



# ТЕПЛОВІЗІЙНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (дистанційна)</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	Лектор: д.т.н., професор Колобродов Валентин Георгійович, <a href="mailto:thermo@ukr.net">thermo@ukr.net</a> , 067-936-42-33. Практичні: д.т.н., професор Колобродов Валентин Георгійович, <a href="mailto:thermo@ukr.net">thermo@ukr.net</a> , 067-936-42-33. Лабораторні: д.т.н., професор Микитенко Володимир Іванович, <a href="mailto:v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua">v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua</a> , 067-500-57-20
Розміщення курсу	<a href="https://ecampus.kpi.ua/">https://ecampus.kpi.ua/</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Тепловізійні оптико-електронні прилади» забезпечує підготовку магістрів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» в галузі аналізу та синтезу сучасних систем автоматизації, що застосовуються, зокрема, в приладобудуванні. Метою дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

- ЗК1. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК3. 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.

а також формування здатностей:

- здатність моделювати та проектувати оптико-електронні прилади та системи ІЧ діапазону спектру;
- застосовувати базові уявлення про принципи утворення, прийому та обробки електромагнітного випромінювання ІЧ діапазону, фізичні основи функціонування тепловізійних систем.

Основні завдання дисципліни.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- РНОЗ. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.
- РН 13. Використовувати спеціальний математичний інструментарій для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації, та процесів, що в них протікають.
- застосовувати отримані знання під час вибору елементної бази, обґрунтування та проектування оптико-електронних приладів ІЧ діапазону спектру, аналізувати роботу основних вузлів тепловізійних систем та зіставляти їх з фізичними процесами, що покладено в основу їх роботи;
- проектувати як вхідні приймальні блоки, так і оптико-електронні прилади ІЧ діапазону спектру в цілому, практично володіти сучасним інструментарієм проектування тепловізійних систем, застосовувати набуті знання в процесі розв'язання широкого кола професійних задач щодо проектування та розробки ІЧ оптико-електронних систем.

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

Вивчення кредитного модулю базується на знаннях отриманих на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти..

У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються в дослідженнях при роботі за темою магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Розділ 1.** Зміст курсу. Фізичні основи теплобачення.

**Розділ 2.** Перетворення сигналів в тепловізійних системах.

**Розділ 3.** Теплове випромінювання об'єктів та фонів:

Закони електромагнітного випромінювання. Випромінювання об'єктів і фонів.

**Розділ 4.** Пропускання інфрачервоного випромінювання атмосферою.

**Розділ 5.** Оптична система: Формування зображення оптичною системою. Проектування та конструювання інфрачервоних оптичних систем.

**Розділ 6.** Приймачі оптичного випромінювання: Основні характеристики приймачів випромінювання. Теплові та фотонні приймачі випромінювання. Теплові та фотонні приймачі випромінювання.

**Розділ 7.** Обробка відеосигналів: Аналогова обробка відеосигналів. Цифрова обробка відеосигналів.

**Розділ 8.** Дисплеї: Типи тепловізійних дисплеїв та їх характеристики.

**Розділ 9.** Закони зорового сприйняття: Основи сприйняття тепловізійних зображень

**Розділ 10.** Критерії оцінки термографічних систем: Розрахункові показники якості тепловізійних систем.

**Розділ 11.** Вимірювання характеристик тепловізорів: Експериментальні показники якості тепловізійних систем. Експериментальні методи визначення якості тепловізійних систем

**Розділ 12.** Застосування.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### **Базова**

1. Колобродов В.Г., Микитенко В.І, Балінський Є.Г. Ефективність інфрачервоних оптико-електронних систем спостереження. - Київ: «Вік принт», 2017. – 202 с

##### **Додаткова література**

1. Driggers R.G., Friedman M.H., Devitt J.W., Furxhi O., Singh A. Introduction to Infrared and Electro-Optical Systems. Third Edition / Artech House. - 2022. – 712p.
2. Schuster Norbert. Infrarotthermographie. Zweite, uberarbeitete und erweiterte Ausgabe / Schuster Norbert,. Kolobrodov Valentin G. John Wiley & Sons - Berlin . - 2012. - 356 p.
3. Vollmer Michael. Infrared Thermal Imaging. Fundamentals, Research and Applications. / Michael Vollmer and Klaus-Peter Mollman. Second Edition. – Wiley – VCH, Weinheim, Germany. – 2018. – 788 p.

#### Навчальний контент

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

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

На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.

Проведення лекцій, СРС, розв'язування задач на практичних заняттях, закріплення теоретичного матеріалу на лабораторних роботах, перевірка теоретичних знань на контрольних роботах.

*Лекційні заняття.*

1. **Тема 1.** Зміст курсу. Фізичні основи теплобачення (2 год.)
2. **Тема 2.** Перетворення сигналів в тепловізійних системах (2 год.)
3. **Тема 3.** Теплове випромінювання об'єктів та фонів (4 год.)
4. **Тема 4.** Пропускання інфрачервоного випромінювання атмосферою (2 год.)
5. **Тема 5.** Оптична система (6 год.)
6. **Тема 6.** Приймачі оптичного випромінювання (4 год.)
7. **Тема 7.** Обробка відеосигналів (2 год.)
8. **Тема 8.** Дисплеї (2 год.)
9. **Тема 9.** Закони зорового сприйняття (2 год.)
10. **Тема 10.** Критерії оцінки термографічних систем (6 год.)
11. **Тема 11.** Вимірювання характеристик тепловізорів (2 год.)
12. **Тема 12.** Застосування (2 год.)

