

4.1. Вплив різних факторів на показники надійності

У процесі виробництва і експлуатації ТО діє безліч різних факторів, що впливають на її надійність. Всю множину факторів, що впливають на обладнання складних систем, можна розділити на дві групи

1) апаратні (технічні), тобто такі, що залежать від стану апаратури та її елементів;

2) неапаратні, тобто такі, що не залежать від стану апаратури, але впливають на функціональну надійність.

На рис. 4.91. наведено класифікацію цих факторів.

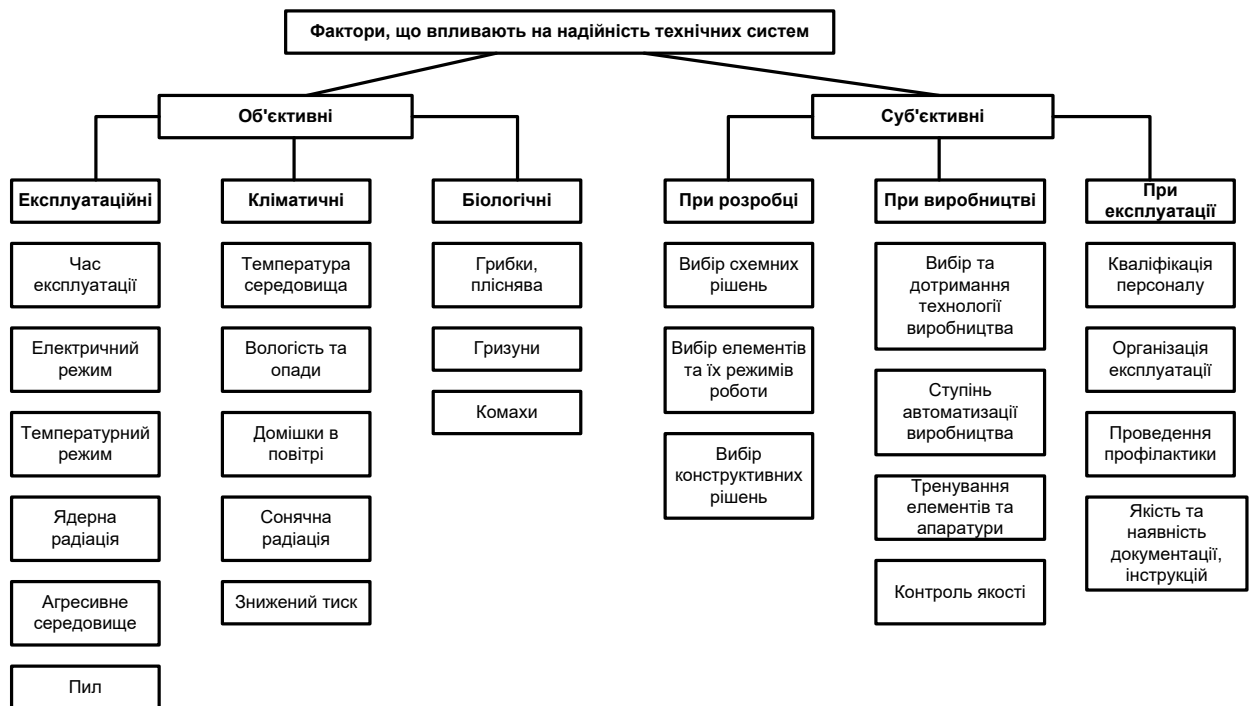


Рис. 4.1. Класифікація факторів впливу на надійність техніки

Всі фактори можна підрозділити на дві групи: об'єктивні чинники і суб'єктивні фактори.

До групи об'єктивних факторів належать експлуатаційні, кліматичні та біологічні.

До групи суб'єктивних факторів належать помилки людей під час розробки, виробництва і експлуатації. До факторів, що визначають надійність ТО на етапах розробки і виробництва, відносяться: вибір схемних рішень,

вибір елементів і режим їх роботи, вибір конструктивних рішень, вибір і дотримання технології виробництва, автоматизація виробництва, тренування елементів і апаратури, контроль якості тощо

30% падіння надійності припадає на такі фактори як : час експлуатації, електричні режими, температура середовища, вологість та атмосферні опади, знижений тиск, сонячні та інші види радіації і різного роду домішки в повітрі, механічні навантаження (перевантаження, удари і вібрації), біологічні чинники (грибки, цвіль, комахи і гризуни), діяльність обслуговуючого персоналу (кваліфікація, проведення профілактичних заходів, організація експлуатації, наявність інструкцій з експлуатації даного типу апаратури) і т. п.

