз у квазістатичному наближенні	12					12
Тема 8. Динаміка маніпулятора з дисипативними силами	12					12
Тема 9. Енергетичний підхід до опису руху	12					12
Тема 10. Реакції у зв'язках та узагальнені пришвидшення	12					12
Разом за змістовим модулем 2	60					60
Змістовий модуль 3. Варіаційні методи та механіка точності роботів						
Тема 11. Варіаційні принципи в механіці маніпуляторів	12					12
Тема 12. Геометричні джерела похибок	12					12
Тема 13. Пружні деформації та статична точність	12					12
Тема 14. Динамічна похибка та парціальні рухи	12					12
Тема 15. Просторові механізми зі сферичною кінематикою	12					12
Разом за змістовим модулем 3	60					60
<i>Усього годин</i>	180					180

9. Перелік питань для семінарських занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин		
	для денної форми	для заочної форми	для дистанційної форми
Семінарські заняття не передбачені			

10. Перелік питань для практичних занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин		
	для денної форми	для заочної форми	для дистанційної форми
Практичні заняття не передбачені			

11. Перелік питань для лабораторних занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин		
	для денної форми	для заочної форми	для дистанційної форми
Лабораторне заняття 1. Аналіз структурної схеми багатоланкового маніпулятора	2	2	-
Лабораторне заняття 2. Побудова матричної моделі просторового положення ланок	2	2	-
Лабораторне заняття 3. Розрахунок швидкостей ланок методом диференціювання матриць	2		-
Лабораторне заняття 4. Дослідження прискорень точок багатоланкового механізму	2		-
Лабораторне заняття 5. Чисельна реалізація задачі позиціонування маніпулятора	2		-
Лабораторне заняття 6. Визначення масо-інерційних характеристик ланки	2	2	-
Лабораторне заняття 7. Силовий аналіз методом кінетостатики	2	2	-
Лабораторне заняття 8. Моделювання впливу тертя в кінематичних парах	2		-
Лабораторне заняття 9. Формування рівнянь руху методом Лагранжа	2		-
Лабораторне заняття 10. Визначення реакцій у зв'язках методом множників Лагранжа	2		-
Лабораторне заняття 11. Застосування принципу Гаусса до багатоланкової системи	2	2	-
Лабораторне заняття 12. Дослідження впливу геометричних похибок	2		-
Лабораторне заняття 13. Оцінювання статичної похибки при пружних деформаціях	2		-
Лабораторне заняття 14. Моделювання динамічної похибки	2		-
Лабораторне заняття 15. Дослідження сферичного	2		-

механізму маніпулятора			
Усього	30	10	-

12. Самостійна робота

Метою самостійної роботи здобувачів вищої освіти є: навчитися користуватися бібліотечними фондами і каталогами, працювати з чинними нормативними документами та науково-технічною літературою, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки.

Види самостійної роботи здобувачів вищої освіти:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до лабораторних занять;
- опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;
- підготовка до складання екзамену за контрольними питаннями.

Питання для самостійного вивчення студентами

№ п/п	Тема заняття та перелік питань	Кількість годин		
		для денної форми	для заочної форми	для дистанційної форми
Змістовий модуль 1. Механічні основи побудови та руху роботизованих систем				
Тема 1. Робот як багатоланкова механічна система				
1	Структурна організація багатоланкової роботизованої системи та визначення її ступенів вільності	4	6	6
2	Геометричні параметри маніпулятора та формування робочого простору	4	6	6
Тема 2. Параметризація просторового руху				
3	Матричні методи опису просторового положення твердого тіла	4	6	6
4	Формування послідовності кінематичних перетворень у багатоланковому механізмі	4	6	6
Тема 3. Кінематичні співвідношення швидкостей				
5	Вектор кутової швидкості та його зв'язок з матрицею повороту	4	6	6
6	Кінематичний аналіз швидкостей точок багатоланкової системи	4	6	6
Тема 4. Кінематичні співвідношення прискорень				
7	Структура рівнянь кутових і лінійних прискорень ланок	4	6	6
8	Вплив конфігурації маніпулятора на прискорювальні характеристики	4	6	6
Тема 5. Математична модель позиціонування				
9	Пряма задача кінематичного визначення положення робочого органа	4	6	6
10	Аналітична постановка та розв'язання оберненої задачі позиціонування	4	6	6
Змістовий модуль 2. Силовий аналіз і динамічні рівняння маніпулятора				
Тема 6. Масо-інерційні характеристики механізму				
11	Тензор інерції та його фізичний зміст у багатоланковій	4	6	6

