



ОСНОВИ ТЕПЛОБАЧЕННЯ ТА СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
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	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити / 120 годин, з них аудиторні 36 год., самостійна робота - 84 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., д.п.н., професор Протасов Анатолій Георгійович, a.g.protasov@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доц. Лисенко Юлія Юріївна, j.lysenko@kpi.ua
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: Moodle: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1896 G Suite: код iepr5hy

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Основи теплобачення та систем технічного зору роботів» відноситься до циклу професійної підготовки. Дана дисципліна необхідна для формування у студентів знань про принципи побудови тепловізійної техніки та систем технічного зору, які застосовуються в робототехніці. Розглянутий матеріал дасть змогу майбутньому фахівцю створювати роботизовані системи для автоматизації процесів контролю об'єктів за їх тепловими полями. Набуті під час вивчення дисципліни знання, вміння та досвід можуть бути використані студентами в подальшому при вивченні спеціальних дисциплін.

Метою викладання дисципліни є **формування** у студентів **компетентностей**:

- K1. Здатність проектувати, створювати та використовувати сучасні тепловізійні прилади та системи технічного зору роботів з використанням сучасної схемотехніки та нейромережових технологій.
- K2. Здатність розробляти структурну, функціональну та принципові схеми роботизованих систем неруйнівного контролю з використанням тепловізійної техніки та виконувати розрахунки і моделювання окремих складових цих систем.

Після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- РН1. Вміти проектувати і створювати сучасні тепловізійні прилади та системи технічного зору роботів з використанням сучасної схемотехніки та нейро-мережових технологій.
- РН2. Вміти розробляти на основі вхідних даних структурну, функціональну та принципові схеми сучасних роботизованих системи неруйнівного контролю з використанням тепловізійної техніки; вміти із використанням різноманітних спеціалізованих застосунків моделювати, виконувати розрахунки та створювати цифрові моделі окремих складових цих систем.

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

Дисципліна «Основи теплобачення та систем технічного зору роботів» базується на знаннях, здобутих студентами на початкових курсах в процесі вивчення ними фізики, вищої математики, оптичних приладів, комп'ютерного моделювання процесів і систем, основи робототехніки та програмування роботів. Набуті під час вивчення дисципліни знання, вміння та досвід можуть бути використані студентами в подальшому при вивченні спеціальних дисциплін, таких як проектування систем автоматизації, сучасні технології неруйнівного контролю, переддипломна практика, а також при виконанні дипломних проектів бакалаврів та магістерських дисертацій.

3. Зміст навчальної дисципліни

На першому занятті передбачається ознайомлення студентів із структурою дисципліни, планом та порядком проведення лекційних занять, видами проміжного контролю, системою оцінювання (зокрема рейтинговою системою оцінювання успішності студентів).

Лекційні заняття присвячені вивченню методів побудови сучасних тепловізійних систем з візуалізацією теплових полів; основних понять і термінів систем технічного зору та загальних принципів побудови комп'ютерних систем обробки зображень, їх складу та архітектури. Проведення лекцій супроводжується переглядом презентаційних матеріалів. Крім того, передбачено перегляд відеоматеріалів, присвячених застосуванню тепловізійних систем у промисловості та медицині. Тематичний зміст дисципліни наступний:

Розділ 1. Принципи побудови систем теплобачення.

Тема 1.1. Тепловізори.

Тема 1.2. Оптичні та скануючі системи.

Тема 1.3. Прилади з зарядовим зв'язком.

Тема 1.4. Тепловізійні системи неруйнівного контролю.

Розділ 2. Системи технічного зору в робототехніці.

Тема 2.1. Класифікація систем технічного зору.

Тема 2.2. Методи обробки і аналізу зображень

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, яку потрібно прочитати для опанування дисципліни:

1. Технології теплового неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / А. Г. Протасов, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 133 с.
2. Тимчишин Р.М. Сучасні підходи до розв'язання задач комп'ютерного зору/ Р.М. Тимчишин, О.Є. Волков, О.Ю. Господарчук, Ю.П. Богачук. Control systems and computers, 2018, № 6. Ст. 46-73.
3. Chen, Kwang-Cheng, Artificial Intelligence in Wireless Robotics / Kwang-Cheng Chen. - Gistrup : River Publishers, - 2020. – pp. 323
4. Aranda M. Control of Multiple Robots Using Vision Sensors [electronic resource] / by Miguel Aranda, Gonzalo López-Nicolás, Carlos Sagüés. // Springer eBooks - Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, - 2017. - 187 pp.

