



# АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

## 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 оптико-електронні системи та технології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (дистанційна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кр. (120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік /модульна контрольна робота, поточний контроль
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, доцент Микитенко Володимир Іванович, <a href="mailto:v.mykytenko@kpi.ua">v.mykytenko@kpi.ua</a>
Розміщення курсу	<a href="https://ecampus.kpi.ua">https://ecampus.kpi.ua</a> <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2783">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2783</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Автоматизація оптичних вимірювань» призначена для забезпечення підготовки студентів з методів експериментального визначення параметрів оптичних деталей та приладів, які є необхідними для розробки нових та вдосконалення існуючих засобів і технологій автоматизації та приладобудування.

Метою дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

ФК 5. Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування;

а також формування здатностей:

- аналізувати фізичну сутність явищ та процесів, що мають місце у фотоніці та оптикоінформатиці.
- використовувати набуті знання для обґрунтованого вибору засобів вимірювань, шляхів автоматизації, оцінювання метрологічних характеристик різноманітних об'єктів.

Основні завдання дисципліни.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ПРН 7. Вміти застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних технологічних параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

ПРН 8. Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування;

а також:

- Вміти обґрунтовано обирати технічні засоби для вимірювання та контролю параметрів технологічних, фізичних процесів, різних деталей і матеріалів, користуватись типовими засобами оптичних вимірювань.
- Вміти застосовувати отримані знання під час проектування оптико-електронних систем; розрахунку їх енергетичних характеристик і параметрів.

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

Для успішного засвоєння дисципліни необхідні базові знання з вищої математики, фізики. У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Основи теорії вимірювання та метрологічна обробка результатів**

Тема 1.1. Класифікація оптичних вимірювань

Оптичні методи вимірювань. Прямі, непрямі та сукупні методи вимірювань. Метод безпосередньої оцінки та диференційний метод оцінки фізичної величини. Засоби вимірювань. Еталони. Зразкові і робочі засоби вимірювань.

Тема 1.2. Похибки оптичних вимірювань

Похибка вимірювань та її складові. Джерела похибок в оптичних вимірюваннях. Способи обробки результатів вимірювань.

Тема 1.3. Око як елемент вимірювального пристрою. Метрологічні характеристики зору

Метрологічні характеристики зору. Просторова, енергетично, спектральна та часова чутливість зорового сенсора.

### **Розділ 2. Геометричні вимірювання**

Тема 2.1. Абсолютні та відносні вимірювання лінійних розмірів

Принципи визначення лінійних величин оптичними методами. Робота із оптичними, сферометрами, оптичними мікрометрами. Інтерферометричні методи.

Тема 2.2. Методи та засоби кутових вимірювань

Принципи визначення кутових величин оптичними методами. Гоніометричні вимірювання.

Тема 2.3. Мікроскопічні вимірювання

Будова та основні характеристики вимірювального мікроскопу. Відлікові системи вимірювальних мікроскопів. Оптичні компенсатори.

Тема 2.4. Вимірювання з допомогою зорових труб

Основні типи й характеристики зорової труби. Особливості вимірювальних зорових труб.

### **Розділ 3. Хвильові вимірювання**

Тема 3.1. Інтерференційні вимірювання

Вимірювання довжин, лінійних та кутових переміщень, висоти мікронерівностей, контроль форми поверхонь. Вимірювання показника заломлення, параметрів оптичних покриттів, хвильових аберацій.

Тема 3.2. Рефрактометричні вимірювання

Теоретичні основи рефрактомерії. Вимірювання абсолютних показників заломлення. Метод системи призм. Вимірювання відносних показників заломлення. Методи граничного кута. Імерсійні методи.

Тема 3.3. Поляризаційні вимірювання

Методи формування і властивості поляризованого випромінювання. Аналіз обертання площини поляризації. Вимірювання концентрації розчинів. Аналіз подвійного променезаломлення. Поляризаційна мікроскопія.

Тема 3.4. Дифракційні вимірювання

Контроль увігнутих сферичних поверхонь по дифракційному зображенню точки. Дослідження якості оптичних систем дифракційними методами.