Час експлуатації. Час експлуатації є одним з основних факторів, що визначають надійність апаратури на всіх етапах. Технологічні і конструктивні недоліки найчастіше виявляються в перший період експлуатації, коли інтенсивність відмов у багато разів більше, ніж в нормальний період експлуатації; так, наприклад, для електронних ламп вона в 2-5 разів вища. Вихід з ладу конденсаторів в більшості випадків відбувається за пробою діелектрика, в результаті чого до 70% усіх, що вийшли з ладу конденсаторів припадає на цей період експлуатації. Таким чином, у період припрацювання виявляються багато явних та прихованих дефектів апаратури в цілому та її елементів. У цей же період здійснюється вихідний контроль РЕА на виробництві.

Найбільш важливу апаратуру прийнято піддавати попередньому тренуванню протягом певного часу з тим, щоб ще до експлуатації у споживача вона виробила час припрацювання і ненадійні елементи і вузли були своєчасно усунені.

На третьому етапі роботи настає після кілька сотень або тисяч годин зростання інтенсивності відмов, незворотних змін параметрів і характеристик елементів. Причини старіння: складні процеси у діелектриках і провідниках, окислення поверхні провідників, порушення механічної та електричної

міцності матеріалів, порушення герметизації, підвищення водопроникності та ін.

До конструктивних факторів належать:

- вибір структурної та функціональної схеми, способів резервування та контролю;
- вибір комплектуючих елементів та матеріалів, а також робочих умов, в яких повинні працювати комплектуючі елементи;
- призначення вимог до допусків на технічні характеристики елементів;
- розробка експлуатаційної документації та ін.

До виробничих факторів належать фактори, що виникають в процесі підготовки виробництва, виготовлення та виробничого контролю виробів:

- вхідний контроль якості матеріалів та елементів, що отримані від підприємств постачальників;
- організація технологічного процесу виготовлення обладнання;
- контроль якості продукції на всіх етапах технологічного процесу;
- кваліфікація виробників;
- забезпечення якості та контроль монтажу та налагодження обладнання систем;
- умови роботи на виробництві та інше.

При проектуванні та конструюванні об'єкту закладається його надійність.

До експлуатаційних факторів відносяться фактори, що з'являються поза сферою проектування та виробництва об'єктів. Вони знижують надійність роботи виробу, коли обслуговування виробу проводиться недостатньо кваліфіковано, або коли режим його експлуатації не відповідає режиму встановленому при експлуатації. При високій якості обслуговування експлуатаційна надійність може підвищуватись в порівнянні з прогнозованою на етапі проектування та виробництва. За характером дії на об'єкт експлуатації фактори можна поділити на об'єктивні (дії зовнішнього середовища) та суб'єктивні (дія обслуговуючого персоналу). Об'єктивні

фактори, що впливають на надійність об'єктів, можна класифікувати на дві групи: зовнішні та внутрішні фактори.

До **зовнішніх факторів** відносяться впливи, що обумовлені зовнішнім середовищем та умовами застосування. Це, по-перше, кліматичні фактори, механічні дії (вібрація, удари), електромагнітні та радіаційні випромінювання, тощо.

Внутрішні фактори пов'язані із зміною параметрів об'єкта та конструкційних матеріалів (старіння, корозія, тощо). Ці зміни відбуваються в часі під впливом зовнішніх факторів.

Під суб'єктивними експлуатаційними факторами, що впливають на надійність, розуміють:

- кваліфікацію обслуговуючого персоналу;
- організацію та якість технічного обслуговування та регламентних робіт;
- методи та способи організації експлуатації об'єктів;
- організація збору та аналізу відомостей про надійність об'єктів.

Неапаратні фактори, які впливають на надійність систем виникають поза сферою проектування та виробництва цифрової техніки.

