



ОСНОВИ ОПТИКИ ТА СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ

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	За вибором студента
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС / 120 годин (54 години аудиторної роботи, 66 годин самостійної роботи)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік (усний) / МКР, поточний контроль
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Муравйов Олександр Володимирович stals98@ukr.net Практичні: к.т.н., доцент Муравйов Олександр Володимирович
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7769 доступ надається лектором

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «*Основи оптики та систем технічного зору роботів*» присвячена вивченню основ автоматизованого проектування оптичних систем та оптико-електронних пристроїв, що застосовуються в системах технічного зору роботів.

Знання, які отримують студенти при вивченні дисципліни, можуть використовуватися у подальшому при розрахунках та проектуванні роботизованих систем та комплексів, автоматизація яких реалізована на основі технологій технічного зору, а також при підготовці до виконання дипломного проекту.

Предмет навчальної дисципліни: методи автоматизованого проектування систем технічного зору роботів.

Метою навчальної дисципліни «Основи оптики та систем технічного зору роботів» є формування у студентів компетентностей:

- K10. Здатність застосовувати знання оптики в обсязі, необхідному для розуміння процесів, проведення розрахунків та проєктування систем технічного зору роботів.
- K11. Здатність використовувати у професійній діяльності програмні засоби автоматизованого проєктування і моделювання оптико-електронних вузлів та пристроїв для систем технічного зору роботів.

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

- РН10. Знати теоретичні основи та прикладні аспекти оптики на рівні, необхідному для проведення розрахунків та проєктування систем технічного зору роботів.
- РН11. Вміти застосовувати сучасні програмні пакети, прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для моделювання, проєктування оптико-електронних вузлів та пристроїв для систем технічного зору роботів.

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

Дисципліна «Основи оптики та систем технічного зору роботів»: 1) базується на знаннях, здобутих студентами при вивченні таких дисциплін: комп'ютерна графіка, фізика; 2) може бути використана під час виконання дипломного проєкту.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційний курс дисципліна «Основи оптики та систем технічного зору роботів» складається з 12 тем.

Перелік тем курсу «Основи оптики та систем технічного зору роботів»:

- Тема 1. Вступ. Історія розвитку та сучасні сфери застосування машинного зору.
- Тема 2. Загальна структура систем технічного зору.
- Тема 3. Основні функціональні компоненти систем технічного зору.
- Тема 4. Класифікація та основні параметри фотоприймальних пристроїв.
- Тема 5. Структура та якість оптичного зображення. Узгодження зображення оптичної системи з параметрами приймача випромінювання.
- Тема 6. Волоконно-оптичні датчики та оптичні модулі для систем машинного зору.
- Тема 7. 3D-камери та технології глибинного зондування.
- Тема 8. Системи технічного зору на основі промислових та смарт-камер.
- Тема 9. Технології штучного інтелекту в системах машинного зору.
- Тема 10. Оптичні та оглядово-порівняльні методи навігації.
- Тема 11. Цифрова обробка зображень та відеоданих в системах технічного зору.
- Тема 12. Інтеграція системи технічного зору в робототехнічний комплекс.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Чиж І. Г. Теорія оптичних систем. Підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. Г. Чиж ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 426 с.

2. Автоматизація проектування елементів оптичних приладів. Практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. О. В. Муравйов. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.53 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 68 с.
3. Фотоприймальні елементи та пристрої: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спец. 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / В. М. Сокурєнко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 157 с.

Допоміжна

4. Кучеренко О. К. Розрахунок і конструювання оптичних приладів. Частина 2. «Габаритні розрахунки і конструювання оптичних вузлів і приладів»: підручник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані системи та технології» спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані оптико-електронні системи і технології» / О. К. Кучеренко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 194 с.
5. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання. Книга друга: навчальний посібник / В. О. Чадюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 336 с.
6. Поліщук М.М., Ткач М.М. Робототехнічні системи: проектування і моделювання: учбовий посібник. НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФІОТ, 2020. – 112 с.
7. Polishchuk M. M. Mobile robots of arbitrary orientation in the technological space. Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium / Collective monograph. Stalowa Wola, Poland, 2018. – P 369–388.
8. Krigg S. Computer Vision Metrics. Survey, Taxonomy, and Analysis / S. Krigg. – Spredd Open, 2014. – 498 p.
9. Субботін С. О. Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир: Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.
10. Цифрове моделювання об'єктів та динамічних систем. Практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладач: О. В. Муравйов; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 75 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

Лекційний курс розрахований на вивчення основ проектування систем технічного зору роботів.

з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<i>Лекція 1. Вступ. Історія розвитку та сучасні сфери застосування машинного зору.</i> Основні етапи становлення технології технічного зору. Сфери застосування машинного зору: промисловість, побут, серійне виробництво, громадське харчування, сільське господарство, безпілотні системи, медицина. Перспективні напрямки застосування та розвитку технологій машинного зору. Література [6,7] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [6,7]. Дидактичні засоби: електронна презентація.

