

## Основні поняття, визначення і моделі контролю і технічного діагностування

### 1 Предмет і задачі контролю і технічного діагностування

При створенні й експлуатації технічних об'єктів здійснюють їхню всебічну перевірку на предмет ухвалення рішення про можливість допуску до використання за призначенням. Одним з головних моментів тут є проведення контролю технічного стану обстежуваного об'єкта і перевірки його працездатності в реальних умовах експлуатації.

Під контролем технічного стану об'єкта мають на увазі процес перевірки відповідності його характеристики встановленим нормам і одержання необхідної інформації для виявлення причин виникаючих відказів і для завбачення їхньої появи в майбутньому, щоб уникнути аварійних ситуацій.

Причинами аварійних ситуацій, в основному, є відкази окремих вузлів і деталей об'єкта, пов'язані з недосконалістю їхніх конструктивних рішень чи виробничих дефектів, не виявлених при попередніх контролях. У зв'язку з цим основними задачами контролю є одержання достовірної інформації про поточний стан об'єкта, виявлення й усунення виникаючих відказів його окремих елементів.

Виявлення відказів і аналіз причин їхньої появи складає основу наукового напрямку, що одержав назву технічної діагностики.

Відкази окремих вузлів і деталей виникають у результаті природнього старіння збірних елементів, зносу тертьових частин і утворення різних дефектів, що приводять до зниження працездатності об'єкта в цілому. У цьому випадку великого значення набуває задача визначення часу, протягом якого об'єкт здатний зберігати свою працездатність на заданому рівні. Ця задача відноситься до задач другого наукового напрямку, названого прогнозуванням технічного стану.

Найпростішою формою контролю є контроль функціонування чи працездатності об'єкта. Цей контроль передбачає перевірку працездатності обстежуваного об'єкта в цілому чи окремих його вузлах без кількісної оцінки. При цьому оцінка одержуваних результатів здійснюється за принципом «справний - несправний».

Більш ефективною формою контролю є кількісний контроль визначальних параметрів обстежуваного об'єкта, при якому фіксують абсолютні значення контрольованих параметрів чи ж їхнього відхилення від номінальної величини. Цей контроль дозволяє установити працездатність чи відказ об'єкта і дати оцінку його працездатності, тобто одержати якісну картину. При цьому необхідне застосування більш складних процедур контролю, що включають у себе обчислення визначеної функції якості, аргументами якого є обмірювані значення контрольованих параметрів. Також необхідно зробити вибір найбільш раціональної сукупності параметрів, що визначають якісну характеристику об'єкта.

При практичній реалізації контролю необхідні детальне вивчення обстежуваного об'єкта і побудова його математичної моделі, на підставі якої визначають принципи контролю і розробляють відповідну технологію для його реалізації.

Задачі технічної діагностики є логічним продовженням і розвитком задач контролю, тому що мета контролю і діагностики спрямована на визначення, у якому із заздалегідь установлені безлічі станів знаходиться обстежуваний об'єкт. А сама процедура діагностики містить у собі деяку сукупність операцій контролю всього об'єкта в цілому, і його окремих елементів. При цьому необхідно визначити, які саме з операцій варто здійснювати й у якій послідовності обробляти ці результати з метою конкретизації несправності.

Як в теорії контролю, так і в теорії діагностики існують три основні групи задач, пов'язаних з побудовою моделі об'єкта і розробкою методів діагнозу.

Побудова моделі базується на таких задачах [6]:

- вивчення функціонування обстежуваного об'єкта;
- виділення характерних елементів об'єкта і зв'язків між ними;
- виділення можливих станів об'єкта, тобто можливих комбінацій відказів елементів;
- аналіз можливостей контролю, ознак, що характеризують стан об'єкта;
- збір і обробка статистичних даних про розподіл імовірностей можливих станів об'єкта, а також про закономірності прояву відказів окремих його елементів;

- вибір форм представлення моделі об'єкта і розробка методів її побудови.

Рішення цих задач, найчастіше, ґрунтується на експериментальному дослідженні об'єктів обстеження.

