

5.1. Задачі експлуатації, її складові і характеристики

Як зазначалося на початку посібника, будь-який технічний об'єкт, прилад більшу частину свого життя знаходиться на етапі експлуатації. Розглянемо ряд основних понять і визначень, що застосовуються для характеристики та опису експлуатації.

Експлуатація – це сукупність робіт та організаційних заходів для підтримання технічних об'єктів у постійній технічній справності.

Процес експлуатації складається з ряду етапів. Зазвичай процес експлуатації ТО складається з наступних основних етапів: зберігання, транспортування, підготовка до застосування, застосування за призначенням, технічне обслуговування, ремонт.

Задачами експлуатації технічних об'єктів є:

- організація та проведення різних заходів щодо використання ТО за призначенням;
- підготовка до використання;
- підтримка робочого стану;
- подовження ресурсів апаратури.

Всі заходи, які виконуються при експлуатації, зручно поділити на три групи:

1. використання за призначенням;
2. технічне обслуговування;
3. ремонт.

Підготовка до застосування – це сукупність робіт по підготовці апаратури до нормального функціонування у відповідності з її призначенням і технічними умовами.

Застосування за призначенням – це сукупність робіт, що забезпечують нормальне функціонування апаратури у відповідності з технічними умовами.

При використанні за призначенням апаратура може знаходитись або під струмом (включення живлення, контроль функціонування, настроювання РЕА, виконання основних функцій), або в обезструмленому стані (транспортування, зберігання, очікування). В процесі використання апаратури за призначенням вона може переводитись з одного стану в інший. Наприклад, телефон, який знаходиться в режимі очікування в обезструмленому стані, при знятті трубки починає працювати під струмом. Ступінь відношення даної апаратури, систем поставлених перед нею задач прийнято визначати ефективністю. Тобто, пристосуванням апаратури (системи) до виконання поставлених перед нею задач.

Під зберіганням ТО розуміється підтримка її в технічно справному стані протягом встановленого терміну до реалізації. В процесі зберігання повинні бути створені сприятливі умови утримання техніки, при яких забезпечується збереження її працездатності.

Транспортування — перевезення РЕА в умовах, що забезпечують збереження її працездатності.

Технічне обслуговування – це комплекс робіт (операцій) для підтримки РЕА в справному або працездатному стані при підготовці та застосуванню за призначенням, зберіганні і транспортуванні.

Ремонт – комплекс операцій з відновлення справності або працездатності та відновлення ресурсів РЕА або її складових частин.

Умови експлуатації – це сукупність факторів, діючих на РЕА при експлуатації. До умов експлуатації відносяться кліматичні умови, механічні та електричні навантаження, електромагнітні випромінювання, кваліфікація обслуговуючого персоналу, забезпеченість запасними частинами.

Таким чином, процес експлуатації радіоелектронної апаратури складається з великого комплексу різних заходів, якість виконання яких істотно впливає на експлуатаційні властивості апаратури.

Під експлуатаційними властивостями радіоелектронної апаратури розуміють її безвідмовність, збереженість, довговічність,

ремонтпридатність, ступінь готовності до виконання основних функцій і пристосованість до технічного обслуговування, виявлених у конкретних умовах експлуатації.

Розглянуті поняття і визначення дозволяють якісно охарактеризувати експлуатаційні властивості апаратури. Однак для вирішення питань, пов'язаних з аналізом, оцінкою і порівнянням апаратури за експлуатаційними властивостями, раціональної організації експлуатації апаратури, необхідно знати кількісні характеристики (показники) експлуатації.

Показники експлуатаційних властивостей апаратури повинні задовольняти ряду загальних вимог. До них відносяться:

- 1) можливість максимального врахування чинників, що визначають експлуатаційні властивості апаратури;
- 2) можливість задавання числом і використання при інженерних розрахунках;
- 3) можливість задавання експлуатаційного показника в якості технічного параметра чи отримання його з технічного завдання на проектування апаратури;
- 4) можливість зручності і швидкості експериментальної перевірки показника в процесі експлуатації або спеціальних випробувань;
- 5) узгодженість з поняттями і визначеннями надійності;
- 6) можливість застосування в будь-якій радіоелектронній апаратурі.

