



Комп'ютеризовані системи керування рухомими об'єктами

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування¹</i>
Спеціальність	<i>151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова (сертифікатна програма)</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кр. (150 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / поточний контроль, МКР</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., Мураховський Сергій Анатолійович, serge.murakhovsky@gmail.com Практичні : к.т.н., Мураховський Сергій Анатолійович, serge.murakhovsky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://ecampus.kpi.ua/ https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5051</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітній компонент «Комп'ютеризовані системи керування рухомими об'єктами» викладається для забезпечення підготовки магістрів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології в галузі дослідження динаміки і керування рухом сучасних рухомих об'єктів різних типів. В процесі вивчення студенти будуть розглядати динамічні моделі рухомих об'єктів, зокрема: літальних апаратів, що здійснюють рух в повітряному та космічному середовищі, а також, методи аналізу, синтезу та моделювання комп'ютеризованих систем автоматичного керування рухомих об'єктів, технології адаптивного та робастного керування. При вивченні дисципліни «Комп'ютеризовані системи керування рухомими об'єктами» студенти будуть використовувати сучасні комп'ютерні технології моделювання динамічних систем для аналізу властивостей об'єктів керування та синтезу систем автоматичного керування із заданими вимогами до точності та швидкодії. Використання систем комп'ютерного моделювання дозволяє підвищити ефективність

¹В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.

Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

розроблених кіберфізичних систем автоматичного керування рухомими об'єктами, зменшити витрати часу на розробку та пошук оптимальних рішень.

Метою освітнього компонента є підсилення у студентів здатностей:

- СК1. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв;
- СК6. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами;
- СК7. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Основні освітнього компонента модуля.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- РН02. Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів;
- РН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв;
- РН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами;
- РН 14. Створювати та впроваджувати високонадійні систем автоматизації та їх прикладне програмне забезпечення для реалізації функцій управління та опрацювання інформації на основі сучасних положень теорії надійності, функціональної безпеки програмних та технічних засобів, та зменшення ризиків в складних системах.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни базується на знаннях отриманих на попередньому рівні вищої освіти, а також при вивченні нормативної дисципліни "Сучасна теорія управління"

У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у наукових дослідженнях за темою магістерської дисертації та при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

- **Розділ 1. Динаміка та автоматичне керування рухомими об'єктами, що рухаються в межах атмосфери**
- Тема 1. Принципи побудови бортових систем керування.

Принципи побудови і класифікація бортових систем керування (БСК). Узагальнені функціональні схеми БСК рухомих об'єктів. Особливості БСК об'єктів різних типів. Основні системи

координат, геометричні і кінематичні співвідношення. Сили і моменти, що діють на ЛА. Диференціальні рівняння руху ЛА (загальний випадок).

○ Тема 2. Математичні моделі рухомих об'єктів як елементів систем керування Умови незалежності подовжнього і бічного рухів. Диференціальні рівняння подовжніх рухів ЛА. Лінеаризація рівнянь. Динамічні характеристики ЛА в подовжньому русі. Передатні функції ЛА по параметрах подовжніх рухів. Диференціальні рівняння бічних рухів ЛА. Лінеаризація рівнянь. Динамічні характеристики ЛА в бічному русі. Передатні функції ЛА по параметрах бічних рухів. Перетворення неперервних функцій об'єктів до цифрової форми. Дискретні передатні функції рухомих об'єктів, які використовуються в бортових цифрових системах керування.

○ Тема 3. Основні типи систем керування рухомими об'єктами Основні схеми і закони керування кутами тангажу і крену. Автоматичне керування бічним рухом ЛА. Координоване керування. Цифрові системи керування просторовим рухом об'єктів. Особливості реалізації цифрових систем в бортових обчислювальних комплексах.

● **Розділ 2. Динаміка та керування орієнтацією штучних супутників Землі**

● Тема 1. Принципи побудови систем керування штучних супутників Землі. Базисні системи відліку. Датчики орієнтації. Виконавчі органи. Реактивні двигуни орієнтації. Гіроскопічні силові стабілізатори. Моментний магнітопривід.

○ Тема 2. Динаміка та керування орієнтацією штучних супутників Землі Рівняння кутового руху ШСЗ, не утримуючих мас, що рухаються. Рівняння кутового руху ШСЗ, що містить маси, що рухаються. Зовнішні моменти, що діють на ШСЗ. Гравітаційних, аеродинамічних, сил світлового тиску і моменти іншої природи. Методи і системи пасивної стабілізації.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Динаміка польоту та управління /Д.В.Бреславській, В.Б.Успенський, А.А.Ларін та ін. За заг. ред. Д.В.Бреславського.- Харків, НТУ «ХПІ», 2014.- 488 с.