Додаткова література, яку рекомендовано використовувати для поглиблених знань з дисципліни:

1. Бодянський Є. В. Аналіз та обробка потоків даних засобами обчислювального інтелекту: Монографія / Є. В. Бодянський, Д. Д. Пелешко, О. А. Винокурова, С. В. Машталір, Ю. С. Іванов. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 236 с.
2. Довбиш А.С. Основи теорії розпізнавання образів: навч. посіб. : у 2 ч. / А.С. Довбиш, І.В. Шелехов. Суми: Сумський державний університет, 2015. Ч.1. 109 с.
3. Боднар Р.Т. Фізичні основи неруйнівного контролю : навчальний посібник / Р.Т. Боднар, В. Т. Камінський, В.С. Кисіль, З.П. Лютак, О.Є. Середюк. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – 384 с.
4. Криксунов Л.З. Тепловізори: довідник / Л.З. Криксунов, Г.А. Падалко. – Київ: Техніка. – 1988. – 60 с.
5. Колобродов В.Г. Тепловізійні системи (фізичні основи, методи проектування і контролю, застосування): Підручник / В.Г. Колобродов, Н. Шустер – Київ: НТУУ «КПІ», 1999. – 340 с.
6. Бабак В.П. Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії: Монографія / В. П. Бабак, В. С. Берегун, З. А. Бутова, Л. Й. Воробйов, Л. В. Декуша, О. Л. Декуша, А. О. Запорожець, С. І. Ковтун – Київ: Ін-т технічної теплофізики НАН України, 2016. – 298 с.
7. Маслова В. А. Стороженко В.А. Термографія в діагностиці і неінвазивному контролі / В. А. Маслова, В. А. Стороженко. – Харків: Компанія СМІТ. – 2004. – 160 с.
8. Теплові методи неруйнівного контролю: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт [Текст] / Уклад.: А. Г. Протасов, Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 73с.
9. Носов Ю.Р. Приборы зарядовой связи / Ю.Р. Носов. - М.: Знание, 1989. – 340 с.
10. Гонсалес Р. Вудс Р. Цифровая обработка изображений. 3-е издание, исправленное и дополненное. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.
11. Рашкевич Ю.М. Нейроподібні методи, алгоритми та структури обробки сигналів і зображень у реальному часі: монографія. / Ю.М. Рашкевич, Р.О. Ткаченко, Цмоць І.Г., Д.Д. Пелешко. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 256 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальні заняття передбачені у формі лекцій, лабораторних робіт та самостійної роботи студентів. Застосовується стратегія активного і колективного навчання, яка визначається інформаційно-комунікаційною технологією, що забезпечує проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо- та відеопідтримки навчальних занять тощо).

Лекційні заняття:

Лекційний курс розрахований на вивчення фізичних основ побудови сучасних тепловізійних систем та загальних принципів побудови комп'ютерних систем обробки зображень, що використовуються у систем технічного зору. Описані конструкції приладів та способи перетворення сигналів в них. Нижче наведено деталізований опис кожного лекційного заняття:

Розділ 1

Тема 1.1

Лекція 1. Тепловізори

Візуалізація теплового поля.. Функціональна схема тепловізора. Принцип дії. Основні параметри та характеристики [1, 2].

Тема 1.2

Лекція 2. Оптичні та скануючі системи

Оптичні системи. Їх класифікація. Основні параметри оптичних систем. Лінзові, дзеркальні, комбіновані оптичні системи [1].

Лекція 3. Оптичні та скануючі системи

Системи сканування. Їх класифікація, основні параметри. Конструкції систем сканування, які використовуються в тепловізійній техніці [1,3].

Лекція 4. Оптичні та скануючі системи

Промислові тепловізори «Радуга», ТВ-03 та «Янтарь». Функціональні схеми. Оптичні та скануючі системи. Основні режими роботи та використання для неруйнівного контролю [3].

Лекція 5. Оптичні та скануючі системи

Тепловізори з електронним скануванням. Основні вузли. Відікони та пірікони, їх устрій та принцип дії [1, 2].

Тема 1.3

Лекція 6. Прилади з зарядовим зв'язком.

Загальні відомості про ПЗЗ. МДН структури. Поняття зарядового пакету. Фізичні основи роботи ПЗЗ.

Лекція 7. Прилади з зарядовим зв'язком.

