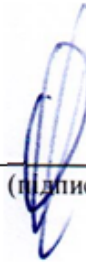


**Міністерство освіти і науки України**  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**Кафедра інтелектуальних вимірювальних систем  
та інженерії якості (№ 303)**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



(підпис)

**О.М. Чугай**

(ініціали та прізвище)

**« 30 » 08 2024 р.**

**СИЛАБУС *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»**

(шифр і назва галузі знань)

**Спеціальність: 153 «Мікро- та наносистемна техніка»**

(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма: «Мікро- та наносистемна техніка»**

(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

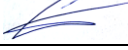
**Харків 2024 рік**

Розробник: Заболотний В.А., доцент, к. т. н., доцент  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


  
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри  
Інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості (№ 303)  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «21» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри к.т.н.   
(підпис) Віталій Сіроклин  
(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

  
(підпис) Павло БАЛКОВИЙ  
(ім'я та прізвище)

## Загальна інформація про викладача



ПІБ: Заболотний Віталій Анисимович

Посада: доцент кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

- технологія виготовлення засобів вимірювальної техніки;
- технологія виробництва пристроїв авіоніки;
- сучасні технології виробництва систем авіоніки;
- основи стандартизації.

Напрями наукових досліджень: вимірювання вмісту вологи діелектричних речовин.

## 1. Опис навчальної дисципліни

**Форма навчання** – денна

**Семестри, в яких викладається дисципліна** – 7, 8

**Дисципліна - обов'язкова**

**Загальна кількість годин за навчальним планом** - 225 годин /7,5 кредитів ЄКТС, у тому числі аудиторних – 100 год., самостійної роботи здобувачів – 125 год.

**Види занять** – *лекції – 56 год., практичні заняття – 28 год., лабораторні роботи – 16 год.*

**Вид контролю** – *модульний контроль, іспит, іспит*

**Мова викладання** – *українська*

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** ознайомити з використанням сучасних методів проектування технологічних процесів виготовлення деталей, складання та монтажу засобів вимірювальної техніки на сучасній елементній базі.

**Завдання:** навчити основам технологічної підготовки виробництва, сутності процесів виготовлення заготовок, деталей і операцій складання, а також вмінню оцінити технологічність конструкції деталей, складальних одиниць і виробів.

### Компетентності, які набуваються:

ЗК1. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях.

ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК5. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК6. Навички здійснення безпечної діяльності.

ФК5. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при конструюванні модулів, деталей та вузлів засобів вимірювальної техніки та їх обчислювальних компонент і модулів.

ФК6. Здатність виконувати технічні операції при випробуванні, повірці, калібруванні та інших операціях метрологічної діяльності.

ФК24. Здатність використовувати сучасні методи проектування технологічних процесів виготовлення деталей, складання та монтажу засобів вимірювальної техніки на сучасній елементній базі.

### Очікувані результати навчання:

ПРН8. Вміти організувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування.

ПРН9. Розуміти застосовуванні методики та методи аналізу, проектування і дослідження, а також обмежень їх використання.

ПРН12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів.

ПРН15. Знати та розуміти предметну область, її історію та місце в сталому розвитку техніки і технологій, у загальній системі знань про природу і суспільство.

**Пререквізити:** фізика, хімія, математика, загальна електротехніка, матеріалознавство, основи стандартизації.

**Кореквізити:** основи конструювання засобів вимірювальної техніки, електронні пристрої інформаційно-вимірювальної техніки, електронна та мікропроцесорна техніка, цифрові засоби вимірювань.

**Постреквізити:** дипломний проєкт бакалавра.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1.

**Змістовний модуль 1. Загальні основи технології виготовлення засобів вимірювальної техніки.**

##### **Тема 1. Вступ. Основні поняття та визначення.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 3 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Місце курсу в загальній системі підготовки інженерів в галузі метрології та вимірювальної техніки. Задачі, зміст і обсяг курсу. Вимоги до вимірювальних та авіаційних приладів і особливості їх виробництва, що пов'язані з призначенням і умовами експлуатації. Виріб як об'єкт виробництва. Поняття про технологічний процес (ТП), операцію, перехід, робоче місце, оснащення. Класифікація технологічних процесів за їх видами, ознаці організації і ступеню деталізації.

