

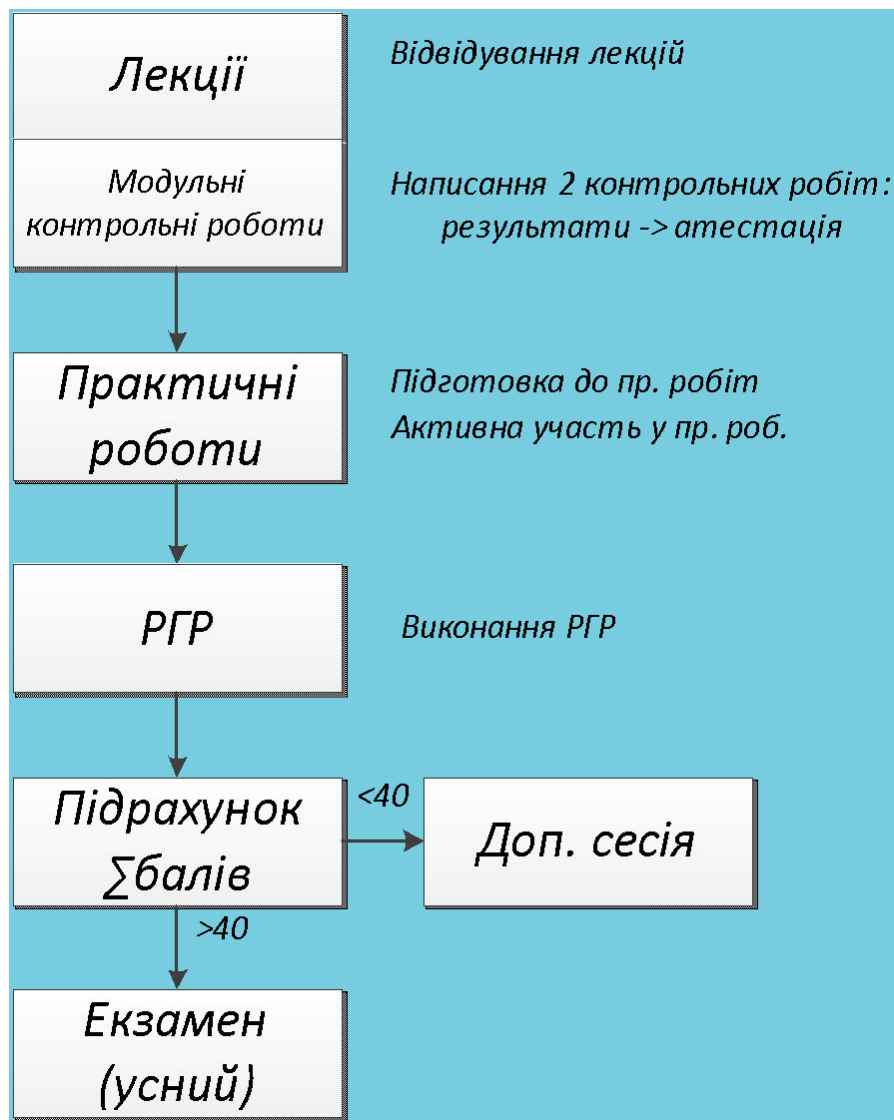
Викладач: Адаменко Юлія Федорівна

# Проектування радіоелектронної апаратури

## Лекція 1

- *Зміст та структура дисципліни. Критерії оцінювання*
- *Основна література*
- *Місце дисципліни у структурі знань*
- *Ретроспектива сучасного проектування ЕА*
- *Основні поняття та визначення*
- *Класифікація РЕА*
- *Життєвий цикл РЕА*
- *Етапи розробки РЕА*

# Структура курсу



# Критерії

- **Максимальна кількість балів: 100б**  
(визначається як сума семестрових та екзаменаційних балів:  $71б(c) + 30б(e) \approx 100б$ )

