

УДК. 001.81

І.В. Тітов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

**ОСНОВНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ**

У статті розкриті сутність та основні аспекти сучасного підходу до конструювання електронної апаратури. Основною метою конструювання електронної апаратури є створення малогабаритної, високоефективної та надійної апаратури, виробництво та експлуатація якої не потребує великих витрат трудових, енергетичних і матеріальних ресурсів. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі основні задачі, як мініатюризація, мікромініатюризація та надмініатюризація, захист від внутрішніх та зовнішніх паразитних факторів; забезпечення високої технологічності. Розглянуті можливі варіанти конструктивного виконання апаратури.

**Ключові слова:** конструювання електронної апаратури, конструкція, технологічність, показники якості технічної системи.

**Вступ**

Державною програмою розвитку Збройних Сил України на 2006 – 2011 рр. [1] передбачено ряд заходів щодо розробки та створення нових зразків озброєння, невід'ємною частиною яких є електронна апаратура. Сучасний етап розвитку науки і техніки дає можливість широкого використання їх останніх досягнень в різних галузях.

Процес розробки технічного пристрою включає етап науково-дослідних, дослідно-конструкторських робіт та робочої стадії. Кожен етап має свої задачі, які потребують певної послідовності виконання проектних робіт.

Метою статті є узагальнення основних положень щодо основних аспектів сучасного конструювання електронної апаратури.

**Виклад основного матеріалу**

Якість розробленої технічної системи та пристосованість її до застосування оцінюється за такими видами показників [2]:

показники призначення, які характеризують основні параметри функціонування;

показники надійності, які характеризують безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;

показники технологічності, які характеризують рівень уніфікації, стандартизації, тип виробництва, вид технологічних процесів, час запуску у виробництво та ін.;

конструкторські показники, які характеризують раціональність компоновки, конструкції системи, габарити, масу, кількість деталей;

естетичні показники, що характеризують виразність конструкторського рішення, раціональність форм;

економічні показники, які характеризують трудомісткість виготовлення, себевартість і т.п.;

патентно-правові показники, що характеризу-

ють патентну чистоту, патентні захисти;

ергономічні показники, які характеризують раціональність технічної системи з точки зору наукової організації праці та вимог ергономіки інженерної психології;

екологічні показники, що характеризують вплив на оточуюче середовище;

показники безпеки, що характеризують безпеку життєдіяльності при роботі системи.

Числова кваліметрична оцінка якості здійснюється за трьома різними рівнями: абсолютним, відносним і перспективним, та визначається виразом:

$$K_{\text{разТС}} = \sum_{i=1}^{n1} n_i \sum_{j=1}^{n2} m_j E_j / p_j,$$

де  $m_j$  – вага (важливість)  $j$ -го параметра;

$n1$  – кількість показників якості;

$n2$  – кількість параметрів;

$E_j$  – числове значення  $i$ -го параметру еталону;

$p_j$  – числове значення  $i$ -го параметру технічного

пристрою, що розробляється;

$n_i$  – типи показників.

Конструювання електронної апаратури має ряд відмінних особливостей та характеризується:

ієрархічною структурою, під якою розуміється послідовне об'єднання більш простих електронних вузлів в більш складні;

перевагою електричних та електромагнітних зв'язків;

наявністю неоднорідностей в електричних з'єднаннях, які призводять до викривлення та затування сигналів, а також наявності паразитних зв'язків, що виступають джерелами перешкод;

наявністю теплових зв'язків, що потребує вживання заходів захисту термочутливих елементів.

Основною метою конструювання електронної апаратури є створення малогабаритної високоефек-

тивної та надійної апаратури, виробництво та експлуатація якої не потребує великих витрат трудових, енергетичних і матеріальних ресурсів [3].

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі основні задачі, як мініатюризація, мікромініатюризація та надмініатюризація; захист від внутрішніх та зовнішніх паразитних факторів; забезпечення високої технологічності.