До них належать:

- якість алгоритмів та програм для виробів з програмним керуванням;
- кваліфікація обслуговуючого персоналу та якість обслуговування апаратури;
- умови роботи апаратури, в тому числі температура, вологість, завади, тощо.

До кліматичних факторів належать:

1. Температура навколишнього середовища. Тепловий вплив навколишнього повітря поширюється на всі складові частини виробу постійно, незалежно від того, працює виріб або знаходиться на зберіганні (не працює). Температура навколишнього середовища залежить від кліматичних зон, в яких відбувається експлуатація технічного об'єкта. На земній кулі

розрізняють чотири теплові кліматичні зони: помірну, холодну, гарячу суху і гарячу вологу.

При низьких температурах істотно змінюються властивості багатьох матеріалів: пластмаси втрачають міцність, гумові вироби стають крихкими і розтріскуються, чавун і пружинні сталі стають ламкими, припої, що містять олово, при температурі нижче $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ схильні до відставання від місць спайки. При низьких температурах відбувається загусання мастил і масел, унаслідок чого виникають відмови в гідравлічних системах і заїдання рухомих частин виробу. Високі температури призводять до перегріву приладу і виходу з ладу.

Технічна апаратура потребує особливих режимів роботи:

- температура (5-40) $^{\circ}\text{C}$
- вологість (60-70)%
- атмосферний тиск (750 ± 30)мм.рт.ст.

2. Вологість повітря. Розрізняють підвищену (більше 80 %) і понижену (менше 40 %) відносну вологість повітря, яка залежить від кліматичних зон. Наша країна розташовується в зоні з помірною (ближче до підвищеної) вологістю. Підвищена і знижена вологість повітря негативно впливають на технічні прилади. Знижена вологість у сполученні з високою температурою призводить до висихання деяких матеріалів, в результаті чого відбувається стимуляція процесів старіння деталей, виготовлених з цих матеріалів.

Підвищена вологість є одним з факторів, що найбільш негативно впливають на технічні об'єкти. Вона прискорює корозію металів. Корозія металів – це фізико-хімічний процес, що відбувається між металом і навколишнім середовищем, в результаті якого змінюються властивості, як самого металу, так і властивості середовища, в якому він знаходиться. Продукти корозії чорних металів, яка утворилася у вологому середовищі, являють собою гідратовані оксиди металів і називаються іржею. Вологість також змінює діелектриків. Зволоження ізоляційних матеріалів в різних блоках і пультах призводить до появи у них відмов і несправностей.

Причиною утворення вологи в блоках, пультах, редукторах, коробках і ємностях може бути конденсація парів на холодних поверхнях деталей при значних коливаннях температури. Волога є основною причиною ненадійної роботи трансформаторів, дроселів.

3. Тиск повітря. Знижений тиск, що виникає на висоті 150 м і більше, що викликає погіршення пуску і роботи двигунів внутрішнього згорання. Зниження тиску більшою мірою впливає на працездатність обслуговуючого персоналу.

4. Пісок, пил і інші домішки повітря. На надійність ТО сильний вплив спричиняє забрудненість повітря механічними і хімічними домішками. Пил, проникаючи в мікротріщини ізоляційних матеріалів, значно знижує ізоляційні властивості останніх.

Пил і особливо пісок, що знаходяться в повітрі, руйнують лакофарбові та інші захисні покриття; крім того, потрапляючи в рухливі сполучення механічних вузлів і механізмів, вони викликають прискорене зношення тертьових поверхонь.

Крім пилу в атмосфері можуть бути різні шкідливі хімічні домішки (солі, оксиди, кислоти), що викидаються машинами і промисловими підприємствами. Ці гази збільшують корозію металів, прискорюють процес старіння в пластмасах та інших неметалевих матеріалах. Ступінь впливу цих домішок значно збільшується при наявності підвищеної вологості.

5. Сонячна радіація. В процесі експлуатації ТО на відкритому повітрі всі його зовнішні поверхні піддаються дії прямих сонячних променів, які мають теплове і ультрафіолетове випромінювання.

Теплове випромінювання призводить до підвищення температури всіх складових частин технічних об'єктів. Дія цього фактору температури була розглянуто раніше.

