

УДК 621.43-2.004

І.А. Дудніков, доц., канд. техн. наук
Полтавська державна аграрна академія

Оцінка надійності машин та шляхи її підвищення

Розглядаються питання надійності машин і шляхи її досягнення.
надійність, ймовірність, відмова, відновлення, коефіцієнт готовності

Надійність є однією із складових частин якості будь-якої технічної системи. Проблема забезпечення надійності виникає в машинобудуванні, ремонтному виробництві, будівництві, транспорті та інших галузях народного господарства.

Теоретичний аналіз явищ, технологічних процесів та функціонування машин і складальних одиниць заснований на виборі певних моделей або розрахункових схем, виділяючи істотні фактори і відкидаючи другорядні. Можна відзначити два підходи до аналізу: детерміністичний і ймовірно-статистичний (стохастичний). При першому підході всі фактори, що впливають на поведінку моделі, тобто її параметри, параметри навколишнього середовища, початкові умови тощо вважають певними, детермінованими. Проте висновки, засновані на детерміністичних моделях, можуть розходитись з результатами інших спостережень внаслідок впливу на поведінку реальних систем великої кількості слабо контрольованих взаємодіючих факторів. На відміну від детерміністичного підходу, стохастичний підхід до аналізу явищ враховує випадкові фактори і дає результати, що містять ймовірнісні оцінки.

Застосування ймовірнісних методів для вирішення проблеми надійності стикається з певними технічними труднощами, особливо по відношенню до надійності малосерійних об'єктів, оскільки теорія ймовірності базується на великій кількості статистичних даних. До того ж серед інженерно-технічних працівників є певне упередження проти ймовірно-статистичних підходів до питань безпеки експлуатації технічних систем, що ґрунтується на наступних факторах:

- недостатнє знайомство зазначених працівників з теорією ймовірності і математичною статистикою;
- їх настороженість до використання ймовірнісних категорій у питаннях безпеки працюючих та збереження навколишнього середовища.

У теорії надійності існує два напрямки: системна, статистична (математична) теорія надійності; фізична теорія надійності. Об'єктом системної теорії надійності служать технічні системи з елементів, що взаємодіють між собою для збереження працездатності. Вихідну інформацію в системній теорії надійності, як правило, утворюють показники надійності елементів, що визначаються статистичною обробкою результатів випробувань і (або) експлуатаційних даних. Завдання системної теорії надійності вирішують в рамках теорії ймовірності та математичної статистики.

Відмінна риса фізичної теорії надійності полягає в тому, що підтримку працездатності технічної системи і можливості виникнення відмов розглядають в ній як результат взаємодії між системою та зовнішніми впливами (експлуатаційними навантаженнями, умовами середовища тощо), а також механічними, фізичними і хімічними процесами, що відбуваються в компонентах системи в процесі її експлуатації.

Показники надійності машин та їх складальних одиниць оцінюють на основі фізичних методів, в той час як для оцінки показників надійності машин в цілому

використовують моделі системної теорії надійності [1].

Основи нормування та забезпечення надійності регламентуються національними стандартами, а також міжнародними документами рекомендаційного характеру.

Система стандартів з надійності включає заходи організаційного, технічного, експлуатаційного, економічного характеру, які спрямовані на забезпечення і підтримку техніко-економічного доцільного рівня надійності виробів, на скорочення, що пов'язані із забезпеченням надійності витрат часу, матеріальних і трудових ресурсів.

Методологічне значення стандартів з надійності полягає в тому, що вони дозволяють регламентувати методи вирішення типових задач аналізу, прогнозування, оцінювання та забезпечення надійності, що відповідають сучасному науково-технічному рівню. Стандарти з надійності вносять істотний вклад у загальну справу підвищення культури проектування, зношування і експлуатації технічних об'єктів, підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Серед організацій, які вносять значний внесок у розробку стандартів для забезпечення надійності виробів, слід вказати Американське товариство з випробувань та матеріалів (*American Society for Testing and Materials, ASTM*). Основний напрямок *ASTM* – створення нормативно-технічної та методичної документації з випробувань матеріалів і деталей машин на конструкційну надійність [2].

Стан будь-якого об'єкта характеризується деякою сукупністю значень параметрів і кількісних ознак, перелік яких і межі допустимих змін встановлюються в нормативно-технічній (практико-конструкторській) документації. Об'єкт вважається справним, якщо його параметри відповідають всім вимогам документації, а – несправним, якщо об'єкт не відповідає хоча б одній з вимог документації [3].

Класифікація станів показана на рис. 1. У даній класифікації особливе місце займають граничні стани, при досягненні яких об'єкт повинен бути знятий з експлуатації (відправлений в ремонт, списаний або переданий для застосування не за призначенням).



Рисунок 1 - Класифікація станів об'єктів

Будь-яку подію, що полягає в порушенні працездатного стану об'єкта, прийнято вважати відмовою.

Найважливіша ознака для класифікації відмов – це рівень їх критичності, тобто тяжкість наслідків. Особливо небезпечним слід вважати катастрофічні відмови, які створюють загрозу для життя і здоров'я людей або призводять до великих економічних втрат. Класифікація відмов за наслідками необхідна при нормуванні надійності тобто для обґрунтування вибору номенклатури та чисельних значень нормованих показників надійності. Класифікація відмов проілюстрована на рис. 2.

До критичних відмов слід відносити такі, виникнення яких приводить до невиконання завдання.