##### **Тема 2. Характеристика одиничного, серійного і масового виробництва**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: визначення типу виробництва та організаційної форми складання.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 4 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.*

- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: визначення типу виробництва та організаційної форми складання для індивідуального завдання.*

Одиничне, серійне і масове виробництво. Визначення типу виробництва за допомогою коефіцієнта закріплення операцій. Технологічна підготовка виробництва та її стадії.

### **Тема 3. Проектування уніфікованих технологічних процесів.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обсяг самостійної роботи: 4 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Сутність, значення і сфера застосування уніфікованих технологічних процесів. Проектування типових технологічних процесів.

### **Тема 4. Початкові дані для проектування ТП та технологічна документація.**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Вивчення початкових даних для конкретного друкованого вузла.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 4 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.*

- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: аналіз складального креслення друкованого вузла індивідуального завдання та оформлення маршрутних і операційних технологічних карт.*

Базова інформація. Керуюча інформація. Довідкова інформація. Загальні відомості про технологічні документи. Види технологічних документів. Загальні правила оформлення технологічних документів відповідно до стандартів ЄСТД.

### **Тема 5. Відпрацювання конструкцій виробів на технологічність.**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Визначення технологічності конкретного друкованого вузла.*
- *Тема лабораторної роботи: Оцінка технологічності конструкції та проектування технологічних процесів складання.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи: 7 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття, підготовка до лабораторної роботи.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: аналіз технологічності складального креслення друкованого вузла індивідуального завдання.*

Технологічність конструкції виробу, основні поняття і визначення. Задачі і напрямки відпрацювання конструкції виробу на технологічність. Якісні і кількісні показники технологічності. Забезпечення технологічності конструкції деталей, складальних одиниць і виробів. Комплексний показник технологічності.

### **Тема 6. Техніко-економічний аналіз ТП.**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Техніко-економічні розрахунки операцій та оптимізація операцій для конкретного друкованого вузла.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 6 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: техніко-економічні розрахунки операцій та оптимізація операцій для друкованого вузла індивідуального завдання.*

Техніко-економічні показники: продуктивність праці та економічність. Шляхи підвищення продуктивності праці. Структура технічних норм часу. Собівартість виробу. Технологічна собівартість. Визначення оптимального варіанту ТП за собівартістю та продуктивністю.

### **Тема 7. Теорія і розрахунки точності виробництва.**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Тема лабораторної роботи: Аналіз точності процесів виготовлення партії деталей і складання вузлів за допомогою статистичного методу.*

- *Тема лабораторної роботи: Експериментальне визначення коефіцієнтів впливу похибки параметрів схемних елементів на вихідні параметри електричних кіл.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

- *Обсяг самостійної роботи: 6 годин.*

- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*

Виробничі похибки. Фактори, що впливають на точність обробки деталей та точність складальних одиниць. Причини появи і класифікація похибок. Теоретичний (розрахунковий) та експериментальний (статистичний) методи визначення точності ТП. Методи забезпечення заданої точності вихідних параметрів складальних одиниць.

## **Модульний контроль.**

### **Модуль 2.**

#### **Змістовний модуль 2. Технологічні процеси виготовлення деталей.**

##### **Тема 1. Якість поверхневого шару деталі**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Тема лабораторної роботи: Оцінювання й контроль шорсткості поверхні деталей вимірювальних приладів і систем керування.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*

- *Обсяг самостійної роботи: 3 години.*

- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до лабораторної роботи.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*

Якість поверхневого шару деталі з фізичної та геометричної точок зору. Шорсткість поверхні та параметри її оцінки. Методи контролю та оцінки якості поверхневого шару деталі. Вплив якості поверхні на експлуатаційні властивості деталей.

##### **Тема 2. Технологічні процеси виготовлення деталей засобів вимірювання.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*



- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Загальна схема ТП виготовлення деталей. Два принципово протилежних напрямки при розробці ТП виготовлення деталей. Зміст і послідовність робіт при розробці ТП виготовлення деталей. Визначення послідовності операцій.

