

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни «Надійність авіаційної техніки»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

**темою №3 – Надійність об'єктів уразі параметричних відмов**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробники:**

1. *Старший викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, Владов С.І.*
2. *Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, викладач-спеціаліст Самохліб Олександр Олександрович*

**Рецензенти:**

1. *Завідувач кафедри транспортних технологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, доктор технічних наук, професор Мороз М.М.*
2. *Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.*

### План лекції

1. Аналіз випадкових процесів зміни визначального параметра.
2. Моделі процесів наближення об'єкта до параметричних відмов.
3. Тривалість збереження працездатності.
4. Схема формалізації розподілу відмов на підставі аналізу випадкових процесів деградації.

### Рекомендована література:

#### Основна література:

1. Нечипоренко О. М. Основи надійності літальних апаратів : навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 240 с.

#### Допоміжна література:

2. Міляєв Ю. П., Нечипоренко О. М. Основи надійності технічних систем : навчальний посібник. Київ : Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2010. 246 с.

### Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11582/7/%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B0%207%20%D0%B2.pdf>

## ТЕКСТ ЛЕКЦІЙ

Якщо відмови розглядаються як вихід за припустимі межі значення параметра об'єкта, що відбуваються через випадкові зміни цього параметра у часі  $t$  (у загальному випадку – у функції будь-якої монотонно зростаючої величини, яку можна розглядати, як наробіток), то ці відмови називають **параметричними**.

Серед методів підвищення надійності, які передбачаються при проектуванні, особливе місце займає використання надмірності, тобто введення додаткових коштів або можливостей понад мінімально необхідних для виконання об'єктом заданих функцій. Сам же метод підвищення надійності об'єкту шляхом введення надмірності прийнято називати резервуванням. Резервування – застосування додаткових засобів і можливостей з метою збереження працездатного стану об'єкта при відмові одного або декількох його елементів.

Принцип резервування подібним розглянутому раніше паралельному з'єднанню елементів і з'єднанню типу " $m$  з  $n$ ", де за рахунок надлишковості можливе забезпечення більш високої надійності системи, її елементів. Класифікація видів резервів в залежності від типу створюваної в технічному об'єкті надмірності, розрізняють резервування: структурне, яке передбачає використання надлишкових елементів у структурі об'єкта (введенням додаткових вузлів, блоків та елементів аналогічних наявними); часове, коли використовується надлишковий час, який може бути закладений на додаткову інформацію або час на проведення додаткових функцій, процесів. Резерви часу можуть бути використані для усунення

відмов, технічного обслуговування та інше. Резерв часу в технологічних системах може бути забезпечений різними способами: а) збільшенням оперативного часу (за рахунок зменшення часу на обслуговування, планованих простоїв, підвищення змінності роботи); б) створенням запасу продуктивності; в) наданням системі властивості функціональної інерційності. Функціональна інерційність – властивість системи, що характеризує її здатність допускати перерви в роботі без втрати вихідного ефекту.

Функціональна інерційність технологічній системі може бути забезпечена застосуванням міжопераційних накопичувачів (буферів). інформаційне, яке передбачає використання надмірності інформації, що надходить на об'єкт. Реалізується введенням надлишкових кодів і символів при передачі, обробці і відображенні інформації (наприклад, додаткові одиниці інформації, що дозволяють виявляти і усувати помилки в передачі інформації: корегувальні коди, контрольні суми, перевірки на парність тощо). функціональне, що означає використання здатності елементів і вузлів об'єкта виконувати додаткові функції; резервування з застосуванням функціональних резервів. При цьому способі резервування система будується таким чином, що задана функція може виконуватися різними способами і (або) технічними засобами. навантажувальне, що передбачає використання здатності об'єкта і його елементів сприймати додаткове навантаження. Суть принципу навантажувального резервування (параметричної надмірності) полягає в розширенні області працездатності об'єкта, при цьому область станів об'єкта віддаляється від меж області працездатності, які визначаються граничними допустимими значеннями вихідних параметрів об'єкта. Це реалізується за рахунок створення запасів міцності, зносостійкості (збільшення допусків на знос, збільшення площі опорних поверхонь, застосування зносостійких матеріалів тощо), жорсткості, вібростійкості, теплостійкості.

Навантажувальне резервування дозволяє безперервно підвищувати надійність систем до необхідного рівня за рахунок підвищення працездатності та стійкості до відмов окремих елементів систем В даному навчальному посібнику розглянемо тільки структурне резервування, оскільки інші види відносяться до специфічних умов експлуатації технічних об'єктів. Варто зауважити, що в деяких випадках в об'єкті може бути використано декілька видів резервування одночасно (структурне і навантажувальне, структурне і часове тощо). Основними поняттями, які варто розглянути при структурному резервуванні є: основний елемент – елемент структури об'єкта, мінімально необхідний для виконання об'єктом заданих функцій; резервний елемент – елемент, призначений для забезпечення працездатності об'єкта в разі відмови основного елемента