2. Клішта А.В., Степанковський Ю.В. Динаміка та керування рухомими об'єктами. Лабораторний практикум. Розділ «Дослідження динаміки штучного супутника Землі»./ А.В. Клішта, Ю.В. Степанковський. - Київ: НТУУ "КПІ", 2012. - 96 с.

Додаткова

1. Сучасна теорія керування: навч. посіб. / І.В. Новицький, С.А. Ус, м-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 263 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні форми навчання - лекції, практичні заняття та самостійна робота студентів.

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

Лекційні заняття:

1. Класифікація рухомих об'єктів (РО) і задачі їх систем керування. Задачі курсу. Короткі історичні відомості.
2. Принципи побудови і класифікація бортових систем керування (БСК). Узагальнені функціональні схеми БСК рухомих об'єктів. Особливості БСК об'єктів різних типів.
3. Основні аеродинамічні схеми літальних апаратів (ЛА). Основні системи координат, геометричні і кінематичні співвідношення. Сили і моменти, що діють на ЛА. Методи створення керуючих сил і моментів.
4. Диференціальні рівняння руху ЛА (загальний випадок). Умови незалежності подовжнього і бічного рухів. Диференціальні рівняння подовжніх рухів ЛА. Лінеаризація рівнянь.

5. Динамічні характеристики ЛА в подовжньому русі. Передатні функції ЛА по параметрах подовжніх рухів. Диференціальні рівняння бічних рухів ЛА. Лінеаризація рівнянь. Динамічні характеристики ЛА в бічному русі. Передатні функції ЛА по параметрах бічних рухів.
6. Коротка характеристика вимірників параметрів руху РО. Бортові цифрові обчислювальні машини (БЦОМ). Основні характеристики керуючих БЦОМ. Задачі, розв'язувані БЦОМ. Методи дослідження дискретних систем автоматичного керування. Виконавчі пристрої.
7. Перетворення неперервних функцій об'єктів до цифрової форми. Дискретні передатні функції рухових об'єктів, які використовуються в бортових цифрових системах керування.
8. Основні схеми і закони керування кутами тангажу і крену.
9. Автоматичне керування бічним рухом ЛА. Координоване керування.
10. Цифрові системи керування складним просторовим рухом об'єктів.
11. Особливості реалізації цифрових систем в бортових обчислювальних комплексах. Врахування нелінійних динамічних властивостей рухомих об'єктів при побудові бортових цифрових систем.
12. Керування подовжнім рухом ЛА за допомогою нелінійного автопілоту.
13. Задача керування орієнтацією. Класифікація систем орієнтації. Склад системи орієнтації. Базисні системи відліку. Зовнішні збурюючі моменти, що діють на ШСЗ. Гравітаційні, аеродинамічні, сил світлового тиску і моменти іншої природи.
14. Датчики орієнтації штучних супутників Землі. Загальні принципи обробки інформації з датчиків в бортових обчислювальних системах.
15. Виконавчі елементи систем орієнтації штучних супутників Землі. Реактивні двигуни орієнтації. Гіроскопічні силові стабілізатори. Моментний магнітопривід. Методи і системи пасивної стабілізації положення ШСЗ.
16. Рівняння кутового руху ШСЗ, без врахування мас, що рухаються.
17. Рівняння кутового руху ШСЗ, що містить маси, що рухаються.
18. Алгоритми обробки первинної інформації з датчиків, синтез цифрових систем керування кутовою орієнтацією ШСЗ. Оптимальні та робастні системи орієнтації ШСЗ.

Практичні заняття:

1. Дослідження динаміки руху некерованого літака
2. Дослідження динаміки подовжнього руху літака, керованого статичним автопілотом при різних законах регулювання.
3. Дослідження динаміки подовжнього руху літака, керованого статичним автопілотом при різних законах регулювання.
4. Дослідження динаміки подовжнього руху літака, керованого астатичним автопілотом при різних законах регулювання
5. Дослідження динаміки подовжнього руху літака, керованого астатичним автопілотом при різних законах регулювання
6. Дослідження динаміки бічного руху літака, керованого статичним автопілотом при різних законах регулювання
7. Дослідження динаміки бічного руху літака, керованого статичним автопілотом при різних законах регулювання
8. Дослідження динаміки бічного руху літака, керованого астатичним автопілотом при різних законах регулювання
9. Дослідження динаміки бічного руху літака, керованого астатичним автопілотом при різних законах регулювання
10. Аналіз та керування складним рухом літака. Контрольна робота.
11. Дослідження електричних кермових приводів літальних апаратів
12. Дослідження динаміки ШСЗ при різній орієнтації, керованого реактивними двигунами
13. Дослідження динаміки ШСЗ при різній орієнтації, керованого реактивними двигунами

