



# 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 системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік /Поточний контроль, Домашня 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>

### Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення дисципліни «Гіроскопічні і навігаційні прилади систем керування рухомими об'єктами», забезпечує базову підготовку бакалаврів 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 в автоматичних системах керування їх рухом.

**Метою** дисципліни є підсилення 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 дисципліни 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 «Фізика», «Додаткові розділи фізики», «Теорія автоматичного управління».

В подальшому знання та уміння, отримані при вивченні дисципліни, будуть використані при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

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

#### **Розділ 1. Вимірювачі кутових 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 та самостійна робота студентів.

#### Лекційні заняття

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

1. Вимірювачі кутових швидкостей і інтегрувальні гіроскопи.
2. Прилади визначення кута курсу об'єкта. Гіроскопи напрямку. Гіромагнітні компаси. Гірокомпаси.

3. Прилади визначення кутів нахилу об'єкта. Гіровертикалі і авіагоризонти.

### **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 похибок гіроскопу напрямку.
2. Розрахунок похибок коректованого гірокомпасу.
3. Розрахунок і порівняння похибок гіровертикалей з пропорційною і постійною корекцією. Вибір типу ГВ і параметрів контуру корекції

### **Індивідуальні завдання**

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Домашня контрольна робота передбачає перевірку базових знань із методів побудови гіроскопічних і навігаційних приладів, методики 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 108 годин, з яких 8 годин – на підготовку до заліку, 15 годин на виконання домашньої контрольної роботи і 85 годин на опрацювання матеріалів лекцій та 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: Zoot-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 практичних завдань:**
  - захист проходить на практичному занятті;
  - до захисту допустуються студенти з виконаним завданням та заповненим протоколом;
  - захист полягає у співбесіді по теоретичних та практичних завданнях відповідно до протоколу;

- студент надсилає оформлений протокол завдання на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
- у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила захисту домашньої контрольної роботи:**
  - студент надсилає оформлене виконане домашнє завдання на електронну адресу викладача Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
  - 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 практичних завдань, 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 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 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 практичні 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 заняття 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:

### Поточний контроль

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	Виконання та захист практичних завдань	3	20	60
2	Виконання та захист домашньої контрольної роботи	1	40	40
Усього:				100

*Шкала оцінювання практичних завдань:*

- повністю вірно виконання завдання, правильні відповіді – 19-20 бали;
- вірно виконання завдання з незначними неточностями, відповіді з незначними неточностями – 15-18 бали;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки, відповіді з незначними неточностями – 12-14 балів;
- завдання не виконано - 0 балів.

*Шкала оцінювання домашньої контрольної роботи:*

- повністю вірно виконання завдання – 39-40 бали;
- вірно виконання завдання з незначними неточностями – 31-38 бали;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки – 24-30 балів;
- завдання не виконано - 0 балів.

Календарний контроль: не передбачено.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: оцінка з домашньої контрольної роботи не менше 24 балів, виконання та захист усіх практичних завдань, семестровий рейтинг більше 60 балів.

Студенти, які виконали ДКР, всі практичні завдання, 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 10 балів. У цілому студент може одержати за залікову контрольну роботу або підвищити оцінку не більше, ніж на 20 балів:

- повна вірна відповідь на запитання - 10 балів
- повна відповідь на запитання, є незначні неточності, відповідь містить не менше 75% потрібної інформації – 8-9 балів;
- відповідь з суттєвими неточностями, але містить не менше 60% потрібної інформації – 6-7 балів;
- відповідь відсутня, або містить менше 60% потрібної інформації - 0 балів.

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, які виносяться на домашню контрольну роботу, наведено у Додатку 1 до силабусу.*

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

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

**Ухвалено** кафедрою КІОНС (протокол № 14 від 06.07.2022 )

**Погоджено** Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол №7/22 від 07.07.2022 р.)

## **Додатки**

### **Додаток 1. Варіанти завдань на домашню 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 тристепеневого наземного гірокомпаса.
22. Особливості будови і роботи двостепеневого наземного гірокомпаса. Орбітальний гірокомпас.