



# Фотоприймальні елементи та пристрої

## 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	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 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: к.т.н., доцент Сокурєнко Вячеслав Михайлович, <a href="mailto:sokurenko2@meta.ua">sokurenko2@meta.ua</a> , 093-734-85-83 Практичні: к.т.н., доцент Сокурєнко Вячеслав Михайлович, <a href="mailto:sokurenko2@meta.ua">sokurenko2@meta.ua</a> , 093-734-85-83
Розміщення курсу	Кампус, <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=6104">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=6104</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Фотоприймальні елементи та пристрої» призначена для ознайомлення студентів з основними принципами побудови та функціонування оптико-електронних приладів (ОЕП) різноманітного призначення.

Метою дисципліни є поглиблення у студентів здатностей:

ФК 12. Здатність проектувати та конструювати елементи приладів і пристроїв автоматизованих систем, порядок їх монтажу, складання, випробування та контролю.

а також формування:

- здатності складати структурні та функціональні схеми ОЕП;
- здатності оцінювати основні технічні параметри та характеристики приладів;
- здатності розробляти конструкції як окремих вузлів, так і приладів в цілому;
- здатності користуватися спеціальною технічною літературою та прикладними програмами тощо.

Основні завдання дисципліни

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ПРН 16 Вміти розраховувати, розробляти конструкцію та проектувати елементи й механічні вузли приладів і пристроїв автоматизованих систем;

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;

а також:

**знання:**

- принципів дії, будови та функціонування сучасних ОЕП різного призначення середнього рівня складності;

**уміння:**

- уміння застосовувати спеціальні знання з математики при розв'язанні професійних задач;
- уміння забезпечити всебічність отримання інформації в процесі професійно-профільованої діяльності;
- уміння здійснювати обґрунтування функціональних схем ОЕП різного призначення;

**досвід:**

- роботи з інформацією та аналізу джерел;
- застосування набутих знань в процесі розв'язання професійних задач з проектування та розробки різноманітних ОЕП.

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

Дисципліна базується, переважно, на таких дисциплінах, як: «Вища математика», «Фізика» та «Електроніка». У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах та при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Класифікація, параметри та характеристики приймачів випромінювання (ПВ).**

- Тема 1.1. Класифікація та стисла характеристика ПВ.
- Тема 1.2. Параметри ПВ.
- Тема 1.3. Характеристики ПВ.
- Тема 1.4. Паспортизація ПВ.
- Тема 1.5. Перерахунок параметрів ПВ.

### **Розділ 2. Приймачі випромінювання на основі зовнішнього фотоефекту.**

- Тема 2.1. Принцип роботи ПВ на основі зовнішнього фотоефекту.
- Тема 2.2. Електровакуумні фотоелементи.
- Тема 2.3. Фотоелектронні помножувачі.
- Тема 2.4. Відикони.
- Тема 2.5. Дисектори.
- Тема 2.6. Електронно-оптичні перетворювачі.

### **Розділ 3. Приймачі випромінювання на основі внутрішнього фотоефекту.**

- Тема 3.1. Принцип дії ПВ на основі внутрішнього фотоефекту.
- Тема 3.2. Фоторезистори.
- Тема 3.3. Фотодіоди.
- Тема 3.4. Фототранзистори.
- Тема 3.5. Спеціальні ПВ на основі внутрішнього фотоефекту.

### **Розділ 4. Координатно-чутливі приймачі випромінювання.**

- Тема 4.1. Особливості координатно-чутливих ПВ.
- Тема 4.2. Фотопотенціометри.
- Тема 4.3. Функціональні ФР і ФД.
- Тема 4.4. Інверсійні ФД на основі повздовжнього фотоефекту.
- Тема 4.5. Багатоелементні ПВ на основі ФД і ФР.
- Тема 4.6. ПВ на основі приладів з зарядовим зв'язком.

- Тема 4.7. ПВ на основі приладів з зарядною інжекцією.

#### **Розділ 5. Теплові приймачі випромінювання.**

- Тема 5.1. Особливості теплових ПВ.
- Тема 5.2. Термоелементи.
- Тема 5.3. Болонетри.
- Тема 5.4. Оптико-акустичні ПВ.
- Тема 5.5. Піроелектричні ПВ
- Тема 5.6. Радіаційні калориметри.