Для кількісної оцінки експлуатаційних властивостей радіоелектронної апаратури, як уже зазначалося, застосовують відповідні одиничні і комплексні показники, які були розглянуті в першому розділі даного посібника.

Розглянемо більш детально основні етапи експлуатації та процеси, що на них відбуваються.

5.2. Технічне та профілактичне обслуговування

Для підтримки справності та працездатності апаратури та продовження її ресурсів необхідно проводити технічне обслуговування.

Технічним обслуговуванням називають комплекс робіт для підтримання справності або тільки працездатності об'єкта при підготовці та використанні за призначенням, при зберіганні та транспортуванні.

Всі заходи з технічного обслуговування апаратури можна розділити на наступні фази (види):

- 1) контроль технічного стану;
- 2) профілактичне обслуговування;
- 3) забезпечення розхідними матеріалам, приладдям, запасними елементами;
- 4) збір та обробка результатів експлуатації.

Контроль технічного стану проводиться з метою оцінки апаратури. Будь-яка апаратура призначається для виконання певних функцій, а її стан, тобто здатність виконувати ці функції, характеризується деякими значеннями її параметрів, заданих у нормативно-технічній документації. Якщо величини параметрів апаратури відповідають установленим на них номінальним значенням (допускам), то апаратура вважається справною, тобто вона буде здатна задовільно виконувати задані функції. Якщо хоча б один із заданих параметрів не буде відповідати допускам, то апаратура буде в непрацездатному стані, тобто вона не зможе забезпечити задовільне виконання всіх заданих функцій.

Таким чином, контроль технічного стану апаратури зводиться до співставлення істинних значень параметрів конкретної апаратури з їх номінальними значеннями з урахуванням допусків. На основі результатів цього зіставлення робиться висновок про технічний стан апаратури.

Заходи з контролю технічного стану апаратури можуть виконуватися на всіх фазах її використання за призначенням, при профілактичному обслуговуванні та ремонті.

Для забезпечення збережуваності апаратури при зберіганні і безвідмовності в роботі проводиться профілактичне обслуговування, що є складовою частиною технічного обслуговування.

Основним змістом технічного обслуговування є профілактичне обслуговування, яке виконується, як правило, у плановому порядку для підтримки апаратури в справному (працездатному) стані, попередження відмов при використанні за призначенням і продовження її ресурсу.

Профілактичне обслуговування представляє собою комплекс заходів, спрямованих на підтримку апаратури в справному стані, попередження відмов під час роботи і продовження ресурсу.

Комплекс профілактичних заходів складається з наступних робіт:

- а) зовнішній огляд і чищення апаратури;
- б) контрольно-регулювальні роботи;
- в) прогнозування відмов та їх попередження;
- г) сезонні, мастильні і кріпильні роботи;
- д) технічні огляди та перевірки.

Зовнішній огляд апаратури виконують для виявлення зовнішніх ознак можливих несправностей, перевірки правильності встановлення органів управління, перевірки стану елементів і монтажу. Чищення апаратури передбачає видалення з неї пилу, вологи, корозії.

Найбільш трудомісткою частиною профілактичного обслуговування є контрольно-регулювальні роботи і тісно пов'язані з ними роботи з прогнозування відмов. Контрольні роботи включають контроль параметрів РЕА щодо встановлених допусків.

Регулювальні роботи проводяться для відновлення втрачених апаратурою властивостей або працездатності. Для побутової РЕА на цьому етапі проводять роботи щодо зниження пожежонебезпеки телевізорів і відновленню працездатності кінескопів, які втратили емісію катодів після тривалої експлуатації.

Профілактичне обслуговування, на виконання якого встановлені терміни і час проведення, називають регламентними роботами.

Сезонні, мастильні, кріпильні роботи проводяться для підготовки РЕА до експлуатації в певний час року. При сезонних роботах проводяться заходи щодо зменшення проникнення вологи, утепленню (взимку) і охолодженню (влітку) апаратури, використовують спецмасла і т.д. Після проведення сезонних робіт на РЕА здійснюють контрольні-регульовальні роботи. Для систематичного контролю за технічним станом апаратури проводять технічні огляди та технічні огляди апаратури.

