



# АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІЇ І СТАБІЛІЗАЦІЇ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</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, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Лакоза Сергій Леонідович, <a href="mailto:s.lakoza@kpi.ua">s.lakoza@kpi.ua</a> Лаб. роботи: к.т.н., доц. Лакоза Сергій Леонідович, <a href="mailto:s.lakoza@kpi.ua">s.lakoza@kpi.ua</a></i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom Код класу <a href="https://classroom.google.com/c/MTc2NzgZODc4Mjg2?cjc=pdj55ei">pdj55ei</a> Посилання для запрошення <a href="https://classroom.google.com/c/MTc2NzgZODc4Mjg2?cjc=pdj55ei">https://classroom.google.com/c/MTc2NzgZODc4Mjg2?cjc=pdj55ei</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Автоматичні системи орієнтації і стабілізації" забезпечує підготовку майбутніх магістрів в галузі вивчення і дослідження сучасних платформових та безплатформових систем орієнтації, призначених для керування та навігації рухомих об'єктів, у тому числі гіроскопічних стабілізаторів різних типів як багатомірних систем автоматичного керування.

Головне завдання дисципліни — детальне вивчення принципів побудови та типових схем гіроскопічних систем, що використовуються для побудови платформових та безплатформових систем орієнтації, стабілізації вимірювальних пристроїв на рухомих об'єктах, розрахунку основних динамічних параметрів та похибок у типових режимах експлуатації.

Метою освітнього компоненту є підсилення у студентів здатностей:

- ЗК03. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- СК01. 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;

- SK03. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.
- SK06. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

#### Основні завдання освітнього компоненту.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- РН01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.
- РН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.
- 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 та при вивченні 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. Основи побудови систем гіроскопічної стабілізації**
  - Тема 1.1. Класифікація систем стабілізації і принципи роботи.
  - Тема 1.2. Одноосьові гіроскопічні стабілізатори.
  - Тема 1.3. Багатоосьові гіроскопічні стабілізатори
- **Розділ 2. Проектування систем гіроскопічної стабілізації**
  - Тема 2.1. Розрахунок і проектування одноосьового силового гіростабілізатора
  - Тема 2.2. Розрахунок і проектування одноосьового індикаторного гіростабілізатора.
  - Тема 2.3. Особливості розрахунку і проектування багатоосьових гіростабілізаторів.
- **Розділ 3. Безплатформові системи орієнтації**
  - Тема 3.1. Принципи побудови безплатформових систем орієнтації

- *Тема 3.2. Алгоритми безплатформових курсовертикалей на гіроскопах, акселерометрах та магнітометрах.*

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Базова**

1. *Системи наведення та стабілізації озброєння : монографія / О.М. Безвесільна, В.П. Квасніков, В.Г. Цірук, В.В. Чиковані. – Київ : ЖДТУ, 2014. – 176 с.*
2. *Лазарев Ю. Ф. Алгоритми безплатформових інерціальних систем орієнтації (прикладні методи синтезу і аналізу точності) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи навігації і керування» / Ю. Ф. Лазарев, О. М. Сапегін . – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 141 с.*
3. *Малишева, Ю. О. Інтегрована система навігації та орієнтації літального апарату з оптичними приладами : дис. ... канд. техн. наук. : 05.11.03 – гіроскопи та навігаційні системи / Малишева Юлія Олександрівна. – Київ, 2016. – 116 с.*
4. *Автоматичні системи орієнтації і стабілізації [Електронний ресурс] : лаб. практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спец. 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. Л. Лакоза, С. А. Мураховський. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 81 с.*

#### **Навчальний контент**

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

*Основні форми навчання - лекції, лабораторні роботи та самостійна робота студентів. Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, виконання модульної контрольної роботи згідно індивідуальних завдань, самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами.*