#### **Розділ 6. Сканування.**

- Тема 6.1. Призначення та роль сканування.
- Тема 6.2. Способи розкладання поля огляду.
- Тема 6.3. Параметри та характеристики скануючих систем.
- Тема 6.4. Рядкова траєкторія сканування.
- Тема 6.5. Спіральна траєкторія сканування.
- Тема 6.6. Механічні скануючі системи.
- Тема 6.7. Оптико-механічні скануючі системи.
- Тема 6.8. Фотоелектронні скануючі системи.
- Тема 6.9. П'єзоелектричні дефлектори.
- Тема 6.10. Електро- та магнітооптичні дефлектори.
- Тема 6.11. Акустооптичні дефлектори.

#### **Розділ 7. Аналізатори зображення.**

- Тема 7.1. Призначення та класифікація аналізаторів зображення.
- Тема 7.2. Основні параметри та характеристики аналізаторів.
- Тема 7.3. Світлоподільні амплітудні аналізатори.
- Тема 7.4. Амплітудно-фазові аналізатори.
- Тема 7.5. Фазові аналізатори.
- Тема 7.6. Частотні аналізатори.
- Тема 7.7. Часоімпульсні аналізатори.

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

### **Базова література**

1. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2-х кн. / В. О. Чадюк. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 1. – 376 с.
2. Чадюк В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання : навч. посіб. У 2-х кн. / В. О. Чадюк. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 2. – 398 с.
3. Фотоелектроніка та оптоелектронні прилади: навчальний посібник / І.П. Козярьський. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2019. – 136 с.
4. Розрахунок і конструювання оптико-електронних приладів: навч. посібник / А. С. Литвиненко, Г. О. Петченко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 139 с.
5. Осадчук, В.С. Основи наноелектроніки: Навчальний посібник / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 199 с.

### **Додаткова література**

6. Оптоелектроніка. Конспект лекцій для студентів ЗДІА, що навчаються за напрямком «Мікро- та наноелектроніка» денної та заочної форм навчання. Укл.: Л. Б. Дмитрієва, В.С. Дмитрієв. – Запоріжжя, 2013. – 51 с.
7. Техніка спектроскопії : навчальний посібник / Укл.: І. В. Солтис. – Чернівці : ЧНУ, 2022. – 132 с.

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

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

### **Лекційні заняття:**

1. Загальні та попередні відомості про приймачів випромінювання (ПВ). Визначення ПВ.
2. Основні параметри ПВ.
3. Основні характеристики ПВ.
4. Паспортизація та перерахунок параметрів ПВ.
5. Зовнішній фотоефект. Електривакуумні фотоелементи.
6. Фотоелектронні помножувачі.
7. Відикони і дисектори.
8. Електронно-оптичні перетворювачі.
9. Внутрішній фотоефект у напівпровідниках.
10. Основні параметри і характеристики фоторезисторів (ФР). Схеми включення ФР. Охолодження ФР.
11. Принцип дії та режими роботи фотодіодів (ФД).
12. Основні параметри і характеристики ФД. Швидкодіючі ФД.
13. Фототранзистори (ФТ). Спеціальні ПВ на основі внутрішнього фотоефекту.
14. Базові відомості про координатно-чутливі ПВ. Фотопотенціометри. Функціональні ФР і ФД.
15. Інверсійні ФР, що працюють на основі поздовжнього фотоефекту. Багатоелементні ПВ на основі ФР і ФД.
16. Фотоприймачі на основі приладів з зарядовим зв'язком.
17. ПВ на основі приладів з зарядовою інжекцією.
18. Загальні відомості про теплові ПВ. Термоелементи.
19. Болонметри та інші типи теплових ПВ.
20. Призначення та роль сканування. Способи розкладу поля огляду.
21. Параметри і характеристики систем сканування. Траєкторії сканування.
22. Механічні системи сканування.
23. Оптико-механічні системи сканування. Внутрішнє сканування приймачів.
24. П'єзоелектричні, електро-, магніто- та акустооптичні дефлектори.
25. Призначення та класифікація аналізаторів зображення. Світлоподільні амплітудні аналізатори.
26. Амплітудно-фазові та фазові аналізатори зображення.
27. Частотні та часово-імпульсні аналізатори зображення.