2	<i>Лекція 2. Загальна структура та основні компоненти системи технічного зору.</i> Введення в системи технічного зору. Функціональні завдання систем технічного зору, характерні для робототехнічних програм. Типи систем технічного зору. Загальна структура та різновиди систем машинного зору. Принципи побудови систем машинного зору. Література [1, 3, 7]. Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
3	<i>Лекція 3. Основні функціональні компоненти систем технічного зору.</i> Камери видимого та інфрачервоного спектральних діапазонів. Джерела випромінювання для реалізації підсвітки об'єктів. Освітлення та зовнішні умови Обладнання вводу-виводу даних, канали зв'язку. Датчики синхронізації для захвату зображень. Електроприводи. Мікропроцесорна техніка. Програмне забезпечення для обробки зображень та виявлення відповідних властивостей. Література [1,5] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [6,7]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
4	<i>Лекція 4. Класифікація та основні параметри приймачів оптичного випромінювання.</i> Поняття та функції приймачів оптичного випромінювання. Класифікація приймачів оптичного випромінювання. Одноелементні, координатно-чутливі та матричні приймачі випромінювання. Принцип дії, конструктивні особливості, технічні характеристики, застосування в системах технічного зору. Література [1,2,3] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,3]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
5	<i>Лекція 5. Структура та якість оптичного зображення. Узгодження зображення оптичної системи з параметрами приймача випромінювання.</i> Діаграма плям розсіювання випромінювання. Розмір зображення оптичної системи. Розподіл опроміненості на чутливій площадці приймача оптичного випромінювання. Функція розсіювання точки. Оптична передавальна функція. Модуляційна передавальна функція. Контраст зображення. Роздільна здатність ОС. Функція концентрації енергії. Література [1,2] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
6	<i>Лекція 6. Волоконно-оптичні датчики та оптичні модулі для систем машинного зору.</i> Волоконно-оптичні датчики: принцип дії, конструктивні особливості, технічні характеристики, області застосування. Особливості застосування оптичних модулів для систем технічного зору роботів. Література [1,3,4]. Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,4]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
7	<i>Контрольна робота №1 за матеріалами першої половини лекційного курсу.</i>
8	<i>Лекція 7. 3D-камери та технології глибокого зондування.</i> Основні принципи роботи та типи 3D-камер: стерео зображення, лазерне сканування, структуроване світло,ToF-камери. Принципи роботи технології глибокого зондування. Застосування 3D-камер та технологій глибокого зондування в системах технічного зору роботів. Література [3,5] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [3,5,8]. Дидактичні засоби: електронна презентація.

9	<i>Лекція 8. Системи технічного зору на основі промислових та смарт-камер.</i> Статичні та динамічні камери. Камери з високою роздільною здатністю та їх застосування. Інфрачервоні та термальні камери. Використання промислових камер у системах технічного зору. Визначення та ключові характеристики смарт-камер. Література [7,8,9] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [7,9]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
10	<i>Лекція 9. Технології штучного інтелекту в системах машинного зору.</i> Основні технології ШІ, що застосовуються у системах машинного зору. Багатошарові нейронні мережі (CNN). Обробка природної мови (NLP). Алгоритми машинного навчання та глибокого навчання. Застосування штучного інтелекту в системах машинного зору: виявлення об'єктів, сегментація зображень, аналіз поведінки та сценаріїв, автомобільні технології. Література [8,9] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [8,9]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
11	<i>Лекція 10. Оптичні та оглядово-порівняльні методи навігації.</i> Класифікація методів навігації. Оптичні методи навігації. Принципи роботи оглядово-порівняльних методів навігації. Порівняння поточних даних із еталонними значеннями. Використання географічних та картографічних даних. Методи порівняння зображень для визначення положення. Література [7,8] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [7,8]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
12	<i>Лекція 11. Цифрова обробка зображень та відеоданих в системах технічного зору.</i> Методи формування, фільтрації та відновлення зображень: фільтрація зображень у просторовій області, морфологічна обробка зображень. Методи розпізнавання зображень та побудови моделей об'єктів: геометричні перетворення та прив'язка зображень, розпізнавання образів, цифрова фотограмметрія, побудова тривимірних моделей об'єктів. Література [6,7,8] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [7,8]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
13	<i>Лекція 12. Інтеграція системи технічного зору в робототехнічний комплекс.</i> Типи робототехнічних комплексів: промислові роботи, мобільні роботи, сервісні роботи. Основні компоненти робототехнічних комплексів: механічні частини, системи керування, датчики. Переваги інтеграції систем технічного зору в робототехнічні комплекси. Людино-машинний інтерфейс. Література [6,7] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [6,7]. Дидактичні засоби: електронна презентація.
14	<i>Контрольна робота №2 за матеріалами другої половини лекційного курсу.</i>

Мета проведення практичних занять – розвиток у студентів самостійності у застосуванні одержаних теоретичних знань на практиці.

