



АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОПТИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Силабус

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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>За вибором студента</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік (усний) / МКР, поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Муравйов Олександр Володимирович stals98@ukr.net Практичні: к.т.н., доцент Муравйов Олександр Володимирович</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=4353 доступ надається лектором</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Автоматизація проектування елементів оптичних приладів» присвячена вивченню фундаментальних основ геометричної оптики, проектуванню елементів оптичних та оптико-електронних приладів і систем та їх автоматизації.

Знання, які отримують студенти при вивченні дисципліни, можуть використовуватися у подальшому при розрахунках та проектуванні приладів та систем, що містять оптичні компоненти та вузли, їх автоматизації, а також при підготовці до виконання дипломного проекту.

Предмет навчальної дисципліни: основи геометричної оптики.

Метою навчальної дисципліни «Автоматизація проектування елементів оптичних приладів» є формування у студентів **компетентностей**:

- ФК 2. Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях.

- ФК 4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.
- ФК 9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

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

- ПРН 2. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації.
- 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.
- ПРН 12. Вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів комп'ютерної графіки.
- ПРН 17. Вміти використовувати засоби комп'ютерного проектування для розрахунку, проектування та конструювання, у відповідності з технічним завданням, типових систем, приладів, деталей та вузлів на схемотехнічному та елементному рівнях.

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

Дисципліна «Автоматизація проектування елементів оптичних приладів»: 1) базується на знаннях, здобутих студентами при вивченні дисципліни фізика; 2) може бути використана під час виконання дипломного проекту.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційний курс дисципліна «Автоматизація проектування елементів оптичних приладів» складається з 12 тем.

Перелік тем курсу “Автоматизація проектування елементів оптичних приладів”

- Тема 1. Вступ. Сучасні оптичні та оптико-електронні прилади: класифікація, конструктивні елементи та сфери застосування.
- Тема 2. Основи геометричної оптики. Основні закони геометричної оптики.
- Тема 3. Елементи оптичних систем. Оптичні матеріали та їх характеристики.
- Тема 4. Предмет і зображення в ОС. Правило знаків. Теорія ідеальних оптичних систем.
- Тема 5. Формула Ньютона. Формула Гауса. Інваріант Лагранжа-Гельмгольца. Нульові промені.
- Тема 6. Оптична система ока. Дефекти оптичної системи ока та їх корекція.
- Тема 7. Реальні оптичні системи. Обмеження пучків променів.
- Тема 8. Аберації оптичних систем.
- Тема 9. Структура та якість оптичного зображення.
- Тема 10. Приймачі оптичного випромінювання.
- Тема 11. Телескопічна система.
- Тема 12. Система мікроскопа.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Чиж І. Г. Теорія оптичних систем. Підручник [Електронний ресурс] : підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. Г. Чиж ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 22,3 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 426 с.
2. Кучеренко О. К. Розрахунок і конструювання оптичних приладів. Частина 2. «Габаритні розрахунки і конструювання оптичних вузлів і приладів» [Електронний ресурс] : 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 ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,15 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 194 с.
3. Автоматизація проектування елементів оптичних приладів. Практикум [Електронний ресурс] : 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.

Допоміжна

4. Shannon R. The Art and science of optical design / R. Shannon. – Cambridge University Press. – 1997. – 609 p.
5. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання. Книга друга [Електронний ресурс] : 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. Weber M. J. Handbook of Optical Materials / M. J. Weber. – CRC PRESS. – 2003. – 499 p.
7. Fischer R. E. Optical system design / R. E. Fischer, B. Tadic-Galeb, P. R. Yoder // SPIE PRESS BOOK. – 2008. – 624 p.

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 геометричної оптики і є базовим для більш детального та конкретного знайомства з розробкою та проектуванням оптичних та оптико-електронних приладів і систем та їх автоматизації.

з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<i>Лекція 1. Вступ. Сучасні оптичні та оптико-електронні прилади: класифікація, конструктивні елементи та сфери застосування.</i> Класифікація оптичних приладів. Оптична система типового бінокля. Оптико-електронні прилади: класифікація та сфери застосування. Конструктивні елементи типового тепловізора та сфери його застосування. Література [1,2,3] Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3]. Дидактичні засоби: електронна презентація

2	<p><i>Лекція 2. Основи геометричної оптики. Основні закони геометричної оптики.</i> Основні елементи та поняття геометричної оптики. Корпускулярно-хвильова теорія світла. Оптичне випромінювання. Основні фотометричні величини. Оптичні явища на межі двох середовищ. Закони геометричної оптики. Поняття ти види показника заломлення. Явище повного внутрішнього відбиття.</p> <p>Література [1, 3, 7].</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація</p>
3	<p><i>Лекція 3. Елементи оптичних систем. Оптичні матеріали та їх характеристики.</i> Поняття та властивості оптичного матеріалу. Оптична поверхня. Основні характеристики оптичних матеріалів. Класифікація та особливості оптичних матеріалів. Оптична система та її функціональні елементи. Лінза та її різновиди. Типи пучків променів. Меридіональна і сагітальна площини. Типи поверхонь лінз. Діафрагма.</p> <p>Література [1,2,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3].</p> <p>Дидактичні засоби: : електронна презентація</p>
4	<p><i>Лекція 4. Предмет і зображення в ОС. Правило знаків. Теорія ідеальних оптичних систем.</i> Окремі випадки положення предметів та зображень. Види збільшення в ОС. Правило знаків та нумерація поверхонь. Оптика параксіальних променів. Кардинальні елементи ОС. Оптична сила. Побудова зображення та ходу променя в ідеальній ОС.</p> <p>Література [1,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація</p>
5	<p><i>Лекція 5. Формула Ньютона. Формула Гауса. Інваріант Лагранжа-Гельмгольца. Нульові промені.</i> Залежність між положенням і розміром предмета та зображення. Формули Ньютона, Гауса та інваріант Лагранжа-Гельмгольца. Поняття та основні математичні співвідношення нульових променів. Алгоритм розрахунку проходження нульового променя через ОС.</p> <p>Література [1,2,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація</p>
6	<p><i>Лекція 6. Оптична система ока. Дефекти оптичної системи ока та їх корекція.</i> Будова ока. Основні властивості ока. Оптична система ока та її параметри. Акомодація. Адаптація. Світлова, контрастна та спектральна чутливості. Роздільна здатність. Недоліки ока та їх корекція.</p> <p>Література [1,3].</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація</p>
7	<p><i>Контрольна робота №1 за матеріалами першої половини лекційного курсу.</i></p>
8	<p><i>Лекція 7. Реальні оптичні системи. Обмеження пучків променів.</i> Відмінності реальної ОС від ідеальної. Причини непроходження променів через ОС. Апертурна діафрагма. Зіниці ОС. Позаосьовий пучок променів. Польова діафрагма. Вільєтування. Вільєтуюча діафрагма.</p> <p>Література [1,2,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація.</p>