Вплив ультрафіолетового випромінювання призводить до активізації фізико-хімічних процесів старіння багатьох деталей, виготовлених з гуми, пластмаси, а також лакофарбових покриттів і різних експлуатаційних та

консерваційних матеріалів. Таким чином, в результаті дії сонячного світла змінюються діелектричні властивості і колір пластичних мас, ряд пластмас стають крихкими, на гумових виробках утворюється тендітна кірка; поверхні таких виробів розтріскуються. Пофарбовані поверхні починають вицвітати і лущитися.

Біологічні фактори викликають особливий вид пошкоджень. Біопшкодження – особливий вид руйнування матеріалів, пов'язаний з впливом біофакторів, таких як мікроорганізми (бактерії, гриби), комахи, гризуни, птахи.

Біофактори можуть проявлятися у вигляді:

- прямого використання різних матеріалів в якості джерел живлення;
- безпосереднього впливу продуктів життєдіяльності мікроорганізмів на матеріали;
- утворення речовин, які каталізують корозійні реакції.

Біопшкодження можуть бути фізичні або хімічні. Фізичні біопшкодження викликаються ссавцями, птахами і т.п., а хімічні — ферментативними реакціями, що лежать в основі вражаючої дії мікроорганізмів.

На активність мікроорганізмів впливають зовнішні фізичні і хімічні фактори.

Фізичні фактори — це вологість середовища, концентрація речовин у водних розчинах, осмотичний тиск, температура навколишнього середовища та радіація.

Хімічні фактори — це склад і реакція середовища, а також її окисно-відновлювальні дії. У навколишньому середовищі можуть бути речовини, які стимулюють чи пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів.

До біологічних факторів відносяться:

1. Грибки, цвіль. З усіх біологічних факторів вони є найбільш небезпечними для техніки. Грибки можуть розвиватися на поверхні будь-яких матеріалів, якщо на них є шар органічного пилу.

Найбільш сприятливими умовами розвитку більшості видів плісняви є висока відносна вологість (більш 85 %), температура 20-30 °С і нерухомості повітря. Ці умови відповідають жаркому тропічному клімату. З пониженням температури нижче 7 °С і підвищенням її більш 40 °С, а також при відносній вологості нижче 75 % активність росту і розвитку цвілі значно знижується. Вплив грибків і цвілі на елементи техніки викликає наступні наслідки:

- пошкодження або руйнування натуральних волокнистих матеріалів (текстилю, пряжі, бавовни, вовни, льону, джуту, гуми, багатьох пластичних мас, дерева, шкіри, паперу і картону), оптичних деталей;
- руйнування лакофарбових покриттів, що містять рослинні покрови та тваринні жири;
- прискорення процесу корозії металів;
- порушення контактів, короткі замикання, пробій ізоляції.

Найбільш часто покриваються цвіллю вироби і запасні частини до них, якщо вони зберігаються у сирих, але теплих і не провітрюваних приміщеннях, під брезентом у теплому і вологому місці.

2. Комахи. З комах найбільш небезпечними для елементів є моль і терміти. Моль руйнує пластмаси, дерев'яні деталі, шкіру та інші органічні матеріали. Мокрі продукти розкладання комах, які осідають на струмонесучих частинах електроустаткування, можуть призвести до витоків струму і навіть до коротких замикань.

3. Гризуни. Вони призводять до пошкодження різних кабелів і проводів, це призводить до порушення функціонування електричних ланцюгів і виникненню коротких замикань.

Таким чином вплив зовнішніх та внутрішніх чинників на роботу апаратури необхідно передбачати ще на етапі проектування, вводячи в конструкцію попередні схеми захисту або покращення міцності та правильно розробляти рекомендації по експлуатації. А працівниками головне – дотримуватися рекомендацій на експлуатацію і не використовувати прилади не за призначенням і в умовах не передбачених для їх роботи.

4.2. Вибір і обґрунтування показників надійності

Боротьба за створення надійних об'єктів повинна починатися ще до початку їх проектування. При складанні технічних завдань на проектування необхідно здійснити ряд заходів по забезпеченню надійності. До числа таких заходів відносяться:

- вибір і обґрунтування принципів технічного обслуговування;
- вибір основного показника надійності;
- призначення норм надійності;
- розподіл норм надійності системи за елементами;
- складання програми забезпечення надійності.

