



ТЕОРІЯ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ОРІЄНТАЦІЇ І НАВІГАЦІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування ¹
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	3 курс, 6 семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік/МКР, поточний контроль
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ст. викладач Сапегін Олександр Миколайович, sapegin_a@ukr.net Лабораторні заняття: к.т.н., ст. викладач Сапегін Олександр Миколайович, sapegin_a@ukr.net
Розміщення курсу	https://do.ipu.kpi.ua/user/view.php?id=27527&course=3595&showallcourses=1

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Теорія чутливих елементів систем орієнтації і навігації» є навчальною дисципліною, яка призначена для забезпечення підготовки майбутніх бакалаврів з використання основ теорії чутливих елементів систем орієнтації для проектування та розрахунків таких систем, які є предметом професійного інтересу.

Метою дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

- застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації;
- застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях;
- застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих

¹В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.

Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Основні завдання дисципліни.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ПРН 6. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій,

а також:

ЗНАННЯ:

- знати теоретичні основи побудови математичних моделей чутливих елементів систем орієнтації та навігації та вміти застосовувати методи їх теоретичного дослідження;
- знати головні властивості і особливості поведіння гіроскопічних пристроїв і чутливих елементів систем орієнтації;
- знати основні методи і засоби складання математичних моделей чутливих елементів систем орієнтації;
- знати основні методи теоретичного дослідження поведінки чутливих елементів систем орієнтації;
- знати відповідний понятійний і термінологічний апарат.

УМІННЯ:

- складати рівняння руху простіших гіроскопічних пристроїв;
- створювати спрощені (лінеаризовані і прецесійні) математичні і програмні моделі гіроскопічних пристроїв і оцінювати їх адекватність поставленій меті дослідження і властивостям об'єкта дослідження;
- проводити простіші "експериментальні" дослідження за програмною моделлю.

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях та вміннях, набутих студентами при вивченні дисциплін «Вища математика», «Теорія автоматичного керування». В подальшому знання та уміння, отримані при вивченні дисципліни, використовуються у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах, курсовому проектуванні та при виконанні кваліфікаційної роботи дипломному проектуванні.

3. Зміст навчальної дисципліни

- **Розділ 1. Теорія акселерометрів**
 - Класифікація акселерометрів. Осьові акселерометри. Перехресні зв'язки акселерометрів.
 - Маятникові акселерометри. Перехідні характеристики акселерометрів.
 - Частотні характеристики акселерометрів. Мікромеханічні акселерометри.
- **Розділ 2. Теорія гіроскопів**
 - Вступ. Природа гіроскопічного ефекту. Типи гіроскопів.

- Кінематичні параметри гіроскопів.
- Карданова похибка класичного гіроскопа.
- Методика виведення повних рівнянь руху гіроскопа в кардановому підвісі.
- Виведення повних рівнянь руху гіроскопа в кардановому підвісі з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.
- Гіроскоп в кардановому підвісі на нерухомій основі.
- Рух гіроскопа під дією постійного моменту (відносно одної осі).
- Рух гіроскопа під дією постійних моментів (відносно двох осей).
- Вплив моментів сухого тертя на рух гіроскопа.
- Дрейф Магнуса.
- Гіроскоп в кардановому підвісі на рухомій основі.
- Двостепеневий гіроскоп.
- Гіроскоп, що динамічно настроюється (ДНГ). Дрейфи ДНГ.
- Мікромеханічні гіроскопи. Класифікація. Вплив поступальних прискорень.
- Твердотільно-хвильові гіроскопи.
- Оптично-електронні гіроскопи. Ефект Сан'яка.
- Волоконно-оптичні гіроскопи.
- Лазерні гіроскопи.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Аврутов В.В. Випробування і контроль приладів і систем: підручник. - К .: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 225 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48411>

Додаткова

2. Лазарев Ю. Ф. Теорія гіроскопів. Практикум / Електронний навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2013. – 38 с. [Електронний ресурс]:
http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Lazarev/gyro_theory1_pract.pdf

Інформаційний ресурс:

3. Дистанційний курс «Основи теорії чутливих елементів систем орієнтації» для бакалаврів 3-го курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології», - Сертифікат Серія НМП № 6095, автор-розробник Аврутов В.В., - Електронні дані (47,1 Мбайт) – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 р., - 19,39 ум. др. арк.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

Лекційні заняття:

- **Розділ 1. Теорія акселерометрів**
 - Лекція 1. Класифікація акселерометрів. Осьові акселерометри.
 - Лекція 2. Перехресні зв'язки акселерометрів.