	системі			
12	Вплив розподілу маси на динамічну поведінку маніпулятора	4	6	6
Тема 7. Силовий аналіз у квазістатичному наближенні				
13	Застосування принципу Д'Аламбера до силового аналізу маніпулятора	4	6	6
14	Алгоритм визначення внутрішніх реакцій у кінематичних парах	4	6	6
Тема 8. Динаміка маніпулятора з дисипативними силами				
15	Механічна модель сухого та в'язкого тертя у кінематичних парах	4	6	6
16	Вплив дисипативних факторів на стійкість руху системи	4	6	6
Тема 9. Енергетичний підхід до опису руху				
17	Формування кінетичної та потенціальної енергії багатоланкової системи	4	6	6
18	Виведення рівнянь руху на основі енергетичного підходу	4	6	6
Тема 10. Реакції у зв'язках та узагальнені пришвидження				
19	Використання множників Лагранжа для визначення реакцій	4	6	6
20	Структура матричної форми рівнянь руху маніпулятора	4	6	6
Змістовий модуль 3. Варіаційні методи та механіка точності роботів				
Тема 11. Варіаційні принципи в механіці маніпуляторів				
21	Принцип найменшої дії в динаміці багатоланкових систем	4	4	6
22	Порівняння варіаційних та класичних методів формування рівнянь руху	4	4	6
Тема 12. Геометричні джерела похибок				
23	Накопичення геометричних похибок у послідовному кінематичному ланцюгу	4	4	6
24	Вплив похибок встановлення координатних систем на точність позиціонування	4	4	6
Тема 13. Пружні деформації та статична точність				
25	Механічна модель жорсткості ланок та її вплив на статичну похибку	4	4	6
26	Зв'язок силового навантаження з відхиленням робочого органа	4	4	6
Тема 14. Динамічна похибка та парціальні рухи				
27	Формування рівнянь динамічної похибки у багатоланковій системі	4	4	6
28	Частотні властивості маніпулятора та їхній вплив на точність	4	4	6
Тема 15. Просторові механізми зі сферичною кінематикою				
29	Геометричний аналіз сферичних кінематичних пар у робототехніці	4	4	6
30	Особливі положення сферичного механізму та їхній вплив на точність	4	4	6
	Разом	120	160	180

13. Індивідуальне завдання

Не передбачено планом.

14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, індивідуальних та групових консультацій, практичні – при проведенні лабораторних занять.

Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення.

При виконанні лабораторних занять використовується програмне забезпечення для математичного моделювання та чисельних розрахунків, а також засоби візуалізації та аналізу результатів, навчальні стенди та вимірювальне обладнання для дослідження параметрів руху механізмів.

До числа наочних методів, що формують soft-skills належать: ілюстрація, демонстрація, робота в малих групах.

15. Методи контролю

Поточний контроль успішності засвоєння студентами навчального матеріалу може здійснюватися шляхом опитування й оцінювання знань студентів під час лабораторних занять, оцінювання виконання студентами самостійної роботи, проведення і перевірки письмових контрольних робіт, тестування або в ході індивідуальних співбесід зі студентами під час консультацій. На підставі результатів модульного контролю здійснюється міжсесійний контроль (атестація).

Модульний контроль є частиною поточного контролю і має на меті перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формують відповідний модуль. Він реалізується шляхом проведення спеціальних контрольних заходів (у формі тестування чи написання студентами контрольних робіт), проводиться наприкінці кожного змістового модуля за рахунок аудиторних занять або самостійної роботи для дистанційної форми здобуття освіти, під час групових консультацій або ж шляхом часу, відведеного на самостійну роботу студентів.

Підсумковий контроль здійснюється у формі семестрового екзамену

16. Розподіл балів, які отримують студенти

Схема нарахування балів за видами робіт для денної форми здобуття освіти

Види робіт/контролю	Перелік тем														
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12	Тема 13	Тема 14	Тема 15
	Лабораторне заняття														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Виконання лабораторних завдань	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Опитування			1			1			1			1			1
Всього за	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4

<i>роботи</i>															
Всього за темами	2	2	2	2	8	2	2	2	2	9	2	2	2	2	9
Семестровий екзамен	50														
Всього за результатами вивчення навчальної дисципліни	100														