Друга група задач, як правило, спирається на математичний апарат з побудовою і дослідженням математичних моделей і містить у собі:

- розробку методів побудови діагностичних тестів при пошуку елементів, що відмовили;
- побудову оптимальних програм і процедур діагностики, що дозволяють визначати стан об'єкта і несправності в ньому з мінімальними витратами.

Третя група задач пов'язана з розробкою діагностичної техніки і має, в основному, інженерно-технічний характер і передбачає рішення таких питань:

- розробку принципів побудови діагностичних систем і вибір способів їхньої апаратурної реалізації;
- оцінку діагностичних пристроїв і систем за їх технічними можливостями для забезпечення необхідного рівня вірогідності реєстрування параметрів;
- визначення зв'язків діагностичної системи з об'єктом.

Перераховані вище види контролю дозволяють оцінювати стан об'єкта через якийсь проміжок часу і у меншій мірі в сучасний момент. Оцінка майбутнього стану об'єкта є задачею технічного прогнозування. Тому прогнозування має велике значення для організації і планування процесів експлуатації устаткування, визначення термінів його оглядів і ремонтів.

Суть прогнозування полягає в тім, щоб, користуючись результатами спостереження процесу зміни показників параметрів, що характеризують стан об'єкта, на визначеному проміжку часу завбачати їхнє значення в деякий майбутній момент часу. Необхідні дані для реалізації цієї задачі одержують шляхом контролю технічного стану об'єкта, який називають прогнозуючим контролем. Поряд з цим існує поняття діагностичного прогнозуючого контролю, при якому, передбачають конкретну форму і місце очікуваної несправності. У тому і іншому випадку метою прогнозування є визначення майбутнього стану об'єкта як функції стану його елементів у сучасний момент часу.

В узагальненому виді рішення цих задач зводять до виконання таких операцій:

- визначення стану обстежуваного об'єкта і рівня його працездатності;
- установлення місця і причин несправностей і їхнє усунення;
- одержання вихідних даних для прогнозування стану об'єкта;
- одержання вихідних даних для аналізу впливу умов експлуатації на якість функціонування і наступного удосконалювання конструкції об'єкта.

В остаточному підсумку результати рішення цих задач призначені для вибору

необхідних впливів на обстежуваний об'єкт і на умови його експлуатації з метою забезпечення заданого рівня надійності і працездатності.

## **2 Основні поняття і визначення контролю і діагностики**

У залежності від ступеня складності обстежуваного об'єкта здійснюється більша чи менша кількість вимірювальних операцій, на підставі яких одержують інформацію про його технічний стан. Кожному об'єкту притаманні як основні (значимі), так і другорядні ознаки. Перші характеризують функціональні властивості об'єкта, другі – експлуатаційні показники, вплив об'єкта на навколишнє середовище, культуру обслуговування і т.д.

При контролі і діагностиці, насамперед, враховують основні параметри, що характеризують функціональну придатність обстежуваного об'єкта. За мірою зміни цих параметрів судять про зміну його стану. Носієм інформації про стан об'єкта служить діагностичний сигнал, під яким розуміють багатомірний сигнал, одержаний за допомогою виміру контрольованих параметрів у фіксований момент часу [6].

Діагностичний сигнал може бути отриманий і за рахунок виміру одного параметра в одній контрольованій точці, але за умови, що цю операцію будуть виконувати в різні моменти часу. Допускається, так би мовити, граничний випадок, коли діагностичним сигналом може бути вимір одного параметра у фіксований момент часу.

Відомо, що стан будь-якого технічного об'єкта безупинно змінюється в часі внаслідок природного протікання в ньому фізико-хімічних процесів. Однак у діагностиці враховують тільки ті зміни в стані об'єкта, що обумовлюють його

несправність. Під несправністю мають на увазі неприпустимі кількісні зміни якого-небудь параметра внаслідок незворотних фізико-хімічних процесів чи змін зовнішніх умов.

Об'єкт визнано вважати справним, якщо він відповідає всім поставленим до нього вимогам, тобто якщо значення всіх параметрів, включаючи основні і другорядні, перебувають в заданих межах. При виході з цих меж значень кожного з параметрів об'єкт вважається несправним.