### **Тема 3. Технологічні процеси виготовлення деталей без видалення шару матеріалу.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Лиття та його особливості. Спеціальні види лиття. Лиття під тиском, лиття за моделями, що виплавляються. Види холодної обробки тиском.

### **Тема 4. Технологічні процеси обробки зі зняттям шару матеріалу.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до лабораторної роботи.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Обробка на металорізальних верстатах (точіння, фрезерування, свердлення, шліфування, та ін.). Викінчувальні процеси обробки. Методика розрахунку режимів обробки різанням.

### **Тема 5. Спеціальні процеси обробки.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 3 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Електрофізична обробка. Ультразвукова обробка. Електронно-променева обробка. Лазерна обробка.

### **Тема 6. Покриття, їх класифікація та сфери застосування.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Необхідність зміни властивостей поверхневого шару деталей з метою підвищення їх якості. Металеві, хімічні, лакофарбові та полімерні покриття.

### **Тема 7. Нанопокриття.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Вуглець та його кристалічні форми. Фізичні властивості графена, фулеренів, вуглецевих нанотрубок та тканини з нановолокна.

### **Тема 8. Наноструктурні тонкі покриття.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: технологічний процес епіламування.*

Наноструктурні тонкі покриття, алмазоподібні вуглецеві плівкові покриття, епіламовані покриття та їх фізичні властивості.

### **Тема 9. Технологія виготовлення друкованих плат.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Класифікація друкованих плат і методів їх виготовлення. Механічна обробка друкованих плат. Створення рисунку друкованих плат. Особливості виготовлення багатошарових друкованих плат.

### **Модульний контроль.**

## Модуль 3.

### **Змістовний модуль 3. Технологічні процеси складання, налагодження, регулювання, випробування та контролю вимірювальних приладів.**

#### **Тема 1. Проектування технологічних процесів складання.**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Розроблення технологічної схеми складання конкретного друкованого вузла.*
- *Тема практичного заняття: Розроблення маршрутної технології одиничного ТП конкретного друкованого вузла.*
- *Тема лабораторної роботи: Оцінка технологічності конструкції та проектування технологічних процесів складання.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи: 7 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття, підготовка до лабораторної роботи.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: розробка технологічної схеми складання та розробка маршрутної технології одиничного ТП друкованого вузла індивідуального завдання.*
- *Зміст та послідовність проектування ТП складання. Встановлення послідовності процесу складання і розробка технологічних схем складання. Розробка змісту операцій. Організаційні форми складання.*

#### **Тема 2. Технологічні процеси з'єднання деталей.**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
  - *Тема лабораторної роботи: Контактне зварювання металу малої товщини.*
  - *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
  - *Обсяг самостійної роботи: 5 годин.*
  - *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до лабораторної роботи.*
  - *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*
- Рознімні з'єднання. Склеювання. Паяння. Зварювання.**

### **Тема 3. Технологія монтажу компонентів та мікроблоків ЕА на друкованих платах .**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Розроблення змісту операцій конкретного друкованого вузла.*
- *Тема лабораторної роботи: Паяння електротехнічних схем з друкованим монтажем.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 9 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи: 7 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття, підготовка до лабораторної роботи.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: розробка операційної технології одиничного ТП друкованого вузла індивідуального завдання.*

Вхідний контроль. Підготовка компонентів до монтажу. Встановлення (закріплення) компонентів на друковану плату. Паяння. Промивання після паяння. Контроль. Покриття лаком.

### **Тема 4. Налагодження та регулювання вимірювальних приладів.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обсяг самостійної роботи: 3 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Сутність процесів налагодження і регулювання. Зміст основних і допоміжних операцій налагодження. Пошук і усунення несправностей. Регулювання як процес забезпечення потрібної точності вихідних параметрів та узгодження початкових значень вхідних та вихідних величин.

### **Тема 5. Контроль якості виробів.**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Тема лабораторної роботи: Випробування друкованого вузла на виявлення резонансних частот.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 5 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття, підготовка до лабораторної роботи.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання та захист лабораторної роботи.*

Види і методи контролю: за способом контролю, по відношенню до виробничого процесу, ступеню охоплення, характеру впливу на хід виробничого процесу, періодичності контролю, ступеню участі людини в процесі контролю. Основні способи контролю.

