



# ГІРОСКОПІЧНІ І НАВІГАЦІЙНІ ПРИЛАДИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	15 - Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані технології та системи навігації і керування
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік /Поточний контроль, Модульна контрольна робота
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, доцент, Нестеренко Олег Іванович, <a href="mailto:o.i.nesterenko.kpi@gmail.com">e-mail o.i.nesterenko.kpi@gmail.com</a> Практичні / Семінарські: к.т.н, доцент, Нестеренко Олег Іванович, <a href="mailto:o.i.nesterenko.kpi@gmail.com">e-mail o.i.nesterenko.kpi@gmail.com</a> Лабораторні: асистент, к.т.н. Сапегін Олександр Миколайович, <a href="mailto:sapegin_a@ukr.net">e-mail sapegin_a@ukr.net</a>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3458">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3458</a>

### Програманавчальної дисципліни

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

Вивчення кредитного модуля «Гіроскопічні і навігаційні прилади систем керування рухомими об'єктами», забезпечує базову підготовку бакалаврів приладобудування у напрямку вивчення і дослідження конструкцій та основних параметрів гіроскопічних приладів, що серійно виготовляються промисловістю або розробляються науковими установами для використання на сучасних рухомих об'єктах.

**Метою** кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації;
- здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях;
- 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.

Після засвоєння кредитного модуля студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

#### **ЗНАННЯ:**

- розуміння суті процесів, що відбуваються в гіроскопічних і навігаційних приладах;
- знання принципів роботи гіроскопічних і навігаційних приладів;
- володіння методами оцінки ефективності гіроскопічних приладів і систем.

#### **УМІННЯ:**

- вміти проводити аналіз гіроскопічних і навігаційних приладів і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей;
- вміти обґрунтувати вибір гіроскопічних і навігаційних приладів на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до приладів та експлуатаційних умов; мати навички налагодження гіроскопічних і навігаційних приладів;
- розробляти кінематичну та функціональну схеми приладу, розраховувати головні експлуатаційні характеристики елементів конструкції та приладу;
- визначати причини виникнення похибок, проводити розрахунок похибок типових гіроскопічних і навігаційних приладів для заданих режимів експлуатації;
- застосувати прикладні методи теоретичного аналізу та розрахунку гіроскопічних і навігаційних приладів.

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

Вивчення кредитного модуля базується на знаннях та вміннях, набутих студентами при вивченні дисципліни «Теорія автоматичного управління».

В подальшому знання та уміння, отримані при вивченні дисципліни, будуть використані при дипломному проектуванні.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Вимірювачі куткових швидкостей і інтегрувальні гіроскопи**

##### **Тема 1.1. Двостепеневі вимірювальні гіроскопи**

Принцип роботи і рівняння руху двостепеневого електромеханічного гіроскопу. Варіанти вимірювальних приладів на основі двостепеневого гіроскопу – гіротахометр, інтегруючий гіроскоп, двічі інтегруючий гіроскоп.

##### **Тема 1.2. Гіроскопічні тахометри**

Рівняння руху і передаточна функція двостепеневого гіротахометра (ГТ). Частотні характеристики ГТ. Головні методичні і інструментальні похибки ГТ та методи їх зменшення. Компенсаційні ГТ.

#### **Розділ 2. Прилади визначення кутів орієнтації**

##### **Тема 2.1. Вступ до теорії гіроскопічних систем орієнтації**

Формулювання завдань орієнтації. Базові системи координат, які використовуються для визначення орієнтації об'єктів. Основні траєкторії руху (локсодромія і ортодромія).

##### **Тема 2.2. Гіроскопи напрямку**

Призначення і принцип роботи гіроскопа напрямку (ГН). Кінематична схема і прецесійні рівняння руху. Необхідність корекції. Вимоги до систем корекції, їх різновид. Показчик ортодромії. Аналіз похибок гіроскопів напрямку (ГН). Похибки ГН, обумовлені рухом основи

Інструментальні похибки ГН. Методи зменшення головних складових похибки вимірювання курсу. Гіромагнітні та гіроіндукційні компаси.

