



КОСМІЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік /модульна контрольна робота, поточний контроль
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, доцент Микитенко Володимир Іванович, v.mykytenko@kpi.ua
Розміщення курсу	https://ecampus.kpi.ua https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2808

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Космічні оптико-електронні системи» призначена для забезпечення підготовки магістрів з аналізу та синтезу оптико-електронних приладів і систем авіаційного та космічного базування, які є необхідними для розробки нових та вдосконалення існуючих засобів і технологій автоматизації та приладобудування.

Метою освітнього компонента є підсилення у студентів здатностей:

- ЗК 1. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні
- ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- СК 9. Здатність використовувати поглиблені знання спеціального математичного інструментарію для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації, та процесів, що в них протікають.
- СК 10. Мати спеціальні знання зі створення та впровадження високонадійних систем автоматизації та їх прикладного програмного 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

Основні завдання освітнього компонента.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- РН13. Використовувати спеціальний математичний інструментарій для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації, та процесів, що в них протікають.
- РН14. 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.

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. Загальні питання космічного оптико-електронного приладобудування

Тема 1. Класифікація космічних ОЕС і їх основне призначення

Досягнення в галузі аерокосмічного оптико-електронного приладобудування. Місце України серед аерокосмічних держав світу. Орієнтаційно-навігаційні ОЕП. Аерокосмічні інформаційні ОЕП. ОЕП для передачі оптичного випромінювання з відкритим каналом (енергетичні та інформаційні). Основні задачі ДЗЗ.

Тема 2. Фоно-цільова обстановка при спостереженнях в надирі та на похилих трасах.

Типові об'єкти, фони, джерела випромінювання. Особливості формування оптичного сигналу у видимому, ІЧ та УФ діапазонах спектру. Фізико-оптичні властивості атмосфери при похилих та вертикальних трасах спостереження.

Тема 3. Системи координат, що використовуються для навігації космічних апаратів.

Поняття небесної сфери, її основні елементи. Основні системи координат для аерокосмічної навігації. Час в навігації. Лінії та поверхні положень. Визначення місця положення космічного апарата.

Розділ 2. ОЕП орієнтації, навігації і стикування космічних і літальних апаратів

Тема 1. Характеристики астрономічних та наземних навігаційних орієнтирів.

Оптичні характеристики зірок. Розрахунок зоряних величин. Наземні навігаційні орієнтири.

Тема 2. Оптико-електронні висотоміри та далекоміри.

Принципи функціонування імпульсних, базових фазових (частотних) далекомірів. Структурно-функціональні схеми, конструктивні особливості різних типів далекомірів.

Тема 3. Лазерні доплеровські вимірювачі швидкості.

Ефект Доплера. Способи вимірювання шляхової, радіальної швидкості. Способи вимірювання повітряної швидкості

Тема 4. Побудовувачі місцевої вертикалі.

Поняття місцевої вертикалі. Загальний принцип визначення місцевої вертикалі в ІЧ діапазоні спектру. Принципи функціонування та схемні рішення слідкуючих, скануючих, радіаційно-балансних ПМВ. Особливості функціонування ПМВ видимого діапазону спектру. Типи ПМВ видимого діапазону спектру.

Тема 5. ОЕП орієнтації по Сонцю.

Схемотехнічні та конструктивні рішення, алгоритми роботи: ОЕП грубої орієнтації по Сонцю, ОЕП точної орієнтації по Сонцю.

Тема 6. ОЕП орієнтації по зіркам.

Схемотехнічні, конструктивні рішення, алгоритми роботи астрогідів. Схемотехнічні та конструктивні рішення, алгоритми роботи автоматичних зоряних секстантів.

Тема 7. ОЕП орієнтації та навігації по наземним орієнтирам.

Основні методи авіаційної навігації за наземними орієнтирами. ОЕП орієнтації та навігації за рельєфом місцевості. ОЕП орієнтації та навігації по профілю горизонту. ОЕП орієнтації та навігації по зображенню місцевості.

Тема 8. Оптичні акселерометри.

Фізичні принципи вимірювання прискорень оптичними засобами та їх технічна реалізація.

Тема 9. Принципи функціонування та схемотехніка лазерних і волоконно-оптичних гіроскопів Ефект Сан'яка. Проходження світла по кільцевому резонатору, який обертається. Можливі типи датчиків кутової швидкості на базі ефекта Сан'яка. Вихідна характеристика лазерного гіроскопа. Частотні підставки в лазерних гіроскопах. Азимутальна характеристика лазерного гірокомпаса, основне рівняння лазерного гірокомпасування. Динамічне та статичне гірокомпасування. Визначення кутових швидкостей і переміщень. Принципи функціонування волоконно-оптичних гіроскопів. Фазові ВОГ. Двочастотні ВОГ. Основні похибки в ВОГ.

Розділ 3. Інформаційні космічні та авіаційні ОЕС

Тема 1. Аерокосмічні фотографічні, телевізійні та тепловізійні ОЕС.