Шкала та критерії оцінювання виконання лабораторних завдань

Бали для денної форми здобуття освіти	Бали для заочної форми здобуття освіти	Критерії оцінювання
3	1	Виконано завдання лабораторної роботи в повному обсязі, належним чином оформлено висновки, в яких відображено здатність до практичного застосування отриманих знань.
1-2	0,5	Виконано завдання лабораторної роботи із несуттєвими помилками або не в повному обсязі, оформлено висновки, які частково розкривають практичне завдання.
0	0	Не виконано лабораторну роботу або виконано із суттєвими помилками.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи

Бали для заочної форми здобуття освіти	Бали для дистанційної форми здобуття освіти	Критерії оцінювання
3	2	Виконання завдань самостійної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
1-2	1	Виконання завдань самостійної роботи здійснене у повному обсязі, містить помилки та неточності, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0	0	Завдання самостійної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

Виконання контрольних робіт для дистанційної форми роботи

Бали (для теми 5)	Бали (для теми 10 та 15)	Критерії оцінювання
4-6	5-7	Виконання завдань самостійної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
1-3	1-4	Виконання завдань самостійної роботи здійснене у повному обсязі, містить помилки та неточності, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0	0	Завдання самостійної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

Шкала та критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти за результатами складання екзамену

№	Завдання	Бали	Критерії оцінювання
1	Тестування	0-50	Кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів ($2 \times 25 = 50$), правильність відповідей перевіряється відповідно до ключа тестів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

100-бальна рейтингова система оцінювання	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою для екзамену, диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики
90 – 100	A – відмінно	5 – відмінно
82 – 89	B – дуже добре	4 – добре
74 – 81	C – добре	
64 – 73	D – задовільно	3 – задовільно
60 – 63	E – достатньо	
35 – 59	FX – незадовільно з можливістю повторного складання	2 – незадовільно
0 – 34	F – незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів, із них:

– при підсумковому контролі у вигляді семестрового екзамену 50 балів відведено на поточний контроль, а 50 балів – на підсумковий (для допуску до екзамену необхідно мати не менше 25 балів поточної успішності).

Присутність на лекціях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов'язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене заняття має бути відпрацьоване впродовж двох наступних тижнів, при тривалій відсутності студента на заняттях з

поважної причини встановлюється індивідуальний графік відпрацювання пропусків, але не пізніше початку екзаменаційної сесії.

Студент, який повністю виконав програму навчальної дисципліни і отримав достатню рейтингову оцінку (не менше 25 балів у випадку семестрового екзамену), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

2. Підсумковий контроль. Підсумковим контролем є семестровий екзамен. Він здійснюється відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті імені Юрія Кондратюка».

17. Методичне забезпечення

1. Методичні рекомендації до лабораторних занять з дисципліни «Динаміка і точність робіт та маніпуляторів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / Укл.: Вірченко В.В. – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2025. – 28 с.

18. Рекомендована література

Основна література

1. Коренькова Т. В., Ковальчук В. Г., Калінова А. П. Автоматизований електропривод типових промислових механізмів. Практикум і тестові завдання: навчальний посібник. 2-ге видання, перероблене і доповнене. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 190 с.

2. Аніщенко М. В. Промислові роботи : навч. посібн. для студентів освітньої програми «Електропривод, мехатроніка та робототехніка» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / М. В. Аніщенко. – Харків : НТУ «ХП», 2025. – 464 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/3cc1847c-5a8c-47db-90d9-9bebe85c303f>

Додаткова література

1. Проектування приводів машин: методичні вказівки до виконання практичних завдань / уклад.: В.О. Волянчук, Є.В. Горбатюк. – Київ: КНУБА, 2023. – 96 с.

2. Павленко І.І., Годунко М.О. Захватні пристрої роботів. Монографія – Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД». 2020. – 386 с.

3. Lombard M. Solid Edge with synchronous technology. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc, 2017. – 139 p.

4. Multi-terrain Quadrupedal-wheeled Robot Mechanism: Design, Modeling, and Analysis / E. Gratton et al. European Journal of Engineering and Technology Research. 2020. Vol. 5, no. 12. P. 24–33. URL: <https://doi.org/10.24018/ejeng.2020.5.12.2256>

5. Andreas C. Müller; Sarah Guido. Introduction to Machine Learning with Python. O'Reilly Media, Inc., 2016. 1288 p.

19. Інтернет-ресурси

1. Сторінка курсу на платформі Moodle: <https://dist.nupp.edu.ua>