Випробування вимірювальних приладів. Мета випробувань. Різновидності випробувань. Зміст і послідовність випробувань.

### **Тема 6. Автоматизація ТП виробництва вимірювальних пристроїв.**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*

- *Тема практичного заняття: Вибір обладнання, пристроїв, інструменту та матеріалів для конкретного друкованого вузла.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2,5 години.*

- *Обсяг самостійної роботи: 3 години.*

- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*

- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: вибір обладнання, пристроїв, інструменту та матеріалів для друкованого вузла індивідуального завдання.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.*

Автоматизоване спеціальне технологічне обладнання і промислові роботи. Автоматизовані лінії і роботизовані технологічні комплекси.

### **Тема 7. Автоматизація технологічної підготовки виробництва .**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 0,5 години.*

- *Обсяг самостійної роботи: 2 години.*

- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*

- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП).

### **Модульний контроль.**

## Модуль 4.

### Змістовний модуль 4. Технологічні процеси мікроелектроніки.

#### Тема 1. Основні технологічні процеси для виготовлення напівпровідникових ЕРЕ та інтегральних схем (ІС).

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Теоретичні основи виготовлення тонкоплівкових ІС.*
- *Тема практичного заняття: Основні етапи технологічного процесу виготовлення тонкоплівкових ІС і мікроскладень.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 4 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: особливості виготовлення тонкоплівкових ІС.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.*

Електрохімічні методи одержання р – п переходів. Дифузія. Двухстадійна дифузія. Епітаксія. Іонне легування. Вакуумне напилення. Катодне розпилення. Електролітичне та хімічне осаджування. Оксидне маскування. Фотолітографія. Травлення.

#### Тема 2. Технологічні процеси виготовлення транзисторів ІС.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 3 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Виготовлення планарного біполярного транзистора. Виготовлення польових транзисторів з управляючим р – п переходом, з встроєним каналом та з індукованим каналом (МДП – транзистори).

#### Тема 3. Утворення пасивних елементів ІС.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Розрахунок геометрії тонкоплівкових резисторів прямокутної форми та з конфігурацією типу «меандр».*
- *Тема практичного заняття: Розрахунок геометрії тонкоплівкових конденсаторів.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*

- *Обсяг самостійної роботи: 7 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.*
- *Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: розрахунок геометрії тонкоплівкових резисторів прямокутної форми та резисторів з конфігурацією типу «меандр» і тонкоплівкових конденсаторів для індивідуального завдання.*

Плівкові резистори. Резистори в монолітних ІС. Плівкові конденсатори. Конденсатори в вигляді закритого р – п переходу. Індуктивності. Внутрисхемні з'єднання. Ізолювання елементів в монолітних ІС. Два методи ізолювання. Ізолювання за допомогою додаткового р – п переходу. Ізолювання за допомогою діелектрика.

#### **Тема 4. Мікромонтаж кристалів ІС.**

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Обсяг самостійної роботи: 4 години.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): ПК.*
- *Види контролю, критерії оцінювання: вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.*

Розподіл пластин на модулі. Встановлення (закріплення) кристалів ІС. Електричне з'єднання виводів контактних площадок кристала з контактними площадками корпусу чи плати.

#### **Тема 5. Технологія виготовлення гібридних мікросхем та мікроскладень.**

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Тема практичного заняття: Основні технологічні операції при виготовленні гібридних інтегральних мікросхем.*
- *Тема практичного заняття: Розроблення топології тонкоплівкової інтегральної схеми.*
- *Тема практичного заняття: Визначення розмірів підкладки, розміщення плівкових та навісних елементів на підкладці.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи: 8 годин.*
- *Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття.*

- Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь; до трьох балів за виконання практичного завдання.

- Теми, види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача: Розробка топології тонкоплівкової інтегральної схем, визначення розмірів підкладки, розміщення плівкових та навісних елементів на підкладці для індивідуального завдання.

Тонкоплівкова технологія. Товстоплівкова технологія.

