

ТЕМА4. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАДІЙНОСТІ ЯК НАУКИ

4.1 Коротка історична довідка

4.2 Основні поняття надійності

4.3 Життєвий цикл об'єкту

4.4 Методи підвищення надійності технологічного обладнання

4.1 Коротка історична довідка

Основні принципи теорії надійності як науки сформувалися порівняно недавно. Однак перші вимоги до надійності з'явилися практично одночасно з першими технічними об'єктами. Наприклад, 4000 років тому в Стародавньому Вавилоні діяв закон, за яким якщо розвалився будинок і при цьому гинув його господар, то побудував будинок архітектор засуджувався до смертної кари, якщо ж гинули і члени сім'ю власника, то така ж доля чекала і сім'ю архітектора.

Згідно з указом Петра 1 тульської рушничного канцелярії пропонувалося «два ружья каждый месяц стрелять, пока не испортятся», **тобто практично регламентувалися випробування рушниць на надійність.**

У вказівках Петра 1 значилося: «§1. Повелеваю хозяина Тульской оружейной фабрики Корнилу Белоглазова бить кнутом и сослать в работу в монастыри, понеже он, подлец, осмелился войску государеву продавать негодные пищали и фузеи. Старшину олдермана Фрола Фукса бить кнутом и сослать в Азов, пусть не ставит клейма на плохие ружья.» **Виявлено невідповідність якості виробів, винні і вжиті заходи щодо покарання винних.**

«§2. Приказываю ружейной канцелярии из Петербурга переехать в Тулу и денно и ночью блюсти исправность ружей. Пусть дьяки и подьячие смотрят, как олдерман клеймо ставит, будет сомнение, самим проверять и смотром и стрельбою. А два ружья каждый месяц стрелять, пока не испортятся». **Контроль продукції, що випускається. Вибірковий контроль. Методика випробування, визначення кількості випробовуваних об'єктів, випробування до відмови.**

«Буде заминка в войске приключится, особливо при сражении, по недогляду дьяков и подьячих, бить оных кнутами нещадно по оголенному месту: хозяину – 25 кнутов и пени по червонцу за ружье; старшего олдермана бить до бесчувствия; старшего дьяка отдать в унтер-офицеры, дьяка отдать в писари, подьячего – лишитъ воскресной чарки сроком на один год.»

Петро 1 формує відповідальність за неналежну якість:

«§3. Новому хозяину ружейной фабрики Демидову повелеваю построить дьякам и подьячим избы, дабы не хуже хозяйской были. Буде хуже, пусть Демидов не обижается, повелю живота лишитъ.»

У стародавньому Вавилоні (~ 4000 років тому) існував закон, який свідчив, що якщо побудований будинок розвалиться і при цьому загине власник, то архітектор підлягає смертній карі, а якщо загине сім'я власника, то страти підлягають і члени сім'ї архітектора.

Вищенаведене досить переконливо свідчить про те, що людство протягом усієї своєї історії прагнуло створювати якісні вироби.

У Радянському Союзі основи науки про надійність зародилися набагато раніше, ніж в інших країнах, і задовго того, як проблему надійності почали вирішувати в радіоелектроніці і в усьому світі стали визнавати найважливішою для технічного прогресу.

Перші роботи в області надійності відносяться до теорії надійності механічних систем і належать Н.Ф.Хочіалову (СРСР) і Майєру (Німеччина). Ці роботи з'явилися в 1929-1931 рр. і були присвячені застосуванню теоретико-імовірнісних методів до розрахунку міцності об'єктів. У 30-40 рр. Н.С Стрілецьким і А.Р. Ржаніциним розроблені статистичні методи будівельної механіки. Було показано, що внаслідок імовірнісного характеру властивостей матеріалів і зовнішніх навантажень розрахунки елементів конструкцій на міцність мають статистичний характер.

У розвитку сучасної теорії надійності можна виділити три періоди. Перший період - період становлення (кінець 40-х - початок 60-х років) - характеризується оцінкою надійності за кількістю зафіксованих відмов. Розрахунков надійності проводився по інтенсивностям відмов, що входять в систему елементів, отриманих за статистикою відмов. Такий підхід розвивався в зв'язку з вирішенням проблеми надійності в радіоелектроніці та автоматики. Починаючи з початку 60-х років інтенсивно розвивалися математичні питання теорії надійності. За кордоном в розвиток методів теорії надійності великий внесок внесли Дж. Нейман, Шеннон, А. Пірс.