14. Дослідження динаміки ШСЗ при різній орієнтації, керованого силовими гіроскопічними органами та реактивними двигунами
15. Дослідження динаміки ШСЗ при різній орієнтації, керованого силовими гіроскопічними органами та реактивними двигунами
16. Дослідження динаміки ШСЗ, керованого силовими гіроскопічними органами та моментним магніториводом
17. Дослідження динаміки ШСЗ, керованого силовими гіроскопічними органами та моментним магніториводом
18. Аналіз комплексованих систем керування орієнтацією ШСЗ. Контрольна робота.

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. За планом передбачено виконання модульної контрольної роботи, яка поділена на дві частини (МКР1 та МКР2). Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань із методів автоматичного керування рухом літальних апаратів у повітряному та космічному середовищах, а саме:

МКР1 містить практичне завдання для перевірки знань студентів з методів аналізу складного руху літака та керування складним рухом. МКР1 виконується в аудиторії під час практичного заняття на його другій півпарі.

МКР2 містить практичне завдання для перевірки знань студентів з методів побудови комплексованих систем керування орієнтацією ШСЗ. МКР2 виконується в аудиторії під час практичного заняття на його другій півпарі.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами.

На самостійну роботу студентів виділяється 78 годин, з яких 30 годин - на підготовку до екзамену і 48 годин на опрацювання матеріалів лекцій, підготовки до практичних занять та МКР, а також на вивчення навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:** Zoom (посилання на конференцію)
[https://us04web.zoom.us/j/73514779086?pwd=MzZEdkxQWXJ3ZERGvHc0Z3ArNk9EUT09](https://us04web.zoom.us/j/73514779086?pwd=MzZEdkxQWXJ3ZERGvHc0Z3ArNk9EUT09;) ;
- **правила поведінки на заняттях:**
 - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни;
 - дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
 - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
- **правила виконання завдань на практичних заняттях**
 - на практичному занятті студент надає виконане практичне завдання для перевірки викладачу, під час опитування відповідає на запитання викладача;
 - надсилає виконане практичне завдання за темою заняття на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання

Moodle (при дистанційному навчанні), під час опитування відповідає на запитання викладача;

- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролі результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- **політика дедлайнів та перескладань:**
 - перескладання будь-яких контрольних заходів можливе, але не обов'язкове, тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин;
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа;
 - при округленні до цілого числа всі цифри, що йдуть за наступним розрядом замінюються нулями;
 - якщо цифра розряду, що залишився, 5 або більша, то ціле число збільшується на одиницю, а розряд прирівнюється до нуля;
 - якщо цифра розряду, що залишився, менша за 5, то ціле число не змінюється, а розряд прирівнюється до нуля.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
 - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролі результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
 - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
 - негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення або оцінювання контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто комісією.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	виконання та захист практичних завдань (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	12	3	36

2	виконання контрольних робіт (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	2	12	24
			Усього	60

Шкала оцінювання практичних завдань:

- повністю вірно виконання завдання - 3 бали;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є недоліки – 2 бали;
- завдання не виконано, або виконано менше 60% завдання - 0 балів.

Шкала оцінювання кожної частини модульної контрольної роботи:

- повністю вірно виконання завдання – 11-12 балів;
- вірно виконання завдання з незначними неточностями – 9-10 балів;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки – 7-8 балів;
- завдання не виконано, або виконано менше 60% завдання - 0 балів.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме на менш ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 20 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш 30 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 45 балів).

Семестровий контроль: екзамен

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	Екзамен	1	40	40

Умови допуску до семестрового контролю: позитивна оцінка з МКР, семестровий рейтинг не менше 36 балів.

На екзамені студенти виконують екзаменаційну роботу, яка складається з двох запитань теоретичного та практичного характеру. У цілому студент може отримати 40 балів (20 балів за кожне питання):

- незадовільна відповідь (менше 60% необхідної інформації, принципові помилки, або відповідь відсутня) - 0 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)- 12-14 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або є незначні неточності)- 15-18 балів;
- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 19-20 балів

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У рамках опанування дисципліни «Комп'ютеризовані системи керування рухомими об'єктами» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри комп'ютерно інтегрованих оптичних та навігаційних систем, к.т.н., Мураховським Сергієм Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою комп'ютерно інтегрованих оптичних та навігаційних систем (протокол № 7 від 06.07.2022 року)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету² (протокол № 7/22 від 07.07.2022 року)

²Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.