## Семестрові бали:

- Відвідування лекцій:  $18 \times 1б = 18б$
- Активна участь на практиках:  $9 \times 2б = 18б$
- Модульні контр. роб.:  $2 \times (0, 6, 8, 10)б = 0...20б$   
(приурочені проведенню атестацій: 6-10б = атестація)
- РГР, макс. 15б:  $(0, 3, 4, 5)б = 0...5б$  (оформлення)  
 $(0, 6, 8, 10)б = 0...10б$  (повнота виконання)

## Штрафні/заохочувальні бали:

- Відсутність на лекції без поважних причин:  $-1б$ ;
- Несвоєчасне подання РГР, плагіат:  $-5б$ ;
- Передчасне подання РГР (за тиждень):  $+5б$ ;

## Умови допуску до екзамену:

- Написання модульних контр. робіт;
- Здача розрахунково-графічної роботи;
- Набуття **не менше ніж 40 балів** протягом семестру.

Якщо семестрові бали  $> 40$ : складання екзамену

Якщо семестрові  $< 40$ : **доп. сесія**

# Література:

- **ДСТУ-3008-95** Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.
- **ДСТУ-3974-2000** Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення
- **ДСТУ-3973-2000** Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення.
- *Практическое пособие по учебному конструированию РЭА [Текст] : учебное пособие / В. Т. Белинский [и др.] ; ред.: К. Б. Круковский-Синевиц, Ю. Л. Мазор. - Киев : Вища шк., 1992. - 494 с. : ил.*
- *Каленкович. Н. И. Радиоэлектронная аппаратура и основы её конструкторского проектирования : учебно-методическое пособие для студентов спец. «Моделирование и компьютерное проектирование» и «Проектирование и производство РЭС» / ни. Каленкович [и др. ]. - Минск: БГУИР, 2008. - 200 с. : ил.*
- *Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др. Под общ. ред. В. А. Шахнова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 528 с.: ил.*

# Місце дисципліни у структурі знань

**Проектування** — це комплекс робіт який складається з пошуку, досліджень, розрахунків та розрахування з метою отримання опису достатнього для створення нового об'єкту або виробу, його реконструкції, модернізації, що відповідає заданим вимогам.

В процесі проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, схеми, графіки, пояснювальні записки, кошториси, калькуляції та описи.

**Конструювання** — процес пошуку, знаходження і відображення в конструкторській документації форми, розмірів, складу виробу, використаних матеріалів, взаємне розташування частин і зв'язки між ними, вказівок щодо технології виготовлення метою забезпечення виробництва виробу з заданими властивостями при найменшій трудоемності.

**Технологія** — наука, яка вивчає основні закономірності, які діють в процесі виробництва, і яка використовує їх для отримання виробів необхідної якості, заданої кількості і номенклатури при мінімальних матеріальних витратах, енергетичних витратах і витратах праці.

**Виробництво** як технологічна система є сукупність взаємозв'язаних процесів, за допомогою яких з сировинних ресурсів під дією природних сил створюються людиною необхідні продукти у вигляді засобів виробництва і предметів споживання.

**Технологія виробництва, або технологічний процес (ТП)** — основна частина виробничого процесу, що полягає у виконанні певних дій відповідно до технологічної документації, спрямованих на зміну початкових властивостей об'єкту виробництва і досягнення ним певного стану, що відповідає конструкторській документації.

Конструювання і технологія виробництва, є окремими частинами складного процесу розробки РЕА, в сучасних умовах не можуть виконуватися окремо, без урахування взаємозв'язків між собою і іншими етапами створення нової техніки. Будучи етапами загального процесу "розробка - виробництво - експлуатація", конструювання і технологія визначають зрештою загальні споживчі властивості РЕА.

# ЕА

Конструкційне виконання першої ЕА (кінець XIX ст.) мало вигляд дерев'яного ящика, монтаж виконувався неізолюваним провідником, контактування за допомогою гвинтів. Кількість каскадів невелика, екранування використовувалося тільки для катушок індуктивності. Підвищувалась кількість каскадів та коефіцієнту підсилення – з'явилась необхідність міжкаскадного екранування.