Типи аерокосмічних фотографічних ОЕП, їх будова, основні блоки. Схемотехнічні та конструктивні особливості телевізійних та тепловізійних ОЕП авіаційного та космічного базування, перспективні напрямки їх розвитку.

Тема 2. Принципи функціонування і побудови відеоспектрометрів.

Основні принципи відеоспектрометрії, типи і характеристики відеоспектрометрів. Схемотехніка відеоспектрометрів з лінійним та матричним приймачем випромінювання. Фур'є відеоспектрометри.

Тема 3. Принципи функціонування і побудови відеополяриметрів.

Узагальнений алгоритм визначення виду поляризації електромагнітного випромінювання. Схемотехніка відеополяриметрів.

Тема 4. Принципи функціонування і побудови ОЕС дистанційного зондування атмосфери.

Основні задачі та типи ОЕП дистанційного зондування атмосфери. Практичні схеми та особливості функціонування.

Тема 5. Особливості функціонування і методи забезпечення працездатності ОЕП в умовах космічного польоту.

Вплив та врахування зовнішніх умов на функціонування ОЕП в космосі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Колобродов В. Г., Лихоліт М. І. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 364 с.
2. Математичне моделювання і обробка сигналів в космічних системах спостереження з матричними приймачами випромінювання. Монографія [Електронний ресурс] / Б. Ю. Пінчук, В. Г. Колобродов, В. І. Микитенко, В. М. Тягур, В. М. Боровицький – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 172 с.
3. Железняк, О. О., Чубко Л.С. Космічна фотограмметрія: навчальний посібник. К.: НАУ, 2012 р., 220 с.
4. Колобродов В.Г., Добровольська К.В., Микитенко В.І., Тягур В.М. Підвищення просторової роздільної здатності космічних мікроболометричних камер (монографія). – Київ: «Вік принт», 2018. – 223 с.

Додаткова література

1. ДСТУ 4220-2003 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять»

2. Довгий, С.О., Лялько, В.І., Бабійчук, С. М., Кучма, Т.Л., Томченко, О.В., & Юрків, Л.Я. (2019). Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3374228>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

Лекційні заняття

1. Класифікація аерокосмічних ОЕП і їх основне призначення
2. Фоно-цільова обстановка при спостереженнях в надирі та на похилих трасах
3. Системи координат, що використовуються для навігації літальних та космічних апаратів
4. Основні характеристики астрономічних та наземних навігаційних орієнтирів
5. Орієнтація та навігація літальних та космічних апаратів з допомогою ОЕП
6. Оптико-електронні висотоміри та далекоміри
7. Лазерні доплеровські вимірювачі швидкості
8. Побудовувачі місцевої вертикалі ІЧ діапазону спектру
9. Побудовувачі місцевої вертикалі видимого діапазону спектру
10. ОЕП орієнтації по Сонцю
11. ОЕП орієнтації по зіркам: ОЕП орієнтації по одиночній зірці.
12. ОЕП орієнтації по зіркам: ОЕП орієнтації по зоряному полю
13. ОЕП орієнтації та навігації по наземним орієнтирам
14. ОЕП управління зближенням та стиковкою космічних апаратів
15. Лазерні гіроскопи
16. Основні задачі лазерних гіроскопів: алгоритми, схемотехніка
17. Конструкція основних вузлів лазерних гіроскопів
18. Основні характеристики і розрахунок лазерних гіроскопів з кільцевим резонатором
19. Волоконно-оптичні гіроскопи
20. Методи обробки сигналів в волоконно-оптичних гіроскопах
21. Космічні цифрові фотографічні системи
22. Телевізійні та тепловізійні ОЕП аерокосмічного базування
23. Принципи функціонування і побудови дисперсійних відеоспектрометрів
24. Принципи функціонування і побудови Фур'є-відеоспектрометрів
25. Принципи функціонування і побудови відео поляриметрів
26. Принципи функціонування і побудови ОЕП дистанційного зондування атмосфери
27. Особливості функціонування і методи забезпечення працездатності ОЕП в умовах космічного польоту

Практичні заняття

1. Розрахунок освітленості земної поверхні основними природними джерелами випромінювання
2. Розрахунки оптичних характеристик астрономічних та наземних навігаційних орієнтирів
3. Розрахунок імпульсних оптико-електронних далекомірів
4. Розрахунок фазових оптико-електронних далекомірів

5. Розрахунок лазерних доплеровських вимірювачів швидкості
6. Розрахунок ОЕП орієнтації по Сонцю та по одиночній зірці
7. Розрахунок оптичних акселерометрів з твердотільним та газоподібним чутливими елементами
8. Розрахунок космічних та авіаційних сканерів видимого діапазону спектру
9. Розрахунок дальності дії лазерного зображуючого ОЕП