На другому періоді - періоді бурхливого розвитку теорії надійності (60-ті роки) - при оцінці надійності об'єктів стали враховувати вплив функціональних зв'язків між елементами системи, вплив режимів роботи (внутрішні чинники) і факторів навколишнього середовища - температури, вологості, тиску, вібрацій, випромінювань і т.п. (зовнішніх факторів). У цей період розрахунки і оптимізація надійності об'єктів набули поширення в усіх галузях техніки. Багато питань надійності були стандартизовані. Велику увагу було приділено фізиці відмов. З другої половини 70-х років спостерігається зростання числа досліджень, пов'язаних з вирішенням завдань прогнозування надійності об'єктів і оцінки надійності складних систем. **Цей третій період** розробки теорії надійності характерний подальшим поглибленням вивченням фізико-хімічних і статистичних закономірностей появи відмов як в простих, так і в складних системах.

В даний час приділяється велика увага стандартизації основних питань надійності з метою гармонізації національних і зарубіжних стандартів. Випускаються нові стандарти, що відображають практично всі аспекти діяльності

підприємств з управління надійністю або об'єктів, що випускаються та експлуатуються.

Поява техніки і її широке застосування у виробничих процесах зробила актуальним питання про її ефективність. Ефективність використання машин пов'язана з їх здатністю безперервно і якісно виконувати покладені на них функції. Проте через поломки або несправності знижується якість роботи машин, виникають вимушені простої в їх роботі, виникає потреба в ремонті для відновлення працездатності і необхідних технічних характеристик машин.

Поняття надійності пов'язане із здатністю технічного засобу виконувати покладені на нього функції протягом необхідного часу і з необхідною якістю. З перших кроків розвитку техніки стояло завдання зробити технічний пристрій таким, щоб він працював надійно. З розвитком і ускладненням техніки ускладнювалася і розвивалася проблема її надійності. Для вирішення її було потрібно розробку наукових основ нового наукового напрямку - науки про надійність.

Надійність характеризує якість технічного засобу. Якість - сукупність властивостей, що визначають придатність виробу до використання за призначенням і його споживчі властивості. Надійність - комплексна властивість технічного об'єкту, яка полягає в його здатності виконувати задані функції, зберігаючи свої основні характеристики у встановлених межах. Поняття надійності включає безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережаність.

Вивчення надійності як якісного показника, що характеризує технічний пристрій, привело до появи науки "Надійність". Предмет дослідження науки - вивчення причин, що викликають відмови об'єктів, визначення закономірностей, яким вони підпорядковуються, розробка способів кількісного виміру надійності, методів розрахунку і випробувань, розробка шляхів і засобів підвищення надійності.

Розрізняють загальну теорію надійності і прикладні теорії надійності. Загальна теорія надійності має три складові:

1. Математична теорія надійності. Визначає математичні закономірності, яким підпорядковуються відмови і методи кількісного виміру надійності, а також інженерні розрахунки показників надійності.

2. Статистична теорія надійності. Обробка статистичної інформації про надійність. Статистичні характеристики надійності і закономірності відмов.

3. Фізична теорія надійності. Дослідження фізико-хімічних процесів, фізичних причин відмов, впливу старіння і міцності матеріалів на надійність.

Прикладні теорії надійності розробляються в конкретній області техніки стосовно об'єктів цієї області. Наприклад, існує теорія надійності систем управління, теорія надійності електронних пристроїв, теорія надійності машин та ін.

Надійність пов'язана з ефективністю (наприклад, з економічною ефективністю) техніки. Недостатня надійність технічного засобу є наслідком:

- зниження продуктивності через простой внаслідок поломок;
- зниження якості результатів використання технічного засобу через погіршення його технічних характеристик внаслідок несправностей;
- витрати на ремонти технічного засобу;
- втрата регулярності отримання результату;
- зниження рівня безпеки використання технічного засобу.

З надійністю безпосередньо пов'язана діагностика. *Діагностика* - наука про методи і принципи розпізнавання хвороб і постановки діагнозу. Технічна діагностика розглядає питання, пов'язані з оцінкою дійсного стану технічних систем. *Завданням діагностики є* виявлення і запобігання виникаючим відмовам технічних засобів з метою підвищення їх загальної надійності.