**Модульний контроль.**

**Змістовний модуль 5. Технологічні процеси наноелектроніки.**

**Тема 1. Нанотехнології. Графен, фулерени, ендофулерени.**

- Форма занять: лекція, самостійна робота.
- Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.
- Обсяг самостійної роботи: 2 години.
- Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.
- Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.

Графен, фулерени, ендофулерени, способи їх створення, фізичні властивості та сфери використання.

**Тема 2. Вуглецеві нанотрубки, піподи.**

- Форма занять: лекція, самостійна робота.
- Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.
- Обсяг самостійної роботи: 5 годин.
- Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.
- Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.

Вуглецеві нанотрубки, піподи, способи їх створення та властивості. Пристрої на основі нанотрубок.

**Тема 3. Наноструктури та елементи наноелектроніки.**

- Форма занять: лекція, самостійна робота.
- Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.
- Обсяг самостійної роботи: 8 годин.
- Питання до самостійного вивчення: опрацювання лекційного матеріалу.
- Види контролю, критерії оцінювання: вибіркоче опитування студентів на лекційних заняттях, один бал за правильну відповідь.

Наноструктури та елементи наноелектроніки. Квантово-механічні властивості електрона. Основні типи наноструктур. Одноелектронне тунелювання. Одноелектронні елементи наноелектроніки. Квантові обчислювальні пристрої. Реалізація наноприладів.

**Модульний контроль.**



#### 4. Індивідуальні завдання

Виконання РР (7, 8 семестри) за затвердженою на кафедрі тематикою, що спрямована на вміння розробляти технологічні процеси виготовлення засобів виміральної техніки та технології виготовлення гібридних тонкоплівкових інтегральних мікросхем і мікроскладень.

#### 5. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних та лабораторних занять, консультацій за розкладом кафедри та індивідуальних (за необхідністю). Самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

#### 6. Методи контролю

Вибіркове опитування студентів на лекційних заняттях.

Опитування студентів на практичних заняттях.

Допускове опитування перед виконанням лабораторних робіт.

Поточне тестування і модульний контроль та екзамен (7 семестр) і екзамен (8 семестр).

#### 7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

7.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання та захист лабораторних і практичних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...7	1	0...7
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання та захист лабораторних і практичних робіт	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...7	1	0...7
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4

Виконання та захист лабораторних і практичних робіт	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...7	1	0...7
Виконання та захист РР	0...15	1	0...15
<b>Всього за 7 семестр</b>			<b>0...100</b>
Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 4</b>			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання та захист практичних робіт	0...6	2	0...12
Модульний контроль	0...15	1	0...15
<b>Змістовний модуль 5</b>			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання та захист практичних робіт	0...6	4	0...24
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання та захист РР	0...22	1	0...22
<b>Всього за 8 семестр</b>			<b>0...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту в сьомому семестрі складається з трьох теоретичних запитань (по одному з кожного модуля) і двох задач (по одній з першого та другого модулів). За кожне запитання та задачу максимальна кількість балів – 20.

Білет для іспиту в восьмому семестрі складається з чотирьох теоретичних запитань (по два з кожного модуля) і однієї задачі (з практичних занять). За кожне запитання та задачу максимальна кількість балів – 20.

## 7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: знати відмінності одиничного, серійного та масового типів виробництва, знати сутність процесів виготовлення деталей та операцій складання, знати основні види обробки деталей,

знати технологічні процеси виготовлення електронних вузлів на сучасній елементній базі.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки: вміти виконати якісну і кількісну оцінку технологічності виробу, вміти визначити тип виробництва, вміти користуватись типовими та стандартними технологічними процесами, вміти розробити одиничний технологічний процес виготовлення друкованого вузла, вміти оформляти технологічну документацію на стандартних формах.

### 7.3. Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання, відпрацювати та захистити лабораторні роботи. Здати тестування або іспит. Знати сутність процесів виготовлення деталей та операцій складання. Знати основні види обробки деталей. Знати технологічні процеси виготовлення електронних вузлів на сучасній елементній базі. Вміти виконати якісну і кількісну оцінку технологічності виробу, визначити тип виробництва. Вміти користуватись типовими та стандартними технологічними процесами. Вміти розробити одиничний технологічний процес виготовлення друкованого вузла. Вміти оформляти технологічну документацію на стандартних формах.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання та здати тестування. Показати вміння виконувати та захищати лабораторні роботи і РР в обумовлений викладачем термін. Знати спеціальні види обробки деталей. Знати технологію друкованого монтажу, теорію і розрахунки точності виробництва засобів вимірювання та економічної ефективності технологічних рішень шляхом порівняння варіантів виконання технологічних операцій.