*На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.*

*Лекційні заняття:*

1. *Класифікація систем стабілізації. Гіроскопічні стабілізатори (ГС). Принцип дії безпосереднього ГС, його переваги та недоліки.*
2. *Будова та принцип роботи силового ГС. Порівняння силового ГС з безпосереднім. Особливості прецесії гіроскопу в силовому і безпосередньому ГС.*
3. *Будова та принцип роботи індикаторного ГС. Особливості гіроскопічних чутливих елементів, що використовуються в індикаторних ГС. Особливості будови і роботи індикаторно-силового ГС.*
4. *Виведення диференціальних рівнянь руху одноосного силового ГС навколо осі стабілізації. Вплив редуктора на моменти сил інерції та тертя, прикладені до платформи ГС. Виведення диференціальних рівнянь руху одноосного силового ГС навколо осі прецесії. Перетворення рівнянь руху одноосного силового ГС.*
5. *Причини похибок одноосного силового ГС. Класифікація похибок. Статичні похибки, одноосного силового ГС при дії постійних моментів навколо осі прецесії і осі стабілізації. Похибки ГС при обертанні основи з постійною швидкістю навколо осі стабілізації і навколо осі прецесії. Шляхи зменшення похибок.*

6. Корекція, як шлях зменшення статичних похибок ГС. Задача керування гіростабілізатором. Способи корекції і керування ГС
7. Причини динамічних похибок одноосного силового ГС та їх класифікація. Показники якості перехідного процесу силового ГС. Виведення виразу для похибки одноосного силового ГС у перехідному режимі. Умова стійкості силового ГС
8. Похибки одноосного силового ГС при стрибкоподібній зміні швидкості обертання основи і через момент сил сухого тертя по осі прецесії. Похибка одноосного силового ГС при гармонічній зміні збурюючого моменту. Визначення похибки ГС при гармонічній хитавиці основи.
9. Конструктивні схеми двовісних силових ГС і порівняння їх між собою. Рівняння руху двовісного силового ГС. Врахування зв'язку між каналами стабілізації.
10. Особливості конструкції і принципу роботи тривісного ГС. Призначення та реалізація перетворювача координат у тривісному ГС.
11. Порядок проектування ГС. Вибір типу ГС. Вибір гіроскопу для ГС. Вибір двигуна стабілізації. Порівняння асинхронних електродвигунів та моментних датчиків при їх використанні в якості двигунів стабілізації.
12. Проектування контуру стабілізації силового ГС. Функціональна та структурна схема одного каналу силового гіростабілізатора. Особливості проектування контуру стабілізації ГС методами логарифмічних частотних характеристик.
13. ЛАЧХ розімкненого силового гіростабілізатора. Вимоги до бажаної ЛАЧХ розімкненого силового ГС. Способи забезпечення вимог до ЛАЧХ і вибір корегувальних пристроїв.
14. Проектування контуру стабілізації індикаторного ГС. Функціональна та структурна схема одного каналу індикаторного ГС. Бажана ЛАЧХ розімкненого індикаторного гіростабілізатора. Формування ділянок низьких, середніх та високих частот бажаної ЛАЧХ. Обмеження на частоту зрізу ЛАЧХ. Побудова ЛАЧХ з урахуванням обмеження на частоту зрізу ЛАЧХ. Знаходження передатної функції корегувального пристрою. Особливості проектування двохосових і трьохосових ГС.
15. Принцип побудови безплатформових систем орієнтації (БСО). Чутливі елементи для БСО. Алгоритми роботи БСО на датчиках кутової швидкості. Способи визначення кутової орієнтації об'єкта в БСО на датчиках кутової швидкості. Рівняння Пуасона. Кватерніони.
16. Алгоритми роботи безплатформних курсовертикалей з інерціальними вимірювальними модулями. Комплементарні фільтри.
17. Алгоритм роботи безплатформної курсовертикалі з використанням оптимальної Калманівської фільтрації. Лінійний ФК.
18. Алгоритм роботи безплатформної курсовертикалі з використанням оптимальної Калманівської фільтрації. Нелінійний ФК.

#### *Лабораторні роботи:*

*Основні завдання циклу лабораторних занять:*

- поглиблення розуміння природи деяких фізичних законів та явищ, зокрема гіроскопічних, вивчення використання цих законів при побудові систем гіроскопічної стабілізації;
- 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 похибок слідкуючої системи з різними законами керування.
2. Експериментальне дослідження двовісного гіростабілізатора МГВ. Конструкція і принцип дії двовісного гіростабілізатора МГВ.
3. Дослідження просторових гіростабілізаторів.

4. Моделювання роботи одновісного силового ГС.
  5. Моделювання роботи одновісного індикаторного ГС.
  6. Дослідження характеристик алгоритмів безплатформної курсовертикалі.
- Лабораторні роботи №2, 3 та 6 розраховані на два заняття.

### Контрольні роботи

За планом передбачено виконання модульної контрольної роботи, яка поділена на дві контрольні роботи (КР).