Мастильні роботи передбачають або наповнення, або повну заміну масел в рухомих механізмах. Кріпильні роботи включають перевірку кріпильних деталей (болтів, гайок тощо), їх кріплення, постановку і заміну несправних деталей.

Профілактичне обслуговування включає три етапи:

- 1) роботи на знеструмленій апаратурі (зовнішній огляд і чищення апаратури при сезонних, мастильних і кріпильних роботах);
- 2) роботи під струмом (перевірка вузлів, блоків, працездатності апаратури, регулювання і налаштування параметрів);
- 3) контроль функціонування РЕА (перевірка працездатності, налагодження та перевірка основних параметрів апаратури в цілому).

На кожному етапі обслуговування проводяться операції з підтримання апаратури в справному (працездатному) стані. При цьому регламентні роботи відрізняються рівнем обслуговування, а при визначенні обсягу і періодичності проведення регламентних робіт враховують дві суперечливі вимоги:

- 1) профілактичні роботи підвищують надійність;
- 2) профілактичні роботи ведуть до простою апаратури і знижують коефіцієнт готовності і несуть економічні втрати.

Тому при організації профілактичних робіт забезпечують підтримання надійності апаратури на заданому рівні і передбачають мінімальну вартість і

час їх виконання, а також планують виконання робіт найбільш простими способами. Обсяг і періодичність профілактичних робіт регламентується спецінструкціями, наприклад, формуляром.

Постачання передбачає отримання матеріалів, обладнання, приладів, інструментів для проведення профілактичного обслуговування. Для забезпечення нормальної експлуатації апаратури повинні бути організовано її правильне забезпечення витратними матеріалами і засобами (електроенергією, горючими та мастильними матеріалами, інструментом тощо), комплектами запасними інструментами, приладдям (ЗІП) і своєчасне їх поповнення. Для забезпечення технічного обслуговування об'єктів систем їх забезпечують комплектами ЗІП і комплектом контрольно-вимірювальної апаратури.

Комплектом ЗІП називають запасні частини, інструменти, приладдя, матеріали та інше майно, необхідне для технічного обслуговування і ремонту об'єктів та скомплектоване залежно від призначення і особливостей використання. Технічно правильне використання апаратури за призначенням, її підтримка у справному стані та постійній готовності до використання за призначенням, продовження її ресурсу істотно залежать від організації експлуатації радіоелектронної апаратури.

Організація експлуатації складається із заходів з підготовки кваліфікованих кадрів, постачання апаратури запасними елементами (ЗІП) та витратними матеріалами, з планування експлуатації апаратури, а також збору та обробки результатів експлуатації.

Якість експлуатації апаратури в значній мірі визначається кваліфікацією обслуговуючого персоналу. Вплив людини можна розглядати як результат діяльності, від якого залежать експлуатаційні властивості апаратури: людина як елемент системи, що забезпечує її функціонування із заданою продуктивністю; людина як джерело передумов до відмов; людина як елемент системи, що підтримує надійність апаратури на заданому рівні; людина як елемент системи, що забезпечує її відновлення (ремонт).

Для якісної експлуатації радіоелектронної апаратури проводиться планування її роботи, технічного обслуговування, постачання і підготовки кадрів.

Збір та обробка результатів експлуатації проводяться для кількісної оцінки експлуатаційно-технічних показників за певний період експлуатації.

На основі збору та обробки результатів експлуатації апаратури, аналізу статистичних даних намічаються заходи щодо підвищення надійності та вдосконалення експлуатації апаратури. При цьому результати експлуатації та рекомендації щодо підвищення надійності та вдосконалення апаратури повинні бути своєчасно направлені на завод-виробник.

5.3. Визначення періодичності профілактики

Періодичність призначають виходячи з часу роботи апаратури або календарного терміну експлуатації, при цьому враховується спосіб використання апаратури. Для апаратури разової дії характерні:

- зберігання;
- підготовка до використання за призначенням;
- використання за призначенням.

Апаратура безперервної дії використовується за цільовим призначенням протягом доби (частини доби), наприклад, БРЭА. Чергова апаратура використовується нетривалий час, наприклад, РЛС, радіостанція і т.д.

