

ЛЕКЦІЯ 2

МЕТОДИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

- 2.1 Класифікація методів проведення технічного діагностування машин, вузлів і механізмів
- 2.2 Основні положення прогнозування стану працездатності технологічного обладнання

2.1 Класифікація методів проведення технічного діагностування машин, вузлів і механізмів

Інформація, що надходить від датчиків і пристроїв зворотного зв'язку і автоматичних контрольних-вимірювальних приладів, може використовуватися для діагностики стану машини, функціонування її вузлів і механізмів.

Інформація також застосовується для прогнозування роботи машини і подальшого контролю стану працездатності. Необхідно вміти визначити і оцінити стан машини з контролю техніко-експлуатаційних параметрів на основі діагностики. Крім того, необхідно мати дані про стан керованості машини, її механізмів, вузлів.

Існує взаємозв'язок методів діагностування та технічних засобів діагностування та оцінки стану надійності. Засоби оцінки стану машини, технічні засоби діагностування, прилади та апаратура для контролю і діагностування знаходяться в повному взаємозв'язку з застосовуваними методами діагностування. Можна виділити окремі методи діагностування з проведенням контролю стану машини по експлуатаційним параметрам.

Метод діагностування по ефективності роботи машини. Застосовується для проведення діагностування та виявлення загального технічного стану машини по вихідним експлуатаційним параметрам, наприклад, таким як вимір і втрата потужності, витрата електроенергії, контроль часу робочого циклу і циклової продуктивності, контроль виконання технічних умов і технічних вимог, експлуатаційних характеристик, якість виробів, що випускаються. Застосовуються технічні засоби діагностики, бортові комп'ютери, прилади.

Метод діагностування по герметичності робочих органів і систем. заснований на вимірі витоку повітря, газів і рідин в розподільній апаратурі, системі трубопроводів, в пневмогідроапаратурі. Метод отримав широке застосування для оцінки ступеня зношеності циліндро-поршневих груп, герметичності з'єднань, герметичності системи гальмування і системи охолодження, системи мастила, гідро- і пневможивлення і живлення двигуна. Оцінюються герметичність і цілісність міжкорпусних і міжвузлових ущільнень.

Метод діагностування по геометричним параметрам. Застосовується для визначення зазорів і люфтів, що дозволяє оцінювати технічний стан і роботу вузлів устаткування. Визначаються осьові і радіальні биття обертових і рухомих механізмів. Особливе значення має діагностування биття деталей в підшипникових вузлах, геометричної точності, контроль

направляючих по сполучаються поверхонь рухомих сполук механізмів і вузлів машини.

Диференціальний метод. Відноситься до числа необхідних для діагностування стану різних видів передач: зубчастих, ремінних, ланцюгових. Діагностуються кінематичні пари, передачі, визначаються зазори, биття, люфти в трансмісіях, здійснюються контроль і дотримання норм точності виготовлення деталей.

Тепловий метод діагностування. Заснований на оцінці вимірювання температури в характерних точках під час роботи механізмів і вузлів. Досліджуються в процесі експлуатації закономірності зміни температури вузлів, механізмів, підшипникових опор в межах допустимих обмежень.

Віброакустичний метод – метод діагностування по виникненню коливальних процесів. Він заснований на дослідженні параметрів вібрації та акустичних шумів при роботі вузлів. Метод використовується для контролю стану електродвигунів, передач, шпindelьних вузлів, коробок і вузлів подачі. Контроль появи і розпізнавання стуку розглядається як наслідок підвищеної зношеності вузлів і механізмів. Із застосуванням сучасних приладів і комп'ютерної техніки віброакустичний метод отримує велике поширення.

Профілактичний метод візуального контролю. Процес діагностування передбачає обстеження основних вузлів, візуальний контроль і виявлення місць порушення роботи машин і можливих причин виникнення відмов. Застосовуються переносні прилади, електронні датчики, контрольні пристрої, перевіряється робота пневмогідроапаратури, здійснюється контроль стану силового електроживлення і електричних ланцюгів управління.