#### Тема 2.3. Гіроскопічні компаси

Гіроскопічні компаси (ГК), загальна характеристика. Принцип дії тристепеневого маятникового гірокомпаса (ГК). Принцип дії ГК з непрямим керуванням (коректованого ГК). Прецесійні рівняння руху коректованого ГК. Похибки коректованого ГК при стаціонарному русі об'єкта. Балістична та інтеркардинальна девіації ГК. Умова "незбурюваності" ГК. Наземні маятникові ГК. Орбітальні гірокомпаси.

#### Тема 2.4. Прилади для вимірювання кутів крену та тангажу

Будова і принцип роботи гіровертикалі (ГВ). Аналіз поведінки ГВ з пропорційною корекцією. Похибки ГВ з пропорційною корекцією при русі об'єкта. Аналіз поведінки ГВ з постійною корекцією. Похибки ГВ з постійною корекцією при русі об'єкта. Похибки ГВ при коливаннях об'єкта..

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література

1. Збруцький О. В. Гірокомпаси для навігації і наведення: монографія / О.В. Збруцький, А.С. Довгополий, О.І. Нестеренко, В.М. Григор'єв. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2017. – 200 с.
2. Гіроскопічні і навігаційні прилади: Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.І. Нестеренко, О.М. Сапегін; КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 19.1 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 140 с.

#### Додаткова література

1. Бондар П. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Гіроскопічні і навігаційні прилади» розділ "Прилади курсу" [Електронний ресурс] / П. М. Бондар. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: [http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/Ir\\_vpps\\_p1.pdf](http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/Ir_vpps_p1.pdf)
2. Бондар П. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Гіроскопічні і навігаційні прилади» розділ "Гіроскопічні вертикалі" [Електронний ресурс] / П. М. Бондар. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: [http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/Ir\\_vpps\\_p2.pdf](http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/Ir_vpps_p2.pdf)
3. Бондар П. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Гіроскопічні і навігаційні прилади» розділ "Вимірювальні гіроскопічні прилади" [Електронний ресурс] / П. М. Бондар. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: [http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/Ir\\_vpps\\_p3.pdf](http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/Ir_vpps_p3.pdf)

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

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

#### Лекційні заняття

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

#### Розділ 1. Вимірювачі кутових швидкостей і інтегрувальні гіроскопи

1. Двостепеневі вимірювальні гіроскопи.
2. Гіроскопічні тахометри. Рівняння руху і основні характеристики.

## **Розділ 2. Прилади визначення кутів орієнтації**

3. Базові системи координат, які використовуються для визначення орієнтації об'єктів.
4. Гіроскопи напрямку (ГН). Призначення, принцип роботи, кінематичні схеми. Вивід рівнянь руху ГН.
5. Інструментальні і методичні похибки ГН.
6. Гіромагнітні та гіроіндукційні компаси.
7. Гіроскопічні компаси (ГК). Принцип дії маятникового і коректованого ГК.
8. Вивід рівнянь руху коректованого ГК. Моменти корекції ГК.
9. Інструментальні похибки коректованого ГК.
10. Поведінка ГК при гармонічній хитавиці об'єкта. Вивід виразу для інтеркардинальної девіації ГК.
11. Похибка ГК при маневруванні об'єкта. Особливості балістичної девіації коректованого ГК.
12. Наземні маятникові ГК. Орбітальний ГК.
13. Будова і принцип роботи гіровертикалі (ГВ). Вивід рівнянь руху ГВ. Основні типи ГВ за видами корекції.
14. ГВ з пропорційною корекцією. Вільний рух ГВ. Вплив моментів сил в'язкого і сухого тертя.
15. Похибки ГВ з пропорційною корекцією при русі об'єкта.
16. ГВ з постійною корекцією. Вільний рух ГВ. Вплив моментів сил сухого тертя.
17. Похибки ГВ з постійною корекцією при русі об'єкта.
18. Вплив коливань об'єкта на поведінку ГВ із пропорційною і постійною корекцією.