В кінці 20-х років минулого століття з'явилися металеві шасі на яких встановлювались елементи, що дозволило зменшити небажані зв'язки по електромагнітному полю, з'явилися етажерні конструкції виробів – складна система розбивалася на блоки, розміщені один над одним.

Пайка замість гвинтових з'єднань на початку 1930-х рр. дозволила суттєво спростити конструкцію вузла. Це призвело до зменшення габаритів радіоелектронних засобів (РЕЗ), більш близькому розміщенню електрорадіоелементів (ЕРЕ) и, як наслідок, до збільшення паразитних зв'язків.

Застосування РЕС на кораблях та автомобілях (1925-1935 рр.) поставила перед конструкторами задачі забезпечення вологозахисту, віброізоляції, збереження працездатності РЕЗ при різкій зміні температури тощо, що призвело до спеціалізації апаратур за умовами експлуатації і об'єкту встановлення.

Підвищення серійності випуску апаратури призвело до створення конструкторської ієрархії (уніфікації і підпорядкування несівних базових конструкцій). Для захисту апаратури танків і літаків (1935-1945 рр.) були розроблені герметичні корпуси, які встановлювались на віброізолятори (амортизатори). З середини 50-х рр. різко зростає рівень складності РЕЗ. Велике теплове випромінювання ламп створило принципові труднощі в конструюванні РЕЗ через підвищення внутрішнього нагріву пристроїв. Проблема була вирішена завдяки використанню транзисторів, що вже випускалися серійно.

Вимоги суттєвої мінімізації маси і об'єму ракетної апаратури (1940-1950 рр.) призвело до створення мікромодулей, друкованих плат, напівпровідникових приладів, коаксіальних кабелів, смужкових ліній, інтегральних мікросхем (ІМС). Подальше ускладнення апаратури в 1960-1970 рр. призвело до появи елементів функціональної мікроелектроніки. В наш час розвивається наноелектроніка.

За минуле століття змінилися п'ять поколінь ЕЗ. Основною відмінністю поколінь вважається елементна база і метод конструювання.

# Покоління РЕЗ

Умовно виділяють такі покоління РЕЗ:

**РЕЗ першого покоління** (20-50-і роки минулого століття) були побудовані з використанням електровакуумних ламп, дискретних ЕРЕ, провідних електричних зв'язків.

До **другого покоління РЕЗ** (50-60-і роки) відносяться конструкції РЕС на друкованих платах і дискретних напівпровідникових приладах.

До **третього покоління** відносяться конструкції на друкованих платах і ІМС малої степені інтеграції (100–1000 ел./корп.) (60-70-і роки).

В конструкціях РЕЗ **четвертого покоління** застосовуються великі інтегральні мікросхеми (ВІС), багатошарові друковані плати, гнучкі друковані шлейфи, мікросмужкові лінії. В інтегральній електроніці зберігається головний принцип дискретної електроніки - розробка електричних схем за законами теорії кіл.

В РЕЗ **п'ятого покоління** знаходять застосування приладів функціональної мікроелектроніки. Функціональна мікроелектроніка дозволяє реалізувати певну функцію апаратури без застосування стандартних базових елементів, використовуючи фізичні явища в твердих тілах.

# Основні поняття та визначення.

*Апаратура, в якій за допомогою генерування і перетворення електромагнітних коливань радіодіапазону вирішувались технічні задачі виявлення цілей, наведення, навігації тощо, називалася «радіотехнічна апаратура». Розвиток ЕОМ, систем автоматики, телеметрії, електрозв'язку призвело до появи поняття «електронна апаратура». В практиці став широко використовуватись термін «радіоелектронна апаратура» (РЕА). Це узагальнюючий термін для позначення одного або сукупності пристроїв, в основу функціонування яких покладені принципи радіотехніки або функціонування яких базується на електронних процесах.*