Процес технічної діагностики передбачає наявність об'єкту діагностики, засобів діагностики і людини-оператора. В процесі діагностики виконуються вимірювальні, контрольні і логічні операції. Ці операції виконуються оператором з використанням засобів діагностики з метою визначення дійсного стану технічного засобу. Результати оцінки використовуються для ухвалення рішення про подальше використання технічного засобу.

4.2 Основні поняття надійності

У теорії надійності розрізняють системи та елементи. Під системою розуміють сукупність спільно діючих елементів, що забезпечують рішення певних завдань. Елемент не має самостійного експлуатаційного призначення при рішенні конкретного завдання та виконує визначені функції системи. Ці поняття відносні, вони визначаються поставленими цілями дослідження. Так, при дослідженні надійності авіаційних двигунів як системи, її елементами є компресор, турбіна, камера згорання, паливна автоматика, система управління двигуном тощо. У той же час, при дослідженні надійності літака авіаційний двигун розглядають як елемент.

Під об'єктом будемо розуміти систему чи підсистему, їх елементи чи функціональні одиниці (частини), які розглядаються з точки зору надійності як самостійні одиниці.

Для характеристики стану об'єктів експлуатації застосовують такі терміни, як **справність, несправність, працездатний** чи **непрацездатний** стан. Кожний з цих станів характеризується сукупністю значень параметрів та якісних ознак, що встановлюються нормативно-технічною або конструкторською документацією. Працездатний об'єкт на відміну від справного задовольняє лише вимогам нормативно-технічної документації, виконання яких забезпечує його здатність виконувати потрібні функції. У зв'язку з цим "справний стан" ширше, ніж поняття "працездатний стан". Об'єкт може бути несправним, але працездатним.

Під **граничним станом** розуміють такий стан об'єкта, при якому подальша експлуатація згідно з нормативно-технічною документацією неприпустима, чи недоцільна, або характеризується неусувним виходом параметрів за встановлені межі. Після настання граничного стану експлуатація об'єкта припиняється і він може бути відправлений в ремонт або списаний.

Сьогодні можна виділити чотири групи об'єктів, які відрізняються показниками і методами оцінки надійності (рис.1).

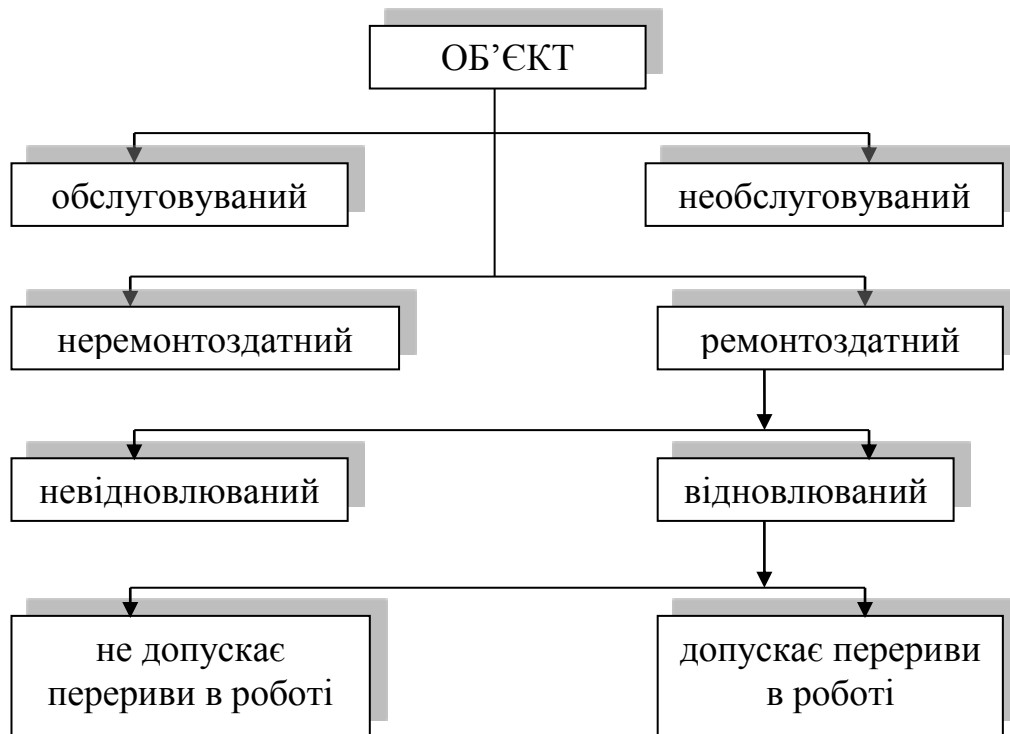


Рис.1. Групи об'єктів

Обслуговуваний об'єкт – об'єкт, для якого проведення технічного обслуговування передбачено нормативно-технічною документацією або конструкторсько-проектною документацією.

