



# [RE-37] ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                                        |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | Перший (бакалаврський)                                                                                                 |
| Галузь знань                                | G - Інженерія, виробництво та будівництво                                                                              |
| Спеціальність                               | G5 - Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка                                             |
| Освітня програма                            | Всі ОП                                                                                                                 |
| Статус дисципліни                           | Вибіркова (Ф-каталог)                                                                                                  |
| Форма здобуття вищої освіти                 | Очна                                                                                                                   |
| Рік підготовки, семестр                     | Доступно для вибору починаючи з 3-го курсу, весняний семестр                                                           |
| Обсяг дисципліни                            | 4 кред. (Лекц. 16 год, Практ. год, Лаб. 30 год, СРС. 74 год )                                                          |
| Семестровий контроль/контрольні заходи      | Залік                                                                                                                  |
| Розклад занять                              | <a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>                                                          |
| Мова викладання                             | Українська                                                                                                             |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лекц.: <a href="#">Головня В. М.</a> ,<br>Лаб.: <a href="#">Головня В. М.</a> ,<br>СРС.: <a href="#">Головня В. М.</a> |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7170">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7170</a>              |

### Програма навчальної дисципліни

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

Технологія виробництва радіоелектронної апаратури формує навички проектування технологічної документації на виріб; проектування технологічних процесів виробництва продукції; розроблення необхідного оснащення; налаштування та контроль; випробування готової продукції на етапах виготовлення і експлуатування виробів.

Якщо завдання конструктора РЕА – проектування комплексу КД на виріб, то завдання

технолога – спроектувати технологічні процеси і забезпечити виробництво готової продукції.

Знання та розуміння Технології виробництва дозволяють виготовляти надійні та зручні в користуванні високотехнологічні пристрої різноманітного призначення і ступеня складності для різноманітних умов експлуатування

...

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

Студенти мають вміти працювати в середовищі SolidWorks (дисципліна "Тривимірне моделювання РЕА").

Мати розуміння і навички проектування РЕА (дисципліна "Конструювання РЕА").

...

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Зміст дисципліни: 18 годин лекцій, 36 годин лаб. робіт, залік. Лекційний матеріал додатково засвоюється на лабораторних заняттях.

### **Тема 1 Вступ**

- Вступ. Місце технології виробництва РЕА у процесі проектування, виготовлення та експлуатування радіоелектронної апаратури.
- Понятійний апарат.
- Історичний експурс.
- Основи технологічної підготовки виробництва радіоелектронної апаратури

### **Тема 2 Субтрактивні (обробляння) технології виготовлення деталей.**

- Класифікація. Механізми впливу на матеріали.
- Механічне видалення матеріалу (різання, свердлення, точіння, фрезерування, стругання, протягування).
- Хімічне, електрохімічне, променеве, еліонне, газо-полум'яне видалення матеріалу.
- Фізико-хімічні методи обробляння

### **Тема 3 Адитивні технології виготовлення деталей**

- Підготовка поверхні
- Фізичні технології формоутворення (лиття, пресування, порошкова металургія)
- Хімічні, електрохімічні, променеві, еліонні, газо-полум'яні технології
- 3-D технології виготовлення виробів

### **Тема 4. Технології зміни властивостей (обробляння)**

- Фізико-хімічні процеси. Класифікація.
- Закалювання, відпал. нормалізація, відпуск, наклеп.
- Легування, дифузійне насичення, карбонізація, іонна імплантація

### **Тема 5 Покриття у виробництві радіоелектронних апаратів. Неорганічні покриття**

- Загальна класифікація покриттів. Призначення
- Металізація. Технології формування інших неорганічних покриттів (оксидні, фосфатні, нітридні та ін.)
- Хімічне осадження.
- Електрохімічні покриття. Процеси. Технологія. Поляризація

- Корозія, її різновиди та швидкість. Пасивація. Гальванічні корозійні пари. Антикорозійний захист

#### Тема 6 Покриття у виробництві радіоелектронних апаратів. Органічні покриття

- Класифікація. Визначення. Методи нанесення, властивості
- Лакофарбові покриття. Технології нанесення. Сфери застосування