*Практичні заняття.*

1. Математичні основи перетворення сигналів в тепловізійних системах (2 год.)
2. Теплове випромінювання об'єктів та фонів. Розрахунок енергетичних характеристик об'єктів та фонів (2 год.)
3. Оптична система. Габаритний розрахунок оптичних систем тепловізорів (2 год.)
4. Проектування оптичної системи тепловізорів (2 год.)
5. Розрахунок основних характеристик приймачів випромінювання (2 год.)
6. Розрахунок MTF TC, NETD, MRTD (6 год.)
7. Розрахунок максимальної відстані дії TC (2 год.)

### Лабораторні заняття.

1. Дослідження телевізійного відеосигналу та відповідного йому зображення (4 год.).
2. Дослідження закономірностей зорового сприйняття при спостереженнях з допомогою OECC (4 год.).
3. Вимірювання основних характеристик тепловізора на півовідиконі (2 год.).
4. Вимірювання модуляційної передавальної функції мікроболометричної тепловізійної камери (6 год.).

### Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань за трьома лекційними темами, а саме: теплове випромінювання об'єктів та фонів, оптична система тепловізора, критерії оцінки термографічних систем. Буде запропоновано кожному студенту індивідуально по дві задачі, які пов'язані з розрахунком енергетичних характеристик теплового випромінювання об'єктів спостереження, просторової і енергетичної роздільної здатності оптичних систем, а також розрахунку основного параметру тепловізорів – різниці температур, еквівалентної шуму.

## 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 виділяється 78 години, з яких 30 годин – на підготовку до екзамену, 48 годин - на опрацювання матеріалів лекцій, підготовки до практичних, лабораторних робіт, модульної контрольної роботи та вивчення навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

## Політика та контроль

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

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:** Zoom (посилання на конференцію)  
<https://us04web.zoom.us/j/76447029037?pwd=QXRSSQ0gvOHdUSjAxVHdlZlZ0p2RHFuZz09;>
- **правила поведінки на заняттях:**
  - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни;
  - дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
- **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, або Telegram (при дистанційному навчанні), під час опитування відповідає на запитання викладача;
- **правила виконання модульної контрольної роботи:**
  - виконання модульної контрольної роботи проходить на практичному занятті;
  - при дистанційному навчанні виконання окремих виконаних пунктів (завдань) модульної контрольної роботи може проходити за визначеним календарним планом, студент надсилає оформлене виконане завдання на електронну адресу викладача чи Telegram канал;
  - у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
  - захист проходить на лабораторному занятті (лабораторній роботі), студенти надсилаю оформлений протокол лабораторної роботи на електронну адресу викладача або через месенджер Telegram, а також приносять на заняття роздрукований зразок;
  - у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - 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;
- **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)**

### **1. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Поточний контроль:

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	виконання індивідуальних завдань на практичних заняттях (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	6	4	24
2	Виконання модульної контрольної роботи (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	1	20	20
3	Виконання лабораторних робіт (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	4	4	16
			Усього:	60

*Шкала оцінювання індивідуальних завдань на практичних заняттях:*

- повністю вірно виконання завдання - 4 бала;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки - 3 бали;
- завдання не виконано/виконано менше 60% завдання - 0 балів.

*Шкала оцінювання модульної контрольної роботи:*

- повністю вірно виконання завдання - 20 балів;
- вірно виконання завдання з незначними неточностями – 16-19 балів;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки – 12-15 балів;
- завдання не виконано - 0 балів.

*Шкала оцінювання виконання та захисту лабораторних занять:*

- повністю вірно виконання завдання - 4;
- вірно виконано більше 60% завдання, але є суттєві недоліки - 3 бали;
- роботу не виконано/виконано менше 60% завдання - 0 балів.

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

*Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме на менш ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 20 балів).*

*Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент*

матиме не менш 30 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 45 балів).

**Семестровий контроль: екзамен**

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	Екзамен	1	40	40

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист усіх лабораторних робіт, позитивна оцінка з МКР, семестровий рейтинг більше 36 балів.

На екзамені студенти виконують екзаменаційну контрольну роботу, яка складається з двох запитань теоретичного та практичного характеру. У цілому студент може отримати 40 балів (20 балів за кожне питання):

- незадовільна відповідь (менше 60% необхідної інформації, принципові помилки, або відповідь відсутня) - 0 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)- 12-15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або є незначні неточності)- 16-18 балів;
- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 19-20 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

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

**Складено** професором кафедри комп'ютерно інтегрованих оптичних та навігаційних систем, д.т.н., проф. Колобродовим Валентином Георгійовичем

**Ухвалено** кафедрою комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем (протокол № 7 від 06.07.2022 року)

**Погоджено** Методичною комісією приладобудівного факультету<sup>1</sup> (протокол № 7/22 від 07.07.2022 року)

<sup>1</sup>Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.