Зміст цих взаємно пов'язаних заходів багато в чому залежить від кінцевої мети, яку прагнуть досягти. Зазвичай цю мету формулюють у вигляді «основного принципу», наприклад: спроектувати виріб відповідно до заданого вартістю терміну служби. При цьому необхідно збалансувати витрати на розробку та проектування виробів з витратами на їх експлуатацію, щоб загальна сума витрат не перевищувала задану при забезпеченні найкращих технічних характеристик виробів,

Принципи технічного обслуговування багато в чому визначають ефективність застосування об'єкта, справляють істотний вплив на його конструкцію.

Існують наступні правила заміни і ремонту окремих блоків або агрегатів технічних об'єктів:

- 1) за календарними термінами незалежно від напруження об'єкта;
- 2) з виробленням заздалегідь встановлених міжремонтних ресурсів;
- 3) за технічним станом.

Заміна або ремонт, за календарними строками, коли не враховується, використовувався об'єкт чи ні, зазвичай веде до невиправданих матеріальних

втрат. Застосовується вона лише при невмінні або небажанні організувати облік напрацювання об'єктів.

При заміні і ремонті за виробленням ресурсу незначно ускладнюється конструкція об'єкта (можуть встановлюватися вимірювачі напрацювання). Організація технічного обслуговування залишається порівняно простою, але можливості економії сил і засобів використовуються не повністю.

При заміні за технічним станом періодично контролюється визначальний параметр блоку, що характеризує його наближення до відмови або межі допуску. Рішення про заміну, ремонт або більш детальної перевірки блоку (агрегату) приймається за результатами контролю. При цьому значно скорочуються трудовитрати на обслуговування, скорочується витрати дорогих агрегатів і деталей і одночасно підвищується надійність.

Заміна та ремонт агрегатів за технічним станом можливі лише для об'єктів, які спеціально конструюються з урахуванням такої особливості технічного обслуговування. Необхідно заздалегідь знайти визначаючі параметри агрегатів, передбачити вбудовані датчики для їх вимірювання, місця приєднання пересувних засобів контролю тощо Крім того, для повної гарантії безвідмовної роботи об'єкта доцільно передбачити можливі наслідки відмов, з тим, щоб випадкова відмова елемента, агрегату, системи по можливості не призводила до надзвичайної події.

Ще один такий приклад – зонний метод технічного обслуговування, при якому обслуговування об'єктів проводиться за визначеними зонами (відсіках), в кожній з яких розміщуються агрегати однієї-двох систем об'єкта, по можливості подібні за принципами дії. До відповідних зон забезпечується вільний доступ.

Таким чином, технічне завдання на проєктований об'єкт має передбачати застосування передової системи технічного обслуговування і ремонту.

Принципи вибору показників надійності

Показники надійності, які включаються в технічне завдання на проєктований об'єкт, повинні відповідати режиму його використання та конструкції, повинні враховувати наслідки відмов. Крім того, повинна забезпечуватися можливість перевірки цього показника при випробуваннях і експлуатації об'єкта.

При виборі нормованих показників надійності доцільно послідовно аналізувати фактори, що впливають на вибір цих показників.

Спочатку необхідно зібрати відомості про систему в яку входить аналізований об'єкт. Далі необхідно встановити призначення об'єкта. При цьому вагу об'єкту можна розділити на три групи:

- 1) об'єкти, призначені для роботи в системах, ефективність функціонування яких може бути оцінена економічними критеріями;
- 2) об'єкти, функціонування яких пов'язано із забезпеченням безпеки;
- 3) об'єкти, для яких не можна вказати призначення (тип) систем, в яких вони будуть використовуватися.

Для об'єктів першої групи вибір можливих показників надійності визначено режимом використання об'єктів. Тому на першому етапі вибору показників надійності необхідно сформулювати режим використання об'єкта, віднісши його до одного з чотирьох класів, перелічених у розділі 1, тобто неремонтуємі об'єкти; ремонтуємі невідновлювальні об'єкти; ремонтуємі відновлювальні в процесі застосування об'єкти з допустимими перервами в роботі і такі ж об'єкти, але для яких перерви в роботі при відмовах неприпустимі.

На другому етапі для певного класу об'єктів вибирається один з типів показників надійності: інтервальний, миттєвий, числовий. При цьому враховуються економічні міркування: тип показника економічної ефективності і вид залежності цього показника від режиму функціонування об'єкта.