#### Тема 7 Основи технології виготовлення ІС

- Фотолітографія
- Обладнання і устаткування

#### Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- перевірка набутих теоретичних знань на практиці;
- набуття навичок роботи з технологічним обладнанням;
- оволодіння методами вимірювання параметрів та характеристик виробів і процесів;
- набуття навичок оцінки експериментальних даних та формування висновків.

| № | Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)                                               | Кількість ауд. годин |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | Дослідження інструментів для субтрактивної обробки матеріалів. Сверла, розгортки, протяжки         | 4                    |
| 2 | Дослідження інструментів для субтрактивної обробки матеріалів. Фрези. Шліфувальники. Притири. Хони | 4                    |
| 3 | Дослідження впливу частоти генерації на продуктивність ультразвукової обробки матеріалів           | 4                    |
| 4 | Дослідження продуктивності та точності обробки металів електричним ерозійним методом               | 4                    |
| 5 | Дослідження прецизійних фотошаблонів                                                               | 4                    |
| 6 | Дослідження процесів контактної фотолітографії                                                     | 4                    |
| 7 | Дослідження процесів очищення і контролю чистоти підкладок для ІС                                  | 4                    |
| 8 | Дослідження принципів побудови вакуумних установок для нанесення тонких плівок                     | 4                    |
| 9 | Залік                                                                                              | 4                    |

...

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Лабораторні роботи проводяться в лабораторіях РТФ кафедри ПРЕ на наявному обладнанні лаб. 306; лаб 410, 412; кабінету мікроелектроніки к. 408

Література до опанування курсу

##### Базова

1. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки. Навчальний посібник у двох томах. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. Т. 1. 888 с.

2. Билібин К.І. Конструкторсько -технологічне проектування електронної апаратури: Київ, 2016. 568 с.

3. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс] : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв; Електронні текстові дані (1 файл: 6,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с.

#### **Навчальні посібники.**

4.Бобало, Юрій Ярославович. Якість, надійність радіоелектронної апаратури. Елементи теорії і методи забезпечення: монографія /Ю.Я. Бобало, Л.А. Недоступ, М.Д. Кіселичник; за редакцією Л.А. Недоступа; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. - 196

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000640841&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000640841&local_base=KPI01)

5.Бондаренко, Ігор Миколайович. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: навчальний посібник для студентів спеціальностей "Мікро-та наносистемна техніка", "Електроніка" /І.М. Бондаренко, О.В. Бородін, В.П. Карнаушенко; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет радіоелектроніки. Харків : ХНУРЕ, 2019. - 174

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000603218&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000603218&local_base=KPI01)

6.Височин, Віктор Олександрович. Слюсарно-складові роботи у виробництві радіоелектронної апаратури: Навчальний посібник для учнів професійно-технічних навчальних закладів /В.О. Височин.К.: Вища школа, 2006. - 279

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000201591&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000201591&local_base=KPI01)

7.Готра, Зенон Юрійович. Технологія електронної техніки: навч. посіб. для студ. базового напрямку "Електроніка": у 2-х томах /З.Ю. Готра; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка",

2010. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000350523&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000350523&local_base=KPI01)

8.Зіньковський, Юрій Францевич. Комп'ютерне схемотехнічне моделювання елементів радіоелектроніки: підручник для студ. вищ. навч. закл. /Ю.Ф. Зіньковський, А.В. Коваль; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Національний транспортний ун-т.Київ: Національний транспортний ун-т, 2013 - Т. 1, ч. 1 : Пасивна елементна база; ч. 2 : Фільтри. --2013. -- 348

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000350178&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000350178&local_base=KPI01)

9.Мірських, Георгій Олександрович. Контроль параметрів під час проектування, виробництва та експлуатації радіоелектронної апаратури: навч. посіб. для студ. внз за спец. "Виробництво електронних апаратів" та "Електронна побудова апаратури" /Г.О. Мірських, Н.М. Руденко; НТУУ "КПІ". К.: НТУУ "КПІ", 2009. - 140

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000241759&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000241759&local_base=KPI01)

10.Технологія виробництва електронних засобів: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів радіотехнічного факультету напрямку "Електронні апарати" /Уклад. В. А. Біденко, В. А. Кожушний, В. А. Прус; НТУУ "КПІ". К.: Політехніка, 2007. - 52

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000195324&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000195324&local_base=KPI01)

