

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Експлуатаційна надійність технологічних систем паливозабезпечення»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів**

**за темою № 5 - Система показників надійності машин та обладнання**

**Харків 2021**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 23.09.21р. № 8

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 22.09.21р. № 2

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 22.09.21р. № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 30.08.2021 № 1

**Розробник:**

1. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії Давітая О.В.
2. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, Копичко Р.Р.
3. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст першої категорії Нальотова Н.І.

**Рецензенти:**

1. викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.
2. завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д-р техн. наук, професор Тамаргазін О.А.

## План лекції

1. Поняття надійності.
2. Показники надійності.
3. Показники безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності та ін.

## Рекомендована література

### Основна:

1. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин : підручник. Київ : Либідь, 2003. 424 с.
2. Надійність гідромашин і гідроприводів : конспект лекцій / укладач В. Ф. Герман. Суми : Сумський державний університет, 2014. 84 с.
3. Лозинський О.Ю., Марущак Я.Ю., Костробій П.П. Розрахунок надійності електроприводів: підручник . Львів: ДУ «Львівська політехніка», 1996. 234 с.

## Текст лекції

### 1. Поняття надійності

Надійність – властивість об'єкта (машини) виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в межах заданого часу.

Надійність, стисло, – здатність машини не відмовляти під час роботи.

Надійність – це комплексна властивість, яка залежно від призначення об'єкта та умов його експлуатації складається з безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності, збережуваності (рис. 1).

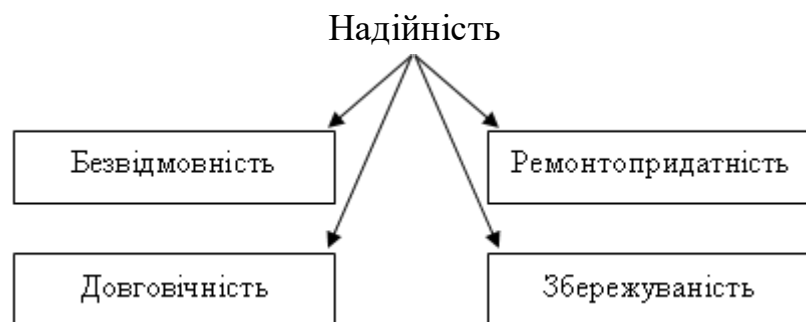


Рис. 1 – Складові надійності

Безвідмовність – властивість машини зберігати працездатність упродовж деякого часу або напрацювання (наприклад, до першої відмови).

Напрацювання – це тривалість або обсяг роботи машини і може визначатися кілометрами пробігу, годинами, тонами, кубічними метрами та іншими показниками.

В основному безвідмовність розглядають стосовно використання машини за призначенням.

Довговічність – властивість машини зберігати працездатність до граничного стану в умовах установленної системи технічного обслуговування та ремонту.

Ремонтопридатність – властивість машини, що характеризує пристосованість її до виявлення причин відмови, зручності виконання технічного обслуговування та ремонту.

Кількісно ремонтпридатність визначають затратами часу, праці та засобів.

До найпростіших властивостей, які визначають ремонтпридатність машини, належать доступність і можливість проведення легкого демонтажу складальних одиниць та деталей, взаємозамінюваність, ступінь уніфікації та ін.

Збережуваність – властивість машини зберігати працездатність під час її транспортування та зберігання і в подальшому під час роботи.

Збережуваність характеризується опірністю конструкції зміні характеристик елементів машини під дією вологи, атмосферного тиску, опромінення, навколишньої температури та власної маси при зберіганні.

Високі показники збережуваності досягають за рахунок герметизації та встановлення спеціальних заглушок, пробок, застосування спеціальних лакофарбових покриттів, установлення спеціальних пристроїв.

Надійність може бути категорією якості, яку має машина, або якістю (в одних випадках машина надійна, в інших – не забезпечує необхідної надійності). Але якість підлягає зміні з часом, тобто машина може перейти з надійного стану в ненадійний. Цей процес не є випадковим, він закономірний і є наслідком поступових кількісних змін у машині.

Рівень надійності машин характеризується кількісними показниками. Це імовірні характеристики.