Оскільки при експлуатації РЕА виникають раптові і поступові відмови, то при виборі періоду виконання профілактичних робіт мають на увазі, що його скорочення підвищує надійність, але при цьому збільшується обсяг і час профілактики, що призводить до зменшення коефіцієнта технічного використання

$$K_{ТВ} = \frac{T_{0\Sigma}}{T_{0\Sigma} + T_{P\Sigma} + T_{T0\Sigma}}$$

$T_{0\Sigma}$ – сумарне напрацювання за календарний час t_k ;

$T_{P\Sigma}$ – сумарний час ремонтів за час t_k ;

$T_{T0\Sigma}$ – сумарний час профілактичних робіт за час t_k .

В якості критерію для вибору оптимального періоду проведення профілактичних робіт приймають коефіцієнт простою

$$K_{\Pi} = \tau_{T0} + T_{T0} - T_{0\Pi}$$

τ_{T0} – час між профілактиками;

T_{0T} – середня тривалість профілактики;

$T_{0\Pi}$ – напрацювання об'єкта між двома профілактиками.

Для прийнятого експоненціального розподілу відмов

$$T_{T0} = \sqrt{2 \cdot T_0 \cdot T_{0\Pi}}$$

Співвідношення між часом включеного і вимкненого стану характеризується коефіцієнтом інтенсивності експлуатації

$$K_H = \sum_{i=1}^{n_B} t_i / t_k ,$$

де t_i – час роботи апаратури при i -му включенні; n_B – число включень за час t_k , t_k – календарний час роботи апаратури.

З формули випливає, що K_H можна визначити як імовірність знаходження апаратури у включеному стані. Тоді нехтуючи відмовами у вимкненому стані, отримуємо

$$\tau_{T0} = \sqrt{2T_{T0} / K_H \lambda_{\Pi}} ,$$

λ_{Π} – інтенсивність відмов при проведенні профілактики.

Для досконалої апаратури та чергової апаратури, яка працює більший час під струмом використовують формулу

$$\tau_{TO} = K_{CT} \sqrt{2T_{TO} / K_H \lambda_{\Pi}} ,$$

де K_{CT} – коефіцієнт, що враховує стабільність параметрів апаратури за результатами експлуатації.

Формулу можна також використовувати для чергової апаратури, що працює невелику частину під струмом.

Для апаратури разової дії

$$\tau_{TO} = \sqrt{2T_{TO} / \lambda_{XP}} ,$$

де λ_{XP} – інтенсивність відмов в режимі зберігання, в якому проводиться профілактика.

Середня тривалість техобслуговування, яка визначається кількістю контрольованих і регульованих параметрів, визначається як

$$T_{TO} = \sum_{i=1}^{m_n} T_{TOi} ,$$

де T_{TOi} – середній час виконання i -ої операції; m_n – число операцій при одній профілактиці.

5.4. Склад і вимоги до документації з технічного обслуговування і ремонту радіоелектронних систем

Документація включає інструкцію з експлуатації і ремонтно-технічну документацію.

Під технічним обслуговуванням розуміється виконання регламентних робіт і усунення несправностей у процесі експлуатації РЕА. Воно проводиться користувачем або фахівцями ремонтного підприємства з використанням вбудованої діагностичної апаратури, переносних стендів, пристосувань і інструменту.

Ремонт здійснюється фахівцями ремонтного підприємства. Основний обсяг ремонту виконується у відповідності з керівництвом по ремонту з використанням діагностичного обладнання, спеціального інструменту, приладдя і КВП. Документація повинна відображати чотирирівневе обслуговування:

- перший рівень здійснюється користувачем і включає діагностику і виправлення несправностей РЕЗ, включаючи складання технічних і гідравлічних вузлів;

- другий рівень проводиться персоналом підтримки ремонтних підприємств і включає тестування виробів, їх налаштування, а також роботи, які вимагають застосування випробувального обладнання, наприклад, для юстирування антен;

- третій рівень проводиться персоналом ремонтного підприємства та стосується областей, в яких потрібна спеціальна промислова кваліфікаційна основа для таких робіт, як ремонт друкованих плат, і робіт із застосуванням випробувальних стендів і тестового обладнання;

- четвертий рівень проводиться на промисловій базі, в тих випадках, коли для виконання особливого виду ремонту потрібна дорога виробнича інфраструктура.