#### **Монографії.**

11.Афанасьєва, Ольга Валентинівна. Лазерна поверхнева обробка матеріалів: монографія /О.В. Афанасьєва, Н.О. Лалазарова, Є.П. Федоренко; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків: Панов А. М., 2020. - 100

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000634022&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000634022&local_base=KPI01)

12.Зіньковський, Юрій Францевич. Моделювання елементної бази електронних апаратів у

комп'ютерному середовищі Micro-Cap: монографія /Ю.Ф. Зінковський, А.В. Коваль; МОН України, НТУУ"КПІ". Київ: НТУУ "КПІ", 2010. - 461

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000341214&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000341214&local_base=KPI01)

13.Металоксидні наноккомпозити: електрохімічний синтез і властивості: монографія /М. Д. Сахненко, О. О. Овчаренко, М. В. Ведь; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". Харків: Панов А.М., 2019. - 145

с. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000612542&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000612542&local_base=KPI01)

14.Сахненко, Микола Дмитрович. Металоксидні наноккомпозити: електрохімічний синтез і властивості: монографія /М. Д. Сахненко, О. О. Овчаренко, М. В. Ведь; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". Харків: Панов А.М., 2019. -145

с.[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000612542&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000612542&local_base=KPI01)

## **Статті.**

15.Волков, Є. В. Максимальний кут стереозйомки для формування рентгенівських об'ємних стереозображень /Є. В. Волков, С. І. Мирошніченко. // Електроника и связь: научно-технический журнал2013№ 5(76). - С.

25-30 [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000555906&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000555906&local_base=KPI01)

16.Тимчик, Григорій Семенович. Граничні характеристики когерентного оптичного спектроаналізатора /Григорій Семенович Тимчик, Куїнь Ань Нгуєн, Микита Сергійович Колобродов //Наукові вісті НТУУ «КПІ»: науково-технічний журнал. – 2014. - № 5(97). - С.

119-123. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000584743&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000584743&local_base=KPI01)

17.Шинкарук, О. М. Дослідження потенційної точності та роздільної здатності фазового багаточастотного методу вимірювання відстаней /О. М. Шинкарук, В. Р. Любчик, Т. О. Дементьєв// Електроника и связь. - 2011. - № 3(62). - С.

78-82. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000298573&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000298573&local_base=KPI01)

18. Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

19. Методичні вказівки щодо виконання курсових проектів і контрольних робіт для студентів напрямку підготовки "Радіоелектронні апарати" для всіх форм навчання. Київ, НТУУ "КПІ", 2009 (Електронне навчальне видання).

20. Баришніков В.Н., Шоботенко Н.С., Монтаж радіоелектронної апаратури. - Київ, Техніка, 1986.

## **Навчальні посібники.**

21.Конструювання та технології виробництва апаратури реєстрації інформації [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. С. Лазебний, В. В. Пілінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 450 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41761>

22.Підгорний, А. В. Хімія. Електрохімічні процеси [Електронний ресурс]: навчальний посібник / А. В. Підгорний, Т. М. Назарова. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,85 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 67 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/3585>

23.Технологічні основи електроніки. Книга 1. Технологія виробництва мікросхем [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації «Електронні прилади та пристрої» / А. І. Кузьмичев, Л. Д. Писаренко, Л. Ю. Цибульський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,74 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 127 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30141>

24.Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс]: підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв; КПІ ім Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/24954>

#### **Статті.**

25.Жовнір М. Ф. Оцінка потенційних роздільної здатності і точності вимірювальних перетворювачів лінійних та кутових переміщень на базі використання фазових набігань поверхневих акустичних хвиль / М. Ф. Жовнір, О. В. Шостак // Електроніка та зв'язок: науково-технічний журнал. – 2015. – Т. 20, № 3(86). – С. 101-106 <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/17587>.