Природно, що резервний елемент повинен володіти

характеристиками, аналогічними основному елементу. Тому при резервуванні використовують рівні за надійністю елементи. Резервний елемент завжди включається паралельно до основного. До одного основного елементу може бути підключено безліч резервних. Розумна кількість резервних елементів визначається рівнем надійності, який варто забезпечити, затратами на резервування, масо-габаритними показниками тощо. Кратність резервування – відношення кількості резервних елементів до кількості основних елементів об'єкта. Розрізняють однократне резервування, кратність якого дорівнює одиниці, і багатократне, кратність якого більше одиниці. Багатократне резервування застосовують у тих випадках, коли необхідно забезпечити досить високі показники надійності. Резервування одного основного елемента одним резервним (тобто з кратністю 1:1) називається дублюванням. Розглянемо тепер основні види структурного резервування. За способом включення резерву виділяють: Пасивне резервування – вид резерву, при якому відмова одного чи кількох об'єктів не впливає на його роботу. Пасивне резервування ще називають постійним резервуванням, оскільки при виході з ладу основного елемента і переході на резервний не відбувається перебудови в структурі об'єкта (резервні елементи працюють нарівні з основними). При пасивному резервуванні елемент, що відмовив, не відключається, тому на етапі проектування варто врахувати, що може відбутися перерозподіл навантаження на елементи; За цією ознакою виділяють три види об'єктів з пасивним резервом: 1) системи з незмінним навантаженням, у яких при відмові одного або декількох елементів не змінюється навантаження на елементи, що залишилися працездатними; 2) системи з перерозподілом навантаження, в яких при відмові хоча б одного елемента змінюється (зазвичай збільшується) навантаження на елементи, що залишилися працездатними; 3) системи з резервуванням за навантаженням, у яких при відмові хоча б одного елемента система виходить з ладу, але інтенсивність відмов елементів зменшена за рахунок того, що навантаження, яке повинен був сприймати один елемент, сприймається декількома елементами.

Оскільки резервні елементи функціонують нарівні з основними, тобто несуть навантаження, то такий резерв називають навантаженням. Основними перевагами постійного резервування є: простота включення і миттєва готовність резерву до роботи, оскільки немає необхідності в підключенні резерву замість основного об'єкта (елемента). Недолік постійного резервування полягає в тому, що з появою відмов у резерві змінюються параметри всієї системи, а це в свою чергу може привести до зміни режимів роботи.

При пасивному резервування найбільший виграш в надійності досягається в системах з незмінним навантаженням, найменший – у

системах з резервуванням по навантаженню. Динамічне резервування, вид резерву, при якому при відмові елемента відбувається перебудова структури схеми. Цей вид резерву ще називають активним резервуванням, при якому структура об'єкта така, що при появі відмови вона розбудовується і об'єкт відновлює свою працездатність (відбувається саморемонт об'єкта). При цьому об'єкт активно реагує на появу відмови. У системах з активним резервуванням відбувається порушення роботи системи на час з моменту відмови робочого елемента (ділянки системи) до моменту включення резервного елемента. Там, де така перерва в роботі неприпустима принципово, метод пасивного резервування є єдиною можливим.

Активне резервування свою чергу підрозділяється: а) резервування заміщенням, при якому функції основного елемента передаються резервному тільки після відмови основного (частинний випадок активного резервування). При резервуванні заміщенням обов'язкова наявність комутуючого пристрою для підключення резервних елементів в момент виходу з ладу основного елемента. Переваги резервування заміщенням полягають в тому, що в більшій мірі може зберігатися ресурс роботи резервних елементів, не змінюються режими роботи об'єкта (елементів) при відмовах, відпадає необхідність у спеціальних регулюваннях при відмовах, з'являється можливість використовувати один резервний елемент для резервування декількох однотипних основних елементів. До недоліків слід віднести: необхідність комутуючого пристрою для підключення резерву, додаткового часу на перемикання резерву і вихід його на режим (полегшений і ненавантажений резерви).

Включення резервних елементів може здійснюватися вручну або автоматично (автоматичне резервування); б) ковзке резервування, при якому декілька основних елементів резервується одним або декількома резервними, кожен з яких може замінити будь-який основний (тобто групи основних і резервних елементів ідентичні). Ковзне резервування дозволяє при відносно невеликих витратах (так як кількість резервних блоків менше кількості основних) і незначних збільшеннях ваги і габаритів приладу підвищити надійність об'єкта. За станом резерву: - навантажене резервування, при якому резервні елементи (або один з них) постійно працюють в режимі основного елемента, тобто загальне навантаження елемента, блоку чи системи розділене на основні та резервні елементи.

Час переходу резервних елементів в робочий стан найменший; - полегшене резервування, при якому резервні елементи (принаймні один з них) працюють в менш навантаженому режимі порівняно з основними. Ресурс роботи резервних елементів витрачається з моменту включення об'єкта в роботу, але інтенсивність витрати до підключення значно нижче

ніж у основних елементів. Тому закон розподілу часу їх безвідмовної роботи дещо відрізняється від розподілу часу безвідмовної роботи основних елементів. Час переходу резервних елементів в робочий стан більше, ніж при навантаженому резерві; - ненавантажено резервування, резервування, при якому резервні елементи до початку виконання ними функцій знаходяться в ненавантаженому режимі. Ресурс роботи ненавантаженого резерву починає витрачатися лише з моменту його включення. Закон розподілу часу безвідмовної роботи резервних елементів такий же, як і в аналогічних типів елементів у режимі зберігання. Час переходу резервних елементів в робочий стан найбільший. За схемою включення резерву виділяють: Загальне резервування, що передбачає резервування об'єкта в цілому. В даному випадку резервним елементом буде ідентичний об'єкт РЕА; Загальне резервування має деякі модифікації. Автономне резервування є одним з варіантів загального. Воно полягає в застосуванні декількох незалежних об'єктів, що виконують одну і ту ж задачу. Кожен з цих об'єктів має свій вхід та вихід і зазвичай незалежні джерела живлення.

Прикладом системи з автономним резервуванням може служити сукупність пристроїв телевимірювання, які виконують одну і ту ж задачу, але кожен пристрій має свої вхідні датчики, записуючі (вихідні) блоки і джерела живлення. Автономне резервування зазвичай застосовується при проведенні експериментів в системах відповідального призначення.