Забезпечення запчастинами здійснюється за рахунок складів, на яких лежить відповідальність за витрачання та поповнення запчастин. На третьому і четвертому рівнях обслуговування здійснюються заходи з перевірки

програмних засобів та впровадження нових версій програмного забезпечення.

Технічні керівництва повинні представляти собою набір документів і бути розраховані на використання кваліфікованим персоналом для діагностики, усунення несправностей і дефектів РЕЗ і перекривати всі види обслуговування від простого пошуку несправностей до проведення планового ремонту.

Технічне керівництво повинне складатися з докладного опису об'єкту з повним розумінням принципів конструкції і роботи. Для тих РЕА, в яких використовуються друковані плати, модулі, описи повинні охоплювати групу друкованих плат, модулів, осередків з детальним їх висвітленням і поданням принципових схем.

Описи повинні розкривати загальну ідеологію конструкції, функціональний опис, схеми проходження сигналів, схеми взаємних з'єднань і розташування елементів, схеми управління і часові діаграми керуючих сигналів, схеми вхідних і вихідних сигналів, схематичні зображення механічних зборок і вузлів, містити допоміжну інформацію для користувачів по періодичному обслуговуванню, а також інформацію щодо програмного забезпечення. Крім того включати в себе процедури калібрування та юстування, інструкції з обслуговування механічних та електромеханічних пристроїв, допустимі межі параметрів і послідовність дій для діагностики та локалізації несправностей.

В інструкції з обслуговування включаються роботи по розбиранню і складанню всіх блоків, методики проведення випробувань, налаштування пристроїв, установки кожного блоку, опису тестового випробувального обладнання.

Зведена специфікація РЕА повинна відображати весь перелік з складових вузлів, запчастин і аксесуарів, випробувальних стендів і допоміжних пристроїв.

Документація по друкованим платам повинна містити:

- принципів схеми;
- схеми розташування елементів;
- схеми проходження сигналів;
- блок-діаграми з приведенням вхідних і вихідних сигналів;
- функціональні схеми проходження і перетворення сигналів;
- часові діаграми, тестові точки і переліки послідовностей операцій програмування для всіх програмованих компонент.

Керівництво по ремонту друкованих плат повинно містити:

- інструкції щодо проведення ремонту плат, модулів за допомогою автоматичного діагностичного та ремонтного обладнання, спільно з з'єднувачами та перехідниками;
- ідентифікаційний номер програмного забезпечення.

Документація по програмному забезпеченню включає опис, довідник користувача, інструкції з обслуговування, першоджерела програм, тестові процедури, програми і дані тестування.

Опис повинен включати:

- уявлення про розв'язувану за допомогою програмного забезпечення задачу;
- його структуру;
- опис інтерфейсу з апаратною частиною;
- карти вхідних і вихідних сигналів;
- таблиці прошивки і використання пам'яті;
- опису структури переривань;
- методи передачі даних і виявлення помилок;
- опису електричних і механічних інтерфейсів;
- номер версії.

Довідник користувача повинен містити:

- фізичний опис програмного забезпечення з точки зору того, що повинен бачити оператор (з посиланням на вимикачі, органи управління тощо);

- робочу процедуру;
- процедури діагностики в режимі реального часу і в режимі з поділом часу.

Документація щодо забезпечення запчастинами використовується як користувачем, так і складом зберігання запчастин, і представляє собою перелік замінних компонент, номери деталей і номери версій. Ця документація представляється у формі бази даних на дискеті або у вигляді диска CD-ROM.

Програма випробувань містить параметри тестування і процедури проведення випробувань на ремонтному підприємстві або на промисловій базі і включає комплект схем розводки кабелів, проводів на РЕА, що показують з'єднання як всередині пристроїв, так і між ними, а також взаємні з'єднання між РЕА.

Інструкція з монтажу містить інформацію з монтажу обладнання на об'єкті включає в себе:

- дані з розмірами, джерел живлення, по інтерфейсах;
- вимоги щодо охолодження, вентиляції;
- дані по фундаментам, підстав, перегородками та кріплення;
- вимоги по забарвленню, пожежної безпеки і захисту від впливу електричних полів;
- перелік кабелів, хвилеводних трактів, засобів кріплення та інших монтажних матеріалів;
- перелік спеціальних інструментів;
- спеціальні інструкції.

