

Тема 3. Аналіз схем надійності технічних систем

План

1. Основні напрямки забезпечення надійності сільськогосподарської техніки
2. Резервування. Класифікація, види, кратність.
3. Способи резервування (схеми позначення).

1. Основні напрямки забезпечення надійності сільськогосподарської техніки

Час експлуатації с.-г. техніки визначається десятками років. За цей період витрати на її підтримку в роботоздатному стані перебільшують початкову вартість в декілька разів (4-7). Тому підвищення надійності с.-г. машин є одною з важливих народногосподарських задач.

Рівень надійності закладається при розробці машин. Там же визначаються матеріали і ремонтпридатність конструкцій.

Особлива увага повинна приділятися початковому періоду проектування – пошуку принципу роботи і структури машини або комплексу (системи) машин, де розглядаються варіанти можливих конструктивних рішень. Це творчість. Недоборки на цьому етапі призводять в подальшому до значних витрат часу, матеріалів і коштів. Недоліки на цьому етапі не можуть бути ефективно виправлені або компенсовані при експлуатації і ремонті машин.

Основними напрямками забезпечення надійності с.-г. техніки слід вважати:

1. Обмеження рівня діючих навантажень
2. Використання структурних методів підвищення надійності (це зменшення кількості елементів з послідовним з'єднанням і збільшення паралельних (по надійності)).
3. Резервування

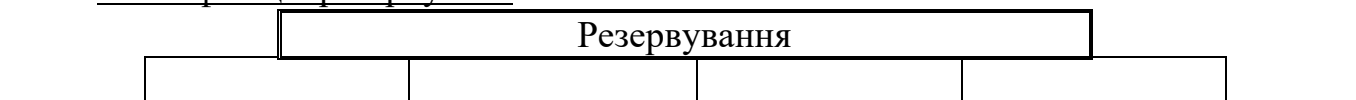
Необхідно виявити найменш надійний елемент конструкції і збільшувати ймовірність його безвідмовної роботи.

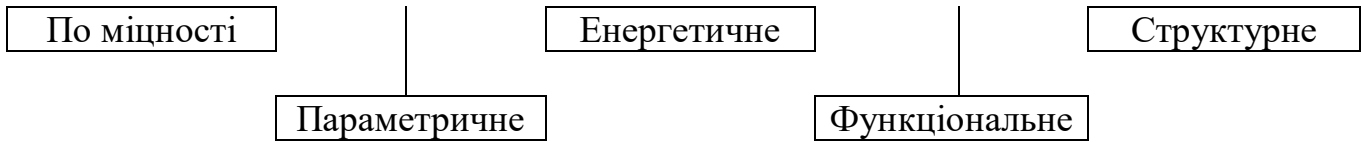
Структурний метод є елементом структурного резервування і йому необхідно приділяти увагу при розробці технічних систем.

2. Резервування. Класифікація, види, кратність.

Резервування – використання додаткових засобів і можливостей для збереження роботоздатності машини при відмові одного або декількох елементів.

Класифікація резервувань





По міцності – полягає в підвищенні можливостей машини до сприйняття навантажень.

Застосовуються в: механічних; електричних; пневматичних; гідравлічних і електронних системах.

Ймовірність безвідмовної роботи при цьому виді резервування буде залежати від режимів роботи. Тому часто доцільно вибирати режими менш напружені чим номінальні. Міцнісне резервування в механічних системах полягає в:

- а - збільшення запасу міцності;
- б - використання кращих матеріалів;
- в - збільшення площі перерізу деталей.

Цей вид резервування оцінюється коефіцієнтом запасу міцності $K_{зм}$. Використовується для відповідальних деталей та вузлів при важких умовах експлуатації.

Енергетичний резерв – запас потужності, який може використовуватись в екстремальних умовах експлуатації, а також при старінні машин. Особливо він важливий в умовах дії нестандартних навантажень. Запас потужності буває необхідним для попередження раптових відмов.

Параметричне резервування – включає збільшення функціональних параметрів об'єкта з метою підвищення його надійності в залежності від режиму роботи.

Функціональне резервування – наявність в машині функціональних можливостей більших ніж мінімально необхідно для її роботи.

Це підвищує роботоздатність машини і її надійність.