Для характеристики надійності застосовують показники, що характеризують окремі її властивості – це кількісні показники, і декілька властивостей – комплексні показники.

Кількісні показники – це показники безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збережуваності.

## **2. Показники надійності**

Розглянемо кількісні показники надійності (рис. 2).



Рис. 2 – Показники надійності

### 3. Показники безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та ін.

1 Імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  – імовірність того, що в заданому діапазоні часу  $t$  не відбудеться відмови машини:

$$P(t) = \frac{N_p}{N}$$

де  $N_p$  – кількість працездатних машин ( $N_p = N - n$ );  $N$  – загальна кількість машин;  $n$  – кількість відмов.

2 Напрацювання до відмови – тривалість роботи машини до першої відмови.

3 Середнє напрацювання до відмови

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

де  $t_i$  – час роботи до відмови  $i$ -ї машини.

4 Гамма-відсоткове напрацювання до відмови – це напрацювання, упродовж якого не відбудеться відмови машини з імовірністю  $g$ . Його розраховують у відсотках, %.

Приклад. Якщо ймовірність безвідмовної роботи впродовж часу  $t = 1000$  год дорівнює  $P(t)=0,95$ , то цей час є 95 % напрацюванням до відмови.

5 Щільність розподілу відмов

$$f(t) = \frac{n(t)}{N_0 \cdot \Delta t}$$

де  $n(t)$  – кількість відмов машини за час  $Dt$ ;  $Dt$  – інтервал часу;  $N_0$  – початкова кількість машин.

6 Інтенсивність відмов – це умовна щільність імовірності появи відмови

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_p \cdot \Delta t}$$

де  $N_p$  – кількість працездатних машин

або

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$$

Практично для всіх систем інтенсивність відмов залежить від часу і має характеристику у вигляді «ванни» (рис. 3).

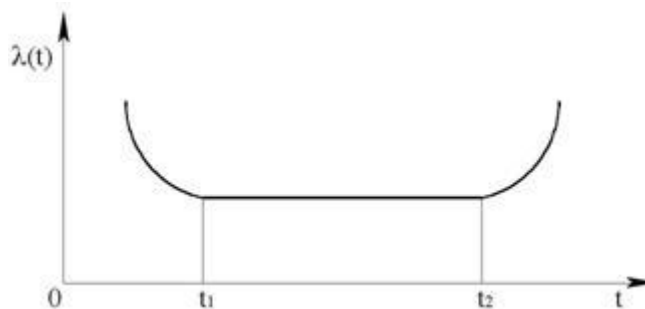


Рис. 3 – Зміна інтенсивності відмов машини:

0– $t_1$  – період припрацювання;  $t_1$ – $t_2$  – період нормальної експлуатації;  $t > t_2$  – період зношування та старіння

Зміна  $l(t)$  за часом має три характерні ділянки.

Ділянка 0– $t_1$  – це період припрацювання машини, коли інтенсивність відмови зменшується. У цей період виявляються конструктивні, технологічні й виробничі дефекти. Закон розподілу відмов для різних машин може бути

різним, але загальним є зменшення інтенсивності відмов до деякого постійного значення упродовж короткого проміжку часу.

Для забезпечення надійності машини під час її припрацювання необхідно розробити методи усування відмов. Для усування відмов після складання машини необхідно провести її обкатку на стенді або в реальних умовах. Під час обкатки проводиться заміна елементів, які відмовили, з'ясовуються причини їх відмови.

Показниками якості припрацювання можуть бути к. к. д., рівень шуму, температура поверхонь деталей, рідини та ін. Про закінчення процесу припрацювання показує незмінність показника  $l(t)$ .

На ділянці  $t_1-t_2$  (це період нормальної експлуатації) інтенсивність відмов стає приблизно постійною ( $l(t) \gg const$ ) і визначається випадковими факторами.

З моменту  $t > t_2$  інтенсивність відмов збільшується внаслідок процесів старіння і зміни хіміко-фізичних властивостей елементів машини, пов'язаних з її довготривалою експлуатацією. Механізм відмов на цій ділянці пояснюється моделями зношування, старіння і утомлюваності.