Комплектність документів по обслуговуванню і ремонту містить:

- технічний опис і відомості, необхідні для правильного використання виробу;
- керівництво з технічного обслуговування і поточного ремонту, в тому числі по обслуговуванню і відновлення програмного забезпечення;
- інструкцію по зберігання і транспортуванню;

- інструкцію з оцінки технічного стану виробу;
- типовий перелік запчастин.

Комплект документів для ремонту включає:

- ремонтні документи;
- спрощений комплект конструкторської документації;
- експлуатаційні документи.

Ремонтні документи включають:

- керівництво по ремонту, в тому числі з ремонту друкарських плат;
- технічні умови на ремонт;
- інструкції по монтажу (демонтажу) і розбирання (складання) виробу, налагодження, регулювання і випробувань блоків та агрегатів РЕЗ;
- відомість ЗІП на ремонт;
- норми витрати запчастин на ремонт;
- перелік обладнання, приладів, пристосувань та інструментів для ремонту і т.д.;
- відомість документів для ремонту.

Керівництво по ремонту включає:

- методики перевірки виробу і його складових частин;
- опис способів повного виявлення несправних складальних одиниць і вузлів виробу;
- методи відновлення (ремонт) або заміни несправних одиниць і деталей, відновлення ресурсу виробу;
- вимоги до проведення комплексних перевірок;
- вимоги стандартів з безпеки праці, виключення з застосування вибухонебезпечних речовин, токсичних рідин і газів.

5.5. Поняття ремонту. Види та методи ремонту

Однією з фаз експлуатації є ремонт апаратури (об'єкта).

Залежно від ступеня зносу і старіння, характеру поломок, від складності та обсягу робіт, необхідних для приведення радіоелектронної апаратури в справний стан, ремонт поділяють на плановий і позаплановий, поточний, середній, капітальний.

Плановий ремонт – це ремонт, передбачений у нормативній документації і який здійснюється в заплановані терміни.

Неплановий ремонт – описується в нормативній документації, але здійснюється в неплановому порядку по мірі необхідності.

Поточний ремонт – ремонт, який виконується для гарантованого забезпечення працездатності об'єкта і полягає в заміні і відновленні його окремих частин та їх регулюванні. Поточний ремонт, як правило, виконує обслуговуючий персонал відразу ж після виникнення (виявлення) відмови апаратури (при використанні за призначенням або при технічному обслуговуванні).

Капітальний ремонт – ремонт, який здійснюється з метою відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу об'єкта із заміною або відновленням його частин та їх регулюванням. Капітальний ремонт проводиться ремонтними підприємствами або на заводі виробнику.

При ремонті радіоелектронної апаратури розрізняють чотири методи;

- 1) ремонт методом заміни і подальшого відновлення;
- 2) ремонт методом заміни відновлюваного елемента;
- 3) ремонт при наявності резервування;
- 4) заміна поточного ремонту профілактичним обслуговуванням.

При експлуатації радіоелектронної апаратури жоден з методів в чистому вигляді не застосовують. Найчастіше використовують комбінацію з декількох методів.

Ремонт методом заміни і подальшого відновлення агрегату, вузла, блоку, модуля застосовується в цілях підвищення готовності апаратури. Іноді даний метод називають агрегатним. Час непрацездатного стану апаратури

при цьому значно скорочується, оскільки пошук несправного блоку набагато простіший, ніж пошук несправного елемента схеми, а час заміни зводиться до часу заміни блоку. Однак доцільність застосування зазначеного методу залежить від співвідношення затрат, одержуваних в результаті підвищення готовності та на збільшення вартості запасних елементів за рахунок великої кількості дорогих запасних блоків, агрегатів, вузлів.

Ремонт методом заміни відновлюваного елемента. До недавнього часу до невідновлювальних елементів радіоелектронної апаратури були резистори, конденсатори, електровакуумні та напівпровідникові прилади. В даний час це плати з друкованим монтажем, спресовані модулі, вузли, блоки тощо. Застосування зазначених елементів дає ряд переваг: менші витрати часу на відшукування і заміну елемента, що відмовив; можливість використання менш кваліфікованого обслуговуючого персоналу; зменшення поломок під час ремонту; забезпечення доступності без шкоди для щільності компонування. При бажанні використовувати такий метод ремонту і скоротити витрати на його проведення виникає задача визначення оптимального розміру відновлюваного елемента.