Об'єкт прийнято вважати працездатним, якщо значення його основних параметрів відповідає встановленим нормам і він нормально функціонує. Втрата об'єктом працездатності називається відказом.

Таким чином, працездатний об'єкт може бути як справним, так і несправним. Справний об'єкт завжди перебуває в працездатному стані. Несправний об'єкт може бути як працездатним, так і непрацездатним. Явно несправним буває тільки відказний об'єкт.

В основу діагностування покладено припущення, що перехід об'єкта з одного стану в інший обумовлюється появою несправності, а сам об'єкт перебуває в кінцевій безлічі станів  $D_i$ , що поділяють на два класи (чи підмножини)  $D_1$  і  $D_2$ .

Клас  $D_1$  включає всі стани об'єкта, при яких він зберігає працездатність, а клас  $D_2$  – усі стани, що приводять до втрати працездатності. Будь-який стан об'єкта характеризують сукупністю параметрів (ознак).

Процес визначення діючого стану об'єкта, тобто віднесення його до одного із станів ( $D_1$  чи  $D_2$ ), і складає суть чи розпізнавання діагностування. Процедура діагностування може бути умовно поділена на три етапи:

- опис об'єкта;
- виділення ознак;
- ухвалення рішення (постановка діагнозу).

Первинний опис об'єкта полягає у виборі інформації, що є необхідною для прийняття рішення про приналежність об'єкта до одного з класів. Вона може бути отримана шляхом визначення його поточного стану при контролі значень параметрів і характеристик чи перевіркою міри виконання об'єктом своїх функцій.

Опис об'єкта чи діагностичної системи здійснюється за допомогою комплексу ознак

$$K = F(K_1, K_2, \dots, K_n),$$

де  $K$  – комплекс ознак;

$K_j$  – ознака, що має  $m_j$  розрядів.

Нехай, наприклад, ознака  $K_j$  являє собою три розрядну ознаку ( $m_j=3$ ), що характеризує температуру робочої рідини чи мастила на виході обстежуваного об'єкта: знижена, нормальна, підвищена. Кожен розряд (інтервал) ознаки  $K_j$  позначається  $K_{js}$  (наприклад, підвищена температура  $K_{j3}$ ).

Прямі ознаки станів дуже часто недоступні для безпосереднього виміру. У цих випадках використовують непрямі параметри. Так, наприклад, знос елементів, що сполучаються, і тіл кочення можна оцінити за вмістом заліза в мастилi, зачатки руйнування вузлів і деталей – шляхом виміру рівня шуму. Часто використовують вимір температур, силових параметрів, напруженого стану і т.д.

При виборі ознак станів враховують вимоги ефективності контролю. Насамперед, ознаки повинні бути однозначно пов'язані зі станом обстежуваного об'єкта, і утворювати повну систему для забезпечення достовірного діагнозу. Переважні ті ознаки, що дозволяють відшукати несправності на ранніх етапах їхнього розвитку. В якості ознак рекомендують вибирати такі, котрі зручно визначати і вимірювати в процесі експлуатації і вести їхню обробку. В остаточному підсумку вибір ознак визначають їх інформативністю чи кількістю інформації. Найбільш часто для цієї мети використовують статистичні й інформаційні методи.

При прийнятті рішень використовують розглянуті нами методи, що об'єднані в групу, так званих, методів статистичних рішень: мінімального ризику; мінімального числа помилок; мінімакса; Неймана – Пірсона; найбільшої правдоподібності.

Питання контролю і діагностики виникають уже на етапах розробки об'єкта і проектування його складових елементів. Рішення цих питань починається з побудови моделей розроблювальних об'єктів. На підставі аналізу моделей

формулюють умови працездатності об'єктів і вимоги до їхніх основних характеристик.

На етапі експлуатації діагностування сприяє встановленню наявності чи відсутності дефектних елементів і виявленню допущених при складанні помилок, оцінці працездатності устаткування перед пуском його в роботу після ремонту, виявленню несправностей, що виникають у процесі експлуатації.