26.Чонка, Е. Я. Аналіз точності формування поверхонь деталей виготовлених на 3D-принтері / Е. Я. Чонка, В. С. Антонюк // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна: збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 197-200. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31651>

Допоміжна

#### **Навчальні посібники.**

27.Білик І. І., Руденький С. О. Технологія нанесення покриттів та їх властивості: навчальний посібник. – 2023. – 120с. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/56927/1/Tekhnolohiia\\_nanesennia\\_pokryttiv\\_ta\\_yikh\\_vlastyvosti.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/56927/1/Tekhnolohiia_nanesennia_pokryttiv_ta_yikh_vlastyvosti.pdf)

28.Пупань Л. І. Постпроцеси адитивних технологій: навчальний посібник. – 2023. – 92 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/0c4ef7cd-4ccf-4678-8cfa-d2988250ad81/content>

29.Методичні вказівки до лабораторної роботи “Дослідження технологій виготовлення друкованих плат” з дисципліни “Технологія деталей” для студентів за напрямком підготовки 6.050902 “Радіоелектронні апарати” усіх форм навчання / Уклад: Фарафонов О.Ю., Фурманова Н.І. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – 46 с. <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/105>

#### **Монографії.**

30.Ведь М. В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: монографія / М. В. Ведь, М. Д. Сахненко; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – 272 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/ad098cbe-5b14-42bb-b667-d2a837d4c817/content>

31.Гарашенко Я. М. Удосконалення технологічної підготовки адитивного виробництва складних виробів: монографія. – 2023. – 389 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/bc9c882f-bc3a-45a1-a119-499fbdc0c64e/content>

#### **Статті.**

32.Боклаг Д. К. Аналіз технологічних рішень одночасного 3D друку декількома матеріалами. – 2021. -5 с. <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/fee0a34e-080c-480f-a1de-2f765375b0d7/content>

- 33.Бурбурська С. В., Пасічник В. А. Можливості адитивних технологій у виготовленні високотехнологічної продукції машинобудування та біомедичної інженерії //Технічна інженерія. – 2022. – №. 1 (89). – С. 21-26. <file:///D:/260532-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-600162-1-10-20220705.pdf>
- 34.Каракуркчі Г. та інші. Функціональні електрохімічні покриття у технологіях подвійного призначення //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – 2021. – №. 2 (8). – С. 101-112. <file:///D:/234253-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-535874-1-10-20210611.pdf>
- 35.Масючок О. П. та інші. Адитивні технології полімерних матеріалів (Огляд) //Автоматичне зварювання. – 2020. – №. 5. – С. 53-60.  
<https://patonpublishinghouse.com/as/pdf/2020/pdfarticles/05/10.pdf>
36. Пасічник В. А., Бурбурська С. В., Кутуза В. В. Питання вимірювання параметрів точності ендопротезів, виготовлених з використанням адитивних технологій //Матеріали науково-технічної конференції" Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта". – 2019. – №. XX. – 4 с. <file:///D:/172544-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-398169-1-10-20191003.pdf>
- 37.Цибуленко В. О., Пасічник В. А., Воронцов Б. С. Перспективи використання гібридного адитивно-субтрактивного виробництва. – 2022. – 9 с. -  
<https://nv.nung.edu.ua/index.php/nv/article/view/770/767>

## **SpringerOpen**

### **Статті.**

- 38.Chen Bin. Blade Segment with a 3D Lattice of Diamond Grits Fabricated via an Additive Manufacturing Process / Chen Bin [et al] // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2020. – 12 p. <https://cjme.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s10033-020-00496-6.pdf>
- 39.Fan Congze. Interfacial Bonding Mechanism and Mechanical Performance of Continuous Fiber Reinforced Composites in Additive Manufacturing. / Fan Congze [et al]// Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2021. – 11 p. <https://cjme.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s10033-021-00538-7.pdf>
- 40.Forslund Rober, Snis Anders, Larsson Stig. A greedy algorithm for optimal heating in powder-bed-based additive manufacturing. // Journal of Mathematics in Industry. – 2021. – 23 p. <https://mathematicsinindustry.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s13362-021-00110-x.pdf>
- 41.Guo Sai, Ren Guanhui, Zhang Bi. Subsurface Defect Evaluation of Selective-Laser-Melted Inconel 738LC Alloy Using Eddy Current Testing for Additive/ Subtractive Hybrid Manufacturing. // Chinese Journal of Mechanical Engineering – 2021. – 16 p. <https://cjme.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s10033-021-00633-9.pdf>
- 42.Hugo I. Medellin-Castillo and Jorge Zaragoza-Siqueiros. Design and Manufacturing Strategies for Fused Deposition Modelling in Additive Manufacturing: A Review // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2019. – 16 p. <https://cjme.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s10033-019-0368-0.pdf>
- 43.Kim Sungil. Optimization of selective laser-induced etching (SLE) for fabrication of 3D glass microfluidic device with multi-layer micro channels. / Kim Sungil [et al] // Micro and Nano Syst Lett. - 2019. – 7 p. <https://mnsj-journal.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s40486-019-0094-5.pdf>