Прилади з зарядовим зв'язком в оптоелектроніці. Телевізійні системи на базі ПЗЗ. Структурна схема формувача сигналів зображення. Режими роботи ПЗЗ елементів. Основні характеристики формувача сигналів. Роздільна здатність системи [1].

Лекція 8. Прилади з зарядовим зв'язком.

Формування кольору у передаючих телевізійних камерах. Способи формування кольору. Одно-матричні камери. Трьох матричні камери з голівкою для розділення кольору .

Лекція 9. Прилади з зарядовим зв'язком.

Прилади з зарядовим зв'язком в системах формування сигналів ІК зображення. Три області використання – стискання інформації, часова затримка, безпосередня реєстрація ІК сигналів.

Тема 1.4

Лекція 10. Тепловізійні системи неруйнівного контролю.

Похибки, виникаючі при використанні телевізійних систем. Проблема коефіцієнту випромінювання. Методи його врахування в теплобаченні. Способи боротьби з похибками [4].

Лекція 11. Тепловізійні системи неруйнівного контролю.

Організація теплового контролю з використанням стандартної апаратури. Приклади вирішення тепловими методами задач неруйнівного контролю [1, 4].

Розділ 2.

Тема 2.1

Лекція 12. Класифікація систем технічного зору.

Комп'ютерний зір. Системи керування процесами, відеоспостереження, моделювання об'єктів, взаємодії [5].

Лекція 13. Структура систем машинного зору.

Основні компоненти систем машинного зору. Застосування машинного зору [5,6].

Тема 2.2.

Лекція 14. Цифрова обробка зображень.

Поняття бінаризації, кластеризації, сегментації. Пошук і аналіз блобів. Розпізнавання образів за шаблонами. Зчитування штрих-кодів: декодування 1D і 2D кодів. Оптичне розпізнавання символів. Вимірювання розмірів об'єктів [6,7].

Лабораторні заняття:

Основні завдання циклу лабораторних занять: закріпити теоретичний матеріал, отримати практичні навички роботи з тепловізійними приладами, реалізовувати базові алгоритми комп'ютерного зору у вигляді прикладних застосувань, викликати інтерес до подальшого застосування знань з дисципліни в навчальній, науковій та професійних сферах. Нижче наведено деталізований опис лабораторних занять:

ЛЗ 1. Вступне заняття з техніки безпеки й правил поведіння в лабораторії.

ЛЗ 2. Комплексування теплових зображень з використанням вейвлет-перетворення. Самостійна робота 1.

ЛЗ 3. Реалізація алгоритмів фільтрації та сегментування теплових зображень з використанням мови Python. Самостійна робота 2.

ЛЗ 4. Дослідження режимів роботи тепловізора на прикладі контролю багат шарових пластин. Визначення прихованих дефектів в об'єктах. Самостійна робота 3.

ЛЗ 5. Підбиття підсумків

6. Самостійна робота студента/аспіранта

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 84 години для самостійної роботи студентів, з яких 6 годин відводиться на підготовку до заліку та 78 години на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, розрахунок та оформлення результатів виконання лабораторних робіт та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота студента направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу, на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни та здобуття навичок самостійного опанування матеріалу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні вимоги для вивчення дисципліни та успішного проходження семестрового контролю:

- **правила відвідування занять:**
 - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
 - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції на платформі Zoom (або будь якій іншій за вимогою студентів), посилання надається старостам на початку семестру.
- **правила поведінки на заняттях:**
 - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни;
 - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
 - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
 - поточні запитання за темою заняття необхідно прописувати в чаті конференції, щоб запобігти перериванню викладення матеріалу на середині. У перерві між темами (підтемами) ці питання будуть розглянуті.
- **правила захисту лабораторних робіт:**
 - захист лабораторних робіт проходить під час проведення лабораторного заняття, а у випадку дистанційного навчання – за вибором студентів або у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom (кожен отримує індивідуальне запитання для усної відповіді) або шляхом заповнення тесту через GoogleForm;
 - у окремих випадках допускається можливість захисту не за розкладом та за домовленістю зі студентами.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - докладна інформація про штрафні та заохочувальні бали наведена у п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
 - 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 відсутності на занятті;
- захист лабораторних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у межах трьох занять після проведення лабораторної роботи;
- перескладань для підвищення балів не передбачено.
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа за правилами округлення.
- **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

У випадку незгоди із результатами контрольних заходів студенти можуть виконувати і/або захищати їх у присутності комісії, яка формується із викладачів кафедри АСНК.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Оцінювання результатів навчання студента здійснюється за 100-бальною системою та передбачає оцінювання навчальної діяльності здобувача впродовж семестру – виконання експрес-контрольї роботи, виконання лабораторних робіт та/або написання залікової роботи (оцінювання під час семестрового контролю).