### **Практичні заняття:**

1. Основні фотометричні величини, фотометричні співвідношення і закони.
2. Інтегральна чутливість ПВ. Загальна методика перерахунку чутливості від еталонних джерел випромінювання до реальних.
3. Розрахунок шумів ПВ. Розрахунок порогових параметрів ПВ.
4. Розрахунок фотоприймальних пристроїв з фотоелементами і фотоелектронними помножувачами.
5. Розрахунок фотоелектричних ланцюгів з фоторезисторами та фотодіодами.

6. Розрахунок схеми узгодження фотодіоду з операційним підсилювачем.
7. Розрахунок сигналів фотоприймачів з зарядовим зв'язком.
8. Розрахунок теплових приймачів.
9. Модульна контрольна робота.

#### **Індивідуальні завдання:**

Індивідуальні завдання передбачають розв'язання практичних завдань для закріплення теоретичного матеріалу та підготовки до практичних занять.

На модульну контрольну роботу виносяться чотири теоретичні питання, з них два питання з розділів 1-3 (основні параметри ПВ, характеристики ПВ, фотоелементи, фотоелектронні помножувачі, електронно-оптичні перетворювачі, фоторезистори, фотодіоди), та два питання з розділів 4-6 (фотопотенціометри, багатоелементні ПВ «миттєвої» дії, ПВ на основі приладів з зарядовим зв'язком, термоелементи, болометри, основні типи систем сканування, акустооптичні дефлектори, основні різновиди аналізаторів зображення).

#### **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

Самостійна робота студентів призначена для закріплення та поглиблення знань за матеріалами курсу. Самостійна робота студентів передбачає самостійне вивчення окремих питань за рекомендованими навчально-методичними матеріалами, розв'язання практичних задач, підготовку до написання модульної контрольної роботи, призначеної для перевірки отриманих базових знань за лекційним матеріалом.

На самостійну роботу студентів виділяється 48 годин, з яких 6 годин - на підготовку до заліку і 42 годин - на опрацювання матеріалів лекцій, практичних занять та навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.

### **Політика та контроль**

#### **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 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, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні), під час опитування відповідає на запитання викладача;
- **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 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 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 контролю 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	Опитування на практичних заняттях	4	5	20
2	Виконання модульної контрольної роботи	1	80	80
			Усього:	100

#### **Система оцінювання практичного заняття:**

- повне безпомилкове розв'язування завдання – 5 балів;
- повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями (вірно виконано не менше 75% завдання) – 4 бали;
- завдання виконане з певними недоліками (вірно виконано не менше 60% завдання) – 3 бали;
- завдання не виконано/ вірно виконано менше 60% завдання – 0 балів.

**МКР містить 4 теоретичних питання, відповідь на кожне питання оцінюється в 20 балів:**

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 19-20 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 15-18 балів;

- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 12-14 балів;
- відповідь відсутня/ незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) – 0 балів.

**Умови позитивної проміжної атестації:**

Календарний контроль: проводиться як моніторинг поточного стану виконання вимог програми.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 24 бали (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 40 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менше 42 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 70 балів).

Семестровий контроль: залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** позитивна оцінка з модульної контрольної роботи.

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, викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи, яка містить два питання теоретичного характеру. Кожне питання оцінюється в 10 балів. В цілому студент може підвищити оцінку не більше, ніж на 20 балів.

**Система оцінювання кожного з двох питань залікової контрольної роботи:**

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

Сумарний максимальний рейтинговий бал 100.

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)**

В рамках опанування дисципліни «Фотоприймальні елементи та пристрої» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням з викладачем).

Склав доцент кафедри КІОНС, к.т.н., доцент Сокурєнко Вячеслав Михайлович.

**Ухвалено** кафедрою КІОНС (протокол № 12 від 31.05.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 7/23 від 22.06.2023 р.)