- 44.Li Neng. Laser Additive Manufacturing on Metal Matrix Composites: A Review / Li Neng [et al] // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2021. – 16  
p. <https://cjme.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s10033-021-00554-7.pdf>
- 45.Li Qingde. Towards additive manufacturing oriented geometric modeling using implicit functions. / Li Qingde [et al] // Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art. – 2018. – 16  
p.<https://vciba.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s42492-018-0009-y.pdf>
- 46.Ren Guanhui, Sai Guo Sai, Zhang Sai. Surface Integrity of Inconel 738LC Parts Manufactured by Selective Laser Melting Followed by High-speed Milling. // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2023. – 15  
p. <https://cjme.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s10033-022-00827-9.pdf>

## **Національний репозитарій академічних текстів**

### **Навчальні посібники.**

- 47.Ковтун І. І., Ройзман В. П. Деформації конструкцій електронної техніки в умовах експлуатаційних навантажень / І. І. Ковтун, В. П. Ройзман. – Хмельницький: ХНУ, 2019. – 230 с.<https://elar.khmnmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3c2efa2a-78f6-409f-87f5-a9a4b900321d/content>
- 48.Конспект лекцій з курсу "Конструювання та технологія виробництва систем телекомунікацій" [Електронний ресурс]: для студентів спец. 172 "Телекомунікації та радіотехніка" усіх форм навчання / уклад.: Н. О. Євсіна, О. В. Дудник; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2022. – 35 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/22b81594-f793-4b2d-bae0-71da5f0f0c1b/content>
- 49.Конспект лекцій з дисципліни «Покриття та їх властивості» для бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство [Електронний ресурс] / Кафедра будівельної, теоретичної та прикладної механіки. - Дніпро : Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» - 2020 -61 с. <https://btpm.nmu.org.ua/ua/download/lecture-course/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%9F%D0%9E%D0%9A%D0%A0%D0%98%D0%A2%D0%A2%D0%AF%20%D0%A2%D0%90%20%D0%87%D0%A5%20%D0%92%D0%9B%D0%90%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%86.pdf>
- 50.Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «конструювання електронних пристроїв» для студентів денної форми навчання зі спеціальності 171 – «Електроніка» освітньо-професійної програми «Технологія, обладнання та виробництво електронної техніки» освітнього ступеня «бакалавр» / Укл. Д. В. Мосьпан; Міністерство освіти і науки України; Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського; Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій – Кременчук, 2022- 60 с. [http://document.kdu.edu.ua/metod/2022\\_4104.pdf](http://document.kdu.edu.ua/metod/2022_4104.pdf)
- 51.Пупань Л. І. Лазерні технології у машинобудуванні: навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. –109 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/a9c89f6a-5234-45b5-992f-9d5f7ccd5160/content>
- 52.Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Аддитивні технології» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. П.Р. Тришин – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 77 с. <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/9818>
- 53.Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів: навчальний посібник / Р. А.



Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/21401>

54. Технологія виробництва електронних засобів. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт. /Укладачі: Біденко В.А., Кожушний В.А., Прус В.А. - Київ, НТУУ «КПІ», 2007.

55. Артеменко В.С., Конспект лекцій з курсу «Технологія деталей»/ Чернетка

56. Екзотична оптика: світ мета матеріалів / Лі Біллінгс — Режим доступу: <http://www.nature.com/news/exotic-optics-metamaterial-world-1.13516> — Назва з екрану

57. Метаматеріал /О.А. Шляхтин, Д.А. Наймушина, О.Е. Наний — Режим доступу: [thesaurus.rusnano.com/wiki/article1153](http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1153) — Назва з екрану

58. 10 Неймовірних матеріалів майбутнього/ — Режим доступу: [gadget-explorer.com/articles/10-neymovirnih-materialiv-maybutnogo](http://gadget-explorer.com/articles/10-neymovirnih-materialiv-maybutnogo) — Назва з екрану

...