Необслуговуваний об'єкт - це об'єкт, для якого проведення технічного обслуговування не передбачено нормативно-технічною документацією та конструкторсько-проектною документацією.

Ремонтований об'єкт – це об'єкт, ремонт якого передбачений та можливий ремонтною, нормативною та конструкторською документаціями.

Неремонтований об'єкт – це об'єкт, ремонт якого не передбачений нормативною ремонтною та конструкторською документацією.

Об'єкт, для якого в даній ситуації проведення ремонту працездатного стану не передбачено в нормативно-технічній чи конструкторській документації чи не дозволяє відновити задані кількісні показники надійності називається **невідновлюваним**. Такий об'єкт замінюється в цілому на новий чи інший справний, чим досягається відновлення працездатності складного

об'єкта (функціональної системи) складовою частиною якого є даний об'єкт. Такий метод відновлення називається агрегатним.

Відновлюваний об'єкт – це ремонтований об'єкт, який після відмови та усунення несправностей знову стає здатним виконувати потрібні функції, що задані кількісними показниками надійності. Відновлення полягає у відшуванні та заміні елементів (модулів, плат і т.і.), які відмовили з подальшим регулюванням та перевіркою працездатності.

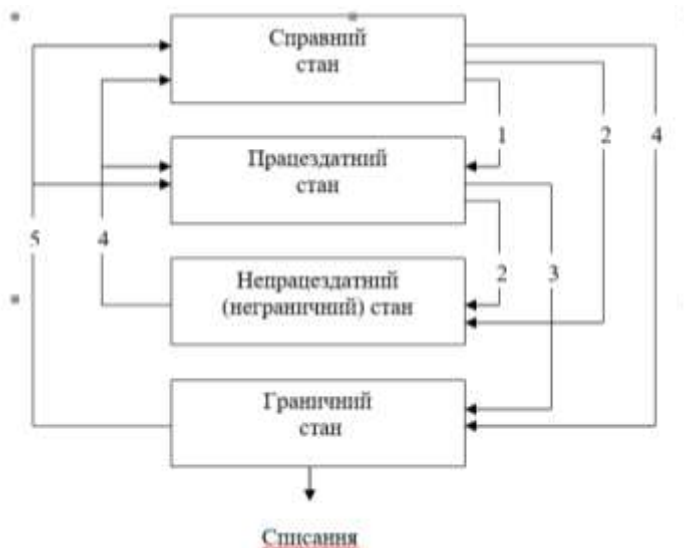
Об'єкт характеризується якістю. Надійність є складовим показником якості об'єкту. Чим вище надійність об'єкту, тим вище його якість.

Працездатний об'єкт - об'єкт, який може виконувати покладені на нього функції в умовах експлуатації, визначених для цього об'єкту. Працездатний об'єкт знаходиться в працездатному стані.

Під справністю розуміють стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об'єкта. Тобто об'єкт, є працездатним а також задовольняє й деяким іншим вимогам, застереженим в документації, але не впливаючих на його працездатність (немає пошкоджень лакофарбового покриття, відсутні пом'ятини, тріщини на захисних коробках, задовольняє естетичним вимогам і т.ін.).

Подія порушення працездатного стану об'єкта називається відмовою. Про неї судять по сукупності значень параметрів, які описують стан об'єкта, та якісних ознак, для яких не застосовують кількісні оцінки.

Ознаку, чи сукупність ознак порушення працездатного стану об'єкта, встановлені у нормативній або конструкторській документації на об'єкт називають критеріями відмови.



1 – пошкодження; 2 – відмова; 3 – перехід у граничний стан;
4 – відновлення; 5 – ремонт.

Рис.2. Перехід об'єкта із справного стану у несправний

Перехід об'єкта із справного стану у несправний (рис.2) відбувається у наслідку дефектів (пошкоджень і відмов).

