

**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 № 7 - Основні способи підвищення надійності машин та  
технологічного обладнання ПММ**

**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. Основні напрями підвищення надійності машин.
2. Конструкційні, технологічні та експлуатаційні способи підвищення надійності.
3. Підвищення надійності методом резервування.

### Рекомендована література

1. Надійність гідромашин і гідроприводів : конспект лекцій / укладач В. Ф. Герман. Суми : Сумський державний університет, 2014. 84 с.
2. Лозинський О.Ю., Марущак Я.Ю., Костробій П.П. Розрахунок надійності електроприводів: підручник . Львів: ДУ «Львівська політехніка», 1996. 234 с.

### Текст лекції

#### 1. Основні напрями підвищення надійності машин

До основних напрямів підвищення надійності належать:

##### 1 Підвищення опору машин зовнішньому впливу

Це створення міцних зносостійких деталей і вузлів за рахунок використання матеріалів високої міцності, зносостійкості, антикорозійності та інших властивостей, а також розроблення раціональної конструкції машини. Цей напрям об'єднує всі найновіші досягнення в конструюванні і технології виготовлення машин. Але можливості цього методу мають певні межі, тому що зовсім незношуваних матеріалів не існує.

##### 2 Ізоляція машин від шкідливого впливу зовнішніх факторів

Це встановлення машин на фундаменти для віброізоляції, захист їх від пилу, вологи, змін температури та ін. Сюди належать і раціональні методи ремонту та обслуговування машин. Ізоляція машин від зовнішнього впливу підвищує їх працездатність, але залишаються внутрішні фактори, повна ізоляція від яких неможлива.

##### 3 Застосування принципу саморегулювання

При цьому машина за допомогою спеціальних пристроїв автоматично відновлює свої функції. Цей напрям має практично необмежені можливості підвищення надійності й довговічності машин і базується на принципах кібернетики. Технічно реалізувати його дуже складно.

#### 2. Конструкційні, технологічні та експлуатаційні способи підвищення надійності

Розглянемо окрему гідравлічну машину (насос) і визначимо способи підвищення її надійності.

##### 1 Конструкційні способи

Надійність машини закладається на стадії конструювання і визначається, головним чином, її конструкцією. З позиції надійності оптимальною є така конструкція машини та її елементів, коли з найменшими затратами коштів досягається потрібна тривалість роботи окремих вузлів, механізмів і машин в цілому при заданій безвідмовності та довговічності й регламентованих затратах на технічне обслуговування та ремонт.

Для підвищення надійності необхідно:

- а) проводити конструювання з урахуванням аналізу кращих вітчизняних і закордонних аналогів (вибирати найбільш прогресивну конструкцію);
- б) використовувати стандартизовані та уніфіковані вузли і деталі (при цьому зменшуються номенклатура деталей і вартість машини, спрощується її ремонт);
- в) враховувати зовнішні умови (передбачати захист від вібрації, ударних навантажень, пилу, вологості та ін.);
- г) використовувати високоміцні та зносостійкі матеріали (при цьому зменшується маса деталей і збільшується термін служби машини).

## 2 Технологічні способи

Машину необхідно виготовляти з урахуванням сучасних прогресивних технологій. До основних напрямів підвищення надійності належать:

- а) вибір раціональних способів обробки і режимів різання (при цьому забезпечується невелика шорсткість і достатня мікротвердість поверхневого шару);
- б) правильний вибір послідовності технологічних операцій;
- в) забезпечення раціональних способів складання машин.

## 3 Експлуатаційні способи

Експлуатаційні способи впливають на термін служби машин. Для його збільшення необхідно:

- а) забезпечити обкатку машин і визначити причини раптових відмов і спосіб їх усунення;
- б) добре організувати технічне обслуговування машин (своєчасне змащування, заміну деталей, регулювання тощо);
- в) експлуатувати машини лише на режимах, зазначених у технічній документації.

## 3. Підвищення надійності методом резервування

### Класифікація резервування

Резервування – метод підвищення надійності машин введенням у систему резервних (запасних) елементів. Тобто поряд з основними елементами передбачаються надлишкові, які не є функціонально необхідними.