КР №1 призначена для оцінки знань, набутих студентами при вивченні теоретичного матеріалу розділу 1 (теми 1.1 - 1.3). Кожне завдання містить 2 теоретичних питання. КР №1 проводиться в аудиторії під час лекційного заняття на його другій півпарі.

КР №2 має на меті оцінити теоретичні знання, набуті студентами при вивченні розділу 2 (теми 2.1-2.3) та практичні навички набуті при виконанні лабораторних робіт та комп'ютерного практикуму. Кожне завдання містить одне теоретичне питання і одну задачу. КР №2 проводиться в лабораторії, в якій проводяться лабораторні заняття, і триває 1 академічну годину.

### 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, підготовка до контрольних робіт, самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами. Також питання, що виносяться на самостійне опрацювання вказані в описі лекційних та лабораторних занять.

На самостійну роботу студентів виділяється 78 годин, з яких 30 годин - на підготовку до екзамену, 2 години – на виконання модульної контрольної роботи, 46 годин на опрацювання матеріалів лекцій, лабораторних робіт 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 про пропуск заняття з поважної причини чи у разі хвороби (підтвердити ксерокопією медичної довідки);
  - при навчанні в дистанційному режимі: Zoom-конференція за посиланням:  
<https://us02web.zoom.us/j/81967893415?pwd=SjU0SFFLVmFZSIIMbWdMY3ZWMTR5Zz09>
- **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;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
  - захист проходить на лабораторному занятті (комп'ютерному практикумі), студенти надсилає оформлений протокол роботи на електронну адресу викладача, дозволяється дублювати в месенджер Telegram;

- у окремих випадках (за наявності документально підтверджених у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - штрафні бали призначаються за несвоєчасне написання контрольних робіт та захист лабораторних робіт 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 одного заняття наступної лабораторної роботи (поточною вважається лабораторна роботи, 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 заняття наступної лабораторної роботи, 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»;
- **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 50% 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 лабораторних робіт (лабораторні роботи з переліку №1-7 відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	6	8	48
2	виконання контрольних робіт з МКР	2	4	8
3	виконання поточного контролю	2	2	4
	Заохочувальні бали – до 5 балів.			
			Усього:	60

Лабораторна робота оцінюється у 8 балів:

- повне та вчасне виконання завдання без помилок – 8 балів;
- повне та вчасне виконання завдання з незначними помилками – 6.4-7 балів;
- повне виконання завдання з незначними помилками, але з запізненням виконання – 6.4 бали.
- неповне виконання завдання з помилками (без втрати цінності виконаної роботи), з запізненням виконання та захисту – 4,8 бали.
- робота не виконана або виконана із численними та грубими помилками – 0 балів.

Модульна контрольна робота складається контрольних робіт, кожна з яких оцінюється в 4 бали:

- повне виконання завдання без помилок – 4 бали;
- повне виконання завдання з незначними помилками – 3,2 бали;
- часткове виконання завдання, або виконання з суттєвими помилками – 2,4 бали;
- невиконання завдання – 0 балів.

Виконання завдань поточного контролю передбачає виконання коротких тестових контрольних завдань у кінці лекційних занять 6 та 13:

- повне виконання завдання без помилок – 2 бали;
- повне виконання завдання з незначними помилками – 1.6 балів;
- часткове виконання завдання, або виконання з суттєвими помилками – 1,2 бали;
- невиконання завдання – 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 матиме на менш ніж 9 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 16 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш 18 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 38 балів).

### **Семестровий контроль: Екзамен**

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх лабораторних робіт, захищені на позитивну оцінку 4 з 6 лабораторних робіт, зараховані 2 контрольні роботи, стартовий рейтинг  $R_c$  не менше 30 балів.

### **Критерії екзаменаційного оцінювання**

Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання і одне практичне. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне – 10 балів.

1. Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-14 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13-11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

2. Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 10-9 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 8-7 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 7-6 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 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)

У рамках опанування кредитного модуля «Автоматичні системи орієнтації та стабілізації» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням викладачем).

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** доцентом кафедри КІОНС, к.т.н., доц., Лакозою Сергієм Леонідовичем.

**Ухвалено** кафедрою комп'ютерно-інтегрованих оптичних і навігаційних системи (протокол № 11/2 від 12.06.2024 року)

**Погоджено** Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 6/24 від 18.06.2024 року)