*Згідно ГОСТ 26632-85 «Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств по функционально-конструктивной сложности. Термины и определения» встановлені такі терміни та визначення.*

***Радіоелектронний засіб (РЕЗ)** – це технічний виріб певної складності чи його складова частина, в основу дії якого покладено принципи радіотехніки і електроніки.*

*Рівні функціональної складності:*

***Радіоелектронний функціональний вузол (РЕФВ)** – функціонально закінчений РЕЗ, що виконує функцію перетворення сигналу, але не має самостійного експлуатаційного використання (наприклад, підсилювач, модулятор і т.п.);*

***Радіоелектронний пристрій (РЕП)** – функціонально закінчений РЕЗ, що реалізує функцію передавання, приймання, зберігання чи перетворення інформації (наприклад, радіоприймач, радіопередавач, магнітофон і т.п.);*

***Радіоелектронний комплекс (РЕК)** – сукупність функціонально пов'язаних РЕП, зі структурою, що може змінюватися для зберігання працездатності, та який призначений для самостійної експлуатації згідно із функціональним призначенням (наприклад, т.зв. музичний центр, персональна ЕОМ, радіолокаційна станція і т.п.);*

***Радіоелектронна система (РЕ-система)** – сукупність функціонально пов'язаних РЕП та РЕК, що діють як єдина система зі структурою, яка може змінюватися з метою раціонального вибору та використання засобів, які до неї входять, у процесі експлуатації (наприклад, система керування рухом літаків у аеропортах, системи керування технологічними процесами на підприємствах і т.п.).*

# Класифікація РЕА

- За призначенням (апаратура народного-господарського застосування та воєнна апаратура або спеціальна);
- За функціональним призначенням (рис внизу);
- За частотним діапазоном (НЧ, ВЧ, НВЧ);
- За характером зміни сигналу (аналогова, цифрова обробка сигналів, аналогово-цифрова);
- За застосуванням (
  - Наземна: стаціонарна, пересувна, переносна;
  - Морська: для суден, для військових кораблів, буйкова;
  - Бортова (повітряний та космічний простір): літакова, вертольотна, ракетна, космічна.)
- За режимом використання (неперервної дії, багаторазового циклічного використання, одноразова);
- За можливістю відновлення (відновлювальна, невідновлювальна);
- За необхідністю технічного обслуговування (обслуговувана, необслуговувана);





# ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ РЕА

*Поява нового технічного виробу в будь-якій галузі - складний і іноді суперечливий процес. Найважливішим питанням для успішних дій у сфері виробництва нової техніки являється прогнозування.*

*Визначення головних напрямків майбутніх досліджень і розробок з метою концентрації зусиль на них проводиться в ході **науково-дослідних робіт (НДР)** і **дослідно-конструкторських робіт (ДКР)**.*

*Розробити і організувати виробництво нового виробу - значить, перетворити знання, нову ідею на готовий продукт. Цей процес вимагає витрат часу і великих одноразових фінансових вкладень. Величина цих витрат залежить від рівня новизни продукції і частоти зміни моделей.*

*Витрати на виготовлення нового виробу в перший рік його випуску можуть у декілька разів перевищувати витрати наступних років. Це знижує рівень ефективності виробництва нової техніки, а іноді призводить до великих збитків.*



**Рис. 1.1. Структура життєвого циклу виробу.**

У життєвому циклі виробу можна виділити два характерних періоди: перший – це час, протягом якого здійснюється розробка нової продукції, і другий – час, протягом якого нова продукція освоюється, виробляється і реалізується до повного припинення випуску і утилізації.

# ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ РЕА

У перший період життєвого циклу виробу включається повний комплекс робіт із створення нової техніки :

**1 - НДР.** В процесі цієї стадії виникають і проходять всебічну перевірку нових ідей, що реалізуються іноді у вигляді відкриттів винаходів.