Більшість застосовуваних показників економічної ефективності є функціями від математичних очікувань наведеного корисного ефекту і

приведених витрат на експлуатацію і технічне обслуговування за весь час експлуатації об'єкта.

Таким чином, для відновлюваних об'єктів, у яких допустимі перерви в роботі, основними показниками надійності є числові показники.

Для обґрунтованого вибору номенклатури нормованих показників надійності системи з умов безпеки необхідно виділити основні фактори, що впливають на показники безпеки. Відповідні математичні моделі повинні враховувати випадкові процеси, що протікають в системі після появи відмов.

Для третьої групи об'єктів, для яких не можна вказати тип системи, в якій вони будуть використовуватися, доцільно призначити одну повну характеристику надійності:

для неремонтуємих виробів – функція надійності, густина розподілу напрацювання до відмови або інтенсивність відмов;

для ремонтваних невідновлювальних в процесі застосування виробів (показники надійності обчислюються з напрацювання) – (умовна) імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу або параметр потоку відмов;

для ремонтваних відновлюваних у процесі застосування виробів функція готовності для виробів, перерви в роботі яких припустимі і (умовна) імовірність безвідмовної роботи для виробів, перерви в роботі яких неприпустимі.

На практиці, коли передбачається певний тип закону розподілу часу безвідмовної роботи (напрацювання до відмови) доцільно задавати при показовому розподілі напрацювання (часу) до відмови або між відмовами один з наступних показників: інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови, ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого інтервалу часу.

4.3 Забезпечення надійності

Надійність виробу закладається в процесі його конструювання і розрахунку й забезпечується в процесі його виготовлення шляхом

правильного вибору технології виробництва, контролю якості вихідних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, контролю режимів і умов виготовлення.

Надійність зберігається застосуванням правильних способів зберігання виробів і підтримується правильною експлуатацією його, планомірним відходом, профілактичним контролем і ремонтом.

I. При проектуванні виробу повинні бути враховані наступні фактори:

1) якість застосовуваних компонентів і деталей. Вибір комплектуючих компонентів і елементів повинен бути проведений з урахуванням умов роботи виробу (кліматичних і виробничих). Елементи повинні задовольняти вимогам по своїм функціональним властивостям і характеристикам, мати необхідну механічну, електричну і теплову міцності, необхідну точність і надійність в заданих умовах експлуатації. Необхідно прагнути застосовувати ті компоненти і елементи, що входять в схему і конструкцію виробу, які показали у випадках, аналогічних виробів, найкращі результати.

Розробка складних виробів і систем показала, що при використанні уніфікованих компонентів, деталей, вузлів та елементів різко підвищується надійність системи. Це пов'язано з тим, що уніфіковані елементи краще відпрацьовані в схемному та конструктивному відношенні і мають сталу і добре контрольовану технологію виготовлення.

В даний час широко поширено модульно-блочний (агрегатний) принцип побудови схем і конструкцій складних виробів. Складний виріб (система) складається з функціональних елементів, конструктивно оформлених у вигляді типових, стандартних по конструкції модулів або блоків. Стандартизація вхідних і вихідних сигналів, параметрів джерел живлення, габаритних розмірів забезпечує спільну узгоджену роботу їх у виробі;

2) режими роботи компонентів і деталей. Вони повинні відповідати їх фізичним можливостям. Використання компонентів і деталей в режимах, не передбачених для їх застосування, є одним з основних джерел відмов. Не

можна допускати режими більш важкі, ніж ті, які зазначаються в офіційній технічній документації на компоненти.

Істотним також є схемне рішення та конструкція виробу в цілому. Наявність перехідних процесів у схемі в окремі моменти її роботи може викликати появу додаткових факторів, що призводять до відмов. Різним варіантам розміщення компонентів, деталей і елементів усередині виробу будуть відповідати різний мікроклімат, різні за величиною впливи вібрації, радіації і т.д.