7 Параметр потоку відмов – це відношення середньої кількості відмов відновлюваних машин до їх сумарного напрацювання:

$$\omega(t) = \frac{n}{\sum t_i}$$

### **Показники довговічності**

Ці показники оцінюють втрату працездатності за весь період експлуатації машини, тобто до появи її граничного стану.

1 Середній ресурс – напрацювання машини від початку експлуатації до граничного стану в годинах.

Ресурс – це запас можливостей роботи машини. Для неремонтованих виробів він збігається з напрацюванням до відмови, для ремонтваних – включає і тривалість роботи після ремонту до граничного стану:

$$T_{\text{р.ср}} = R_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N R_i$$

де  $R_i$  – ресурс  $i$ -ї машини;  $N$  – кількість машин.

2 Гамма-відсотковий ресурс – напрацювання, упродовж якого машина не досягне граничного стану. Виражають його у відсотках.

Приклад:  $R_g = 90\%$  – для підшипників;  $R_g = 95\%$  і більше – для відповідальних машин.

3 Середній термін служби – середнє календарне напрацювання машини до граничного стану в роках :

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N T_{\text{ср}i}$$

де  $T_{сл. i}$  – термін служби  $i$ -ї машини.

Таким чином, термін служби від ресурсу відрізняється лише розмірністю.

### ***Показники ремонтпридатності***

1 Імовірність відновлення – імовірність того, що час відновлення машини не перебільшить заданого (аналогія з імовірністю відмов).

2 Середній час відновлення, год:

$$T_{в.ср} = \frac{\sum t_{в.і}}{N}$$

де  $t_{в.і}$  – час відновлення  $i$ -ї машини;  $N$  – кількість машин.

### ***Показники збережуваності***

1 Середній термін збережуваності

$$T_{з.ср} = \frac{\sum t_{з.і}}{N}$$

де  $t_{з.і}$  – період збережуваності  $i$ -ї машини;  $N$  – кількість машин.

2 Гамма-відсотковий термін збережуваності – термін збережуваності із заданою імовірністю  $\gamma$ , вираженою у відсотках.

### ***Комплексні показники надійності***

Розглянуті кількісні показники надійності – це показники, які належать до однієї з властивостей, що складають надійність машини. Комплексні показники надійності, на відміну від одиничних, характеризують одночасно кілька властивостей машини.

Стосовно сучасних машин передбачено декілька показників, але найбільш широко використовують коефіцієнт готовності та коефіцієнт технічного використання.

1 Коефіцієнт готовності – імовірність того, що машина буде працездатною у довільний момент часу. Характеризує дві властивості – безвідмовність і ремонтпридатність:

$$K_r = \frac{T_B}{T_B + T_{вб}}$$

де  $T_B$  – напрацювання на відмову;  $T_{вб}$  – середній період відновлення.

При визначенні коефіцієнта КГ період простоїв у технічному обслуговуванні, ремонтах та з організаційних причин не враховується.

2 Коефіцієнт технічного використання

Характеризує фактичний термін роботи машини:

$$K_{тв} = \frac{T_o}{T_o + T_{вб} + T_{тв}}$$



де  $T_o$  – період працездатного стану;  $T_{від}$  – період відновлення;  $T_{TO}$  – період технічного обслуговування.

Рівень надійності машини впливає на величину затрат, пов'язаних з її виготовленням та експлуатацією, а також на рівень ефективності від її використання. Оптимальним вважається рівень надійності, який забезпечує максимальну ефективність на одиницю сумарних витрат.

Показники надійності при розрахунках залежать від типу виробу (машини).

Для невідновлювальних виробів необхідно розрахувати:

- інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ ;
- імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ ;
- середнє напрацювання на відмову  $T_{від. сер}$ ;
- щільність розподілу відмов  $f(t)$ .

Для відновлювальних виробів розраховують:

- імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ ;
- параметр потоку відмов  $\omega(t)$ ;
- показники довговічності:
  - а) середній ресурс  $T_{р. сер} (R_{сер})$ , год;
  - б) середній термін служби  $T_{сл. сер}$ , років;
  - в) гамма-відсотковий ресурс  $T_{\gamma}$ , %.