Рейтинг студента формується як сума балів, отриманих студентом за:

- виконання, підготовку та захист 4 робіт за результатами лабораторних занять;
- виконання 1 контрольної роботи (експрес-контроль на лекційному занятті).

8.1. Критерії нарахування балів.

8.1.1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 25. Максимальна кількість балів за всі лабораторні заняття дорівнює 25 балів x 3 = 75 балів. Критерії оцінювання:

25-23 балів – завдання виконано в повному обсязі, є усне пояснення виконаних завдань, надано належним чином оформлений протокол;

22-19 балів – виконана більша частина завдання, пояснення невпевнені, надано оформлений протокол;

18-15 балів – виконані не всі пункти завдання та/або є певні недоліки у виконанні роботи, пояснення відсутні;

0 балів – завдання не виконано.

8.1.2. Контрольна робота

Ваговий бал – 25. Проводиться в якості письмової роботи. Критерії оцінювання:

25-23 балів – відповіді правильні, повні, повністю розкривають сутність поставленого питання, демонструють глибокі знання студента з даного розділу (не менше 90% потрібної інформації);

22-19 балів – виконана більша частина завдання, відповіді в основному правильні, але не повні (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями;

18-15 балів – виконані не всі пункти завдання, відповіді не конкретизовані, не розкривають сутності поставленого питання або розкривають її лише частково (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки ;
0 балів – незадовільна відповідь, завдання не виконано.

8.2. Штрафні та заохочувальні бали:

- якщо лабораторна робота здається невчасно (пізніше встановленого строку) без поважної причини, то нараховується 1 штрафний бал (знімається 1 бал);
- за участь у факультетських олімпіадах з дисципліни, модернізації лабораторних робіт надається від 1 до 5 заохочувальних балів;
- за активну участь у лабораторних роботах та лекціях надається від 1 до 5 заохочувальних балів.

Сума штрафних балів не може перевищувати -10, сума заохочувальних балів не може перевищувати +10.

8.3. Умови позитивного календарного контролю (атестації).

Для отримання «атестовано» з першого календарного контролю (першої атестації) студент повинен мати не менше ніж 30 балів та виконання лабораторних робіт (на час атестації).

8.4. Умови позитивного семестрового контролю.

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних та контрольної роботи та рейтинг не менше 60 балів. В такому разі студент отримує відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань, яка переводяться до оцінок за університетською шкалою згідно таблиці 1.

У випадку дистанційного навчання та пропуску більше 50% лекційних занять для того, щоб отримати допуск до заліку студент повинен по кожному пропущеному заняттю виконати реферати за відповідною тематикою і захистити їх. Вимоги до рефератів обговорюються окремо.

У випадку, коли студент виконав усі умови допуску до заліку та має рейтинг менше 60 балів, або бажає підвищити свій рейтинг, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи. Після виконання залікової контрольної роботи, студент отримує в якості підсумкової оцінки більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом.

8.5. Критерії оцінювання залікової контрольної роботи.

На заліку студенти мають представити усну доповідь за тематикою завдання. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне (задачу).

Кожне теоретичне питання оцінюється у 35 балів, за такими критеріями:

35-34 балів – повна відповідь, студент демонструє додаткові знання та загальну обізнаність (не менше 90% потрібної інформації);

33-30 балів – достатньо повна відповідь, незначні неточності, студент володіє знаннями по даному питанню (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності);

29-26 балів – неповна відповідь, суттєві неточності, студент володіє тільки частиною знань з даного питання (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки);

0 балів – незадовільна відповідь або взагалі відсутня, рівень знань, продемонстрований студентом, низький.

Практичне завдання оцінюється у 30 балів, за такими критеріями:

30-28 балів – повне безпомилкове розв'язування завдання з усіма коментарями (усними та письмовими);

27-25 балів – повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями;

24-22 балів – завдання виконане з певними недоліками;

0 балів – завдання не виконано.

Таблиця 1. 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 семестровий контроль наведено у додатку до силабусу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.п.н., професор, Протасов Анатолій Георгійович

Ухвалено кафедрою автоматизації та систем неруйнівного контролю
(протокол №16 від 30.05.2024 р.)

Погоджено методичною комісією приладобудівного факультету
(протокол №6/24 від 18.06.2024 р.)