МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра теорії оптимальних процесів

Затверджено

на засіданні
кафедри теорії оптимальних процесів
факультету прикладної математики та
інформатики Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 30 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри: проф. Шахно С.М.

Силабус з навчальної дисципліни

“ Робототехнічні системи та їх захист”,

що викладається в межах ОПП “Кібербезпека” першого

(бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності

125 - Кібербезпека та захист інформації

Львів - 2023

Назва дисципліни	Робототехнічні системи та їх захист
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ імені Івана Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якоюзакріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики, кафедра теорії оптимальних процесів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 125 – кібербезпека та захист інформації
Викладачі дисципліни	Демидюк Мирослав Васильович, д.т.н., професор кафедри теорії оптимальних процесів
Контактна інформація викладачів	myroslav.demydyuk@lnu.edu.ua Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 269.
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять Можливі онлайн консультації через Zoom чи Microsoft Teams. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Робототехнічні системи та їх захист ” є дисципліною за вибором зі спеціальності “125 – Кібербезпека та захист інформації” для освітньої програми “Кібербезпека”, яка викладається в 8-му семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними принципами і методами математичного моделювання динаміки маніпуляційних роботів та оптимізації режимів керувань і параметрів їх конструкцій. У курсі представлено загальні поняття теорії маніпуляційних робототехнічних систем, основні поняття теоретичної механіки (стосовно механіко-математичного моделювання маніпуляційних роботів), метод параметричної оптимізації законів руху та параметрів маніпуляційних систем з активними та пасивними (пружинно-демпферними) приводами. У курсі також наведено результати числового моделювання субоптимального руху низки важливих у прикладних застосуваннях маніпуляційних систем.

Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення дисципліни “Робототехнічні системи та їх захист” є освоєння студентами методів та алгоритмів математичного моделювання кінематики та динаміки маніпуляційних роботів, параметричної оптимізації їх законів руху та конструктивних параметрів. Ціль дисципліни – вироблення у студентів таких навичок: – розроблення механіко-математичних моделей маніпуляційних систем та їх параметричний аналіз; – формулювання задач оптимального керування з врахуванням кінематичних та динамічних обмежень на рух системи, вибір критерія якості руху; – побудова алгоритмів параметричної оптимізації керованого руху маніпуляційних систем; – програмна реалізація алгоритмів параметричної оптимізації; – захист кінематичних та динамічних характеристик субоптимального руху маніпуляційних систем.
Література для вивчення дисципліни	Основна література 1. Demydyuk M. V., Hoshovs’ka N.V. Parametric optimization of the transport operations of a two-link manipulator. *Journal of Mathematical Sciences*. 2019. Vol. 238, Is. 2. P. 174-88. 2. Демидюк М.В., Демидюк В.М. Параметрична оптимізація кінематичної структури та руху дволанкового маніпулятора. *Вісник Харків. Національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія: Математичне моделювання Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління*. 2020. Вип. 48. С. 36-48. 3. Demydyuk M.V., Lytwyn B.A. Optimization of the parameters of feet and the laws of motion of bipedal walking robots. *Journal of Mathematical Sciences*. – 2023. – Vol. 270, No. 1. – P. 214-236. Додаткова література 4. Штанько П.К., Шевченко В.Г., Дзюба Л.Ф., Пасіка В.Р., Поляков О.М. Теоретична механіка. Навчальний посібник / За ред. Штанька П.К. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. 376 с. 5. Chernousko F.L., Bolotnik N.N., Gradetsky V.G. Manipulation Robots: Dynamics, Control, and Optimization. CRC Press, 1993. 288 p.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 180 годин. Аудиторних занять: 70 год., з них 28 години лекцій та 42 години лабораторних занять. Самостійної роботи: 110 години.

Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент має набути таких компетентностей. знати: основні поняття про робототехнічні маніпуляційні системи, їх призначення та типи керувань, базові поняття теоретичної механіки та їх використання в побудові математичних моделей маніпуляційних систем, типові постановки задач оптимального керування маніпуляційними системами, методику параметричної оптимізації в задачах оптимального керування нелінійними механічними системами; вміти: будувати кінематичну схему маніпуляційної системи та виводити рівняння руху, формулювати основні типи задач оптимального керування з відповідним вибором критерія якості руху системи, розробляти алгоритми параметричної оптимізації керованого руху маніпуляційної системи та проводити аналіз її субоптимальних кінематичних та динамічних характеристик. Курс забезпечує набуття таких фахових компетентностей: ІК, КЗ 1, КЗ 2,КЗ 4, , КФ 2, КФ 3, КФ 5, КФ 7; та програмних результатів навчання: ПРН 4, ПРН 6, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 15, ПРН 14.ПРН 22, ПРН 28, ПРН 29
Ключові слова	Маніпуляційна система, активні та пасивні приводи, математичне моделювання, рівняння руху, пряма та обернена задача динаміки, задача оптимального керування, сукупна оптимізація параметрів та керувань, параметрична оптимізація.
Формат курсу	Очний .
Теми	Теми подані нижче у схемі курсу
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з теоретичної механіки, теорії диференціальних рівнянь, методів оптимізації, чисельних методів, достатніх для сприйняття категоріального апарату методів математичного моделювання керованого руху нелінійних механічних систем, алгоритмів оптимального керування та параметричної оптимізації маніпуляційних систем.
Навчальні методи, які будуть ви-ко-ристовуватися під час викладання курсу	Лабораторні заняття, презентації, індивідуальні завдання.
Необхідне обладнання	Комп’ютер із програмним забезпеченням MATLAB, Visual Studio, Internet доступ до обчислювального кластера, проєктор.

Критерії оцінювання	Оцінювання в семестрі проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються у такий спосіб: • активність студента під час усного опитування – максимальна кількість 10 балів; • дві лабораторні роботи (по 10 балів) – максимальна кількість 20 балів; • дві контрольні роботи (по 10 балів) – максимальна кількість 20 балів; • підсумкове тестування (залік): максимальна кількість 50 балів. **Політика виставлення балів.** Підсумкова максимальна кількість балів –100. Враховуються бали, набрані на лекційних та лабораторних заняттях, під час написання контрольних робіт та бали підсумкового тестування. Водночас враховуються (у відповідній кількості балів) активність студента на заняттях . **Відвідування занять: о**чікується, що всі студенти відвідають усі лекційні та лабораторні зайняття. У разі, коли студент не може бути (з поважних причин) присутнім на занятті, він повинен повідомити викладача. **Академічна доброчесність**: відсутність посилань на використані джерела, списування, втручання в роботу інших студентів становлять (але не обмежують) приклади академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем.
Питання до заліку	1. Основні поняття та визначення теорії маніпуляційних робототехнічних систем. 2. Типові задачі кінематики та динаміки маніпуляційних систем. 3. Матеріальна точки, система матеріальних точок, в'язі, тверде тіло, система твердих тіл. 4. Сила та момента сили, головний вектор та головний момент сил, реакції в'язей, реакції типових в'язей. 5. Статика, умови рівноваги твердого тіла. 6. Кінематика точки, рух точки, швидкість та прискорення. 7. Кінематика твердого тіла, види руху твердого тіла. 8. Динаміка матеріальної точки, закони Ньютона, задачі динаміки. 9. Рівняння руху системи матеріальних точок. 10. Коливний рух матеріальної точки. 11. Динаміка твердого тіла, центр маси та момент інерції. 12. Кінетична та потенціальна енергії, рівняння Лагранжа другого роду. 13. Базові поняття теорії маніпуляційних систем. 14. Загальна постановка задачі оптимізації циклічного руху та параметрів конструкції маніпуляційних систем. 15. Алгоритм параметричної оптимізації маніпуляційних систем. 16. Оптимізація параметрів пасивних приводів та законів руху одноланкового маніпулятора. 17. Механічна модель та рівняння руху дволанкового маніпулятора. 18. Постановка задачі оптимізації керованого руху дволанкового маніпулятора та алгоритм розв'язання. 19. Оптимізація руху дволанкового маніпулятора з використанням класичних ортогональних рядів. 20. Оптимізація руху дволанкового маніпулятора за допомогою тригонометричних рядів.