Резервування дозволяє зменшити імовірність відмов на декілька порядків. Найбільш широко його використовують в радіоелектроніці. В машинобудуванні застосовують у випадках, коли є небезпека аварії.

Приклади. Автомобілі та інші транспортні машини мають 2-ну або 3-ну систему гальмування, вантажні машини – подвійні «шини» на задніх колесах. У пасажирських літаках використовують 3–4 двигуни (вихід із ладу одного або декількох двигунів, окрім останнього, не призводить до аварії літака), на морських суднах застосовують по 2 двигуни. У насосах це подвійна система змащування, подвійні ущільнення (манжетне і щілинне) та ін.

Резервування можна поділити на декілька видів :

- а) роздільне резервування – резервуються лише окремі, най-менш надійні елементи;
- б) загальне резервування – резервується вся машина в цілому;
- в) постійне резервування – основний елемент (система) і всі резервні працюють одночасно;
- г) резервування із заміщенням – резервні елементи (системи) вступають в дію лише після відмови основних.

Класифікація резервування наведена на рис. 1.

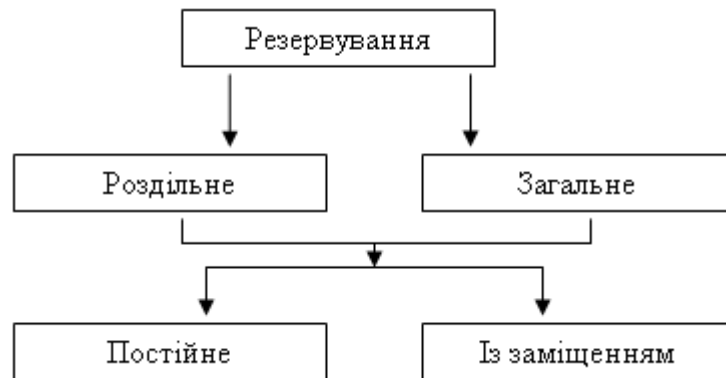


Рис. 1 – Класифікація резервування

### ***Роздільне резервування***

При роздільному резервуванні елементи підключають паралельно до основних. Припускають, що основні та резервні елементи однакові й мають рівну ймовірність відмови. При відмові одного елемента навантаження на ті, що залишилися, збільшується. Це зменшує імовірність їх безвідмовної роботи.

Імовірність відмови всіх елементів системи (основних і резервних) визначається за теоремою множення ймовірностей

Роздільне резервування доцільно застосовувати для елементів, що мають невелику ймовірність безвідмовної роботи.

Резервні елементи конструктивно повинні бути сумісними з основними. До елементів, які можна роздільно резервувати, належать: підшипники, фільтри, ущільнення, елементи живлення та ін.

### ***Загальне резервування***

При загальному резервуванні основна і резервна системи під'єднані паралельно. Система виконує свої функції, якщо працездатні основна або одна із резервних систем.

Усі елементи основної і резервної систем мають загальний вихід. Можливі відмови типу короткого замикання, обриву, втрати герметичності та ін. Необхідно мати перемикач і систему контролю працездатності.

Імовірність безвідмовної роботи системи визначають за формулою

$$P_c(t) = 1 - Q^*(t)$$

### ***Постійне резервування***

При постійному резервуванні елементи і системи під'єднують паралельно до основних.

Імовірність відмови всіх елементів визначається за теоремою множення.

### ***Резервування із заміщенням***

У цьому випадку резервні елементи вмикають лише при відмові основних. Це ввімкнення виконується автоматично або вручну.

При високій надійності елементів імовірність відмови системи дорівнює

$$Q_c(t) = \frac{\prod_{i=1}^n Q_i(t)}{n!}$$

Формула справедлива за умови, що переключення є абсолютно надійним. При цьому ймовірність відмови в  $n!$  разів менша, ніж при постійному резервуванні. (При ненадійному переключенні можна легко втратити цю перевагу).

Переключення відбувається оператором вручну або за допомогою автоматизованої системи.