## Навчальний контент

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

Для виконання кожної лабораторної роботи, необхідне знання матеріалу лекцій. Весь курс дисципліни умовно поділено на 7 тем. Лабораторні роботи не охоплюють всі лекційні теми, а доповнюють їх. Відповідність лабораторних робіт лекційному матеріалу представлена в таблиці.

| Лабораторні Лекції | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1                  | X | X |   |   |   |   |   |   |
| 2                  |   |   | X |   |   |   |   |   |
| 3                  |   |   |   | X |   |   |   |   |
| 4                  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5                  |   |   |   |   | X |   |   |   |
| 6                  |   |   |   |   |   | X |   |   |
| 7                  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8                  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9                  |   |   |   |   |   |   | X | X |

Тема 1 МІСЦЕ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РЕА У ПРОЦЕСІ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АПАРАТУРИ. МІСЦЕ І РОЛЬ ТЕХНОЛОГА У ВИРОБНИЦТВІ РЕА

Тема 1.1 Технологія РЕА. Місце і роль технолога у виробництві РЕА. Базові основи технологічної підготовки виробництва радіоелектронних апаратів. Загальні питання технологічного забезпечення виробничого процесу [1, 2, 4, 5, 6, 7].

Тема 1.2 Основні терміни та визначення. Нормативні документи щодо технологічної підготовки виробництва.

Тема 1.3 Історичний екскурс.

*Завдання на самостійну роботу:* принципи організації виробництва деталей РЕА [1, 2, 4, 5].

## Тема 2 СУБТРАКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Тема 2.1 Класифікація. Механізми впливу на матеріали. Загальна класифікація субтрактивних методів. Фізичні та хімічні явища. Межі використання

*Завдання на самостійну роботу:* повторити матеріал лекції

Тема 2.2 Механічне видалення матеріалу (свердлення, точіння). Класифікація токарних верстатів. Інструмент. Режими обробки. Верстати для свердлення. Типи свердл. ЗМР.

*Завдання на самостійну роботу:* підібрати свердла для сталі, латуні, бронзи, дерева, поліпропілену

Тема 2.3 Механічне видалення матеріалу (різання, фрезерування, стругання). Волочіння. Протягування. Класифікація фрезерних верстатів. Інструмент. Режими обробки. Типи фрез.

*Завдання на самостійну роботу:* підібрати пальцеві фрези для сталі, латуні, бронзи, дерева, склотекстоліту

Тема 2.3.1 Хімічне, електрохімічне видалення матеріалу. Тверді, рідкі та газоподібні травники. Чинники впливу. Обладнання. Межі застосування

*Завдання на самостійну роботу:* технологічний процес травлення друкованих плат, хімічне гравіювання

Тема 2.3.2 Променеве, еліонне, газо-полум'яне видалення матеріалу. Струменеві субтрактивні технології. Обладнання. Режими. Застосування

*Завдання на самостійну роботу:* спроектувати конструкцію іонної гармати (рисунок)

Тема 2.4 Фізико-хімічні методи видалення матеріалів. Анодна - механічна, електроерозійна - хімічна, ультразвукова-електрохімічна і електрична лазерна. Електро-гідроімпульсна та магнітно-імпульсна обробка матеріалів у виробництві деталей радіоелектронних апаратів [33]. Ефект Юткіна.

*Завдання на самостійну роботу:* ознайомитись з технологічними можливостями електроерозійної обробки [34].

## Тема 3. АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМОУТВОРЕННЯ

Тема 3.1 Підготовка поверхні до покриття [2, 25]. Різновиди ультразвукової технології очищення деталей, інтенсифікація технологічних процесів [33].

*Завдання на самостійну роботу:* розробити схему очищення полікору для вакуумної металізації.

Тема 3.2.1 Фізичні технології. Лиття металів і пластмас. Класифікація. Особливості. Недоліки Переваги. Перспективи [13].

*Завдання на самостійну роботу:* розробити ескіз кокілю [1].

Тема 3.2.2 Фізичні технології. Пресування металів і пластмас технологічні прийоми [13].

Вимоги до матеріалу. Особливості проектування відпресованих виробів. Особливості проектування прес-форми

*Завдання на самостійну роботу:* повторити матеріал лекції, розробити ескізи простих матриці і

пуансона [1].