Якщо об'єкт переходить у несправний, але працездатний стан, цю подію називають пошкодженням

У складних об'єктах можливий більш детальніший поділ станів об'єкта з виділенням проміжних станів із зниженими рівнями якості функціонування (правильне функціонування – неправильне функціонування).

Перехід об'єкта у граничний стан спричиняє тимчасове або остаточне припинення використання об'єкта за призначенням. Тому під граничним станом розуміють стан об'єкта при якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе або не доцільне.

Перехід об'єкта з граничного стану у працездатний здійснюється за допомогою ремонту, при якому відбувається відновлення ресурсу об'єкта. Під технічним ресурсом розуміють наробіток об'єкта від початку експлуатації до переходу у граничний стан. При цьому у нормативно-технічній та (або) конструкторській документації встановлюється критерій граничного стану (тобто ознака або сукупність ознак граничного стану).

Перехід об'єкта з непрацездатного (неграничного) стану у працездатний чи справний стан здійснюється за допомогою операцій відновлення. До відновлення належать операції ідентифікації відмови та контролю технічного стану елементів об'єкту, заміна елементу та заключні операції контролю працездатності об'єкта в цілому.

Працездатний стан - стан об'єкту, при якому значення усіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають нормативно-технічній і (чи) конструкторській (проектною) документації.

Непрацездатний стан - стан об'єкту, при якому значення хоч би одного параметра, що характеризує його здатність виконувати задані функції, не відповідає нормативно-технічній і (чи) конструкторській (проектною) документації.

Відмова - перехід об'єкту з працездатного стану в непрацездатний.

Відновлення - повернення об'єкту працездатного стану. Відновлення здійснюється шляхом ремонту об'єкту.

Надійність об'єкту - сукупність властивостей, що визначають можливість об'єкта зберігати працездатність в певних режимах і умовах експлуатації і його пристосованість до відновлення у разі відмови.

Чисельна оцінка надійності - ймовірність P знаходження об'єкту в працездатному стані в даний момент часу t . Ця ймовірність з часом змінюється за деяким законом P (рис. 3).

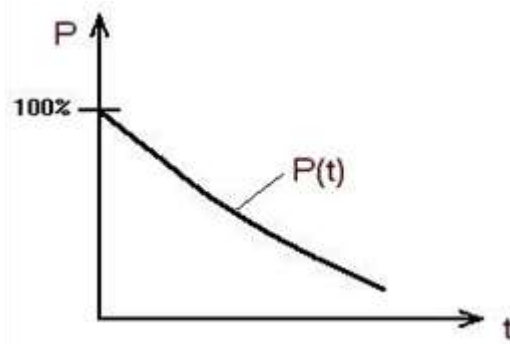


Рис. 3. Ймовірність знаходження об'єкту в працездатному стані в даний момент часу t

Ймовірність працездатного стану P об'єкту пов'язана з ймовірністю відмови Q :

$$P = 1 - Q.$$

4.3 Життєвий цикл об'єкту

Об'єкт характеризується життєвим циклом. Життєвий цикл об'єкту складається з ряду стадій: проектування об'єкту, виготовлення об'єкту, експлуатація об'єкту. Кожна з цих стадій життєвого циклу впливає на надійність виробу.

На стадії проектування об'єкту закладаються основи його надійності. На надійність об'єкту впливають: вибір матеріалів (міцність матеріалів, зносостійкість матеріалів), запаси міцності деталей і конструкції в цілому, зручність збирання і розбирання (визначає трудомісткість наступних ремонтів), механічна і теплова напруженість конструктивних елементів, резервування найважливіших або найменш надійніших елементів і інші заходи.

На стадії виготовлення надійність визначається вибором технології виробництва, дотриманням технологічних допусків, якістю обробки поверхонь, що сполучаються, якістю використовуваних матеріалів, ретельністю збирання і регулювання.

На стадії проектування і виготовлення визначаються конструктивно-технологічні чинники, що впливають на надійність об'єкту. Дія цих чинників виявляється на стадії експлуатації об'єкту. Крім того, на цій стадії життєвого циклу об'єкту на його надійність впливають і експлуатаційні чинники.