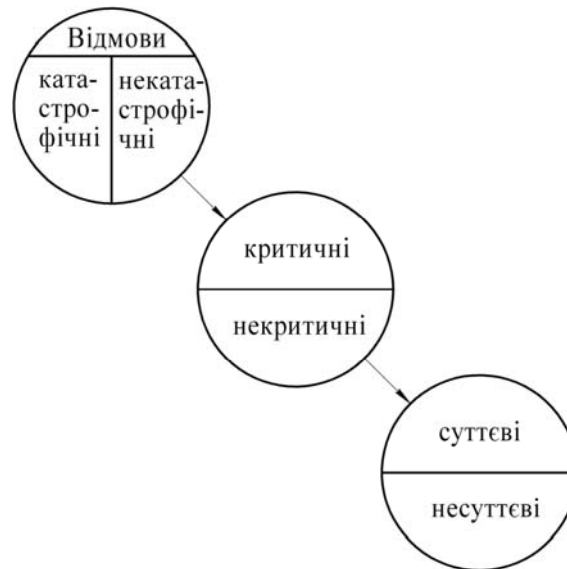


Рисунок 2 - Класифікація відмов

Критеріями віднесення відмови до тієї чи іншої категорії можуть служити витрати праці і часу на усунення її наслідків; можливість і доцільність ремонту силами споживача; тривалість простоїв через виникнення відмови, рівень зниження продуктивності при відмові, що приводить до частково непрацездатного стану тощо.

Відмови які викликані процесами старіння, зношування, корозії, втоми за умови дотримання всіх встановлених вимог, передбачених нормативною документацією, відносять до категорії деградаційних. Ці відмови, як правило, відбуваються на пізній стадії експлуатації об'єкта, коли внаслідок природних процесів він або його складові частини наближається до граничного стану за умовами фізичного зносу. Ймовірність виникнення цих відмов у межах планованого повного (або міжремонтного) терміну служби повинна бути досить мала. Це звичайно забезпечується розрахунком на довговічність, а також належною системою технічного обслуговування.

В Україні номенклатуру показників надійності регламентують стандарти [4-6]. З метою одноманітності всі показники надійності, що перераховані в зазначених стандартах, визначені як ймовірнісні характеристики, точкові або інтервальні оцінки яких отримують, обробляючи експериментальні дані за допомогою методів математичної статистики.

Експлуатація відновлюваних об'єктів може бути описана наступною послідовністю: в початковий момент часу об'єкт працює до першої відмови; після відмови відбувається відновлення працездатності, і об'єкт знову працює до відмови і т.д. На осі часу t моменти відмов утворюють потік відмов, а моменти відновлень – потік відновлень. Математичний опис експлуатації об'єкта за цією схемою побудовано на основі теорії відновлення [7].

Середнє напрацювання на відмову визначається за формулою:

$$T = \frac{t}{M\{r(t)\}}, \quad (1)$$

де t – сумарне напрацювання;

$r(t)$ – число відмов протягом цього напрацювання;

$M\{ \}$ – математичне очікування випадкової величини, що стоїть в дужках.

Для відновлюваних об'єктів використовують також показник - параметр потоків відмов, рівний відношенню математичного очікування числа відмов за досить мале напрацювання об'єкта до значення цього напрацювання:

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M\{z(t + \Delta t) - z(t)\}}{\Delta t}, \quad (2)$$

де Δt – малий відрізок часу;

$z(t)$ – число відмов, що наступили від початкового моменту до досягнення напрацювання t . Різниця $z(t + \Delta t) - z(t)$ дорівнює числу відмов на відрізкові $[t, (t + \Delta t)]$.

У міжнародній практиці зрозуміло, що «параметру потоку відмов» відповідає термін *failure intensity*, у той час як зрозуміло, що «інтенсивності відмов» відповідає термін *failure rate*.

Останнім часом використовують комплексні показники надійності, які характеризують дві чи більше властивості, що входять у визначення надійності, наприклад, безвідмовність і ремонтоздатність. До них відносяться ті, які є кількісними характеристиками готовності об'єкта до виконання необхідних функцій: коефіцієнт готовності; коефіцієнт технічного використання.

Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в довільний момент часу, крім планованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається.

Коефіцієнт технічного використання дорівнює відношенню математичного очікування сумарно часу перебування об'єкта в працездатному стані за деякий період до математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані і тривалості простоїв, обумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом за той же період. У стандартних умовах коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ також може бути виражений через відношення:

$$K_{ТВ} = \frac{T}{T + T_B}, \quad (3)$$

де T – середнє напрацювання на відмову;

T_B – середній час відновлення.

Список літератури

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / Болотин В.В. – М.: Стройиздат, 1982. – 351 с.
2. Probabilistic Safety Assessment. New York: American Nuclear Society. 1993. Vol. 1. 744 p.
3. Международный электротехнический словарь. Надежность и качество услуг. Публикация 50 (191) МЭК: Пер. с англ.: – М.: МНТК «Надежность машин», 1990. – 66 с.
4. ДСТУ 2470-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
5. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
6. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Терміни та визначення.
7. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. – М.: Наука, 1987. – 336 с.

И. Дудников

Оценка надежности машин и пути ее повышения

Рассматриваются вопросы надежности машин и пути ее достижения.

I. Dudnikov

Assessment of reliability of machines and ways to improve

The questions the reliability of machines and ways to achieve it.

Одержано 25.09.11