Заміна модулів економічно вигідніша їх відновлення і надалі очікується більш значне використання ремонту методом заміни невідновлювальних модулів порівняно з ремонтом методом відновлення. Заміна модулів у поєднанні з вбудованими пристроями індикації несправностей майже виключає необхідність у висококваліфікованому обслуговуючому персоналі.

Ремонт при наявності резервування можна розглядати як різновид ремонту без зняття апаратурою від виконання функцій. Замість зняття несправного елемента і устанавлення запасного останній встановлюють заздалегідь, а фактичну роботу з усунення несправності відкладають до якогось моменту в майбутньому. Таке забезпечення готовності апаратури і відповідний йому метод ремонту вимагають великих витрат.

Замена поточного ремонту профілактичним обслуговуванням є дуже цікавим методом ремонту. Для оцінки можливостей профілактичного

обслуговування доцільно відмови апаратури розділити на два види: що піддаються профілактиці і що не піддаються профілактиці.

До профілакуємих відмов відносяться майже всі поступові і частина раптових відмов, закон розподілу часу безвідмовної роботи яких є функцією напрацювання елемента, тобто наявність післядії.

При здійсненні поточного ремонту апаратури розрізняють чотири етапи

- 1) встановлення наявності несправності;
- 2) встановлення характеру відмови і відшукування несправного елемента;
- 3) усунення несправності;
- 4) перевірка апаратури після ремонту.

Всі зазначені етапи ремонту є загальними для всіх раніше перерахованих методів ремонту незалежно від методу пошуку відмови — автоматичного чи ручного. Можна припустити, що і подальше удосконалення методів ремонту апаратури не призведе до зміни даних етапів.

При зіставленні методів ремонту апаратури розподіл загального часу поточного ремонту можна аналізувати по етапах ремонту. При ручному пошуку елементів і ремонті методом заміни відновлюваного елемента для блочної конструкції апаратури співвідношення часу за етапами ремонту приблизно наступне:

встановлення наявності несправності — 3% загального часу ремонту;
встановлення характеру відмови і відшукування несправного елемента — 61%,
усунення несправності — 15%; перевірка апаратури після ремонту -21%.

Кожен етап ремонту апаратури пов'язаний з певними діями (операціями) людини чи машини.

При проведенні поточного ремонту людина ремонтує апаратуру, здійснює наступні операції:

- а) огляд і спостереження;
- б) консультації з обслуговуючим персоналом;

в) отримання (зі складу) постановка випробувального обладнання, приладів та інструменту;

г) читання технічних описів, інструкцій з експлуатації та іншої технічної документації;

д) під'єднання і від'єднання (комутація) випробувального обладнання і приладів;

е) випробування та вимірювання;

ж) складання або розбирання;

з) забезпечення доступності;

і) чищення і змащення;

к) видалення, заміна чи відновлення несправного елемента;

л) отримання матеріалів і елементів для заміни;

м) знімання і зворотна установка агрегатів, блоків, модулів;

н) регулювання;

о) очікування ремонту, через відсутність необхідних матеріалів, елементів або документів;

п) запис результатів вимірювань

Час усунення несправності може бути по-різному для одного і того ж ремонту. Причин різних значень часу усунення, абсолютно ідентичних несправностей можна привести досить багато: різна кваліфікація і досвід обслуговуючого персоналу, різні умови усунення несправності (температура, тиск, настрій обслуговуючого персоналу), різні конструкції вузлів (доступність, наявність контрольних гнізд).

У загальному випадку час усунення несправності є випадковою величиною, яка найбільш повно описується законом її розподілу.

Закон розподілу активного часу ремонту в основному визначається методом відшукування несправностей і конструкцією апаратури. Якщо апаратура модульного типу та ремонт здійснюється заміною модуля, то має місце експонентний закон розподілу, часу ремонту. Цей закон справедливий і для відносно простої апаратури.