



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	заочна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік /домашня 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, професор 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 здатностей 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. 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.
2. Железняк, О. О., Чубко Л.С. Космічна фотограмметрія: навчальний посібник. К.: НАУ, 2012 р., 220 с.
3. 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, самостійна робота студентів.

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

Лекційні заняття

1. Класифікація космічних ОЕС, їх основне призначення. Загальні відомості про формування корисної інформації для різних типів космічних ОЕС.
2. Орієнтаційно-навігаційні космічні ОЕС: висотоміри та далекоміри, лазерні доплерівські вимірювачі швидкості, побудовувачі місцевої вертикалі, системи орієнтації по Сонцю та по зіркам.
3. ОЕС інерціальної навігації: лазерні та волоконно-оптичні гіроскопи, акселерометри.
4. Космічні ОЕС зображувального типу.
5. Перспективні типи космічних ОЕС зображувального типу: відеополяриметри, відеоспектрометри.

Практичні заняття

1. Розрахунок освітленості земної поверхні основними природними джерелами випромінювання
2. Розрахунок імпульсних оптико-електронних далекомірів
3. Розрахунок лазерних доплерівських вимірювачів швидкості
4. Розрахунок космічних та авіаційних сканерів видимого діапазону спектру
5. Розрахунок дальності дії зображувальних ОЕС

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Домашня контрольна робота передбачає перевірку базових знань із принципів функціонування космічних ОЕС 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, розв'язання задач.

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 контроль 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	опитування за темою практичного заняття (відповідно до п.5 «Методика опанування	5	16	80

	навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)			
2	Домашня контрольна робота	1	20	20
			Усього	100

Практичне заняття оцінюється в 16 балів:

- повне та вчасне виконання завдання без помилок – 16 балів;
- повне та вчасне виконання завдання з незначними помилками – 13-15 балів;
- повне виконання завдання з незначними помилками, але з запізненням виконання – 10-12 балів;
- робота не виконана, або не захищена – 0 балів.

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

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та висновки – 5 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 4 бали;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 3 бали;
- «незадовільно» - незадовільна відповідь – 0 балів.

Календарний контроль: не передбачено.

Семестровий контроль: залік (максимум 20 балів).

Умовою допуску до семестрового контролю: оцінка з домашньої контрольної роботи не менше 12 балів, 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 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь.

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)

Перелік питань, що виносяться на залік:

1. Вимірювання шляхової швидкості лазерними системами.

2. *Ефект Доплера. Типи лазерних вимірників швидкостей.*
3. *Імпульсні висотоміри: принципи роботи, схеми побудови.*
4. *Кільцеві резонатори в лазерних гіроскопах*
5. *Класифікація аерокосмічних ОЕП. Основні задачі ДЗЗ.*
6. *Лазерне гірокомпасування. Статичний режим гірокомпаса.*
7. *Навігаційні орієнтири.*
8. *Небесна сфера, її основні елементи. Час в навігації.*
9. *Невзаємні елементи лазерних гіроскопів.*
10. *ОЕП орієнтування по одиночній зірці.*
11. *Оптико-електронні системи орієнтації по Сонцю.*
12. *Оптичні акселерометри з амплітудною реєстрацією сигналу.*
13. *Орбітальна система координат.*
14. *Основні елементи небесної сфери.*
15. *Основні принципи роботи і типи відеоспектрометрів*
16. *Основні системи координат в аерокосмічній навігації.*
17. *Основні схемотехнічні рішення лазерних доплеровських вимірників повітряної швидкості.*
18. *Основні типи побудовувачів місцевої вертикалі, принципи їх функціонування.*
19. *Побудовувачі місцевої вертикалі видимого діапазону; принципи їх функціонування.*
20. *Принципи функціонування доплерівських вимірників швидкості.*
21. *Скануючі побудовувачі місцевої вертикалі ІЧ діапазону.*
22. *Склад і будова лазерних гіроскопів*
23. *Типи й принципи функціонування оптичних висотомірів і далекомірів*
24. *Фазові висотоміри та далекоміри: схеми, принципи функціонування.*
25. *Фур'є відеоспектрометри*
26. *Характеристики зірок як навігаційних орієнтирів.*
27. *Частотні підставки в лазерних гіроскопах: принципи, типи, фізична реалізація.*
28. *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.)