Основні завдання циклу практичних занять: засвоїти основні можливості та набути практичних навичок роботи з САПР Zemax для проєктування, синтезу та оптимізації оптичних

систем, що використовуються для реалізації технічного зору роботів; опанувати основи проектування систем машинного зору з використанням САПР SolidWorks.

№ з/п	Тематика практичних занять
1	Основи роботи та інтерфейс САПР Zemax. Моделювання лінз [1, 2].
2	Моделювання та аналіз основних параметрів діоптричної оптичної системи [1, 2].
3	Оптична системи з одноелементним оптичним датчиком [1, 2, 3].
4	Оптична система видимого спектрального діапазону з матричним приймачем випромінювання [2, 3].
5	Тепловізійна оптична система з матричним приймачем випромінювання [2, 3].
6	Контрольна робота №1 за матеріалами першої частини практичного курсу.
7	Синтез і глобальна оптимізація характеристик оптичної системи [1, 2].
8	Багатоканальна мультиспектральна оптична система [1, 2, 3].
9	Проектування 3D-камери для технічного зору роботів [1, 2, 4].
10	Система машинного зору робота-маніпулятора в CAD SolidWorks [1, 2, 6, 10].
11	Контрольна робота №2 за матеріалами другої частини практичного курсу.

6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 66 годин самостійної роботи студентів, з яких 6 годин – на підготовку до заліку і 60 годин на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, самостійний розв’язок додаткових задач та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу та на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає:

- закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни;
- здобуття навичок самостійного вивчення 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 аналогічній), посилання надається старостам груп 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 практичних завдань:**
 - захист практичних робіт проходить під час проведення практичного заняття, а у випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom (кожен отримує індивідуальні запитання для усної відповіді);
 - 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 практичних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у межах трьох занять після проведення практичної 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 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 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)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи
	кредити	акад. год.	Лекц.	Практичн.	СРС	Семестрова атестація
8	4	120	27	27	66	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1. чотири контрольні роботи (80 балів);
2. модульну контрольну роботу (20 балів).

Система рейтингових балів

1) **Контрольні роботи** (ваговий бал за кожен – 20 балів). Дві контрольні роботи мають теоретичний характер, дві – практичний. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює $4 \times 20 = 80$ балів.

Критерії оцінювання для контрольних робіт:

- a. творче розкриття завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- b. глибоке розкриття завдання (не менше 75% потрібної інформації), незначні неточності або неповні відповіді – 15-17 балів;
- c. достатнє розкриття завдання (не менше 60% потрібної інформації) або часткова наявність помилкової інформації – 12-14 балів;
- d. відповідь не розкриває завдання або містить помилкову інформацію – 0 балів.

2) **Модульна контрольна робота** (максимум 20 балів за МКР).

Критерії оцінювання для МКР:

- a. творче розкриття завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- b. глибоке розкриття завдання (не менше 75% потрібної інформації), незначні неточності або неповні відповіді – 15-17 балів;
- c. достатнє розкриття завдання (не менше 60% потрібної інформації) або часткова наявність помилкової інформації – 12-14 балів;
- d. відповідь не розкриває завдання або містить помилкову інформацію – 0 балів.

Максимальна сума рейтингових балів студента за семестр становить 100 балів. Додаткові заохочувальні бали: за активність на лекційних заняттях надається від 1 до 5 заохочувальних балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 4 \times 20 + 20 \times 1 = 100 \text{ балів.}$$

Умови позитивного календарного контролю (атестації)

Для отримання «атестовано» з першого календарного контролю (першої атестації) студент повинен мати не менше ніж 10 балів та виконання всіх завдань практичних робіт (на час атестації). Умовою другого календарного контролю – отримання не менше 30 балів, виконання всіх завдань практичних робіт (на час атестації) та складання першої теоретичної контрольної роботи.

Умови допуску до заліку

Необхідною умовою допуску до заліку (або залікової контрольної роботи) є зарахування всіх контрольних робіт з курсу дисципліни.

Критерії залікового оцінювання

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 або співбесіди.

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, попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Залікова контрольна робота складається з 5 завдань, кожне з яких оцінюється в 20 балів. Максимальна кількість балів, яку можна отримати за всі завдання: $20 \text{ балів} \times 5 = 100 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання кожного окремого завдання:

18-20 балів – повна відповідь з поясненням;

15-17 балів – повна відповідь без пояснень, незначні неточності;

12-14 балів – відповідь неповна, суттєві неточності;

0 балів – відповідь відсутня або невірна.

Сума семестрових рейтингових балів і балів за залікову контрольну роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У рамках опанування дисципліни «Основи оптики та систем технічного зору роботів» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням з викладачем).

Силабус:

Складено к.т.н., доц. Муравйов Олександр Володимирович

Ухвалено кафедрою автоматизації та систем неруйнівного контролю (протокол №20 від 17.06.25 р.).

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол №7 від 25.06.25 р.).