Експлуатація чинить вирішальний вплив на надійність об'єктів, особливо складних. Надійність об'єкту при експлуатації забезпечується шляхом:

- дотримання умов і режимів експлуатації (мащення, режими навантажень, температурні режими та ін.);
- проведення періодичних технічних обслуговувань з метою виявлення і усунення виникаючих неполадок і підтримки об'єкту в працездатному стані;

- систематична діагностика стану об'єкту, виявлення і попередження відмов, зниження шкідливих наслідків відмов;
- проведення профілактичних відновлюваних ремонтів.

Основною причиною зниження надійності в процесі експлуатації є знос і старіння компонентів об'єкту. Знос призводить до зміни розмірів, порушення працездатності (наприклад, через погіршення умов мащення), поломок, зниженню міцності і так далі. Старіння призводить до зміни фізико-механічних властивостей матеріалів, що тягне за собою поломки або відмови.

Умови експлуатації призначаються такими, щоб максимально понизити знос і старіння: наприклад, знос зростає в умовах дефіциту або низької якості мащення. Старіння зростає при виході температурних режимів за допустимі (наприклад, ущільнюючі прокладки, клапани і т.п.).

Надійність об'єкту на стадії експлуатації можна ілюструвати графіком типової залежності інтенсивності відмов об'єкту від часу експлуатації, представленому на рисунку 4.

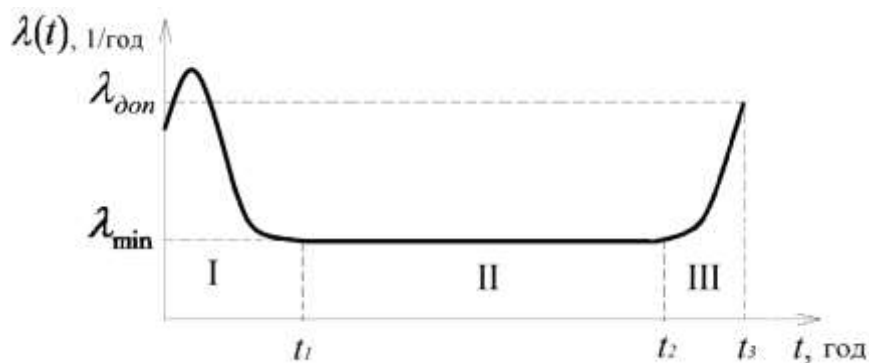


Рис. 4. Залежність інтенсивності відмов від часу

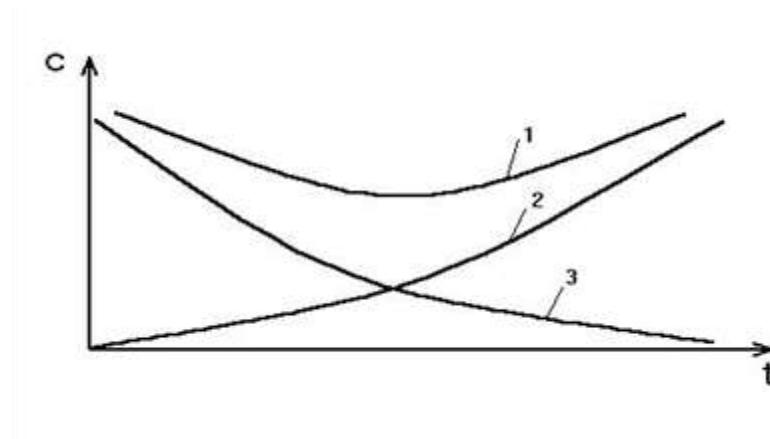
I період – період приробітку ($0 - t_1$). Цей період характеризується високою інтенсивністю відмов, що обумовлено виходом з ладу виробів, що мають приховані дефекти, які не вдалося виявити при їх виготовленні. Тривалість періоду приробітку складає частку відсотка часу нормальної роботи виробу. Період приробітку вважається завершеним, коли інтенсивність відмов наближується до $\lambda_{\min}$. Відмови приробітку можуть бути наслідком конструктивних, технологічних та експлуатаційних помилок.

II період – період нормальної роботи ($t_1 - t_2$). Цей період характеризується мінімальною і постійною інтенсивністю відмов. Величина $\lambda_{\min}$ тим менша, а інтервал тим більший, чим досконаліша конструкція, вища якість її виготовлення і більш ретельно дотримані режими експлуатації. Цей період складає десятки тисяч годин.

III період – період зносу і старіння ($t_2 - t_3$). Цей період характеризується різким зростанням інтенсивності відмов через появу зносу і старіння матеріалів.