**Відмінно (90 - 100).** В повному обсязі знати основний та додатковий матеріал і вміти застосовувати його. Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Бути активним на заняттях. Вміти розробляти технологічні процеси виготовлення вимірювальної техніки та виконувати інженерні технологічні розрахунки.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

## 8. Політика навчального курсу

У разі невиконання навчального плану (відсутності на лекціях, практичних чи лабораторних роботах) студент зобов'язаний опрацювати матеріал лекцій, практичних чи лабораторних робіт через підручники та методичну літературу. Контроль якості опрацювання здійснюється через виконання індивідуальних завдань у терміни, передбачені консультаціями викладача та у передсесійний період.

## 9. Методичне забезпечення

1. Аналіз конструкції, складання та випробування електронних блоків вимірювальної техніки і систем керування : метод. рек. до виконання лабораторних робіт / уклад.: В.А. Заболотний, О.В. Заболотний. Харків: ХАІ, 2024. 52 с.
2. Технологія виготовлення засобів вимірювальної техніки (мікроелектроніка) : метод. рек. до виконання практич. робіт / уклад.: В.А. Заболотний, О.В. Заболотний. Харків: ХАІ, 2021. 64 с.
3. Заболотний В. А., Заболотний О. В. Оцінювання якості поверхонь деталей та аналіз точності технологічних процесів виготовлення деталей і складання вузлів: навч. посіб. до лаб. практикуму. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. 52 с.
4. Заболотний В.А. Заболотний О.В., Книш В.О. Проектування технологічних процесів складання електронної апаратури : навч. посібник. Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2008. 64 с.
5. Заболотний В.А. Проектування технологічних процесів складання електронних пристроїв приладів і систем керування літальних апаратів: навч. посібник до курсового проектування. Харків: ХАІ, 1997. 45 с.
6. НМКД з дисципліни «Технологія виготовлення засобів вимірювальної техніки». Освітній портал Науково-технічної бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» URL: <http://library.khai.edu>.
7. Курс «Технологія виготовлення засобів вимірювальної техніки» в системі дистанційного навчання Ментор.

## 10. Рекомендована література

### Базова

1. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. На заміну ДСТУ 3008-95; Введ. 01.07.2017. Київ.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с.
2. Технологія виготовлення електронних пристроїв : підручник / Матвійків М.Д., Вус Б.С., Матвійків Т.М., Вус М.Б.; Національний ун-т "Львівська політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2017. 400 с.

3. Румбешта В.О. Технологія складання, регулювання та випробування приладів: підручник для студентів вищ. навч. закл., які навч. за напрямом підготов. "Приладобудування" ; Національний техн. ун-т України "Київський політехн. ін-т". Київ : НТУУ "КПІ", 2014. 364 с.
4. Семенець В.В., Невлюдов І.Ш., Палагін В.А.. Введення в мікросистемну техніку та технології: підручн. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. 416 с.

### **Допоміжна**

1. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник. Львів: Магнолія, 2007. 500 с.
2. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук І.М. Нано- і мікротехнології в приладобудуванні : монографія ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". Київ : ЕКМО, 2008. 90 с.
3. Страшко В.А. Основи технології авіаційного приладобудування : конспект лекцій. Нац. авіац. ун-т. Київ : [б. в.], 2005. 95 с.
4. Григурко І.О., Брендуля Ф.М., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей та складання машин: практикум: посібник. Львів: Новий Світ, 2010. 472 с.
5. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва : монографія. Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". Київ : НТУУ "КПІ", 2011. 488 с.

### **11. Інформаційні ресурси**

1. Інформаційний портал кафедри 303: <https://k303.khai.edu/>
2. Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» URL: <http://library.khai.edu>