**2 - ДКР.** Це перехідна стадія від наукових досліджень до виробництва. На цій стадії ідеї, що виникають в процесі НДР, практично втілюються в технічну документацію і дослідні зразки;

**3 - конструкторська підготовка виробництва (КПВ):** здійснюється проектування нової техніки, розробляються креслення і технічна документація;

**4 - технологічна підготовка виробництва (ТПВ).** Тут розробляються і перевіряються нові технологічні процеси, проектується і виготовляється технологічне оснащення для виробництва нової техніки;

**5 - організаційна підготовка виробництва (ОПВ).** На цій стадії вибираються методи і моделюються процеси переходу на випуск нової продукції, проводяться розрахунки потреби в матеріалах і комплектуючих виробках, визначаються календарно-планові нормативи (тривалість виробничого циклу виготовлення нового виробу, розміри партій, період чергування партій виробів,...);

**6 - відпрацювання в дослідному виробництві (ВДВ) нової конструкції виробу.** Освоюється випуск дослідного зразка, проводиться налагодження нових технологічних процесів, перевірка і оцінка "життєздатності" нової продукції.

У другий період життєвого циклу виробу включається сьома стадія - **освоєння його в серійному виробництві (ОСВ).** На цій стадії створюються умови для промислового виробництва нового виробу. Стадія освоєння є сполучною ланкою з фазою **виробництва і реалізації** виробу (ВіР).

Завершуючим етапом життєвого циклу є **експлуатація** нової продукції (Е) – період, коли ця продукція використовується у відповідності з її призначенням і приносить економічний ефект, до моменту **утилізації** (У).

# Етапи розробки РЕА

Державними стандартами визначено порядок розробки і постановки на виробництво продукції технічного призначення, у тому числі і РЕА:

- технічна пропозиція (аванпроект);
- ескізний проект (ЕП);
- технічний проект (ТП)

Основою для розробки є **технічне завдання (ТЗ)**, вміст якого встановлює ДСТ. У ТЗ викладаються призначення і область застосування РЕА, що розробляється, технічні, конструктивні, експлуатаційні і економічні вимоги до РЕА, умови по її зберіганню і транспортуванню, вимоги по надійності, правила проведення випробувань і приймання зразків у виробництві.

Стадії розробки ТЗ, технічних пропозицій і ЕП включаються, як правило, в НДР, а стадії розробки технічного проекту і технологічної підготовки виробництва – в ДКР.

На стадії **технічних пропозицій** проводиться аналіз існуючих технічних рішень, патентні дослідження, опрацювання можливих варіантів створення РЕА, вибір оптимального рішення, макетування окремих вузлів РЕА, вироблення вимог для наступних етапів розробки.

На стадії **ескізного проектування** здійснюють конструкторське і технологічне опрацювання вибраного варіанту реалізації РЕА; готується діючий зразок або серія РЕА; проводяться їх випробування в об'ємі, достатньому для підтвердження заданих в ТЗ технічних і експлуатаційних параметрів; організовується розробка в повному об'ємі необхідної конструкторської документації, якій привласнюється літера "Е"; опрацьовуються основні питання технології виготовлення, наладки і випробування елементів, вузлів, пристроїв і РЕА в цілому.

На стадії **технічного проекту** приймаються остаточні рішення про конструктивне оформлення РЕА і складових її вузлів, розробляється повний комплект конструкторської і технологічної документації, якій привласнюється літера "Т", виготовляється досвідчена серія РЕА, проводяться випробування РЕА на відповідність заданим в ТЗ технічним і експлуатаційним вимогам. Результати технічного проектування є основою для розробки повного комплексу робочої конструкторської документації, якій привласнюється літера "О".

В подальшому здійснюється технологічна підготовка виробництва, випуск настановної серії і організація серійного (масового) випуску РЕА.

# Конструкторське проектування

Традиційними є три рівні розробки.

На **першому рівні**, що вважається найбільш високим, відбувається визначення функціональних задач ЕА, розглядаються технічні принципи їх рішення і визначаються, наприклад, такі характеристики апаратури, як потужність і довжина хвилі, способи випромювання та прийому сигналів.