### **Практичні заняття**

Основні завдання практичних занять це поглиблення теоретичних знань та отримання навичок аналізу динамічних властивостей та розрахунку основних похибок гіроскопічних і навігаційних приладів.

1. Розрахунок гіротахометрів.
2. Системи координат. Використання методу кінетостатики для складання наближених рівнянь руху гіроскопічних приладів.
3. Розрахунок інструментальних похибок гіроскопу напрямку.
4. Вибір схеми і параметрів систем азимутальної та горизонтальної корекції гіроскопу напрямку.
5. Розрахунок інструментальних похибок коректованого гірокомпасу (КГК).
6. Розрахунок похибок КГК при хитавиці та маневруванні об'єкта. Вибір параметрів контуру керування КГК.
7. Дослідження поведінки гіровертикалі (ГВ) на фазовій площині.
8. Розрахунок і порівняння похибок ГВ з пропорційною і постійною корекцією при рівноприскореному русі об'єкта.
9. Розрахунок і порівняння похибок ГВ з пропорційною і постійною корекцією при гармонічних коливаннях об'єкта. Вибір типу ГВ і параметрів контуру корекції.

### **Лабораторні заняття**

Основні завдання лабораторних занять: надбання навичок експериментального дослідження приладів та методів обробки результатів експериментальних досліджень; ознайомлення з типовими конструкціями приладів і методами зменшення інструментальних і методичних похибок.

1. Дослідження гіроскопічних тахометрів ДУСМ і ДУСУ.
2. Дослідження магнітного компасу ПДК-3.
3. Дослідження гіроскопу напрямку ГПК-48
4. Дослідження гіроскопів напрямку ГПК-52.

5. Дослідження наземних гіроскопічних компасів 15Ш29, 1Г-5.
6. Дослідження морських гірокомпасів «Курс» і «Маяк».
7. Дослідження гіроскопічної вертикалі АГД-1.
8. Дослідження авіагоризонту АГИ-1.

### **Індивідуальні завдання**

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань із методів побудови гіроскопічних і навігаційних приладів, методикою дослідження їхніх похибок.

### **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 48 годин, з яких 6 годин – на підготовку до заліку, 4 години на підготовку до модульної контрольної роботи і 38 годин на проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, та на опрацювання навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
  - не запізнюватись на заняття; при запізненні більш ніж на 15 хв., заходити на другу пів пару, щоб не відволікати присутніх; попереджати через старосту про пропуск заняття з поважної причини чи у раз хвороби (підтвердити ксерокопією медичної довідки);
  - при навчанні в дистанційному режимі: Zoom-конференція за посиланням викладача;
- **правила поведінки на заняттях:**
  - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або підтримання здоров'я;
  - дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті або на платформі дистанційного навчання Moodle;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
  - захист проходить на лабораторному занятті, студент надсилає оформлений протокол виконання лабораторної роботи на електронну адресу викладача;
  - у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - штрафні бали призначаються за несвоєчасний захист лабораторної роботи, заохочувальні – за виконання ускладнених завдань;
  - 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 тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин;
- вчасним захист вважається в межах двох занять наступної теми (поточною вважається тема, завдання з якої хоче захистити студент) навчального часу відповідно до силабусу та/або календарного плану;
- невчасним вважається захист робіт з затримкою більше ніж на два лабораторні заняття наступної теми, порушення даного дедлайну призводить до зменшення кількості балів за роботи та оцінюється на 1 бал нижче, ніж вказано п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання» за кожні наступні три занятті наступних тем;

- **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)**

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів що він отримує за:

1. Опитування за темою заняття.
2. Виконання і захист лабораторних робіт.
3. Виконання модульної контрольної роботи.

Поточний контроль проводиться у формі опитування за темою заняття на лекціях, під час захисту лабораторних робіт, а також при виконанні модульної контрольної роботи.

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	Опитування за темою заняття (лекційні заняття відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	10	1	10
2	Виконання та захист лабораторних робіт (лабораторні заняття відповідно до п.5	8	10	80

	«Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)			
3	Модульна контрольна робота	1	10	10
			Усього:	100

Виконання і захист лабораторних робіт оцінюється наступним чином:

- виконання лабораторної роботи у встановлений термін 2 бали;
- відпрацювання лабораторної роботи у додатковий час 0 балів;
- за умови гарної роботи, правильно оформленого протоколу, гарного і своєчасного захисту роботи – 8 балів;
- за умови невиконання (зниження) показника хоча б з однієї позиції – 6 балів;
- за умови невиконання (зниження) показників з двох позицій – 4 бали;
- за умови невиконання (зниження) показників з трьох позицій – 0 балів.

Виконання модульної контрольної роботи оцінюється наступним чином:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Календарний контроль: провадиться 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 13 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом "ідеальний" студент має отримати 26 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент має отримати не менш ніж 26 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом "ідеальний" студент має отримати 52 бали).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: оцінка з модульної контрольної роботи не менше 6 балів, виконання та захист усіх лабораторних робіт.

Студенти, які виконали МКР, всі лабораторні роботи, але набрали менше 60 балів, або які бажають підвищити оцінку, можуть виконувати залікову контрольну роботу, яка складається з двох запитань практичного характеру, відповідь на кожне питання оцінюється в 5 балів. У цілому студент може одержати за залікову контрольну роботу або підвищити оцінку не більше, ніж на 10 балів:

- незадовільна відповідь на теоретичне запитання - 0 балів;
- задовільна відповідь на теоретичне запитання - 3 балів;
- добра відповідь на теоретичне запитання - 4 балів;
- відмінна відповідь на теоретичне запитання - 5 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)**

*Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу, наведено у Додатку 1 до силябусу.*

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силябус):**

**Складено** доцентом кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем, к.т.н., доцент, Нестеренком Олегом Івановичем.

**Ухвалено** кафедрою КІОНС (протокол № 12 від 31.05.2023 )

**Погоджено** Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол №7/23 від 22.06.20232 р.)



## **Додатки**

### **Додаток 1. Варіанти завдань на модульну контрольну роботу**

1. Формулювання завдань орієнтації. Базові системи координат, які використовуються для визначення орієнтації об'єктів.
2. Основні траєкторії руху (локсодромія і ортодромія).
3. Призначення і принцип роботи гіроскопа напрямку. Види горизонтальної і азимутальної корекції гіроскопа напрямку.
4. Вивід рівнянь руху гіроскопа напрямку.
5. Інструментальні похибки гіроскопа напрямку (через дію постійного збурюючого моменту навколо горизонтальної осі підвісу гіроскопа, через неточність введення широти та швидкості руху об'єкта).
6. Карданова похибка гіроскопа напрямку
7. Віражна похибка гіроскопа напрямку з міжрамковою та маятниковою горизонтальною корекцією.
8. Призначення і принцип дії гіромагнітного компаса
9. Особливості магнітного поля Землі
10. Гіроіндукційний компас
11. Принцип дії маятникового гірокомпаса.
12. Будова і принцип дії коректованого гірокомпаса. Особливості конструкції сучасних коректованих гірокомпасів.
13. Складання рівнянь руху коректованого гірокомпаса.
14. Умова стійкості коректованого гірокомпаса. Власний рух коректованого гірокомпаса.
15. Вплив похибок гіроскопа і індикатора горизонту (акселерометра) на точність коректованого гірокомпаса..
16. Похибка коректованого гірокомпаса через неточність введення широти та швидкості руху об'єкта
17. Фізична суть інтеркардинальної девіації коректованого гірокомпаса.
18. Методика отримання виразу для інтеркардинальної девіації коректованого гірокомпаса. Вплив параметрів коректованого гірокомпаса на величину інтеркардинальної девіації.
19. Особливості похибки маятникового (некоректованого) гірокомпаса при маневруванні об'єкта. Особливості балістичної девіації коректованого гірокомпаса.
20. Методика отримання виразу для балістичної девіації коректованого гірокомпаса. Вплив параметрів коректованого гірокомпаса на величину балістичної девіації.
21. Особливості будови і роботи триступеневого наземного гірокомпаса.
22. Особливості будови і роботи двоступеневого наземного гірокомпаса. Орбітальний гірокомпас.