Мініатюризація здійснюється в напрямках мінімізації конструктивних компонентів, мінімізації елементної бази, застосування полегшених та високотехнологічних матеріалів. Виконання таких заходів дозволяє знизити габарити та вагу апаратури, значно підвищити надійність, зменшити потужність, що споживається. Мікромініатюризація здійснюється застосуванням інтегральних схем, мікропроцесорних комплектів, аналогових функціональних комплектів, колекторних схем.

Надмінімізація (перехід до п'ятого покоління) базується на широкому застосуванні гібридно-інтегральних вузлів з програмуємою логікою, волоконно-оптичних кабелів.

Інша найголовніша задача – охолодження та захист, адже чим більша мініатюризація, тим вище потужність, що розсіюється. При цьому відведення тепла може здійснюватись безпосередньо від елементів, що виділяють тепло, або від корпусу.

Третя задача полягає у забезпеченні технологічності конструкції, що являє собою пристосованість конструкції до виготовлення та експлуатації. Технологічність конструкції здійснюється на базі типізації, стандартизації та уніфікації. Технологічність конструкції оцінюється кількісно. Кількісна оцінка здійснюється обчисленням числового значення показників технологічності [4]. Основні показники технологічності конструкцій розраховуються наступним чином:

1. Коефіцієнт застосовуємістості:

$$K_3 = 1 - K_{OPE} / K_{EPE} ,$$

де  $K_{OPE}$  – кількість типорозмірів оригінальних радіоелементів;

$K_{EPE}$  – загальна кількість типорозмірів.

2. Коефіцієнт повторюваності:

$$K_{II} = 1 - K_{TPE} / K_{PE} ,$$

де  $K_{TPE}$  – кількість типових радіоелементів у виробі;

$K_{PE}$  – загальна кількість радіоелементів у виробі.

3. Коефіцієнт використання інтегральних схем та мікрозбірок:

$$K_{BIBIC} = 1 - K_{IC} / K_{PE} ,$$

де  $K_{IC}$  – загальна кількість інтегральних схем;

$K_{PE}$  – загальна кількість радіоелементів у виробі.

Крім цього можуть застосовуватися комплексний та нормативний показники.

Все різноманіття конструкцій сучасної електронної апаратури може класифікуватись за принципом ділення на частини та за доступністю. При моноблочній конструкції апаратура не розбивається на окремі функціональні вузли та може бути застосована при конструюванні апаратури, яка має мало функцій, мінімальні розміри, виготовленої в малих кількостях або такої, що має малий строк служби. Позитивним боком такої конструкції є низькі витрати на конструювання, мінімальні габаритні розміри. До недоліків можна віднести відносно високі витрати на зборку, налагодження та контроль.

Блочно-модульна конструкція передбачає розбивання апаратури на складові частини, кожна з яких є вузлом-модулем, що виступає складовою частиною блоку. Переваги такого типу конструкції полягають у можливості змінення загальної функції апаратури шляхом заміни окремих модулів, можливості створення та вдосконалення різних типів апаратури при використанні різних модулів, полегшення ремонту та технічного обслуговування, спрощення технології виготовлення.

В разі уніфікації, конструкція розглядається як множина конструктивних частин, елементів та вузлів різної складності, вагогабаритних розмірів та функціонального призначення. При цьому вся сукупність конструктивних частин розбивається на групи, що відрізняються одна від одної функціонально. Уніфікація конструкцій, що входять до одного ряду, передбачає, що конструктивно можливо зібрати типовий базовий елемент. Можна вважати, що елементи одного рівня знаходяться друг по відношенню до друга в ієрархічному порядку. Таким чином все різноманіття конструкторських вузлів та елементів являє собою типізовану та уніфіковану систему, або єдину уніфіковану систему типових конструкцій (ЄУСТК), що являє собою певну сукупність рівнів (рис. 1).

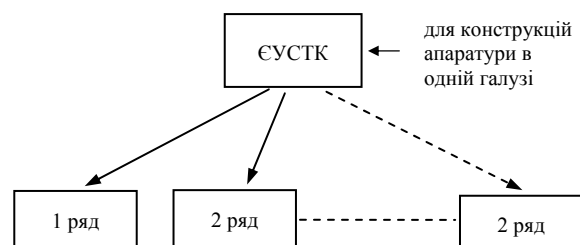


Рис. 1. Структура уніфікованої конструкції

Особливістю єдиної уніфікованої системи типових конструкцій є конструкторська ієрархія [3], яка передбачає послідовне об'єднання більш простих конструктивних вузлів в більш складні. Перевагами ієрархії є можливість організації одночасного виготовлення окремих частин (що веде до скоро-

чення тривалості загального циклу виготовлення), спрощення доступу до окремих частин конструкції та підвищення ремонтпридатності. До недоліків слід віднести збільшення габаритно-вагових характеристик та вартості.

При конструюванні радіоелектронної апаратури, необхідно пам'ятати, що одних й тих самих характеристик можливо досягнути різними методами. Вартість будь-якого радіоелектронного виробу залежить від вартості елементів, що купуються, вартості матеріалів та витрат труда на виготовлення деталей та проведення робіт по збірці та регулюванню. Крім того, в процесі експлуатації виникають інші затрати, які теж мають враховуватись. Починаючи конструювання, необхідно проаналізувати схему і конструкцію аналогічних виробів, опанованих на виробництві, та по можливості використовувати їх або виявляти ті мінімальні зміни конструкції, які нададуть їй нові властивості.

Одним з факторів, який визначає вартість експлуатації виробу, є його надійність. Якщо виріб має низьку надійність, то при експлуатації необхідно буде витратити багато засобів на запасні частини та на обслуговуючий персонал. При цьому вартість запасних частин може складати значну частину вартості виробу. Треба враховувати, що підвищення надійності досягається за рахунок застосування більш досконалих та надійних комплектуючих виробу, за рахунок резервування тощо.

## ВИСНОВКИ

Сучасний етап розвитку Збройних Сил України характеризується інтенсифікацією робіт, пов'язаних із розробкою нових зразків озброєння, невід'ємною частиною яких є електронна апаратура. Її конструювання має відбуватися у відповідності до основних вимог із урахування особливостей сучасності.

## Список літератури

1. Державна програма розвитку Збройних Сил України на 2006-2011 роки (основні положення). – К.: Міністерство оборони України, 2006. – 40 с.
2. Белов Б.И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для высших учебных заведений / Б.И. Белов и др. – М.: Изд. МГТУ, 2001 – 135 с.
3. Чернышев А.А. Основы конструирования и надежности электронных вычислительных средств / А.А. Чернышев. – М.; Радио и связь, 1998. – 448 с.
4. Грачев А.А. Конструирование электронной аппаратуры на основе поверхностного монтажа компонентов / А.А. Грачев, А.А. Мельник, Л.И. Панов. – М.: НТ Пресс, 2006. – 384 с.

Надійшла до редколегії 10.03.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. Співр. В.В. Баранник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

И.В. Титов

*В статье раскрыты сущность и основные аспекты современного подхода к конструированию электронной аппаратуры. Основная цель конструирования электронной аппаратуры состоит в создании малогабаритной, высокоэффективной и надежной аппаратуры, эксплуатация которой не требует больших затрат трудовых, материальных и энергетических ресурсов. Достижение этой цели требует решения таких задач, как миниатюризация и сверхминиатюризация, защита от внутренних и внешних паразитных факторов. Рассмотрены возможные варианты конструктивного исполнения аппаратуры.*

**Ключевые слова:** конструирование электронной аппаратуры, конструкция, технологичность, показатели качества технической системы

## THE BASIC ASPECTS OF MODERN DESIGNING OF ELECTRONIC EQUIPMENT

I.V. Titov

*In article the essence and the basic aspects of the modern approach to designing of electronic equipment are opened. The main objective of designing of electronic equipment consists in creation of the small-sized, highly effective and reliable equipment which operation does not demand the big expenses labour, material and power resources. Achievement of this purpose demands the decision of such problems, as miniaturization and superminiaturization, protection against internal and external parasitic factors. Possible variants of a design of equipment are considered.*

**Keywords:** designing of electronic equipment, design, adaptability to manufacture, indicators of quality of technical system.