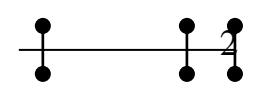
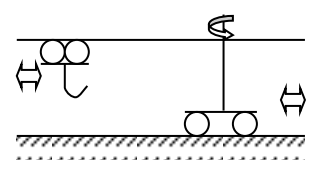
Структурне резервування (СР) – полягає в використанні додаткових елементів, які не є функціонально необхідними і використовуються тільки для заміни тих, що відмовили. При такому резервуванні відмова машини чи комплексу машин настає тільки після відмови основного і всіх резервованих елементів. Це дуже ефективний метод підвищення надійності машин або систем якої дозволяє зменшити $F(t)$ на декілька порядків, а також розробляти системи, загальна надійність яких, вище надійності складових елементів (або окремих машин).

СР ускладнює конструкцію. Його треба використовувати насамперед для відповідальних вузлів (шасі літака, ескалатори метро, дробарки кормоцеху, кількість ліфтів).

Рівень резервування може бути різним:

- деталь,
- вузол,
- агрегат,
- машина,
- комплекс машин.

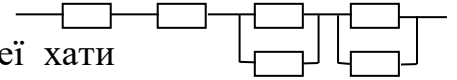
СР в ряді об'єктів зберігає їх роботоздатність, але при знижених показниках.



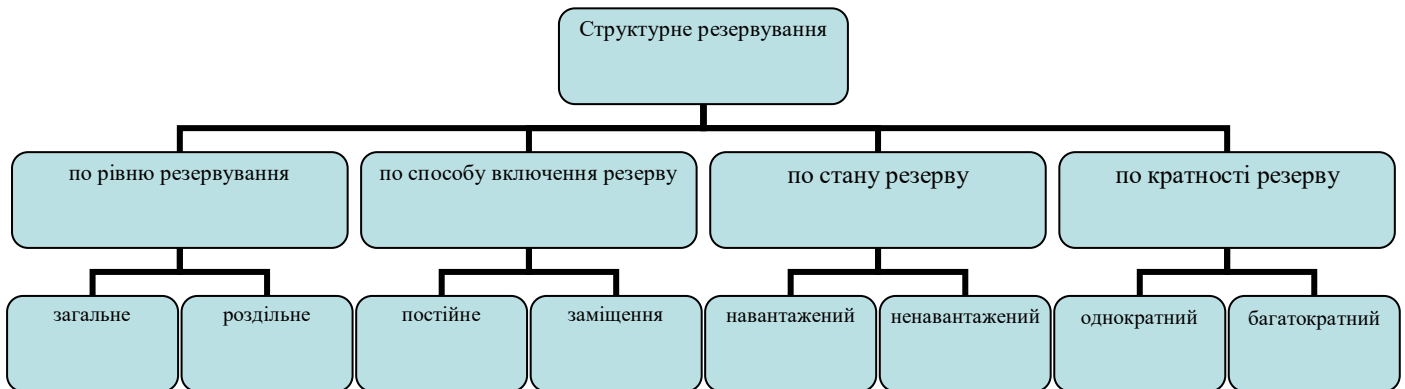
Приклад: вантажний автомобіль

1) Прокол задньої шини знижає вантажопідйомність, але автомобіль може їхати.

2) Відмова свічки знижає потужність двигуна, алеї хати можна



Класифікація видів структурного резервування



Резервне з'єднання це таке, при якому відмова настає тільки при відмові основного і всіх резервних елементів.

Кратність резервування

Основний параметр резервування – кратність (m).

$$m = \frac{\text{число_резервних_виробів}}{\text{число_резервуємих_виробів_основних}}$$

m – може бути цілою і дробною кратністю (нескорочуваною)

$$m = N - \text{ціла_кратність}$$

$$m = \frac{n}{N} - \text{дробна_кратність}$$

Приклад: $m=4/2$ (m - дробне (по позначенню); 4 – резервних; 2 – основних; всього 6)

Якщо скоротити $m=4/2=2$ (m – ціле; 2 – резервних; всього 3)

По способу включення резервування буває постійне і заміщення.

Постійне резервування коли резервні підключені до основних на протязі всього часу роботи при однаковому режимі.