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань із принципів функціонування космічних ОЕП орієнтаційно-навігаційного та інформаційного типів.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами. А також розв'язання задач і підготовка до контрольних робіт. На самостійну роботу виділяється 48 годин, з них на підготовку до заліку – 6 годин, на виконання МКР - 2 години, і 40 годин на опрацювання матеріалів лекцій, практичних занять та навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
 - пропуск заняття у разі хвороби має бути підтверджено медичною довідкою;
 - при навчанні в дистанційному режимі: Zoom-конференція за посиланням викладача;
- **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:**
 - штрафні бали призначаються за пропуск лекційного заняття без поважної причини;
 - 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 контроль 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 передбачено 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 контролю 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
опитування за темою практичного заняття (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	8	10	80
Модульна контрольна робота	1	20	20
Усього			100

Практичне заняття оцінюється в 10 балів:

- повне безпомилкове виконання завдання з поясненням – 10 балів;
- повне виконання завдання з незначними помилками, з поясненням – 8-9 балів;
- повне виконання завдання з помилками (правильно -не менше 60% завдання) – 6-7 балів;
- робота не виконана, або не захищена – 0 балів.

Модульна контрольна робота оцінюється в 20 балів. Контрольне завдання роботи складається з чотирьох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється в 5 балів за такими критеріями:

- повна відповідь (не менше 950% потрібної інформації) з обґрунтуванням та висновками – 5 балів;
- повна відповідь з незначними помилками (не менше 75% потрібної інформації) – 4 бали;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 3 бали;
- незадовільна відповідь, містить менше 60% потрібної інформації – 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент має отримати не менш ніж 19 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 32 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент має отримати не менш 33 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 56 балів).

Семестровий контроль: залік.

Умовою допуску до семестрового контролю є семестровий рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які бажають підвищити оцінку, можуть виконувати залікову контрольну роботу, яка складається з двох запитань теоретичного характеру. У цілому студент може підвищити оцінку не більше, ніж на 20 балів, система оцінювання теоретичних питань у відсотках:

- *«відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 10 балів;*
- *«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 9-8 балів;*
- *«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7-6 балів;*
- *«незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації).*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

Перелік питань, що виносяться на залік:

1. *Вимірювання шляхової швидкості лазерними системами.*
2. *Вихідна характеристика лазерного гіроскопа.*
3. *Відеополяриметри: алгоритми роботи, типові схеми*
4. *Відеоспектрометри з інтерференційним розкладенням у спектр*
5. *Геоцентрична та екваторіальна системи координат.*
6. *Динамічне лазерне гірокомпасування.*
7. *Диференціальні схеми вимірювання повітряної швидкості доплеровськими ОЕС.*
8. *Ефект Доплера. Типи лазерних вимірників швидкостей.*
9. *Змішувальні пристрої лазерних гіроскопів.*
10. *Імпульсні висотоміри: принципи роботи, схеми побудови.*
11. *Кільцеві резонатори в лазерних гіроскопах*
12. *Класифікація аерокосмічних ОЕП. Основні задачі ДЗЗ.*
13. *Лазерне гірокомпасування. Статичний режим гірокомпаса.*
14. *Лазерні акселерометри із частотною реєстрацією сигналу.*
15. *Навігаційні орієнтири.*

16. *Небесна сфера, її основні елементи. Час в навігації.*
17. *Невзаємні елементи лазерних гіроскопів.*
18. *ОЕП орієнтування по одиночній зірці.*
19. *ОЕС орієнтування по наземним орієнтирам.*
20. *Оптико-електронні системи орієнтації по Сонцю.*
21. *Оптичні акселерометри з амплітудною реєстрацією сигналу.*
22. *Орбітальна система координат.*
23. *Основне рівняння лазерного гірокомпасування.*
24. *Основні елементи небесної сфери.*
25. *Основні принципи роботи і типи відеоспектрометрів*
26. *Основні системи координат в аерокосмічній навігації.*
27. *Основні схемотехнічні рішення лазерних доплеровських вимірників повітряної швидкості.*
28. *Основні типи побудовувачів місцевої вертикалі, принципи їх функціонування.*
29. *Побудовувачі місцевої вертикалі видимого діапазону; принципи їх функціонування.*
30. *Принципи функціонування доплеровських вимірників швидкості.*
31. *Скануючі побудовувачі місцевої вертикалі ІЧ діапазону.*
32. *Склад і будова лазерних гіроскопів*
33. *Типи й принципи функціонування оптичних висотомірів і далекомірів*
34. *Фазові висотоміри та далекоміри: схеми, принципи функціонування.*
35. *Фазові волоконно-оптичні гіроскопи: принципи функціонування, типи*
36. *Фур'є відеоспектрометри*
37. *Характеристики зірок як навігаційних орієнтирів.*
38. *Частотні підставки в лазерних гіроскопах: принципи, типи, фізична реалізація.*
39. *Чотири способи вимірювання куткових швидкостей за ефектом Сан'яка.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри КІОНС, д.т.н., доцентом Микитенком В. І..

Ухвалено кафедрою КІОНС (протокол № 14 від 06.07.2022)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 7/22 від 07.07 2022 р.)