Тема 3.2.3 Фізичні технології. Порошкова металургія. Класифікація. Технологія формоутворення. Особливості процесу. Переваги та недоліки. Межі застосування

*Завдання на самостійну роботу:* волочіння порошкових матеріалів.

Тема 3.3.1 Хімічні, електрохімічні технології. Класифікація. Обладнання. Межі використання. Переваги та недоліки, Перспективи розвитку. Режими нарощування.

*Завдання на самостійну роботу:* повторити матеріал лекції.

Тема 3.3.2 Променеві, еліонні, газо-полум'яні технології. Класифікація. Обладнання. Межі використання. Переваги та недоліки, Перспективи розвитку. Режими нарощування.

*Завдання на самостійну роботу:* повторити матеріал лекції

Тема 3.4 3-D технології. Класифікація. Обладнання. Межі використання. Переваги та недоліки, Перспективи розвитку. Режими нарощування.

*Завдання на самостійну роботу:* повторити матеріал лекції

#### Тема 4. ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Тема 4.1 Фізико-хімічні процеси. Загальна класифікація. Особливості. Апаратне забезпечення.

*Завдання на самостійну роботу:* провести аналіз меж використання фізико-хімічних процесів

Тема 4.2 Закалювання, відпал. нормалізація, відпуск, нагартування. Металізація відпалюванням [2, 14]. Склад паст та технологічні процеси відпалювання срібла та міді

*Завдання на самостійну роботу:* ознайомитись з технологією приготування паст для відпалювання срібла [2].

Тема 4.3.1 Легування, дифузійне насичення. Фізика процесу. Обладнання. Переваги. Недоліки

*Завдання на самостійну роботу:* визначити способи легування та дифузійного насичення для кремнію.

Тема 4.3.2 Карбонізація, іонна імплантація. Фізика процесів. Межі використання. Переваги та недоліки

*Завдання на самостійну роботу:* визначити способи карбонізації сталевих деталей

#### Тема 5 ПОКРИТТЯ У ВИРОБНИЦТВІ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ. НЕОРГАНІЧНІ ПОКРИТТЯ

Тема 5.1 Загальна класифікація покриттів. Призначення. Підготовка поверхні до покриття [2, 25].

*Завдання на самостійну роботу:* особливості підготовки поверхні до покриття в виробництві друкованих плат [1].

Тема 5.2.1 Металізація. Класифікація металевих покриттів. Вакуумне напилювання і розпилення. Металізація відпалюванням [2, 14]. Склад паст та технологічні процеси відпалювання срібла та міді. Гаряче розпилення металів (шоопіювання, надшвидкісне напилювання). Газові та електродугові пристрої для шоопіювання.

*Завдання на самостійну роботу:* ознайомитись з технологією приготування паст для нанесення срібла [2].

Тема 5.2.2 Технології формування інших неорганічних покриттів (оксидні, фосфатні, нітридні та ін.)

Методи утворення. Характеристики. Режими. Переваги та недоліки. Парилени.

*Завдання на самостійну роботу:* визначити спосіб карбонізації Ст. 3

Тема 5.3 Хімічне осадження. Технологічні та функціональні покриття, що отримані хімічним осадженням [2, 30]. Типові технологічні процеси та обладнання.

*Завдання на самостійну роботу:* технологія хімічної металізації у виробництві друкованих плат [ 1] .

Тема 5.4.1. Електрохімічні покриття. Процеси. Сфери застосування та класифікація електрохімічних покриттів. Кінетика електрохімічних процесів. Електроліз. Закони електрохімічних процесів осадження. Багатошарові електрохімічні покриття.

*Завдання на самостійну роботу:* особливості конструкцій деталей, що підлягають гальванічному покриттю. [15,17]

Тема 5.4.2. Електрохімічні покриття. Поляризація та поляризаційні криві. Вплив поляризаційних потенціалів на перебіг електрохімічного осадження

Тема 5.5.1 Хімічна корозія, її різновиди та швидкість. Роль вологи у процесі корозії. Захист від корозії [15].