Завершується період III, а разом з тим припиняється експлуатація виробу, коли інтенсивність відмов наближається до максимально допустимого значення $\lambda_{дон}$.

Щорічні витрати на експлуатацію характеризуються графіками на рисунку 5, де 1 - сумарні витрати; 2 - витрати на ремонт; 3 - витрати на амортизацію. З графіків видно, що існує оптимальний термін експлуатації об'єкта, при якому сумарні витрати на експлуатацію мінімальні. Тривала експлуатація, що суттєво перевищує оптимальний термін економічно невігідна.



1 - сумарні витрати; 2 - витрати на ремонт; 3 - витрати на амортизацію

Рис. 5. Залежність витрат від терміну експлуатації об'єкта

4.4 Методи підвищення надійності технологічного обладнання

На надійність технічного об'єкта впливають умови експлуатації, різні зовнішні чинники.

Технічні: контроль технічного стану, аналіз стану вузлів і механізмів.

Технологічні: якість технічного обслуговування і поточного ремонту; стан технічної документації для проведення обслуговування і ремонту; наявність технічних регламентів, маршрутної технології ліквідації несправностей.

Організаційні: стан постачання запасними частинами, навчання персоналу, заходи щодо ліквідації простоїв і аварій та ін.

Соціальні: забезпеченість кадрами, стаж і досвід роботи за фахом, кваліфікація.

Оперативно-тактичні: характер методів і прийнятих рішень, оперативне планування і контроль виконання.

Стратегічні: перспективне і стратегічне планування.

Існують різні **методи підвищення надійності технологічного обладнання:**

1) вибір раціональної конструкції механізмів і вузлів;

- 2) зменшення навантажень на поверхнях тертя, зменшення кількості пар тертя;
- 3) принцип рівномірного зносу; зменшення зносу;
- 4) регламентація показників зносу з умови надійності;
- 5) захист технологічного обладнання від забруднень, зовнішніх негативних впливів.

Для підвищення надійності широко застосовують різні методи резервування:

- елементне і апаратне резервування, при якому в об'єкті поряд з основними елементами є резервні;
- тимчасове резервування, при якому передбачається запас (резерв) часу на виконання операції;
- інформаційне резервування, коли при передачі та подання інформації використовуються додаткові (резервні, надлишкові) інформаційні засоби.

Основні шляхи підвищення надійності технологічного обладнання

1. Підвищення опору машин несприятливим умовам експлуатації.
2. Захист машин від шкідливих впливів зовнішнього, навколишнього виробничого середовища (загазованість, забруднення, вплив температурних зовнішніх впливів).
3. Створення раціональної конструкції машини з її оптимальними експлуатаційними властивостями.
4. Застосування автоматики для підвищення надійності (автоматика розглядається як засіб забезпечення якості та надійності).
5. Створення машин з регламентованими і нормованими показниками надійності, що забезпечують стійке збереження технічного ресурсу в процесі експлуатації.
6. Розробка моделей зміни технічного стану і прогнозування відмов технологічного обладнання.
7. Розробка системи інформації про надійність в процесі діагностування та проведення моніторингу технічного стану.
8. Проведення стендових випробувань на надійність високонавантажених механізмів і вузлів.
9. Організація ефективної системи технічного обслуговування та ремонту.
10. Своєчасне забезпечення і оснащення запчастинами до комерційної проведення технічного обслуговування і ремонту.
11. Застосування резервування, що значно підвищує надійність системи, але збільшує її вартість.
12. Застосування програмних пристроїв керування, контролерів і обчислювальної техніки.
13. Діагностування та прогнозування працездатності із застосуванням автоматичних засобів діагностики. Перш ніж забезпечувати високу надійність технологічного обладнання, вирішуються багато проблем проведення аналітичних і експериментальних досліджень по виявленню і отриманню інформаційних даних процесів функціонування устаткування з досягненням

заданих техніко-експлуатаційних характеристик. Технічне діагностування та прогнозування рівня надійності створюваного або технологічного обладнання, що знаходиться в експлуатації є найбільш відповідальними етапами для досягнення його високої надійності.