Перший рівень завершуються розробкою структурної схеми ЕА і визначенням функціональних вимог до його блоків.

На **другому рівні** проектування виконується розробка принципів електричних схем блоків на основі вимог, визначених на першому рівні проектування.

На **третьому рівні** відбувається конструювання апаратури і розробляються технологічні процеси її виробництва.

Алгоритм проведення робіт на першому і другому рівнях розробки, тобто проектування, показано на рис.

**Проектування** - розробка основних показників радіотехнічної апаратури і шляхів їх практичного реалізації. Результатом проектування є сукупність даних, яка може стати основою розробки технічних документів, необхідних для виготовлення та експлуатації пристроїв.



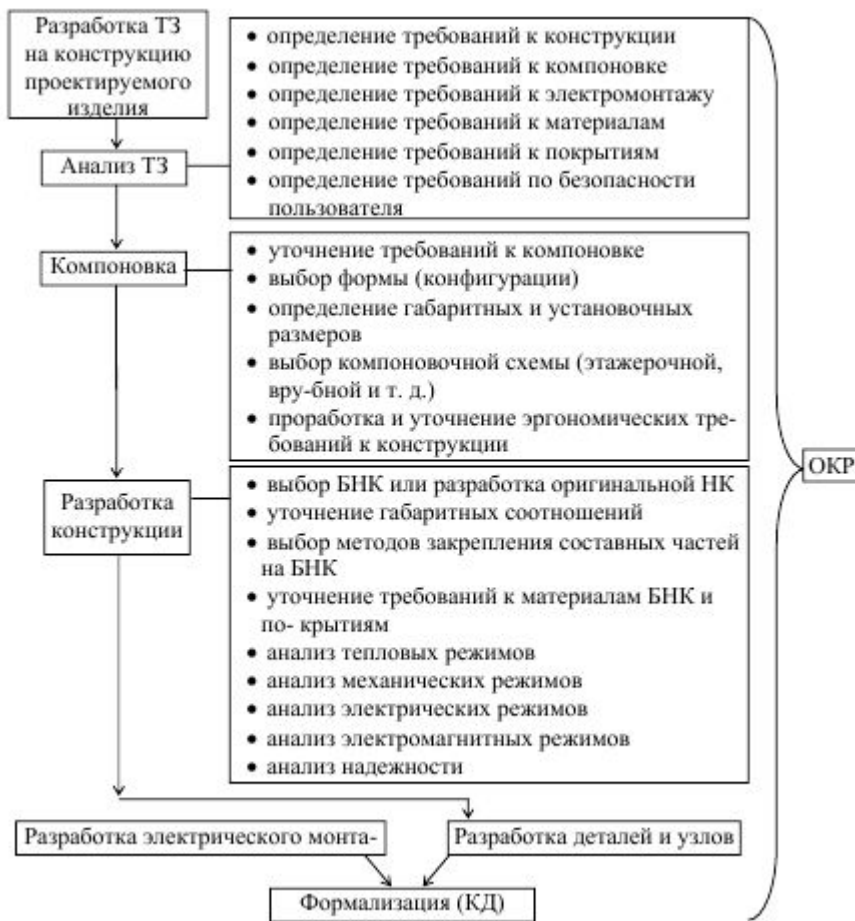
# Конструкторське проектування

Третій етап розробки традиційно називають конструюванням.

Склад робіт, що проводяться на даному етапі показано на рис.

Кінцевим результатом процесу конструювання є комплект технічних документів, що відображують всю сукупність заданих норм на розроблюваний виріб.

На даний час підвищується роль конструктора не тільки на другому, але і на першому рівні розробки ЕА.



Виды работ конструктора:

1. Творча (5-25%);
2. Технічна (10-50%);
3. Організаційна (5-15%);
4. Виробнича (10-50%);
5. Корекція (10-20%).

Основна задача – отримання ефективної апаратури:

