

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

з дисципліни

"Основи проектування електронної апаратури"
частина 2

для студентів усіх форм навчання спеціальності 6.050902
«Радіоелектронні апарати»

2011

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Основи проектування РЕЗ", для студентів усіх форм навчання спеціальності 6.050902 "Радіоелектронні апарати", частина 2 / уклад.: Поспеєва І.Є., Коваленко Д.А. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 46 с.

Укладачі : Поспеєва Ірина Євгенівна, асистент
Коваленко Дар'я Аркадіївна, асистент

Рецензент: Шило Галина Миколаївна, канд. техн. наук,
доцент

Відповідальний за випуск: Крищук Володимир Миколайович,
канд. техн. наук, професор, зав. каф. КТВР

Затверджено
на засіданні кафедри КТВР
протокол № 5 від 13.05.2011

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
Порядок проведення робіт	6
1 Лабораторна робота 1. Аналіз вимог з ергономіки і технічної естетики	6
2 Лабораторна робота 2. Технологічність конструкцій РЕЗ	15
3 Лабораторна робота 3. Ремонтопридатність РЕЗ	20
4 Лабораторна робота 4. Забезпечення нормального теплового режиму РЕЗ	26
5 Лабораторна робота 5. Захист РЕЗ від механічних впливів	33
6 Лабораторна робота 6. Захист РЕЗ від впливів вологи	41
Література	46

ВСТУП

Сучасні радіоелектронні засоби багатогранно взаємодіють із своїм оточенням. Щоб створити життєздатну конструкцію, інженеру необхідно враховувати й тримати в полі зору величезну кількість умов, обмежень, параметрів, показників якості. Часто вимоги, обмеження, умови бувають суперечливі, несумісні. Наприклад, вимоги з надійності можуть вступити в протиріччя з вимогами з вартості, а обмеження за габаритами і масою конструкції можуть входити в суперечність з вимогами з ремонтпридатності й забезпеченню нормального теплового режиму і т.і. інженер-конструктор повинен знати способи і засоби рішення складних і суперечливих технічних задач, накопичувати і поповнювати "особисту бібліотеку" сучасних технічних рішень. Системний аналіз існуючих виробів допоможе студентам самостійно знаходити й аналізувати засоби досягнення поставлених цілей, давати оцінку їхньої ефективності й доцільності. Цінність даного комплексу робіт полягає також у тому, що студенти, аналізуючи існуючі конструкції, самостійно "розпредмечують знання", закладені в реальних конструкціях, виробляють у собі навички аналізу, уміння виділяти протиріччя і відшукувати засоби для їх усунення, що, безумовно, сприяє їх професійному становленню і росту.

У процесі проектування РЕЗ інженер-конструктор неминує зіштовхується з проблемою вибору остаточного варіанта рішення. Цей етап є обов'язковою частиною при ухваленні нового рішення і полягає в аналізі альтернативних варіантів на відповідність визначеним критеріям і виборі оптимального. Критерії вибору відбивають сукупність найбільш істотних ознак, за якими можна виділити оптимальний варіант серед безлічі можливих. Ці критерії задаються в технічному завданні (ТЗ) на проектування у вигляді вимог і обмежень.

Вимоги, пропоновані до конструкції РЕЗ, визначаються її призначенням, областю застосування, умовами експлуатації, типом виробництва і підрозділяються на наступні групи:

- вимоги до показників призначення РЕЗ, безпосередньо пов'язані з функціональним призначенням розроблювального виробу;
- вимоги з надійності РЕЗ, що оцінюються кількісними показниками (основним є наробіток на відмову);

- вимоги, пов'язані з захистом виробу від дестабілізуючих факторів, основними в цій групі, є вимоги стійкості апаратури до механічних і кліматичних впливів, забезпечення електромагнітної сумісності й стійкості до індустриальних радіоперешкод;

- вимоги до технологічності виробу, що включають у себе виробничу й експлуатаційну технологічність;

- вимоги, пов'язані з експлуатацією виробу людиною, що включають у себе вимоги естетики, ергономіки, техніки безпеки.

Рішення, що дозволяють реалізувати окремі вимоги, бувають найчастіше суперечливими. Традиційний шлях розрішення протиріч - компромісний – полягає у тому, що із сукупності вимог шляхом їх ранжирування виділяються найбільш значимі, інші не приймаються до уваги. Цей шлях, звичайно, не може привести до оптимального варіанта рішення.

В даний час розроблені методика, що дозволяють відшукати оптимальні варіанти рішення шляхом усунення технічних протиріч. Частина цих методик вивчається в курсі «Інженерне проектування».

У даному циклі лабораторних робіт студентам пропонується провести аналіз уже розробленого виробу на відповідність визначеним технічним вимогам, відзначивши переваги й недоліки конструкції стосовно до даної вимоги, традиційні й оригінальні технічні рішення. Крім того, необхідно відзначити, які вимоги не виконуються чи неприпустимо погіршуються при реалізації даної, обґрунтувавши можливість таких рішень.

Студентам необхідно проаналізувати запропоновані вироби на відповідність наступним вимогам:

- експлуатаційні вимоги (ергономіка, технічна естетика) – лабораторна робота 1;

- вимоги виробничої й експлуатаційної технологічності (технологічність, ремонтпридатність) – лабораторні роботи 2, 3;

- вимоги із захисту від дестабілізуючих факторів (захист від теплових, механічних впливів, вологості) - лабораторні роботи 4, 5, 6.

Мета роботи: вивчити традиційні методи забезпечення технічних вимог до РЕЗ; навчитися аналізувати вироби середньої складності на відповідність технічним вимогам.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Академічна група розбивається на бригади по 4-5 чоловік. Кожна бригада виконує роботи циклу відповідно до графіка.

У процесі виконання роботи студенти складають один звіт на бригаду. Звіт виконується на аркушах формату А4 із титульним листом, на якому повинні бути зазначені: тема роботи, прізвища членів бригади, що виконували дану роботу, прізвище викладача, що прийняв роботу. Захист роботи відбувається у вигляді співбесіди з викладачем кожним студентом індивідуально.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1 АНАЛІЗ ВИМОГ З ЕРГОНОМІКИ І ТЕХНІЧНОЇ ЕСТЕТИКИ

1.1 Загальні теоретичні відомості

З широким розвитком нової техніки виникла необхідність приведення у відповідність конструкцій виробів, їх виробництва і виконуваних ними функцій з трудовими характеристиками людини. Ще в доісторичні часи зручність і відповідність знарядь праці потребам людини були питанням життя й смерті. А в майстрів Древньої Греції і середньовічних ремісників поняття краси й користі, форми й змісту виробу були нерозривно пов'язані. Ці питання поєднує ергономіка - прикладна наука, що вивчає людину і її діяльність із метою оптимізації знарядь, умов і процесу праці.

Питаннями реалізації вимог ергономіки художніми засобами займається технічна естетика - наука, що вивчає соціально-культурні, технічні й естетичні проблеми, формування гармонічного предметного середовища, створюваного засобами виробництва.

Сучасна ергономіка в промисловості розглядає ряд проблем, пов'язаних із системою "людина-машина". Людина, машина й середовище розглядаються як складне функціональне ціле, у якому провідна роль належить людині.

1.1.1 Ергономічні показники

Ергономічні показники конструкції поділяються на:

- *гігієнічні* (освітленість, вентиляємість, температура, напруженість електричних і магнітних полів, токсичність, шум, вібрації);

- *антропометричні* (відповідність конструкції виробу розмірам і формі тіла людини і його частин, що входять у контакт із виробом);

- *фізіологічні й психофізіологічні* (відповідність конструкції виробу силовим, швидкісним, зоровим можливостям людини);

- *психологічні* (відповідність конструкції виробу можливостям сприйняття й переробки інформації закріпленим і знову сформованим навичкам людини).

Ергономічні показники людини служать для оцінки узгодженості її можливостей з вимогами, обумовленими особливостями техніки. Людина виконує свої функції на робочому місці, під яким розуміється зона, оснащена технічними засобами. Робоче місце повинне бути пристосоване для конкретного виду праці і для працівників визначеної кваліфікації з урахуванням їх особливостей.

З усіх ергономічних показників найважливішими є психофізіологічні показники людини і їх домінуючий фактор - зір. Це обумовлене тим, що за допомогою зору людина одержує 30...90 % всієї інформації. Тому при проектуванні РЕЗ необхідно виконати ергономічний аналіз створюваної конструкції і переконатися в тому, що:

- вибір форми виробу й співвідношення розмірів його сторін, колірне рішення передньої панелі й корпуси забезпечують оптимальний режим роботи оператора;

- розташування приладів і органів керування забезпечує зручне положення людини при роботі;

- робоча площина знаходиться на зручній висоті з урахуванням робочого положення й відстані до очей;

- органи керування розміщені в межах досяжності з урахуванням положення тіла оператора при роботі;

- форма, розміри й матеріал органів керування відповідають прикладеному зусиллю, припустимому з погляду фізіології;

- конструкція забезпечує зручність обслуговування й ремонту РЕЗ (доступність, ступінь ризику, освітленість і т.і.);

- органи керування й індикації розміщені на оптимальній відстані в полі зору, розподіли шкал видні досить чітко, індикатори розташовані досить близько від відповідних органів керування;
- в однотипній апаратурі органи керування розташовані однаково і за їх положенням можна швидко визначити ситуацію (наприклад, ВКЛ/ВИКЛ);
- рука при переміщенні органа керування не закриває шкалу індикатора;
- режим роботи оператора допускає правильне чергування роботи й відпочинку, а також динамічних і статичних видів навантаження;
- існує відповідність між переміщенням органів керування і викликаними ними ефектами;
- органи керування й індикації розміщені в послідовності, що відповідає порядку виконання операцій;
- фізичне й психофізіологічне навантаження при роботі відповідає можливостям операторів (чоловіків, жінок, молодих і літніх працівників).

1.1.2 Художнє оформлення конструкції РЕЗ

При розробці зовнішнього оформлення конструкції РЕЗ важливо врахувати різні обмеження (соціально-економічні, ергономічні, конструктивні, технологічні), а також фактори технічної естетики, що впливають на конструкцію через суб'єктивні особливості художника-конструктора (знання в області технічної естетики, ергономіки, конструювання електронної апаратури, художніх технологічних можливостей виробництва, соціальних проблем і т.і.).

Якість художнього оформлення РЕЗ (його композиції) характеризується співвідношенням краси й користі (форми й змісту), тобто гармонійністю.

Теорія композиції базується на категоріях (тектоніка, об'ємно-просторова структура, колірна гармонія), що відбивають найістотніші зв'язки і відносини форми і є загальними факторами технічної естетики.

Тектоніка - зорове відображення роботи конструкції й матеріалу у формі, тобто зв'язок форми й змісту.

Об'ємно-просторова структура характеризує взаємодію форми і її елементів між собою і з навколишнім простором.

Колірна гармонія реалізується з урахуванням вимог ергономічних характеристик зору. Вміло сполучаючи ті чи інші кольори, можна створити враження легкості й ваги, простору й тісноти і т.і. Колір, необхідний для виділення потрібних деталей (елементів, що знаходяться під небезпечною напругою, найважливіших кнопок і клавіш). Колір є засобом естетичного впливу, піднімає чи знижує емоційний тонус, може викликати творчий підйом. Правильне застосування кольору підвищує конкурентноздатність виробу. Особливо ретельно повинні бути продумані колірні контрасти. Для РЕЗ найдоцільніше застосовувати гармонюючі відтінки одного кольору (наприклад, світло-сірий колір панелі і темно-сірий, сіро-голубий колір корпусу або світло-бежевий колір панелі і темно-бежевий, світло-коричневий колір корпусу і т.і.).

До засобів композиції відносять форму частин і цілого, їх колір, тон, взаємне розташування частин, ритм чергування, симетрію, асиметрію, пропорційність, масштабність, фактуру, пластику і т.і. Різні засоби композиції одержують, комбінуючи різні засоби композиції.

Ритм - засіб, що забезпечує виділення і зв'язок елементів форми шляхом їх повторення, чергування, наростання, зменшення. Оскільки сутність ритму полягає в асоціації з рухом, він надає конструкції статичність або динамічність.

Симетрія - організація елементів конструкції, заснована на правильному їх розміщенні щодо центра чи осі. Розрізняють відносну симетрію, коли щодо осі чи площини врівноважуються елементи приблизно однакові (за формою, розміром, кольором) і контрастну симетрію, коли зрівноважування виконується встановленням співвідношення величини і взаємного положення різних форм.

Пропорційність - домірність частин і форм між собою, а також між собою і цілим. Від удаю знайденого співвідношення частин виробу в значній мірі залежать композиційна цілісність і гармонійність усього виробу. В основі пропорційності лежать закономірності росту: органічного (рослини, тварини) і неорганічного (кристали). Закономірність органічного росту знаходить своє відображення в динаміці, неорганічного - у статиці.

Масштабність - зорово-просторова характеристика розмірів конструкції виробу. Джерела масштабності - у закономірній будівлі природи, де всякій зміні кількісних ознак організмів відповідають зміни якісних особливостей форми. Частини людського тіла раніше були основою усіх вимірів (фут, дюйм, долоня, аршин, сажень, лікоть). Метрична система не пов'язана з розмірами людського тіла, тому для одержання гармонічного

виробу необхідно використовувати масштаб, що дозволяє зіставити розміри виробів із розмірами людського тіла. У РЕЗ масштабні характеристики пов'язані з деталями, розміри яких обумовлені технічними і ергономічними вимогами. Наприклад, клавіші, кнопки мають відносно постійні розміри незалежно від розмірів виробу. Такі елементи зветься показчиками масштабу.

Фактура й пластика служать для створення нюансних способів обробки, фактура - для створення тонких контрастів, наприклад, протиставлення матової й полірованої поверхні того самого матеріалу.

Таким чином, у розпорядженні художника-конструктора маєтсья великий набір засобів і способів технічної естетики, за допомогою яких можна забезпечити ергономічність конструкції РЕЗ і її художні якості.

1.1.3 Особливості зовнішнього оформлення професійних і побутових РЕЗ

З погляду специфіки зовнішнього оформлення усі РЕЗ підрозділяються на професійні й побутові. При конструюванні професійних РЕЗ здебільшого враховуються ергономічні параметри, а при конструюванні побутових РЕЗ - естетичні якості.

1.1.3.1 Конструювання професійних РЕЗ

Робота оператора на професійних РЕЗ у загальному випадку полягає у виконанні диспетчерських функцій: спостереження за надходженням інформації, переробка інформації й прийняття рішень, виконання прийнятих рішень.

Основною вимогою є розміщення елементів індикації на лінії, що проходить через вісь очей.

При розташуванні індикаторів варто враховувати їх пріоритет:

- значення для досягнення мети;
- ціна помилки оператора;
- частота використання;
- терміновість використання інформації;
- надійність роботи індикаторів.

Найпріоритетніші індикатори розташовують прямо перед оператором, менш важливі - ліворуч, ще менш важливі - праворуч.

Ефективність виконання операцій керування в значній мірі залежить від конструкції органів керування й характеру їх розміщення друг щодо друга і щодо органів індикації. Панель органів керування має

нахил до горизонтальної площини від 15 до 30 градусів. Органи керування повинні знаходитися в межах досяжності рук оператора. Органи керування РЕЗ розподіляються за своїм призначенням на виконавчі (кнопки, тумблери, клавіші) й регулювальні (ручки, перемикачі, клавіші). До елементів керування пред'являються вимоги швидкості передачі інформації від оператора, надійності роботи, естетичності, технологічності конструкції. За конструктивною реалізацією елементи керування доцільно розділити на керовані одним пальцем (натискні, пересувні), двома і великим числом пальців (поворотні, багатообертові, підйомні). З перемикачів другої групи найбільше застосування знайшли ручки для плавного й дискретного регулювання.

Приблизні параметри ручок:

- діаметр **4...8** (до **70** мм);
- висота **12...20** мм;
- необхідне оптимальне зусилля **3...4 Н**, максимальне - до **25 Н**.

Робоча поверхня ручок плавного регулювання повинна мати зручні для захоплення пальцями насічки чи рифлення.

Відстань між краями сусідніх ручок повинна бути **не менш 20 мм**.

Конструкція тумблерів залежить від виконуваних ними функцій. Припустиме зусилля переключення не повинне перевищувати **3...5 Н**, а довжина важеля - **3...15 мм**. Перемикачі дискретного типу (багатопозиційні) повинні мати ручки - покажчики, довжина приводного елемента яких повинна бути **не менш 20 мм** і висота - **не менш 10 мм**. У РЕЗ найбільше застосування знайшли кнопки чотирикутної форми із закругленими кутами чи крайкою. Діаметр (діагональ) кнопок вибирають, виходячи з довжини й ширини пальців у межах **8...30 мм**. Зусилля натискання часто використовуваних кнопок повинне складати **1...6 Н**, рідко використовуваних і найбільш відповідальних - **6...12 Н**, глибина вдавлювання кнопок **2...5 мм** і **6...12 мм** відповідно. Чим швидше й частіше оператору приходиться працювати з кнопками, тим більші розміри вони повинні мати.

При установці тумблерів і кнопок варто керуватися наступними міркуваннями:

- установка в горизонтальні ряди доцільніша за установку у вертикальні ряди, тому що в першому випадку зменшується ймовірність помилки;

- важелі тумблерів у будь-якому робочому положенні й кнопки повинні знаходитися на відстані не менш **20...35 мм** одне від одного.

Цілісність панелі керування РЕЗ досягається завдяки умілому використанню співвідпорядкованості другорядних елементів головним, пропорційності й масштабності. Для передньої панелі РЕЗ ведучою є її поверхня, відомим – шкали, індикатори, кнопки, перемикачі, ручки і т.і. Серед відомих можна виділити найбільш значимі елементи. Пропорції у вертикальному напрямку є більш значимими, ніж у горизонтальному. Основним засобом досягнення пропорційності є геометрична подоба на основі використанні рядів: арифметичних ($H1-H2 = H2-H3$), геометричних ($H1:H2 = H2:H3$). Одним із методів пропорційності є використання домірності всього пристрою і його частин (модулів). Статичність при конструюванні панелі РЕЗ досягається шляхом симетричного розташування рядів клавіш і елементів індикації щодо осі (площини) симетрії або контрастного симетричного розташування різногабаритних і різнотонових елементів.

При компонованні панелі керування в цілому необхідно приймати до уваги:

- взаємне розташування органів індикації і керування з урахуванням послідовності роботи з ними для того, щоб органи зору й керування людини рухалися в одному напрямку без різких стрибків і зигзагів;
- при роботі з двома і більш ручками регулювання руки оператора не повинні перехрещуватися;
- при роботі двома руками варто прагнути того, щоб рухи оператора були симетричні і синхронні;
- при наявності декількох рознесених пультів їх склад і розташування повинні бути добре продумані.

При зовнішньому оформленні професійних РЕЗ необхідно звертати увагу на ергономічність і естетичність допоміжних елементів - з'єднувачів, ручок для перенесення, елементів кріплення, опорних ніжок і т.і.

1.1.3.2 Зовнішнє оформлення побутових РЕЗ

При оформленні побутових РЕЗ необхідно враховувати інтереси передбачуваного споживача:

- технічні параметри (звукові стовпчики, регулювання якості звуку, відеозапис і т.і.);
- технічні й естетичні параметри (престижне оформлення);
- задоволення від самого процесу спілкування з апаратурою (наявність великої кількості елементів керування й індикації, "приладове" оформлення).

Колірне оформлення повинне враховувати інтер'єр. Щоб апаратура підходила під будь-який інтер'єр, іноді йдуть на "нейтральне" приладове оформлення побутової апаратури.

В даний час відпрацьовування зовнішнього оформлення РЕЗ здійснюється на всіх етапах конструювання. На стадії ескізного проектування вивчаються ТЗ, художньо-конструкторські аналоги і прототипи, каталоги, проспекти, патентна інформація. На стадії технічного проектування ескізний проект коректується з переліком конкретних конструкторсько-технологічних вимог. При цьому остаточно вибирають форму виробу і його колірне рішення з урахуванням технологічних можливостей виробництва. У результаті одержують повний комплект художньо-конструкторської документації, необхідної для розробки робочого проекту. На етапі розробки робочої документації і виготовлення експериментального зразка дизайнер дає консультацію і здійснює нагляд за збереженням задуму технічного художньо- конструкторського проекту, контролює й візує конструкторську й технологічну документацію, оформляє заявку на промисловий зразок.

1.2 Контрольні питання

1.2.1 До якого класу апаратури відноситься запропонований для аналізу прилад?

1.2.2 Які вимоги, пропонувані до апаратури даного класу, є пріоритетними?

1.2.3 Поясніть призначення запропонованого для аналізу приладу й порядок дій оператора.

1.2.4 Що в конструкції передбачено для зручності роботи оператора?

1.2.5 Охарактеризуйте форму, нахил передньої панелі, співвідношення сторін, колірне рішення запропонованого для аналізу приладу з погляду ергономічного й естетичного аналізу.

1.2.6 Проаналізуйте компоновку передньої панелі приладу з погляду зручності роботи оператора.

1.2.7 Перелічить засоби відображення інформація. Обґрунтуйте доцільність застосування індикатора даного типу в запропонованому для аналізу приладі.

1.2.8 Які вимоги пред'являються до ручок органів керування? Проаналізуйте форму й розміри ручок органів керування в запропонованому приладі.

1.2.9 Проаналізуйте розміри, колірне рішення й місце нанесення написів на передній панелі приладу.

1.2.10 Назвіть доцільні конструкторські рішення з погляду забезпечення ергономіки й естетики в аналізованому приладі.

1.2.11 Які конструкторські рішення є на Ваш погляд невдалими з погляду забезпечення ергономіки й естетики в аналізованому приладі?

1.2.12 Запропонуйте конструкторські рішення, спрямовані на усунення помічених недоліків.

1.3 Порядок виконання роботи

1.3.1 Отримати у викладача об'єкт дослідження.

1.3.2 Проаналізувати об'єкт на відповідність вимогам ергономіки та технічної естетики.

1.3.3 Виявити вдалі конструкторські рішення, спрямовані на забезпечення вимог ергономіки та технічної естетики.

1.3.4 Виявити недоліки конструкції з точки зору вимог ергономіки та технічної естетики.

1.3.5 Запропонувати варіанти технічних рішень спрямованих на усунення знайдених недоліків.

1.4 Зміст звіту

1.4.1 Тема та мета роботи.

1.4.2 Відповіді на контрольні питання.

1.4.3 Результати аналізу об'єкта на відповідність вимогам ергономіки та технічної естетики.

1.4.4 Короткий опис запропонованих варіантів модернізації об'єкта.

1.4.5 Висновки.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ РЕЗ

2.1 Загальні теоретичні відомості

Ефективність і якість конструкцій РЕЗ характеризується системою показників, найважливішим з яких, є технологічність. Під технологічністю розуміють сукупність властивостей виробу, що забезпечують оптимізацію витрат при виробництві, експлуатації, ремонті з урахуванням заданих показників якості. Розрізняють *виробничу й експлуатаційну технологічності*.

Виробнича технологічність характеризується трьома складовими: *трудосмістю, матеріалосмістю й собівартістю*.

Експлуатаційна технологічність визначає обсяг робіт при підготовці виробу до використання за призначенням, технічному ремонті й утилізації. Експлуатаційна технологічність характеризується п'ятьма параметрами РЕЗ: *доступністю, контролездатністю, взаємозамінністю, забезпеченістю ЗПП, легкоз'ємністю з об'єкта*.

Технологічність безпосередньо пов'язана з типом виробництва. Конструкція може бути технологічною при одиничному виробництві, коли використовується універсальне устаткування і висококваліфікований персонал, і нетехнологічна при масовому виробництві, заснованому на застосуванні спеціалізованого устаткування, коли весь технологічний процес (ТП) розбитий на операції, виконувани персоналом невисокої кваліфікації.

2.1.1 Забезпечення технологічності РЕЗ на всіх етапах розробки

Технологічність конструкції РЕЗ забезпечується на всіх етапах розробки.

При узгодженні ТЗ визначають вимоги з технологічності РЕЗ у цілому (уніфікація, типізація, наступність), встановлюється зв'язок показників РЕЗ і техніко-економічних вимог із використанням нових матеріалів і ТП.

На етапі технічної пропозиції розроблюються варіанти розчленовування конструкції РЕЗ, визначаються запозичені й оригінальні деталі, очікуваний рівень технологічності конструкції.

На етапі ескізного проекту детальніше уточнюються складові конструкції, використовувані типові конструкції, параметри матеріалів, способи базування деталей і регулювання вузлів, можливості використання типових ТП, заходи щодо зручності обслуговування, номенклатура змінних і ремонтних деталей.

На етапі технічного проекту виявляється можливість застосування покупних виробів, стандартних, освоєних на виробництві деталей і вузлів; визначаються методи обробки деталей, можливість паралельної й незалежної зборки вузлів і деталей; відпрацьовується конструкція деталей, призначених для обслуговування й ремонту.

На етапі робочої документації уточнюється номенклатура уніфікованого кріплення і типових елементів; аналізується можливість забезпечення технологічності зборки (виключення проміжної розборки, вибір способів базування й фіксування, методів регулювання); установлюються економічно доцільні способи одержання заготівель; виробляється поелементне відпрацьовування конструкції деталей і вузлів на технологічність.

На всіх етапах розробки конструкції, починаючи з технічної пропозиції, відбувається контроль конструкторської документації на технологічність.

2.1.2 Конструкторські методи забезпечення технологічності

До основних конструкторських методів забезпечення технологічності відносяться:

- використання найпростішої й відпрацьованої у виробництві конструкторської ієрархії (базової конструкції);
- вибір розмірів та форми компонентів, деталей і вузлів конструкції з урахуванням економічно доцільних для заданих умов виробництва способів формоутворення;
- зменшення номенклатури використовуваних матеріалів і напівфабрикатів;
- застосування обґрунтованих сортментів і марок матеріалів, що дозволяють знизити матеріалоемність виробу.
- зменшення застосування дефіцитних чи токсичних матеріалів, дорогоцінних металів;

- обґрунтований вибір квалітета точності, шорсткості поверхні, установчих і технологічних баз;
- конструктивна й функціональна взаємозамінність вузлів, мінімізація числа підстроюваних і регульовальних елементів;
- контролездатність та інструментальна доступність елементів, деталей і вузлів, особливо при автоматизованому й механізованому виготовленні;
- підвищення застосовності (серійності) виробу і його складових частин за допомогою стандартизації й уніфікації.

2.1.3 Стандартизація й уніфікація – шляху підвищення технологічності

Пошук нових конструкторських рішень виправданий у тому випадку, коли при цьому досягається якась нова якість виробу, або ж стара забезпечується при менших витратах. У загальному випадку виправдана *максимальна наступність*, тобто застосування стандартних і уніфікованих деталей і вузлів, що дозволяє одержати значні переваги, серед яких:

- значне скорочення термінів і вартості проектування;
- скорочення на підприємстві номенклатури застосовуваних деталей і складальних одиниць, збільшення застосовності й масштабу виробництва;
- виключення розробки нового спеціального оснащення і спеціального устаткування для кожного нового варіанта РЕЗ;
- створення спеціалізованих виробництв стандартних і уніфікованих складальних одиниць для централізованого забезпечення підприємств;
- спрощення обслуговування й ремонту РЕЗ, тобто поліпшення експлуатаційної технологічності конструкції.

2.1.4 Типізація – вища форма наступності

Вищою формою наступності є *типізація* – це спосіб ліквідації різноманіття виробів шляхом обґрунтованого зведення до обмеженої кількості обраних типів (типорозмірів), при якому розміри (параметри) обраних типів отримані у виді переважного ряду, утвореного в результаті розподілу чи множення розмірів (параметрів) одного вихідного (так званого, *базового*) виробу на ціле число. Розробка розмірного ряду для конструктивно-параметричного

сімейства виробу даного виду повинна здійснюватися в наступній послідовності:

- вибір основного параметра, за яким будується ряд, і розміщення типорозмірів з обраним кроком;
- аналіз пропозицій споживачів про створення нових виробів і про перспективну потребу в них;
- аналіз спільності конструкторських рішень вітчизняних і закордонних аналогів, охоплених номенклатурою типорозмірів розроблювального ряду.

Конструктивно-параметричний ряд сімейства розробляється одночасно з *базовою несучою конструкцією* (БНК) - першим представником ряду виробів.

Усі заходи щодо підвищення технологічності здобувають особливу значимість і, у кінцевому рахунку, спрямовані на забезпечення конкурентноздатності і швидкий збут виробу.

2.2 Контрольні питання

2.2.1 До якого класу відноситься запропонований для аналізу прилад?

2.2.2 Яким типом виробництва характеризується апаратура даного класу?

2.2.3 Назвіть ознаки стандартної, уніфікованої й оригінальної елементних баз. Як кожна з перерахованих елементних баз впливає на технологічність?

2.2.4 Охарактеризуйте елементну базу запропонованого для аналізу приладу.

2.2.5 Чи наявні оригінальні вузли елементної бази в запропонованому приладі?

2.2.6 Назвіть оригінальні деталі й вузли конструкції в аналізованому приладі.

2.2.7 Назвіть переваги й недоліки БНК.

2.2.8 Назвіть елементи конструкції, що відносяться до БНК.

2.2.9 Які матеріали застосовуються для виготовлення деталей в аналізованому приладі?

2.2.10 Які методи формоутворення використовувалися для виготовлення деталей в аналізованому приладі?

2.2.11 Які типові ТП застосовувалися при виробництві аналізованого приладу?

2.2.12 Назвіть конструкторські рішення, спрямовані на підвищення технологічності аналізованого приладу.

2.2.13 Назвіть невдалі на Ваш погляд конструкторські рішення з позицій технологічності.

2.3 Порядок виконання роботи

2.3.1 Отримати у викладача об'єкт дослідження.

2.3.2 Проаналізувати об'єкт на відповідність вимогам технологічності.

2.3.3 Виявити вдалі конструкторські рішення, спрямовані на забезпечення вимог технологічності.

2.3.4 Виявити недоліки конструкції з точки зору вимог технологічності.

2.3.5 Запропонувати варіанти технічних рішень спрямованих на усунення знайдених недоліків.

2.4 Зміст звіту

2.4.1 Тема та мета роботи.

2.4.2 Відповіді на контрольні питання.

2.4.3 Результати аналізу об'єкта на відповідність вимогам технологічності.

2.4.4 Короткий опис запропонованих варіантів модернізації об'єкта.

2.4.5 Висновки.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3 РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ РЕЗ

3.1 Загальні теоретичні відомості

Ремонтопридатність - це пристосованість виробу до виявлення, усунення й попередження відмов і до виконання ремонтів протягом заданого часу при повному забезпеченні ремонтними засобами і запасними частинами. Вона є складовою частиною надійності. Апаратура з високою ремонтопридатністю дозволяє проводити її ремонти найпростішими способами і з мінімальними витратами з боку обслуговуючого персоналу. Висока ремонтопридатність збільшує ступінь надійності апаратури, якщо час на ремонт буде менше, ніж це передбачено ймовірністю усунення відмовлення. Ремонт апаратури під час експлуатації складається з двох видів - *поточного і профілактичного*. *Поточний ремонт* проводиться при виявленні несправності, яку необхідно усунути для відновлення працездатності апаратури. *Профілактичний ремонт* складається з ряду регламентних робіт, обсяг і терміни виконання яких заздалегідь передбачаються для даної апаратури. Такий вид ремонту включає заміну деяких деталей, термін служби яких минув, незалежно від їхнього фактичного стану, періодичне регулювання, підстроювання, чищення, змащення. Під час профілактичного ремонту усуваються усі помічені несправності. Профілактичний ремонт значною мірою попереджає поточний, а його якість дуже впливає на повторюваність і середню тривалість часу поточного ремонту. Цими двома видами ремонту й обумовлюється технічне обслуговування апаратури, задачею якого є забезпечення передбачених для апаратури умов експлуатації, усунення виявлених несправностей і попередження їхнього виникнення.

3.1.1 Фактори, що визначають ремонтопридатність

Ремонтопридатність визначається:

- засобами перевірки функціональних і параметричних величин системи;
- часом, необхідним для відшукування несправності й з'ясування її характеру;

- доступом до змінних вузлів із мінімальною витратою часу;
- взаємозамінністю вузлів і зручністю їхньої заміни;
- забезпеченістю й станом ремонтного інструмента й устаткування;
- укомплектованістю запасними частинами;
- умовами розміщення апаратури в апаратних приміщеннях.

3.1.2 Критерії ремонтпридатності

Ремонтпридатність заздалегідь не може бути задана в кількісній формі, однак її рівень досить точно може бути визначений такими показниками, як **ймовірність відмов**, **готовність системи до роботи** і **часом виконання робіт** з відновлення працездатності. Рівень ремонтпридатності визначається на ранній стадії проектування - при компонуванні виробу й у тім обсязі, як це вимагають технічні умови.

Обсяг робіт із відновлення безвідмовності системи достатньо характеризується ймовірністю відмов і середнім часом ремонту, затрачуваним на одну відмову. **Часом відновлення** називають час, затрачуваний на виявлення, пошук причин і усунення наслідків відмови. Для складної РЕЗ час відновлення не повинен перевищувати, як правило, 15...30 хв. Усі засоби підвищення ремонтпридатності зводяться до зниження часу відновлення.

Якщо ймовірність безвідмовної роботи системи знаходиться в межах:

$$Q(t) \leq (P(t) \leq 1, \quad (3.1)$$

то очевидно, що ймовірність відмови системи $Q(t)$ може бути записана у вигляді:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (3.2)$$

Ймовірність безвідмовної роботи системи визначається співвідношенням

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (3.3)$$

де λ - інтенсивність відмов;

t - час безвідмовної роботи системи.

З (3.3):

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3.4)$$

За результатами статистики середній час відновлення безвідмовності апаратури на одну відмову визначається:

$$t_B = \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) / n \quad (3.5)$$

де t_i - час, витрачений на усунення i -ї відмови;
 n - кількість відмов за визначений проміжок часу.

Зв'язок між надійністю й ремонтпридатністю характеризується коефіцієнтом готовності апаратури до роботи

$$K_T = T_0 / (T_0 + t) \quad (3.6)$$

де T_0 - середній час справної роботи на одну відмову.

3.1.3 Надійність – як засіб попередження ремонту

Надійність як складна, комплексна властивість характеризується чотирма складовими: **безвідмовність, довговічність, збереженість і ремонтпридатність** і комплексними показниками: **коефіцієнтами готовності, технічного використання** і т.і. Відмови конструкції, що характеризують перераховані вище складові, мають загальний фізико-хімічний механізм. Відмови, що відрізняються одна від одної моментом виникнення на протязі терміну служби виробу, підрозділяються на **раптові і поступові**. **Раптові відмови** виникають внаслідок стрибкоподібної зміни заданих параметрів пристрою, наприклад, обривів, коротких замикань, пробойів, порушень контактів і т.і. Вони мають випадковий катастрофічний характер і складають дві третини усіх відмов, що спостерігаються при експлуатації довгостроково використовуваної складної РЕЗ. **Поступові відмови** характеризуються поступовою зміною одного чи декількох параметрів, внаслідок останні виходять за встановлені межі. Поступові відмови визначаються процесами електричного і механічного зносу і старіння, а також внутрішніми і зовнішніми впливами: електричним і тепловим режимами роботи апаратури; температурою, вологістю, тиском, складом навколишнього середовища; вібраціями й ударами, впливами різних полів і т.і.

Точне прогнозування надійності складної РЕЗ ускладнене. Найчастіше досить визначення такого параметра надійності апаратури, як **наробіток на відмову**

$$T = 1 / \lambda \quad (3.7)$$

При розрахунках імовірності безвідмовної роботи системи приймають допущення:

- враховують тільки раптові відмови;
- усі відмови елементів випадкові й незалежні;
- справедливий експонентний закон надійності;
- елементи апаратури з точки зору надійності з'єднані послідовно, тобто відмова одного елемента приводить до відмови всієї системи.

3.1.4 Комплектація системи РЕЗ запасними частинами, інструментом і пристосуваннями (ЗІП)

ЗІП входить до складу кожної системи і забезпечує необхідну надійність резервуванням при експлуатації апаратури на відстані від бази постачання. Обсяг ЗІП визначається заданою надійністю й складністю.

До складу ЗІП входять:

- змінні вузли чи блоки, окремі елементи й деталі конструкції виробу;
- комплект загального й спеціального ремонтного інструмента;
- приналежності, використовувані під час експлуатації і відбудовного ремонту апаратури;
- контрольно-вимірювальна апаратура для перевірки й регулювання режимів роботи системи після відбудовного ремонту.

За призначенням ЗІП поділяють на:

- одиночний (ЗІП поточного ремонту), що входить до складу виробу і призначений для підтримки експлуатаційної надійності апаратури. Цей ЗІП постачається безпосередньо з виробом і в міру використання поповнюється відповідно до його опису;
- груповий (базовий), призначений для профілактичного ремонту з метою забезпечення довговічності апаратури. Такий ЗІП розраховується на групу виробів і на відміну від одиночного комплектується укрупненими блоками, вузлами й деталями, призначеними для заміни зношених і тих частин апаратури, що прийшли в непридатність (не відновлюваних).

3.1.5 Конструкторські міри забезпечення ремонтпридатності

Ремонтпридатність забезпечується на всіх етапах створення РЕЗ.

На етапі розробки схеми електричної вона забезпечується вибором стандартної елементної бази, яка задається інженером - радіотехніком. Але максимальна роль у забезпеченні ремонтпридатності належить діяльності конструктора.

Ремонтпридатність забезпечується:

- неможливістю випадкового розкриття під час транспортування чи роботи;
- легкоз'ємністю виробу з об'єкта;
- легкорозбірністю виробу (легкоз'ємністю кришок, кожухів, панелей);
- застосуванням невипадаючих гвинтів, стандартного кріплення;
- легкодоступністю до елементів, що мають низьку надійність;
- простотою заміни ЕРЕ;
- вибором ЕРЕ приблизно рівних за надійністю, що дозволить знизити кількість профілактичних оглядів чи ремонтів до мінімуму;
- маркіруванням схемних позначень елементів на внутрішніх стінках виробу;
- маркіруванням (частковим чи повним) схемних позначень елементів на друкованих платах;
- застосуванням склотекстолиту для виготовлення друкованих плат, що допускає більшу кількість перепайок;
- застосуванням кріплення плат, що забезпечує їх легкоз'ємність (за направляючими, за допомогою поворотних кронштейнів і т.і.);
- наявністю тестових рознімів, контрольних точок;
- легкістю контролю робочих параметрів;
- можливістю послідовного контролю усіх вузлів пристрою, швидкою локалізацією несправності;
- необхідністю невеликої кількості контрольних приладів для ремонту (бажано 2-3);
- застосуванням гнучких, багатожильних, кольорових проводів із запасом довжини на дві – три перепайки;
- наявністю ремонтної документації (схеми електричної принципової з розбивкою на плати за функціональною ознакою, карт робочих режимів і т.і.).

3.2 Контрольні питання

- 3.2.1 Що таке ремонтпридатність?
- 3.2.2 Назвіть види ремонту РЕЗ.
- 3.2.3 Які види робіт виконують при кожному з видів ремонту?
- 3.2.4 Який виріб називають стандартним, оригінальним, уніфікованим?
- 3.2.5 Як ці види виробів впливають на ремонтпридатність?
- 3.2.6 Чим визначається ремонтпридатність?
- 3.2.7 Назвіть показники ремонтпридатності.
- 3.2.8 Назвіть види відмовлень РЕЗ.
- 3.2.9 Що таке надійність?
- 3.2.10 Назвіть міри підвищення надійності.
- 3.2.11 Що таке комплект ЗІП та який його склад?
- 3.2.12 Назвіть конструкторські міри забезпечення ремонтпридатності.

3.3 Порядок виконання роботи

- 3.3.1 Отримати у викладача об'єкт дослідження.
- 3.3.2 Проаналізувати об'єкт на відповідність вимогам ремонтпридатності.
- 3.3.3 Виявити вдалі конструкторські рішення, спрямовані на забезпечення вимог ремонтпридатності.
- 3.3.4 Виявити недоліки конструкції з точки зору вимог ремонтпридатності.
- 3.3.5 Запропонувати варіанти технічних рішень спрямованих на усунення знайдених недоліків.

3.4 Зміст звіту

- 3.4.1 Тема та мета роботи.
- 3.4.2 Відповіді на контрольні питання.
- 3.4.3 Результати аналізу об'єкта на відповідність вимогам ремонтпридатності.
- 3.4.4 Короткий опис запропонованих варіантів модернізації об'єкта.
- 3.4.5 Висновки.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ РЕЗ

4.1 Загальні питання теплообміну

4.1.1 Вплив температури на працездатність РЕЗ

Компоненти РЕЗ функціонують у строго обмеженому температурному діапазоні. Відхід температури за зазначені межі може привести до необоротних структурних змін компонентів. При підвищеній температурі знижуються діелектричні властивості матеріалів, збільшуються струми витоку, знижується пробивна напруга, прискорюється корозія матеріалів конструкції, контактів. При зниженій температурі твердішають й розтріскуються гумові деталі, підвищується крихкість матеріалів. Розходження в коефіцієнтах лінійного розширення можуть привести до руйнування залитих смолами конструкцій і, як наслідок, порушенню електричних з'єднань, зміні характеру посадок, ослабленню кріплень і т.і. Усі ці явища можуть привести до перекручування сигналів до рівня, при якому нормальне функціонування РЕЗ стає неможливим. Але оскільки діапазон робочих температур не завжди задовольняє припустимим нормам на виріб, то при конструюванні необхідно вирішувати задачу захисту всього виробу чи його складових частин від неприпустимих температурних впливів. Зважаючи на те, що джерелами підвищених температур при експлуатації РЕЗ є, крім зовнішнього середовища, елементи самої системи, найбільш важливою є задача захисту від теплових впливів – забезпечення нормального теплового режиму.

Нормальним тепловим режимом РЕЗ називають такий режим, коли при зміні у визначених межах зовнішніх температурних впливів забезпечується зміна параметрів і характеристик конструкції, схем, компонентів, матеріалів у межах, зазначених у ТУ.

Серед елементів, що входять у РЕЗ, можна виділити *теплонавантажені чи тепловиділяючі* (тобто такі, при функціонуванні яких виділяється тепло) і *термокритичні* (тобто такі, для яких верхня межа припустимої температури порівняно невисока). Особливу увагу слід приділяти тим елементам, що є одночасно тепловиділяючими і термокритичними (міцні транзистори, тиристори, деякі типи мікросхем).

Як правило, у РЕЗ із усієї споживаної від джерел живлення електроенергії лише незначна частина її перетворюється в енергію

корисного сигналу, а інша перетворюється в теплову і розсіюється в навколишнє середовище.

4.1.2 Механізми тепломасообміну

Перенос тепла від нагрітих елементів до холодних здійснюється за рахунок трьох механізмів: *теплопровідності*, *теплого випромінювання* і *теплової конвекції*.

Процес передачі теплоти *теплопровідністю* характерний для твердих тіл і полягає у обміні кінетичною енергією на атомно-молекулярному рівні.

Теплове випромінювання являє собою передачу теплової енергії у вигляді електромагнітних коливань від випромінюючого тіла до поглинаючого тіла в середовищі з більш низькою температурою.

Теплопередача конвекцією має місце в середовищі газу чи рідини, що стикається з нагрітими чи охолодженими поверхнями твердого тіла. Розрізняють *конвекцію вільну (природну)* і *примусову*. *Вільна конвекція* має місце при нагріванні часток середовища, що знаходяться в безпосередньому контакті з нагрітим тілом, їх природному переміщенні нагору в силу зміни щільності середовища й заміні холоднішими, у результаті чого відбувається безупинне перемішування середовища. *Примусова конвекція* відбувається за рахунок примусового руху середовища за допомогою технічних засобів (вентиляторів тощо).

4.1.3 Способи охолодження РЕЗ

У процесі переносу теплової енергії у РЕЗ беруть участь усі три механізми теплопередачі. У залежності від конкретних режимів роботи й умов експлуатації відносний внесок кожного з видів теплопередачі в загальному балансі може істотно відрізнятись.

Природне повітряне охолодження будується за двома схемами: *із герметичним і перфорованим корпусом* і є найпростішим і надійнішим способом охолодження, не вимагає витрат додаткової енергії, однак забезпечує охолодження при невеликих питомих потужностях розсіювання. Цей режим роботи характерний для РЕЗ, що працюють у полегшеному режимі. За рахунок раціонального використання перфорація кількість тепла, що відводиться, може бути збільшене приблизно на 30%, а перегрів усередині блоку зменшений на 20%. Системи природного повітряного охолодження дозволяють

відводити теплові потоки щільністю $q < 0,2 \text{ Вт/см}^2$, примусового повітряного охолодження - щільністю $q < 1 \text{ Вт/см}^2$.

Конструкції РЕЗ із природним повітряним охолодженням повинні задовольняти вимогам:

- забезпечити добре обтікання холодним повітрям усіх елементів конструкції, особливо теплонавантажених;
- теплонавантажені елементи повинні розташовуватися у верхній частині блоку;
- термочутливі елементи повинні захищатися від обтікання нагрітим повітрям;
- при впливі променистої енергії термочутливі елементи повинні захищатися екранами;
- усі термочутливі елементи повинні мати добрі теплові контакти з несучими конструкціями (корпуса, шасі, кожухи і т.і.).
- температура нагрітої зони поблизу кожного з елементів не повинна перевищувати припустиму для даного елемента (обговорену в ТУ на елемент);
- температура повітря в корпусі не повинна перевищувати припустиму для усього виробу, обговореного в ГОСТах на умови експлуатації;
- температура корпуса виробу не повинна перевищувати обговорену в ГОСТ 12.2.006-87 для даного матеріалу корпуса.

Примусова вентиляція може відводити до 60...80% тепла, що виділяється в блоці. Конструкції з примусовою повітряною вентиляцією повинні задовольняти вимогам:

- мати малий аеродинамічний опір повітрю, що протікає крізь блок;
- забезпечувати гарний доступ холодного повітря до теплонавантажених елементів;
- мати захист внутрішнього об'єму від пилу;
- містити в собі елементи конструкції для вирівнювання поля швидкостей потоку охолодженого повітря (перфоровані ґрати, екрани, патрубки і т.і.);
- здійснювати автоматичне відключення живлення РЕЗ при виході з ладу системи вентиляції.

Для підвищення ефективності процесу конвекційного теплообміну необхідно:

- застосовувати в якості теплоносія середовища з високим коефіцієнтом теплопровідності, високою теплоємністю;

- збільшити в'язкість рідини;
- збільшити швидкість руху потоку теплоносія (що можливо при примусовій конвекції);
- збільшувати площу охолоджуваної поверхні, що досягається, в основному, застосуванням радіаторів (при цьому необхідно погоджувати їхню орієнтацію в корпусі виробу з напрямком руху теплоносія).

Поліпшити передачу тепла за рахунок *теплопровідності* від теплонавантажених елементів до холодніших і теплоємних деталей конструкції можна за рахунок зниження теплових опорів. Наявність між металевими поверхнями ізоляційних прокладок, лаків, фарб збільшує тепловий опір у сотні разів, що у свою чергу погіршує передачу тепла. У конструкційному з'єднанні теплопровідність контакту буде залежати від шорсткості поверхонь елементів, що з'єднуються, від контактної тиску й матеріалів, що з'єднуються. Забруднення, нерівності, що утворюють повітряні прошарки, погіршують тепловий контакт. Контактний тепловий опір може бути зменшений за рахунок:

- застосування матеріалів із більшою теплопровідністю;
- зменшення шорсткості поверхонь, що з'єднуються, з одночасним збільшенням тиску;
- застосування пластичних прокладок із великою теплопровідністю;
- застосування теплопровідних паст.

Частка *випромінювання* в загальному балансі теплопередачі порівняно мала, однак цим механізмом не слід зневажати, особливо для вакууму (космосу). Кількість енергії, що відводиться випромінюванням, пропорційна четвертому ступеню температури тіла. Щільність теплового потоку звичайно не перевищує **0,001...0,005Вт/см²**. Підвищення ефективності теплопередачі випромінюванням досягається такими способами:

- покриттям охолоджуваних поверхонь матеріалами з високим ступенем чорності;
- збільшенням площі випромінюючої поверхні.

4.1.4 Радіатори охолодження в РЕЗ

У більшості випадків нагріті зони, що вимагають відводу теплоти, мають малі площі, що не дозволяють ефективно використовувати механізми передачі теплоти від елементів у

навколишнє середовище. Для збільшення цієї площі застосовують різні види радіаторів. Теплота передається від поверхні охолоджуваного елемента до поверхні радіатора і поширюється по тілу радіатора і його поверхні за рахунок теплопровідності і далі в навколишнє середовище – за рахунок конвекції й випромінювання. Основні вимоги до радіаторів: висока теплопровідність матеріалу, велика площа поверхні при порівняно невеликому співвідношенні габаритних розмірів і займаному обсязі. Найбільш розповсюдженими видами радіаторів є:

- **пластинчасті** - у вигляді пластин, кутових, Т- та П - подібних профілів. Пластинчасті радіатори є найменш ефективними, однак найпростіші у виготовленні (виготовляються з листового матеріалу штампуванням);

- **ребристі** – однобічні й двобічні – є більш ефективними в порівнянні з пластинчастими, однак складніші у виготовленні (виготовляються литтям або механічною обробкою);

- **штирові й голчасті** – найефективніші, але і найскладніші у виготовленні (виготовляються за допомогою лиття).

Слід зазначити, що ребристі й штирові радіатори ефективні при конвекційному теплообміні. При випромінюванні ж внутрішні поверхні ребер і штирів віддають теплоту не в навколишнє середовище, а на сусідні поверхні, тому не виконують функцію збільшення охолоджуваної поверхні. Однак, вважаючи, що механізм випромінювання при температурах до 100°C має не дуже велику частку в загальному балансі теплопередачі, цим фактором зневажають.

4.1.5 Захист термочутливих елементів

При конструюванні РЕЗ необхідно приділяти увагу захисту елементів, особливо критичних до теплових впливів від теплоти, яка виділяється іншими елементами цього ж виробу (а іноді і зовнішніми джерелами). Для цього застосовують різні види теплових екранів. Незважаючи на безліч варіантів конструктивного виконання, існують наступні різновиди теплових екранів.

Віддзеркалюючі екрани, які мають поверхню з високим коефіцієнтом відбиття (дзеркальну). Перевагою цих екранів є простота конструктивного виконання, недоліком те, що вони

відбивають теплоту у внутрішнє середовище виробу, часто на тепловиділяючі елементи, ще більш погіршуючи їхній власний тепловий режим.

Поглинаючі екрани, що мають поверхню з високим ступенем чорності. Їх недоліком є те, що вони обов'язково вимагають наявності системи відводу теплоти від самого екрана в навколишнє середовище. У протилежному випадку, нагріваючись, ці екрани можуть самі стати джерелами тепла і порушувати роботу термочувствительних елементів.

Нейтральні екрани виконуються з матеріалів, що мають низьку теплопровідність і високу теплостійкість (наприклад, азбест). У них відсутні недоліки екранів попередніх типів.

4.2 Контрольні питання

4.2.1 Назвіть призначення об'єкта аналізу й умови його експлуатації.

4.2.2 Який режим називають нормальним тепловим режимом?

4.2.3 Чим викликана необхідність забезпечення нормального теплового режиму для аналізованого об'єкта?

4.2.4 Назвіть наслідки температурних впливів на роботу РЕЗ

4.2.5 Назвіть види тепломасообміну. У яких системах може мати місце кожний з відомих видів?

4.2.6 Теплообмін конвекцією. Фактори, що впливають на його ефективність. Приведіть конструкторські рішення із забезпечення теплообміну конвекцією в аналізованому об'єкті.

4.2.7 Теплообмін теплопровідністю. Фактори, що впливають на його ефективність. Приведіть конструкторські рішення із забезпечення теплообміну теплопровідністю.

4.2.8 Теплообмін випромінюванням. Фактори, що впливають на його ефективність. Приведіть конструкторські рішення з забезпечення теплообміну випромінюванням.

4.2.9 Вимоги до радіаторів, їх конструкцій, матеріалів. Які радіатори застосовуються в аналізованому об'єкті?

4.2.10 Що таке теплові екрани? Назвіть матеріали і покриття, застосовувані для теплових екранів. Які екрани застосовуються в аналізованому об'єкті?

4.2.11 Назвіть конструкторські рішення, що забезпечують нормальний тепловий режим теплонавантажених елементів і тепловий режим аналізованого об'єкта в цілому.

4.2.12 Назвіть невдалі конструкторські рішення з погляду забезпечення нормального теплового режиму аналізованого об'єкта.

4.2.13 Назвіть конструкторські рішення забезпечення теплового режиму аналізованого об'єкта, що погіршують інші його характеристики.

4.2.14 Приведіть можливі варіанти конструкторських рішень, що усувають протиріччя між вимогами теплового режиму й іншими вимогами до об'єкта.

4.3 Порядок виконання роботи

4.3.1 Отримати у викладача об'єкт дослідження.

4.3.2 Проаналізувати об'єкт із точки зору забезпечення нормального теплового режиму.

4.3.3 Виявити вдалі конструкторські рішення, спрямовані на забезпечення нормального теплового режиму.

4.3.4 Виявити недоліки конструкції з точки зору забезпечення нормального теплового режиму.

4.3.5 Запропонувати варіанти технічних рішень спрямованих на усунення знайдених недоліків.

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Тема та мета роботи.

4.4.2 Відповіді на контрольні питання.

4.4.3 Результати аналізу об'єкта з точки зору забезпечення нормального теплового режиму.

4.4.4 Короткий опис запропонованих варіантів модернізації об'єкта.

4.4.5 Висновки.

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ЗАХИСТ РЕЗ ВІД МЕХАНІЧНОГО ВПЛИВУ

5.1 Загальні теоретичні відомості

5.1.1 Види механічних впливів на РЕЗ і їхні джерела

На РЕЗ у процесі виробництва, збереження, транспортування й експлуатації можуть впливати внутрішні й зовнішні динамічні сили, що викликають порушення її працездатності.

Кількісно вони характеризуються *діапазоном частот, амплітудою, прискоренням, часом дії коливань*.

Якісно усі види механічних динамічних впливів поділяються на *вібраційні (вібрації), ударні (удари), інерційні (лінійні прискорення)*.

У загальному випадку ці впливи мають випадковий характер. Іноді вплив випадкових механічних впливів враховується у вигляді реакції РЕЗ на акустичні шуми.

Вібрації - коливання конструкції, викликані періодичним знакоперемінним впливом. Вібраціям діють на апаратуру, розміщену на транспортних засобах (бортова), у виробничих приміщеннях. На стаціонарну апаратуру вібрації впливають у процесі транспортування. Крім того, джерелами вібрацій можуть бути складові частини самого виробу, наприклад, електродвигуни, механічні перетворювачі.

Удари – короткочасні впливи, що супроводжуються стрибкоподібними змінами швидкості. Розрізняють удари, викликані транспортуванням, падінням, зіткненням, приземленням, вибуховою хвилею. За характером впливу удари бувають періодичними й аперіодичними. Удари відрізняються від вібрацій тим, що період їх впливу значно більший за час установаження механічної системи; при цьому зовнішні впливи можна розглядати як одиночні.

Лінійні прискорення можна розглядати як окремий випадок ударного впливу, коли удар одиночний, а його тривалість велика. Найчастіше вони спостерігаються в бортовій апаратурі.

5.1.2 Наслідки механічних впливів на РЕЗ

У результаті вібрацій, ударів і лінійних прискорень можуть мати місце наступні uszkodження РЕЗ:

- порушення герметичності внаслідок руйнування паяних, зварених і клейових швів і появи тріщин у металевоскляних спаях;
- повне руйнування корпусу РЕЗ чи окремих його частин унаслідок механічного резонансу чи втоми;
- обриви монтажних зв'язків, у тому числі зовнішніх висновків мікросхем;
- відшарування друкованих провідників;
- відриви навісних ЕРЕ;
- розшарування багатшарових друкованих плат;
- поломка (розтріскування) керамічних і ситалових підкладок;
- тимчасовий чи остаточний вихід із ладу роз'ємних і нероз'ємних електричних контактів;
- зсув положення органів настроювання й керування;
- ослаблення чи вихід із ладу механічних вузлів (кріплень окремих елементів конструкції, саморозгвинчування, поломка несучих конструкцій);
- виникнення (збільшення) паразитних зв'язків;
- зміна параметрів напівпровідникових приладів;
- збій цифрових пристроїв.

Найнебезпечнішим для конструкції є виникнення механічного резонансу, при якому частота зовнішнього впливу f збігається із власною резонансною частотою механічної системи. У цьому випадку амплітуда коливань починає різко зростати, що викликає неприпустимі механічні напруги в елементах конструкції і наступне її руйнування.

Кожна конструкція має власну резонансну частоту, яка визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5.1)$$

де m - маса конструкції, кг;

k - жорсткість конструкції, Н/м.

Жорсткість являє собою відношення діючої сили до деформації, викликану цією силою.

5.1.3 Вимоги до захисту РЕЗ від механічних впливів у залежності від умов експлуатації

У залежності від умов експлуатації до апаратури можуть пред'являтися вимоги *вібро- та ударостійкості, вібро- та удароміцності*.

Апаратура є вібро- або удароміцною, якщо при механічних впливах (вібраціях і ударах) не порушується її цілісність, не виникає руйнування матеріалів конструкцій і т.і. Ці умови стосуються, в основному, стаціонарної апаратури, що піддається механічним впливам у неробочому положенні (при транспортуванні).

Апаратура є вібро- або ударостійкою, якщо вона нормально функціонує при механічних впливах. Ці вимоги пред'являються до апаратури, що експлуатується в процесі руху (бортова).

5.1.4 Захист РЕЗ від механічних впливів

Методи захисту можна розділити на такі групи:

- зменшення інтенсивності джерел механічних впливів (шляхом їхнього балансування, зменшення зазорів, віброізоляції самого джерела механічних впливів);
- зменшення параметрів впливів, що передаються від джерела до РЕЗ (шляхом його віброізоляції, демпфірування, усунення резонансів і т.і.);
- підвищення міцності й жорсткості компонентів і вузлів конструкції.

Методи першої групи використовують фахівці з двигунів. Методи другої й третьої груп використовують конструктори РЕЗ.

5.1.4.1 Захист РЕЗ від механічних впливів за допомогою віброізоляції

Віброізоляція здійснюється шляхом установки між РЕЗ і підставою пружних опор, що утворюють разом із конструкцією РЕЗ складну коливальну систему, яка має властивості *демпфірування* і *частотної селекції* механічних коливань.

Демпфірування полягає в поглинанні механічних коливань за рахунок тертя в матеріалі конструкції пружної опори (гума, поролон, вібропоглинаюче покриття).

Частотна селекція механічних коливань полягає в тому, що система віброізоляції в зарезонансній області є фільтром нижніх

частот, а при збігу власної резонансної частоти системи й частоти зовнішніх впливів переходить у резонансний режим. Це необхідно враховувати при виборі системи амортизації для заданого діапазону частотних впливів.

Конструктивно віброізоляція реалізується за допомогою амортизаторів чи використанням вібропоглинаючих прокладок. В останньому випадку зменшуються габарити й маса виробу. При розробці систем віброізоляції габарити, маса, вартість, надійність і умови експлуатації виступають як обмеження.

5.1.4.2 Способи підвищення міцності і жорсткості конструкції

Для захисту РЕЗ від механічних впливів застосовують такі конструкторські заходи :

- підвищення *міцності конструкції* (під *міцністю* розуміють навантаження, яке конструкція може витримати без залишкових деформацій і руйнування). Можливості цього методу обмежені, оскільки збільшення міцності (за рахунок уведення додаткових перегородок, ребер жорсткості, точок кріплення, ускладнення профілю і т.і.) звичайно супроводжується нарощуванням маси, а це приводить до зростання динамічних навантажень. Для підвищення міцності і, зокрема, ударостійкості доцільне застосування матеріалів із підвищеною пластичністю;

- відстроювання механічної системи від частоти вібрації шляхом зміни її власної частоти f_0 за рахунок жорсткості чи маси РЕЗ без її розв'язки від носія. Такий підхід часто використовується при конструюванні РЕЗ першого структурного рівня;

- установка РЕЗ на пружні опори (амортизатори) з одночасним відстроюванням власної частоти амортизаційної системи від діапазону частот вібраційного впливу. Цей спосіб вібророзв'язки РЕЗ є основним при конструюванні РЕЗ другого і третього рівнів;

- при відсутності технічних можливостей відстроювання власної частоти механічної системи від частоти зовнішнього впливу з метою зменшити амплітуду коливань при резонансі застосовують демпфірування – зменшення добротності механічної системи за рахунок уведення дисипативного елемента. Цей метод у ряді випадків використовується в сукупності з попереднім.

Амортизацію проводять звичайно на третьому структурному рівні. У приладах, що мають невелику кількість вузлів чи блоків, доцільно амортизувати тільки ці вузли. І тільки в дуже відповідальній апаратурі, що працює в складних умовах експлуатації, амортизують одночасно і прилади, і встановлені в них вузли й блоки.

Вибір матеріалів (елементів конструкції РЕЗ) необхідно проводити з урахуванням характеристик їх міцності й жорсткості. При цьому для досягнення необхідного ефекту можна оперувати маркою матеріалу і геометричними розмірами елементів несучої конструкції.

Вибір форми блоків пов'язаний із трьома параметрами: площиною зовнішньої поверхні, коефіцієнтом заповнення площин і коефіцієнтом заповнення об'єму. Найоптимальнішими є форми сфероїда й кулі, однак ці форми незручні в експлуатації. Тому при виборі форми виробу за характеристиками міцності й жорсткості перевагу віддають формі куба. Для плоских конструкцій (друковані плати, планки) кращою формою є квадрат; допускається співвідношення сторін для таких конструкцій - 2:1. При конструюванні плоских конструкцій з великим співвідношенням сторін необхідно передбачити додаткові точки закріплення впродовж довгої сторони.

При проектуванні складових конструкцій перевага віддається нероз'ємним з'єднанням. Це здебільшого неможливо, бо при цьому зменшуються показники ремонтпридатності, технологічності, теплового режиму, тому найчастіше використовують різнімі з'єднання (наприклад, різьбові). Для поліпшення показників міцності різнімі сполучення стопорять.

При конструюванні друкованих плат важкі елементи необхідно розміщати поблизу точок закріплення плати, тому що в цих точках прогин плат мінімальний. Елементи на друкованих платах закріплюються за допомогою пайки висновків. Однак при значних зовнішніх впливах і у випадку установки на плату масивних великогабаритних елементів використовують додаткові закріплення: локальні (закріплення окремих елементів за допомогою клейового, різьбового з'єднання, і т.і.) чи групові (залиття плати компаундом).

При конструюванні усього виробу в цілому необхідно враховувати положення центра мас. При закріпленні окремих вузлів необхідно уникати консолей.

При виконанні електромонтажу необхідно використовувати механічне закріплення джгутів і окремих проводів (за допомогою приклеювання, скоб, хомутів). Обов'язково механічно закріплюються проводи, кабелі, шнури, що виходять із корпусу виробу.

Раціональний вибір форми деталей несучих конструкцій пов'язаний з матеріалом і методом виготовлення. Найраціональнішими з погляду міцності й жорсткості є тавровий і двотавровий профілі. На практиці для штампованих деталей використовують Г-образні профілі (шляхом відгибки, відбортовки і т.і.), для ливарних і отриманих механічною обробкою - ребра жорсткості. У деталях рекомендується вводити полегшуючі отвори в місцях, що не несуть механічних навантажень.

5.2 Контрольні питання

5.2.1 Види механічних впливів.

5.2.2 Які наслідки механічних впливів на РЕЗ?

5.2.3 Що таке вібро- і удароміцність?

5.2.4 Що таке вібро- і ударостійкість?

5.2.5 Які засоби з захисту від механічних впливів використовують при компонуванні, механічній зборці в аналізованому виробі?

5.2.6 Які засоби з захисту від механічних впливів використовують при електромонтажі, конструюванні друкованих плат в аналізованому виробі?

5.2.7 Які засоби з захисту від механічних впливів використовують при конструюванні деталей в аналізованому виробі?

5.2.8 Указати недоліки аналізованого виробу з погляду захисту від механічних впливів.

5.2.9 З якими вимогами суперечать вимоги із захисту від механічних впливів? Де ці протиріччя виявляються в аналізованому виробі?

5.2.10 Указати шляху усунення знайдених протиріч.

5.3 Порядок виконання роботи

5.3.1 Отримати у викладача об'єкт дослідження.

5.3.2 Проаналізувати об'єкт із точки зору захисту конструкції від механічних впливів.

5.3.3 Виявити вдалі конструкторські рішення, спрямовані на захист від механічних впливів.

5.3.4 Виявити недоліки конструкції з точки зору захисту від механічних впливів.

5.3.5 Запропонувати варіанти технічних рішень спрямованих на усунення знайдених недоліків.

5.4 Зміст звіту

5.4.1 Тема та мета роботи.

5.4.2 Відповіді на контрольні питання.

5.4.3 Результати аналізу об'єкта на відповідність вимогам захисту від механічних впливів.

5.4.4 Короткий опис запропонованих варіантів модернізації об'єкта.

5.4.5 Висновки.

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6 ЗАХИСТ РЕЗ ВІД ВПЛИВІВ ВОЛОГИ

6.1 Загальні відомості

6.1.1 Вплив вологи на ефективність і якість конструкцій РЕЗ

Одним із кліматичних факторів, що можуть викликати порушення роботи РЕЗ та вихід її з ладу, є підвищена вологість. Вплив вологи на параметри конструкції може виявлятися порівняно швидко (секунди, хвилини) або через великий проміжок часу.

При підвищеній вологості відбувається зміна діелектричної проникності повітря і його електричної міцності; при цьому змінюються ємності конденсаторів із повітряним діелектриком; виникають додаткові паразитні ємності між елементами конструкцій, можливий електричний пробій.

В ізоляційних матеріалах зменшується поверхневий електричний опір; відбувається зміна фізико-хімічних властивостей (розбухання, відшаровування, хімічне руйнування).

Для металевих деталей РЕЗ найбільш несприятливим проявом впливу вологи є корозія. Корозія може бути атмосферною та контактною (електрохімічною). У першому випадку одночасний вплив вологи й атмосферного кисню на поверхню металу приводить до появи плівки - окисла. Якщо окисна плівка утворюється швидко (наприклад, на алюмінієвих, магнієвих сплавах), то видалення продукту корозії не відбувається і він захищає матеріал від подальшої корозії. Якщо ж окисна плівка утворюється повільно (сталі, чавуни), то вона виходить пухкою, гігроскопічною, видаляється й збільшує корозію. Електрохімічна корозія виникає при механічному контакті двох різних металів під плівкою вологи, що містить залишки солей. При цьому відбувається руйнування контактуючих матеріалів. При проектуванні виробів, що працюють в умовах підвищеної вологості (а іноді й у нормальних умовах), варто враховувати можливу сумісність різних металів, не допускаючи контакту тих, які можуть утворити гальванічні пари (алюміній зі сріблом, золотом, кадмієм; мідь із магнієм, хромом і т.і.). При проектуванні РЕЗ конструктор повинен у кожному конкретному випадку вирішувати питання про необхідність висування вимог захисту від впливу вологи. Ці вимоги визначаються умовами експлуатації і є обов'язковими для виробів, що експлуатуються за кліматичними виконаннями ТВ (тропічний вологий), М (морський), ТМ (тропічний морський); О (загально

кліматичний); ОМ (загально кліматичний морський); В (усе кліматичний) відповідно до ГОСТ 15150-69. Для інших кліматичних виконань істотними є вимоги для категорій розміщення 1 і 2 (експлуатація на відкритому повітрі чи на об'єктах, де коливання температури й вологості несуттєво відрізняються від умов відкритого повітря).

6.1.2 Захист елементів конструкцій від впливу вологи

6.1.2.1 Способи вологозахисту РЕЗ

Для забезпечення надійності функціонування РЕЗ при впливі вологи необхідно застосовувати волого захисні конструкції, що підрозділяються на дві групи: *монолітні й пустотілі*.

Монолітні оболонки складають єдине ціле з вузлом, який потребує захисту від вологи. Від конструкції вологозахисту залежать такі параметри РЕЗ, як маса, габарити, вартість, надійність, можливість автоматизації, зручність ремонту і т.і. Монолітні плівкові оболонки використовуються, в основному, як технологічний захист деталей і компонентів, що підлягають герметизації у складі блока. До матеріалів захисних плівок висувається ряд вимог: якісні волого захисні властивості (мала волого проникність, відсутність порожнин, пасивуючі властивості тощо), можливість роботи в заданому діапазоні температур, гарна адгезія до компонента, що захищається. Органічні плівкові покриття являють собою на поверхні деталі тонкий суцільний шар органічної сполуки (лаку, емалі, компаунда). Для захисту від корозії несучих корпусних конструкційних вузлів і деталей з металів і сплавів широко застосовують монолітні плівкові металеві покриття.

Пустотілі волого захисні оболонки дозволяють звільнити компоненти, що захищаються, від механічного контакту з оболонкою, що забезпечує роботу в більш широкому діапазоні температур і виключає хімічну взаємодію оболонки й компонента, що захищається. Пустотілі оболонки, особливо з неорганічних матеріалів, забезпечують більш високу надійність вологозахисту, але мають значні габарити, масу, вартість.

6.1.2.2 Антикоровізійні покриття

Для захисту металів від корозії застосовуються різні види антикорозійних покриттів. У залежності від матеріалу покриття підрозділяються на *металеві, неметалеві, хімічні, органічні* (лакофарбові, емалеві і т.і.).

У залежності від способу нанесення покриття підрозділяються на **електролітичні (гальванічні), гарячі, дифузійні** і т.і.

Гальванічні металопокриття одержують виділенням металів з розчинів їх солей під дією електричного струму. Деталь, що покривається, є катодом, а анодом - електрод, виконаний з матеріалу покриття. При використанні металевих покриттів слід особливу увагу звертати на можливість виникнення гальванічних пар, тому що це може привести надалі до електрохімічної корозії. Якщо все-таки є необхідність застосування покриття, що утворить із матеріалом деталі гальванічну пару, то застосовують багат шарове покриття з внутрішніми шарами з нейтральних металів. Наприклад, якщо необхідно застосувати кадмієве покриття по алюмінію, то можна використовувати підшар міді, що нейтральна відносно й алюмінію, і кадмію.

Особливо можна відзначити металізаційні покриття, що отримують методами **термічного напилювання**.

Хімічне окисне покриття - плівка окислу на поверхні металу, отримана в розчинах лугів, кислот, солей.

Анодно-окисне покриття - захисне покриття плівкою окислів основного матеріалу, отриманою в електроліті.

Пасивування - створення адгезійної плівки на поверхні металу шляхом обробки її розчинами солей.

Фосфатне покриття - захисна плівка фосфатом марганцю й заліза, отримана хімічним шляхом.

6.1.2.3 Види й методи герметизації

Герметизація полягає в забезпеченні практичної непроникності корпусу РЕЗ для рідин і газів з метою захисту її елементів і компонентів від вологи, пилу, піску і т.і.

Розрізняють **індивідуальну й загальну**, а також **часткову й повну** герметизацію.

При **індивідуальній герметизації** можлива заміна окремих компонентів РЕЗ при виході їх із ладу. При цьому герметизується кожний окремий компонент.

При **загальній герметизації** герметизується корпус виробу. При цьому заміна компонентів можлива тільки під час демонтажу гермокорпуса.

Для захисту від вологи компонентів і вузлів застосовують **часткову герметизацію** лаками, пластмасами чи компаундами на органічній основі. Вони створюють монолітні оболонки, що є одночасно і несучими

конструкціями для виводів компонентів. В даному випадку тривала герметизація не забезпечується.

При **повному захисті** використовуються герметичні корпуси (роз'ємні чи нероз'ємні). Їх герметичність досягається ущільненням стиків корпусу за допомогою різних прокладок.

6.1.2.4 Забезпечення часткової герметизації

Для забезпечення часткової герметизації використовуються: **просочення, обволікання, заливку й обпресування** компонентів РЕЗ.

Просочення - процес заповнення ізоляційним плівкоутворювальним матеріалом пір і малих зазорів у компонентах РЕЗ. При цьому з порожнин і пір витісняється повітря і вони заповнюються лаком чи компаундом. Це збільшує електричну й механічну міцність, поліпшує теплопровідність; але при цьому збільшуються маса, паразитні зв'язки, інтенсифікуються хімічні й електрохімічні процеси в місцях пайки виводів. Просочення застосовується для моткових виробів, деталей з волокнистих і пористих матеріалів. Для цього використовують лаки УР-231, ГФ-95, МЛ-92 і т.і. У виробках із такою герметизацією заборонено застосовувати ізоляційні матеріали, які вже мають просочення, такі як лакоткань, бавовняні і хлорвінілові трубки, фібру.

Обволікання - процес утворення покривних оболонок на поверхні виробу, призначених для короткочасної роботи в умовах впливу вологи. Його застосовують для захисту від вологи друкованих плат, дискретних ЕРЕ, безкорпусних напівпровідникових приладів. Основною перевагою обволікання є висока економічність, недоліками - досить товстий і неконтрольований шар покриття, можливість використання тільки в нежорстких умовах експлуатації, складність видалення вологи при її попаданні під захисний шар. Для обволікання застосовують лаки УР-231, Э-4100, компанди, емалі. До обволікання можна віднести також герметизацію компаундами паяних і зварених швів і місць контактування металів із різними електрохімічними потенціалами, дуже чутливими до впливу вологи.

Заливка – процес суцільного упакування компонента чи вузла в ізоляційну масу шляхом заповнення нею вільного проміжку між виробом і стінками корпусу чи між виробом і заливальною формою. Заливка вузлів РЕЗ, крім захисту від метеорологічних факторів, дозволяє одержувати вироби з точними геометричними розмірами, високою чистотою обробки поверхні, підвищує механічну міцність. За ступенем забезпечення вологостійкості заливка перевершує інші види герметизації. Слабким місцем виробу після заливки є виводи, уздовж яких утворюються капілярні капелі на межі зіткнення матеріалів із різними температурними

коефіцієнтами лінійного розширення. Матеріалами для заливки служать епоксидні компаунди ЭЗК, Э-242, ЭК-16Б і т.і.

Обпресування - захист виробу від вологи товстим шаром полімерного матеріалу (терморективна чи термопластична пластмаса) методом трансферного чи ливарного пресування в спеціальних формах. Цей вид вологозахисту використовують, в основному, для малогабаритних компонентів (ЕРЕ, ІМС, мікробірки).

6.1.2.5 Забезпечення повної герметизації

Повна герметизація вузлів, комірок, блоків РЕЗ і пристроїв у цілому найчастіше полягає в застосуванні герметизованих корпусів. Такий вид герметизації дешевше, крім того, він дозволяє виключити механічний контакт із виробами, що захищаються, і передачу їм механічних напруг, а також хімічний вплив на них із боку матеріалів корпусу.

Існують *нероз'ємні, обмежено-роз'ємні і роз'ємні* корпуси.

Для блоків об'ємом менш 3 дм³ при необхідності забезпечення невеликої кількості розгерметизацій (до 3...5) і повторних герметизацій використовується регенеруємий паяний чи зварений шов.

Для блоків багаторазового використання, що вимагають забезпечення ремонтпридатності, найбільш ефективною є герметизація за допомогою прокладок: гумових, металевих, пластмасових.

Пластмасові прокладки мають низьку вартість, стійкість до агресивних середовищ, однак у них низька теплостійкість і недостатньо висока пружність.

У прокладок із пластичних металів (свинцю, міді, індію) відсутній цей недолік, однак їх можна використовувати лише один раз через деформацію при установці. Крім того, ці прокладки не стійкі до впливу вібрацій.

Найбільш широке застосування для герметизації блоків РЕЗ знайшли гумові прокладки, що мають високу волого- і термостійкість. Найчастіше використовуються гуми марок ТМКЩ (тепло- морозо- кислото- лугостійка).

При проектуванні РЕЗ варто враховувати марку матеріалу герметичного корпусу. Це особливо важливе для пластмасових корпусів, тому що всі полімерні матеріали гігроскопічні. У процесі виробництва й збереження вони поглинають вологу з навколишнього середовища, а в процесі роботи (при нагріванні) виділяють її у внутрішнє середовище гермокорпусу.

Для приєднання зовнішніх електричних ланцюгів використовуються ізолятори (керамічні, скляні), герметизовані штепсельні розніми, вулканізовані кабельні виводи. Органи керування герметизують гумовими

чохлами, шайбами, фетровими чи фторопластовими сальниками. Для передачі механічного руху використовують сальфони, магніти і т.і.

Недоліки роз'ємного корпусу - підвищені вимоги до міцності, труднощі виконання й контролю надійного рознімного гермоз'єднання. Переваги - добра ремонтпридатність.

Для нероз'ємних корпусів (паяних, зварених) порівняно легко забезпечити герметизацію, але при цьому утруднений (чи неможливий) доступ до компонентів РЕЗ.

6.2 Контрольні питання

6.2.1 Який вплив вологи на працездатність РЕЗ?

6.2.2 Назвіть функціональне призначення й умови експлуатації аналізованого об'єкта.

6.2.3 Які метали застосовуються в аналізованому об'єкті? Назвіть заходи для їх захисту від корозії.

6.2.4 Які органічні матеріали застосовуються в аналізованому об'єкті? Охарактеризуйте їх із погляду стійкості до впливу вологи.

6.2.5 Що таке часткова герметизація? Назвіть її різновиди й особливості кожного виду. Де в аналізованому об'єкті застосовується часткова герметизація?

6.2.6 Що таке повна герметизація? Її особливості, різновиди. Чи застосовується вона в аналізованому об'єкті?

6.2.7 Перелічить заходи щодо герметизації органів керування, індикації й комутації у випадку повної герметизації об'єкта. Як вона реалізована в аналізованому об'єкті?

6.2.8 Перелічить недоліки аналізованого об'єкта з погляду вологозахисту. Запропонуйте варіанти їх усунення.

6.2.9 Яким технічним вимогам суперечать конструкторські рішення аналізованого об'єкта з вологозахисту? Запропонуйте варіанти усунення технічних протиріч.

6.3 Порядок виконання роботи

6.3.1 Отримати у викладача об'єкт дослідження.

6.3.2 Проаналізувати об'єкт із точки зору захисту конструкції від впливу вологи.

6.3.3 Виявити вдалі конструкторські рішення, спрямовані на захист від впливу вологи.

6.3.4 Виявити недоліки конструкції з точки зору захисту від впливу вологи.

6.3.5 Запропонувати варіанти технічних рішень спрямованих на усунення знайдених недоліків.

6.4 Зміст звіту

6.4.1 Тема та мета роботи.

6.4.2 Відповіді на контрольні питання.

6.4.3 Результати аналізу об'єкта на відповідність вимогам захисту від впливу вологи.

6.4.4 Короткий опис запропонованих варіантів модернізації об'єкта.

6.4.5 Висновки.

ЛІТЕРАТУРА

1 ГОСТ 22269-76. Организация и конструирование рабочего места.

2 ГОСТ 22614-77. Органы управления. Кнопки и клавиши.

3 Войненко В. М., Мунипов В. М. Эргономические принципы конструирования. –К.: Техника, 1988. –119 с.

4 Техническая эстетика и основы художественного конструирования/ Шпара П.Е. –2–е изд., перераб. и доп. - К.: Вища шк., 1984 – 200 с.

5 Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для радиотехнических специальных вузов.- М.: Высшая школа, 1990. – 432 с.: ил.

6 Гелль П. П., Иванов-Есипович Н. К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. –536 с.

7 Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры / Е. М. Парфенов, Э. Н. Камышная, В. П. Усачев. – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.

8 Практическое пособие по учебному конструированию РЭА /В. Т. Белинский, В. П. Гондюл, А. Б. Грозин и др.; Под редакцией Круковского-Синевиича, Ю. Л. Мазора. –К.: Вища школа, 1992. –494 с.: ил.

9 ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды.

10 ГОСТ 11478-88 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Технические требования и методы испытаний в части механических и климатических воздействий.

11 Дульнев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. –М.: Высшая школа, 1984. –247 с.

12 Токарев М. Ф., Талицкий Е. Н., Фролов В. А. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры /Под редакцией В. А. Фролова. –М.: Радио и связь, 1984. –224 с.