9	<p><i>Лекція 8. Аберації оптичних систем.</i> Точка аналізу аберацій. Поперечні аберації. Зіничні канонічні координати. Хвильові аберації. Поздовжні аберації. Монохроматичні та хроматичні аберації зображення та їх види.</p> <p>Література [1,2,3,6]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [2,3,6].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація.</p>
10	<p><i>Лекція 9. Структура та якість оптичного зображення.</i> Умова ізопланатизму. Функція розсіювання точки. Оптична передавальна функція. Модуляційна передавальна функція. Контраст зображення. Роздільна здатність ОС. Функція концентрації енергії.</p> <p>Література [1,2,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація.</p>
11	<p><i>Лекція 10. Приймачі оптичного випромінювання.</i> Поняття та функції приймачів випромінювання. Класифікація приймачів оптичного випромінювання. Теплові ПВ. Фотоелектричні ПВ. Основні параметри ПВ.</p> <p>Література [1,2,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація.</p>
12	<p><i>Лекція 11. Телескопічна система.</i> Компоненти телескопічних систем. Видиме збільшення ТС. Поле зору ТС. Кутова межа розділення. Корисне видиме збільшення ТС. Схеми побудови ТС та їх особливості. Обертаючі системи зорових труб.</p> <p>Література [1,2,3]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [1,2,3].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація.</p>
13	<p><i>Лекція 12. Система мікроскопа.</i> Компоненти оптичної системи мікроскопа. Збільшення мікроскопа. Поле зору мікроскопа. Роздільна здатність мікроскопа. Методи спостереження.</p> <p>Література [1,2,3,7]</p> <p>Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу та літературних посилань [2,3,5].</p> <p>Дидактичні засоби: електронна презентація.</p>
14	<p><i>Контрольна робота №2 за матеріалами другої половини лекційного курсу.</i></p>

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 та оптимізації оптичних систем та їх компонентів.

№ з/п	Тематика практичних занять
Розділ 1. Моделювання оптичних систем.	
1	Основи роботи з інтерфейсом середовища Zemax. Моделювання лінз [3].
2	Моделювання діоптричних (лінзових) систем. Моделювання діафрагм і форми оптичних компонентів [2, 3].
3	Моделювання дзеркал і катоптричних (дзеркальних) систем [2, 3].
4	Аналіз впливу різних факторів на характеристики оптичних систем. Моделювання матеріалу оправки оптичних компонентів [3, 4].

Розділ 2. Синтез та проектування оптичних систем.	
5	Оптичні системи, що фокусують світловий потік. Розмір зображення оптичної системи [2, 3].
6	Оптичні системи, що будують зображення. Характеристики якості зображення оптичної системи [1, 3].
7	Синтез і глобальна оптимізація характеристик оптичної системи [3].
8	Синтез телескопічної системи Кеплера. Аналіз якості зображення телескопічної системи [1, 3, 4].

6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 66 годин самостійної роботи студентів, з яких 30 годин - на підготовку до заліку і 36 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 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 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 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)

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 кожну – 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;

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 автоматом (або залікової контрольної роботи) є зарахування всіх контрольних робіт, а також рейтинговий бал RD не менше 40 % від R, тобто 40 балів.

Критерії залікового оцінювання

Якщо $RD \geq 0.6 * R$, тоді студент може отримати залік автоматом відповідно до набраного рейтингу або виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки, за яку може отримати до 21 балів;

Якщо $0.4 * R \leq RD < 0.6 * R$, тоді студент зобов'язаний писати залікову контрольну роботу, за яку може отримати до 21 балів.

Залікова контрольна робота складається з 3 завдань, кожне з яких оцінюється в 7 балів. Максимальна кількість балів, яку можна отримати за всі завдання - $7 \times 3 = 21$ бал.

Критерії оцінювання кожного окремого завдання:

7 балів – повна відповідь з поясненням;

5-6 балів – повна відповідь без пояснень, незначні неточності;

4 бали – відповідь неповна, суттєві неточності;

0 балів – відповідь відсутня або невірна.

Сума стартових балів і балів за залікову роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Бали	Залікова оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У рамках опанування дисципліни «Автоматизація проектування елементів оптичних приладів» 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 №16 від 30.05.2024 р.).

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