- *Лекція 3. Маятникові акселерометри.*
- **Розділ 2. Теорія гіроскопів**
- *Лекція 4. Вступ. Природа гіроскопічного ефекту.*
- *Лекція 5. Виведення повних рівнянь руху гіроскопа в кардановому підвісі з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.*
- *Лекція 6. Гіроскоп в кардановому підвісі на нерухомій основі.*
- *Лекція 7. Дія удару на гіроскоп.*
- *Лекція 8. Рух гіроскопа під дією постійних моментів.*
- *Лекція 9. Вплив моментів сухого тертя на рух гіроскопа.*
- *Лекція 10. Карданова похибка класичного гіроскопа.*
- *Лекція 11. Двостепеневий гіроскоп.*
- *Лекція 12. Динамічно налаштований гіроскоп (ДНГ).*
- *Лекція 13. Оптично-електронні гіроскопи. Ефект Сан'яка.*
- *Лекція 14. Волоконно-оптичні гіроскопи.*
- *Лекція 15. Лазерні гіроскопи.*
- *Лекція 16. Мікромеханічні гіроскопи. Класифікація.*
- *Лекція 17. Твердотільно-хвильові гіроскопи.*
- *Лекція 18. Підсумкова лекція.*

Практичні заняття

- 1 *Складання та аналіз рівнянь руху акселерометра.*
- 2 *Перехідні характеристики акселерометрів.*
- 3 *Акселерометри на рухомій основі.*
- 4 *Кінематика гіроскопу. Кінематичні рівняння Ейлера.*
- 5 *Матриці напрямних косинусів.*
- 6 *Прецесійні рівняння руху гіроскопів.*
- 7 *Складання та аналіз рівнянь руху гіроскопа в кардановому підвісі.*
- 8 *Модульна контрольна робота (МКР).*
- 9 *Залік*

Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум):

Основні завдання циклу лабораторних робіт це поглиблення теоретичних знань та отримання навичок у вирішенні практичних задач.

- 1 *Дослідження вихідного сигналу акселерометра.*
- 2 *Створення у середовищі Matlab програмної моделі акселерометра.*
- 3 *Дослідження програмної моделі акселерометра.*
- 4 *Створення у середовищі Matlab програмної моделі гіроскопу.*
- 5 *Дослідження програмної моделі гіроскопу.*
- 6 *Створення у середовищі Matlab програмної моделі ДКШ.*
- 7 *Дослідження програмної моделі гіроскопу ДКШ.*
- 8 *Тестування програмної моделі ДКШ.*
- 9 *Підведення підсумків.*

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань з теорії чутливих елементів систем навігації і орієнтації, а саме у складанні та аналізі рівнянь руху акселерометрів і гіроскопів, побудові матриць напрямних косинусів, складанні кінематичних відношень щодо механічних гіроскопів, та практичного аналізу вихідної інформації чутливих елементів.

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 42 - на опрацювання матеріалів лекцій, практичних та лабораторних занять та 6 – на підготовку до заліку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:** освітній процес планується проводити в ЗМІШАНОМУ режимі навчання, який передбачає поєднання очного та дистанційного режимів навчання з дотриманням рекомендацій Міністерства освіти і науки України.
- **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, студент надсилає оформлений протокол 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 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 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
1	Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР)	8	5	40
2	Виконання практичних завдань на практичних заняттях (ПЗ)	8	5	40
3	Виконання та захист модульної контрольної роботи (МКР)	1	20	20
Усього:				100

Рейтинг студента складається з балів, що отримуються за практичні заняття, лабораторні роботи, модульну контрольну роботу та заохочувальних балів. Семестровим контролем є залік.

1. Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР). Всього 8 робіт.

Виконання однієї лабораторної роботи повністю – 5 бали. Загалом – 40 балів. Критерії оцінювання:

- Робота виконана і дана правильна відповідь на запитання при захисті (не менше 90% потрібної інформації) - 5 бали;
 - в роботі є неточності (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 4 бали;
 - в роботі є суттєві неточності (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 3 бали;
 - відсутня робота - 0.
- 2. Виконання практичних занять (ПЗ). Всього 8 занять.**

Шкала оцінювання індивідуальних завдань:

- повністю вірно виконання завдання - 5 балів;*
- вірно виконання завдання з незначними зауваженнями – 4 балів;*
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки – 3 бали;*
- завдання не виконано - 0 балів.*

3. Модульна контрольна робота (МКР).

Модульна робота оцінюється в 20 балів:

- Робота виконана правильно (не менше 90% потрібної інформації) – 20...18 балів;*
- в роботі є неточності (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 17...15 балів;*
- в роботі є суттєві неточності (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 14...12 бали;*
- відсутня робота - 0.*

Поточний контроль складається з виконання лабораторних робіт, практичних занять та виконання МКР.

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

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 24 бали (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 40 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш 42 бали (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 70 балів).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконання усіх практичних занять - сумарна кількість балів не менше 24 (8 занять x 3 бали=24) та лабораторних робіт (сумарна кількість балів не менше 24); оцінка з модульної контрольної роботи - не менше 12 балів. Тобто загальна кількість балів за семестр повинна бути не менше 60 балів.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

Залікова контрольна робота оцінюється із 100 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється в 33 бали за такими критеріями:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та висновки – 33-29 балів;*
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності) – 28...24 балів;*
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки) – 23...18 балів;*
- «незадовільно» - незадовільна відповідь – 0 балів.*

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку відповідну до набраного рейтингу впродовж семестру.

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку відповідно до цих 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)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри КІОНС, к.т.н., Сапегіним Олександром Миколайовичем.

Ухвалено кафедрою приладів і систем орієнтації і навігації (протокол № 12 від 31.05.2023).

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету² (протокол № 7/23 від 22.06.2023 року).

²Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.