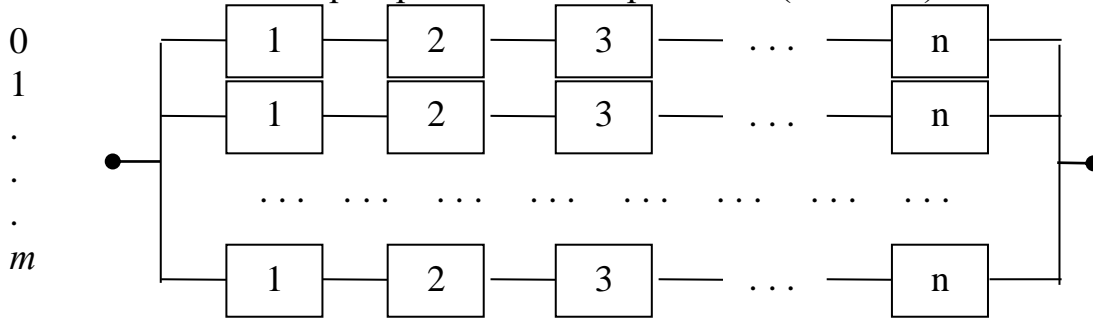
Резервування заміщенням – резервні елементи заміщають основні після їх відмови. Резервні елементи до заміщення можуть знаходитись в станах:

- навантаженому резерві;
- недовантаженому резерві;
- ненавантаженому резерві.

3. Способи резервування (схеми позначення).

Основні розрахункові формули для невідновлюємих систем (схеми а і б)

а) Загальний метод резервування, коли виріб резервується в цілому. З постійно включеним резервом і цілою кратністю (m – ціле).



Ймовірність безвідмовної роботи дорівнює:

$$P_c(t) = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) \right]^{m+1}$$

де $P_i(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента на протязі часу t ,
 n – число елементів основного чи любого резервованого ланцюга;
 m – число резервних ланцюгів (кратність резервування).
 $m = m/1$

При експоненціальному законі надійності $P_i(t) = e^{-\lambda_i t}$

$$P_c(t) = 1 - \left[1 - e^{-\lambda_0 t} \right]^{m+1} \quad (1)$$

$$T_{cp.c} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1} = T_{cp.o} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1} \quad (2)$$

де $\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ – інтенсивність відмов нерезерованого (основного) або

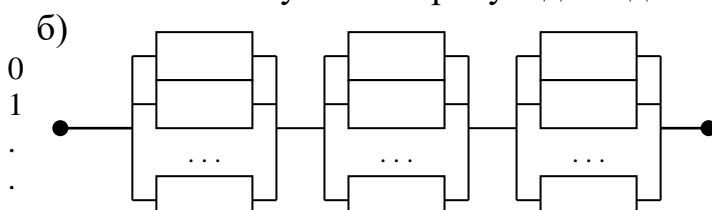
любого з m резервних ланцюгів.

$T_{cp.o}$ – середній час безвідмовної роботи нерезерованого (основного) або любого з m резервних ланцюгів.

При резервуванні неравнонадійних виробів:

$$P_c(t) = 1 - \prod_{i=0}^m q_i(t) = 1 - \prod_{i=0}^m [1 - P_i(t)]$$

де $q_i(t)$, $P_i(t)$ – ймовірність відмов і ймовірність безвідмовної роботи протягом часу t i -го виробу відповідно.



Роздільне резервування при якому резервуються окремі частини виробу (з постійно включеним резервом і з цілою кратністю). Ефективніше чим загальне (а).

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - P_i(t)]^{m_i + 1} \right\}$$

де P_i – ймовірність відмовної роботи i -го елемента;
 m_i – кратність резервування i -го елемента;
 n – число елементів основного ланцюга.

При експоненціальному законі $P_i = e^{-\lambda_i t}$ маємо:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - e^{-\lambda_i t}]^{m_i + 1} \right\}$$

для рівнонадійних елементів і однакової кратності резервування

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - e^{-\lambda t}]^{m+1} \right\}^n$$

$$T_{cpc} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{(n-1)!}{\lambda(m+1)} \sum_{i=0}^m \frac{1}{v_i(v_i+1)\dots(v_i+n-1)},$$

де

$$v_i = \frac{i+1}{m+1}$$