	21. Оптимізація керування дволанкового маніпулятора з використанням принципу максимума Понтрягінаю 22. Математична модель дволанкового маніпулятора зі зміщенням базового шарніра та різними кінематичними конфігураціями ланок. 23. Сукупна оптимізація положення дволанкового маніпулятора, конфігурацій ланок та законів руху. 24. Оптимізація параметрів і законів циклічного руху дволанкового маніпулятора з активними та пасивними приводами. 25. Математична модель дволанкового маніпулятора з активними та пасивними приводами. 26. Постановка задачі оптимізації параметрів та законів циклічного руху дволанкового маніпулятора з активними та пасивними приводами. 27. Параметрична оптимізація руху та елементів конструкції дволанкового маніпулятора з активними та пасивними приводами. 28. Математична модель чотириланкового маніпулятора замкнутої кінематичної структури. 29. Оптимізація розподілу активно керованих шарнірів та керувань чотириланкового замкнутого маніпулятора. 30. Оптимізація розмірів ланок та законів руху чотириланкового замкнутого маніпулятора. 31. Оптимізація параметрів і законів циклічного руху чотириланкового замкнутого маніпулятора з активними та пасивними приводами.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завер шенню курсу.

Схема курсу

Тиж.	**Тема, план, короткі тези**	**Форма діяльності (заняття)**	**Література**	**Завдання, год.**	**Термін виконання**
1	Основні поняття теорії маніпуляційних робототехнічних систем: структура маніпуляційного робота, типові технологічні операції, основні критерії якості руху. Типові задачі кінематики та динаміки маніпуляційних систем.	лекція, лабораторна, Самостійна робота	[1-5]	2 2 8	1 тиждень
2	Основні поняття теоретичної механіки: система матеріальних точок, система твердих тіл, сила та момент сили, головний вектор та головний момент сил, в’язі та реакції типових в’язей.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 4 8	1 тиждень
3	Статика, умови рівноваги твердого тіла. Кінематика точки та твердого тіла	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 2 6	1 тиждень

4	Динаміка матеріальної точки, закони Ньютона, задачі динаміки. Рівняння руху системи матеріальних точок. Коливний рух матеріальної точки.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 4 8	1 тиждень
5	Динаміка твердого тіла, центр маси та момент інерції. Кінетична та потенціальна енергії, рівняння Лагранжа другого роду.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 2 8	1 тиждень
6	Базові поняття теорії маніпуляційних систем. Загальна постановка задачі оптимізації циклічного руху та параметрів конструкції маніпуляційних систем	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 2 8	1 тиждень
7	Алгоритм параметричної оптимізації маніпуляційних систем. Оптимізація параметрів пасивних приводів та законів руху одноланкового маніпулятора. Контрольне оцінювання.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 4 8	1 тиждень
8	Механіко-математична модель дволанкової маніпуляційної системи з активними та пасивними приводами. Параметрична оптимізація руху дволанкового маніпулятора з використанням класичних ортогональних рядів.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 4 8	1 тиждень
9	Параметрична оптимізація руху дволанкового маніпулятора за допомогою тригонометричних рядів.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 2 8	1 тиждень
10	Оптимізація керувань дволанкового маніпулятора з використанням принципу максимума Понтрягіна.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 2 8	1 тиждень
11	Модель дволанкового маніпулятора зі врахуванням положення базового шарніра та кінематичної надлишковості ланок..	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 2 8	1 тиждень
12	Параметрична оптимізація кінематичної структури та законів руху дволанкового маніпулятора. Сукупна оптимізація положення	лекція, лабораторна, самостійна робота	[1-5]	2 4 8	1 тиждень

	маніпулятора, конфігурацій ланок та законів руху. Оптимізація параметрів і законів циклічного руху дволанкового маніпулятора з активними та пасивними приводами.				
13	Математична модель чотириланкового маніпулятора замкнутої кінематичної структури. Оптимізація розподілу активно керованих шарнірів та законів руху чотириланкового замкнутого маніпулятора.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[6-10]	2 4 8	1 тиждень
14	Оптимізація параметрів ланок та законів руху чотириланкового замкнутого маніпулятора. Оптимізація параметрів і законів циклічного руху чотириланкового замкнутого маніпулятора з активними та пасивними приводами.	лекція, лабораторна, самостійна робота	[6-10]	2 4 8	1 тиждень