#### **Розділ 4. Оптична радіометрія**

Тема 4.1. Фотометричні вимірювання

Фотометричні величини і одиниці їх вимірювання. Основні фотометричні співвідношення. Фотометричні характеристики середовищ і поверхонь. Методи візуальної фотометрії. Візуальні фотометри і їхні елементи. Прилади з одним оптичним каналом. Прилади із двома оптичними каналами. Вимірювання основних фотометричних величин. Вимірювання коефіцієнтів відбиття, пропускання, поглинання, розсіювання. Вимірювання концентрації й складу речовини. Вимірювання характеристик лазерного випромінювання.

Тема 4.2. Спектральні вимірювання

Структурна схема й основні характеристики спектрального приладу. Диспергуючі елементи і монохроматори. Джерела випромінювання для спектральних вимірювань. Освітлювальні системи. Методи та засоби прийому та обробки спектральної інформації.

Тема 4.3. Пірометричні вимірювання

Закони теплового випромінювання. Еквівалентні температури. Радіаційні пірометри. Яскравісні пірометри. Колірні пірометри.

Тема 4.4. Колориметричні вимірювання

Закони теплового випромінювання. Еквівалентні температури. Радіаційні пірометри. Яскравісні пірометри. Колірні пірометри.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### *Базова література*

1. Міхеєнко Л.А., Мамута М.С. Оптичні вимірювання: Навчальний посібник – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 190с.
2. Розроблення та контроль автоматизованих оптико-електронних систем дистанційного зондування Землі / В.Г. Колобродов, І.В. Кравченко, В.І. Микитенко. – Київ: Інтерсервіс, 2021. – 170 с.
3. Микитенко В.І. Оптичні вимірювання параметрів деталей і оптичних систем. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 87с.

##### *Допоміжна література*

4. Афанасьєва О.В. Курський Ю.С., Одаренко Є.М. Оптичні вимірювання: навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2021. Ч.1 – 180 с.
5. Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Клочко Т.Р. Оптичні вимірювання у механічній обробці деталей [Текст]: Монографія. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. - 332 с., іл.
6. Калінчак, В. В. Методичні вказівки "Оптичні методи вимірювання температур" до спецкурсів "Теплопередача", "Газодинаміка горіння" та спецпрактикуму "Високотемпературні процеси в дисперсних системах" / В. В. Калінчак, С. Г. Орловська, Ф. Ф. Карімова; ОНУ ім. І.І. Мечникова, Фіз. ф-т, Каф. теплофізики. – Одеса, 2012. – 25 с.

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

Основні форми навчання - лекції, лабораторні роботи, індивідуальні завдання, самостійна робота студентів.

### Лекційні заняття

1. Основи оптичних вимірювань. Похибки вимірювань. Око як елемент вимірювального пристрою.
2. Мікроскопічні вимірювання.
3. Вимірювання з допомогою зорових труб.
4. Основні типи вимірювальних інтерферометрів. Інтерференційні вимірювання.
5. Рефрактометричні вимірювання.
6. Поляризаційні вимірювання.
7. Дифракційні вимірювання.
8. Фотометричні вимірювання. Пірометричні вимірювання.
9. Техніка спектрального аналізу.

### Лабораторні роботи

1. Застосування мікроскопів у вимірюваннях параметрів оптичних систем.
2. Вимірювання характеристик мікроскопів.
3. Геометричні вимірювання з допомогою зорових труб.
4. Вимірювання характеристик зорових труб.
5. Геометричні вимірювання з допомогою оптиметра.
6. Вимірювання параметрів оптичних поверхонь з допомогою сферометрів.
7. Вимірювання куткових величин гоніометричними методами.
8. Вимірювання коефіцієнтів відбиття, пропускання, поглинання, розсіювання оптичних деталей.
9. Дослідження радіаційного пірометра.

Кожна лабораторна робота розрахована на 2 заняття.

### Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни, а також у поглибленні уявлень про фізичні основи оптичних вимірювань та шляхів їх автоматизації. Модульна контрольна робота передбачає перевірку базових знань щодо методів та засобів визначення геометричних, енергетичних, спектральних, поляризаційних характеристик різних оптичних елементів, приладів та систем.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійне оволодіння теоретичним матеріалом за наданою викладачем методичною літературою. Підготовка до лабораторних робіт з використанням підручників, навчальних посібників, наукових монографій.