Підтримання надійності об'єкту при експлуатації

Підтримання необхідного рівня надійності технічних об'єктів в процесі експлуатації здійснюється шляхом проведення комплексу організаційно-технічних заходів. Сюди входять періодичні технічні обслуговування, профілактичні і відновлювані ремонти. Періодичні технічні обслуговування спрямовані на своєчасні регулювання, усунення причин відмов, раннє виявлення відмов.

Періодичні технічні обслуговування проводяться у встановлені терміни і у встановленому об'ємі: технічні огляди (щоденні), щотижневі, щомісячні, сезонні та ін. Завданням будь-якого ТО є перевірка контрольованих параметрів, регулювання у разі потреби, виявлення і усунення несправностей, заміна елементів, передбачена експлуатаційною документацією.

Порядок виконання нескладних робіт визначається інструкціями по технічному обслуговуванню, а порядок виконання складних робіт - технологічними картами.

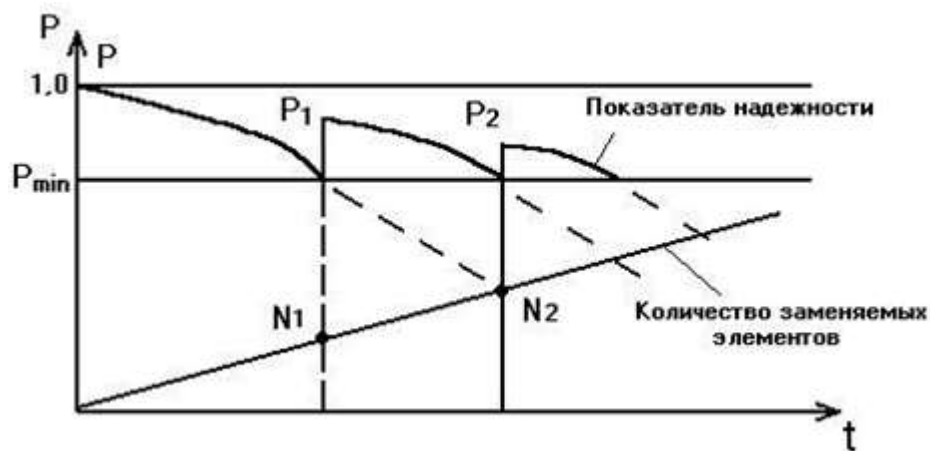
В процесі технічних обслуговувань зазвичай здійснюється і діагностика стану експлуатованого об'єкту (у тому або іншому об'ємі). Діагностика полягає в контролі стану об'єкту з метою виявлення і попередження відмов. Здійснюється діагностика за допомогою діагностичних засобів контролю, які можуть бути вбудованими і зовнішніми. Вбудовані засоби дозволяють здійснювати безперервний контроль. За допомогою зовнішніх засобів здійснюється періодичний контроль.

В результаті діагностики виявляються відхилення параметрів об'єкту і причини цих відхилень. Визначається конкретне місце несправності. Вирішується завдання прогнозування стану об'єкту і приймається рішення про його подальшу експлуатацію.

Об'єкт вважається працездатним, якщо його стан дозволяє йому виконувати покладені на нього функції. Якщо в процесі експлуатації характеристики об'єкту або його структура неприпустимо змінилися, то говорять, що в об'єкті виникла несправність. Виникнення несправності не можна ототожнювати з втратою об'єктом працездатності. Проте в непрацездатному об'єкті завжди матиме місце несправність.

Для відновлення показників надійності об'єкту при їх зниженні проводяться профілактичні і відновлювані ремонти. Відновлювані ремонти служать для відновлення працездатності об'єкту після відмови і підтримання заданого рівня його надійності шляхом заміни деталей і вузлів, що втратили свій рівень надійності або що відмовили.

Кількість ремонтів визначається економічною доцільністю. Типова залежність ймовірності безвідмовної роботи ремонтovanого об'єкту від часу експлуатації показана на рисунку 6.



P - ймовірність безвідмовної роботи об'єкту, $P_{\min}$ - мінімально допустимий рівень надійності, N - число замінюваних при ремонті елементів об'єкту

Рис.6. Залежність ймовірності безвідмовної роботи ремонтovanого об'єкту від часу експлуатації

Черговий ремонт не дозволяє досягти початкового рівня надійності об'єкту і термін експлуатації об'єкту після цього ремонту буде менше, ніж після попереднього ремонту. Таким чином, ефективність кожного наступного ремонту знижується, що тягне необхідність обмеження загальної кількості ремонтів об'єкту.