*Завдання на самостійну роботу:* повторити матеріал лекції

Тема 5.5.2 Пасивація. Гальванічні корозійні пари. Захист від електрохімічної корозії. Жертовний матеріал. Катодний та анодний захист

*Завдання на самостійну роботу:* корозійні пари при електрохімічній корозії [17].

Тема 6 ПОКРИТТЯ У ВИРОБНИЦТВІ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ. ОРГАНІЧНІ ПОКРИТТЯ

Тема 6.1.1 Визначення. Методи нанесення, властивості. Фактори впливу навколишнього середовища на радіоелектронну апаратуру. Класифікація методів захисту РЕА від зовнішнього впливу органічними шарами [1, 2, 29].

Тема 6.1.2 Вплив умов експлуатації РЕА на вибір покриття. Лакування. Класифікація лаків. Характеристики. Переваги та недоліки

*Завдання на самостійну роботу:* обрати лак для нормальних умов експлуатації, для тропічного вологого клімату, для морського клімату.

Тема 6.2 Фарбові покриття, технології, сфери застосування. Герметизація полімерними матеріалами. Природа адгезії. Дифузія вологи. Лакофарбові покриття та фізичні основи їх нанесення. Герметизація порошковими матеріалами. Технології герметизації деталей та вузлів радіоелектронних апаратів рідкими герметиками.

*Завдання на самостійну роботу:* просочування, технологія отримання

Тема 7 Основи технології виготовлення ІС

Тема 7.1 Фотошаблони. Типи. Особливості. Технологія отримання і застосування. Роздільна здатність.

Тема 7.2 Літографічні процеси у виробництві ІС. Фоторезисти. Типи Методи нанесення. Технологія обробки. Роздільна здатність. Причини дефектів і браку.

...

## 6. Самостійна робота студента

В самостійну роботу студента входить опанування матеріалів лекцій і лабораторних робіт, надання викладачу на перевірку (у вказані викладачем терміни) лабораторних робіт:

### Політика та контроль

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- На початку семестру створюється в Telegram-чат з дисципліни для швидкої взаємодії студент-викладач. Усі студенти групи обов'язково мають бути присутні в чаті;
- Відвідування лабораторних робіт та лекцій є обов'язковим;
- Усі лабораторні завдання мають бути надані викладачу на перевірку у вказані терміни. За несвоєчасну здачу роботи втрачається право переробити роботу для підвищення балів;
- У тому випадку, коли у викладача виникають питання щодо авторства роботи наданої студентом на перевірку, викладач має право провести додатковий захист роботи.
- За активність студентів на лекціях і лабораторних роботах передбачені заохочувальні бали.
- За бажанням студенти можуть підготувати доповіді з відповідної теми обсягом до 3 сторінок. формату А4

...

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

За виконання кожного з завдань можна отримати наступний максимум (за умови вірності виконання та вчасного надання на перевірку):

1. Лекції - 18 балів загалом (за результатами експрес-опитування)
2. Лабораторні роботи - 10 балів за кожную
3. Доповідь - 5 балів за кожную

Календарний контроль

Атестацію отримують студенти що набрали 30 і 60 бал. відповідно на дату першого та другого календарного контролю.

*Примітка.* При умові рівномірного розподілу лабораторних робіт в семестрі. При невиконанні останньої умови про зміну обрахунку рейтингових балів студентам повідомляється на початку семестру.

Семестровий контроль: залік.

...

**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)

- Є можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (відповідність з тематикою необхідно погоджувати із лектором).

...

### **Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни**

Передбачені курсом лабораторні роботи забезпечені необхідними вимірювальними (штангенциркуль, кутомір, мікроскоп та ін.), різальними інструментами, пресформами та матеріалами в повному обсязі. Для виконання робіт з електроерозійної і ультразвукової обробки розроблені і виготовлені відповідні макети. Роботи з технології ІС виконуються в лабораторії мікроелектроніки на серійних установках очистки, фотолітографії твакуумного нанесення матеріалів та контролю товщини плівки. Додатково є інформація на плакатах і планшетах. Також студенти знайомляться з діючими токарними, фрезерними, гравіювальними, сверлильними верстатами у майстерні кафедри.

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** [Головня В. М.](#);

**Ухвалено** кафедрою ПРЕ (протокол № 6/2025 від 24.06.2025 )

**Погоджено** методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 6/2025 від 25.06.2025 )