На самостійну роботу студентів виділяється 66 годин, з яких 6 годин - на підготовку до заліку і 60 годин – на опрацювання та здавання лабораторних робіт, опрацювання матеріалів лекцій, та навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
  - пропуск заняття у разі хвороби має бути підтверджено медичною довідкою;
  - при навчанні в дистанційному режимі: Zoom-конференція за посиланням викладача;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
  - захист проходить на лабораторній роботі;
  - до захисту допускаються студенти з виконаною лабораторною роботою та заповненим протоколом;
  - захист полягає у співбесіді за теоретичними питаннями та практично отриманими результатами роботи відповідно до протоколу;
  - студент надсилає оформлений протокол виконаної лабораторної роботи на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
  - в окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - штрафні бали призначаються за пропуск лекційного заняття без поважної причини;
  - 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 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 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**



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 (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	9	8	72
2	Виконання та захист модульної контрольної роботи (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	1	28	28
Усього:				100

Лабораторна робота оцінюється у 8 балів:

- повне та вчасне виконання роботи без помилок, правильна інтерпретація отриманих результатів (не менше 95% потрібної інформації) – 8 балів;
- повне та вчасне виконання роботи з незначними помилками, задовільна інтерпретація отриманих результатів (не менше 75% потрібної інформації) – 6 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи, достатня інтерпретація отриманих результатів (не менше 60% потрібної інформації) – 4 бали;
- робота не виконана, або не захищена – 0 балів.

Модульна контрольна робота містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюється в 14 балів (в сумі 28 балів):

- повне виконання завдання без помилок (не менше 90% потрібної інформації) – 28 балів;
- повне виконання завдання з незначними помилками (не менше 80% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- невиконання завдання – 0 балів.

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

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тижень) студент має отримати не менш ніж 19 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 32 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тижень) студент має отримати не менш 33 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 56 балів).

Семестровий контроль: залік

Умовою допуску до семестрового контролю: виконання та захист усіх лабораторних робіт; оцінка з модульної контрольної роботи не менше 17 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.

Залікова контрольна робота складається з двох запитань теоретичного характеру. У цілому студент може підвищити оцінку не більше, ніж на 20 балів, система оцінювання кожного з теоретичних питань:

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 10 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 9-8 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7-6 балів;
- відповідь відсутня/незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) – 0 балів.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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, що виносяться на залік:**

1. Класифікація оптичних вимірювань
2. Прямі, непрямі та сукупні методи вимірювань
3. Метод безпосередньої оцінки та диференціальний метод оцінки фізичної величини
4. Засоби вимірювань. Еталони. Зразкові і робочі засоби вимірювань
5. Похибка вимірювань та її складові.
6. Джерела похибок в оптичних вимірюваннях.
7. Способи обробки результатів вимірювань.
8. Вимірювальний мікроскоп.
9. Основні характеристики вимірювального мікроскопу.
10. Відлікові системи вимірювальних мікроскопів
11. Оптичні компенсатори
12. Тіньові та проєкційні методи вимірювань
13. Вимірювальні зорові труби
14. Основні характеристики зорової труби.
15. Автоколіматори, принцип їх роботи
16. Гоніометри
17. Типи окулярів автоколіматорів
18. Тіньові та проєкційні методи вимірювань
19. Інтерферометр Фізо
20. Способи ділення світлової хвилі в інтерференційних вимірюваннях
21. Інтерферометр Цендера-Маха
22. Інтерференція когерентних хвиль
23. Інтерферометр Майкельсона
24. Інтерферометричний контроль асферичних поверхонь
25. Принципи рефрактометричних вимірювань.
26. Принципи дифраційних вимірювань
27. Принципи поляризаційних вимірювань

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

*Складено професором кафедри КІОНС, д.т.н., доцентом Микитенком В. І..*

*Ухвалено кафедрою КІОНС (протокол № 14 від 06.07.2022 р.)*

*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.