Таким чином, правильний вибір і застосування компонентів і елементів схем і деталей конструкції, ретельна розробка схеми і її компонування, а також конструкції виробу є важливою умовою в досягненні високої надійності;

3) доступність всіх частин виробу і вхідних в них компонентів, деталей, вузлів, блоків та елементів для огляду, контролю і ремонту або заміни. Це є важливою умовою у підтриманні надійності в період експлуатації. Легкий доступ до приладів, елементів, вузлів, деталей конструкції і компонентам схем для огляду полегшує експлуатацію системи в цілому і забезпечує швидке відновлення її працездатності після появи відмови.

У разі складних виробів і систем знаходять застосування пристрої для автоматичного контролю справності виробу.

4) захисні пристрої. При проектуванні систем для автоматичного регулювання та керування необхідна така побудова схем і конструкцій, щоб відмова в роботі елемента, вузла, виробу не призводила до аварійного стану всього об'єкта. У разі, якщо цього не вдається досягти при побудові основної схеми або конструкції виробу, то необхідно введення спеціальних елементів або пристроїв захисту, що дозволяють запобігти розвитку аварійної ситуації. Одним із шляхів захисту є застосування резервування елементів, приладів і пристроїв, несучих найбільш відповідальні функції.

II. При виробництві технічних систем повинен дотримуватися ряд умов, пов'язаних з підтриманням технологічної дисципліни та дотриманням сталості технологічних процесів при виготовленні виробів.

Належний контроль якості, недопущення порушення сортності матеріалів або недоброякісної заміни комплектуючих виробів; недопущення застосування комплектуючих виробів, які зазнали зберігання або транспортування в несприятливих умовах; дотримання чистоти обладнання, робочого місця, необхідних санітарних норм роботи; недопущення порушення режимів при складних технологічних процесах; недопущення порушень технології складання і правил електричного монтажу; належний контроль за операціями і при випуску готової продукції; періодична перевірка якості і надійності готової продукції.

При експлуатації виробів основними факторами, що впливають на їх надійність, є умови експлуатації: ретельно продумана система обслуговування.

4.4. Шляхи підвищення надійності

В області конструювання необхідно:

знати фізику роботи (функціонування) виробу;

знати фізику відмов;

використовувати матеріали, комплектуючі елементи високої якості,

мати всі необхідні дані про властивості, характеристики та параметри матеріалів з метою правильного вибору режимів і умов їх застосування;

створювати надійні конструкції виробів з урахуванням умов експлуатації, місця установки на об'єкті, організації обслуговування;

широко використовувати застосування уніфікованих деталей і вузлів високої якості;

використовувати модульно-блочні принципи конструювання;

проводити аналіз і розрахунок функціональних характеристик, розрахунки на надійність по відношенню до основних видів відмов схем і конструкцій всіх основних елементів, приладів і пристроїв, а також всього виробу (системи) в цілому.

В області виробництва необхідний:

суворий вхідний контроль якості матеріалів;

використання сучасних технологічних методів і досконалого технологічного обладнання;

забезпечення чистоти і комфорту у виробничих приміщеннях, суворий контроль технологічних операцій, контроль якості роботи технологічного обладнання;

контроль за якістю виготовлених виробів після кожного основного етапу виготовлення;

повний контроль властивостей, характеристик і параметрів всього виробу після його виготовлення;

застосування сучасних способів упаковки для зберігання і транспортування виробу.

В області експлуатації необхідно:

застосовувати ретельно розроблені і обґрунтовані інструкції та методики щодо експлуатації, а також з профілактики та ремонту виробу;

використовувати тільки кваліфікований обслуговуючий персонал;

організувати на об'єктах збір повних і достовірних статистичних даних про відмови і простої апаратури (виробу);

Дослідження причин відмов і дефектів радіоелектронної апаратури показує, що 40-45% загальної кількості відмов походить від помилок, допущених при проектуванні, 20% від помилок, допущених при виробництві, 30% від експлуатаційних умов і неправильних режимів використання або неправильного обслуговування і близько 5-7% від природного зносу і старіння.

При прогнозуванні показників надійності в процесі проектування звичайно приймається, що показники надійності не збільшуються, не зменшуються в процесі виробництва та експлуатації.

В цьому випадку справедливо наступне: надійність закладається при проектуванні, забезпечується при виробництві та підтримується при експлуатації. Але так буває не завжди. На практиці має місце як погіршення так і покращення показників надійності в процесі виробництва та експлуатації.