Метод контролю за нормативними даними. Заснований на порівнянні фактичних або експериментальних значень параметрів (зусилля, тиск, потужність, температура і ін.) з нормативними даними, паспортними значеннями, технічними умовами. Метод передбачає, що для діагностується вузла призначається сукупність детермінованих контрольних параметрів. Кожному вхідному параметру повинно відповідати строго заданий значення вихідного параметра. Кожному вихідному параметру можуть відповідати кілька передбачуваних вихідних значень, що дозволяють задавати допустимі відхилення в залежності від вимог замовника і якості виробів, що виготовляються.

Метод розрахункових залежностей. Заснований на порівнянні експериментально отриманих функціональних залежностей параметрів вузла, що перевіряється, з заданими нормативними залежностями, отриманими експериментальним або розрахунковим шляхом.

Метод контролю нестационарних значень параметрів машини. Є методом контролю невстановлених значень параметрів, описуваних законами імовірнісного розподілу з урахуванням зміни параметрів у часі.

Метод контролю із застосуванням осцилографів. Заснований на аналізі і вимірі параметрів із застосуванням осцилографів і контрольної реєструє техніки.

Кореляційний метод дослідження. Будуються кореляційні залежності зміни параметрів.

Метод спектрального аналізу. Діагностування починається з аналізу параметрів, що хронометруються за даними діагностичних спостережень і досліджень. Основні положення прогнозування стану працездатності технологічного обладнання

Прогнозування рівня розвитку технологічного обладнання

Прогнозування вимагає проведення досліджень і розробку методів прогнозу технічного стану і працездатності технологічного обладнання.

При цьому проведені процеси діагностування та інформаційного забезпечення стану машини, напрацювання за минулий період експлуатації служать необхідною інформаційною базою для прогнозування і оцінки майбутнього стану машини зі збереженням технічного ресурсу і забезпечення надійності машини в наступний період експлуатації.

Дані діагностування та моніторингу є основою для прогнозування подій і технічного стану технологічного обладнання. Прогнозування являє собою процес, в результаті якого отримують імовірнісні дані про майбутній стан прогнозованого процесу і в цілому технологічного обладнання.

Для проведення прогнозу потрібна інформація про об'єкт прогнозування, яка розкриває його стан в попередній період протікання подій для виявлення закономірностей і характеру зміни стану в наступний період розвитку подій і стану машини.

Інформація в питаннях прогнозування ґрунтується на поточній (хронологічній) інформації стану та поведінки вузлів і механізмів технологічного обладнання, в тому числі отриманої інформації при діагностуванні і в процесі моніторингу діючих машин. При наявності хронологічній інформації, отриманої в процесі довготривалих спостережень, виявляються закони поведінки і зміни параметрів $\{p_n\}$ надійності і працездатності в часі поточного періоду експлуатації, закони подальшого імовірнісного зміни параметрів.

Смисл, вкладений в поняття «науково-технічне прогнозування», вимагає пояснення і більшої точності у вживанні. Прогнозування спрямоване не тільки на виявлення поточного стану техніки, підтримання її надійності і працездатності, а й на нововведення і застосування нових технічних досягнень для підвищення техніко-експлуатаційних параметрів технологічного обладнання.

Існує **короткострокове прогнозування** і **довгострокове**, що відображає тактику і стратегію планування та прийняття рішень. При короткостроковому прогнозуванні необхідно брати до уваги, що повнота виявлення тенденцій може бути не забезпечена з необхідним рівнем імовірності. Не всі відхилення і зміни можуть бути враховані. При довгостроковому прогнозуванні зміна подій в минулому дає більш повну і точну інформацію для стратегічного планування розвитку подій і вжитих заходів, але потрібен тривалий період для отримання хронологічній інформації.

Вивчаючи прогнозування технічного стану технологічного обладнання, розглянемо прогнозування стосовно технічного розвитку. Просування рівня стану техніки від попереднього до наступного вимагає безперервного розвитку технологічного обладнання в процесі його експлуатації. Темп розвитку буде сповільнюватися або прискорюватися в залежності від прийнятих рішень, різноманітних зовнішніх подій, умов зовнішнього середовища. Прогноз розвитку технологічного обладнання може ставитися до будь-якого елемента, вузлу, механізму аналізованого події, до різних рівнів розвитку події вчасі.

В основі прогнозування технічного розвитку лежить виявлення перспективних напрямків і пошук технічних рішень. При цьому технічний розвиток залежить від зміни технічних параметрів у часі (рис. 3).

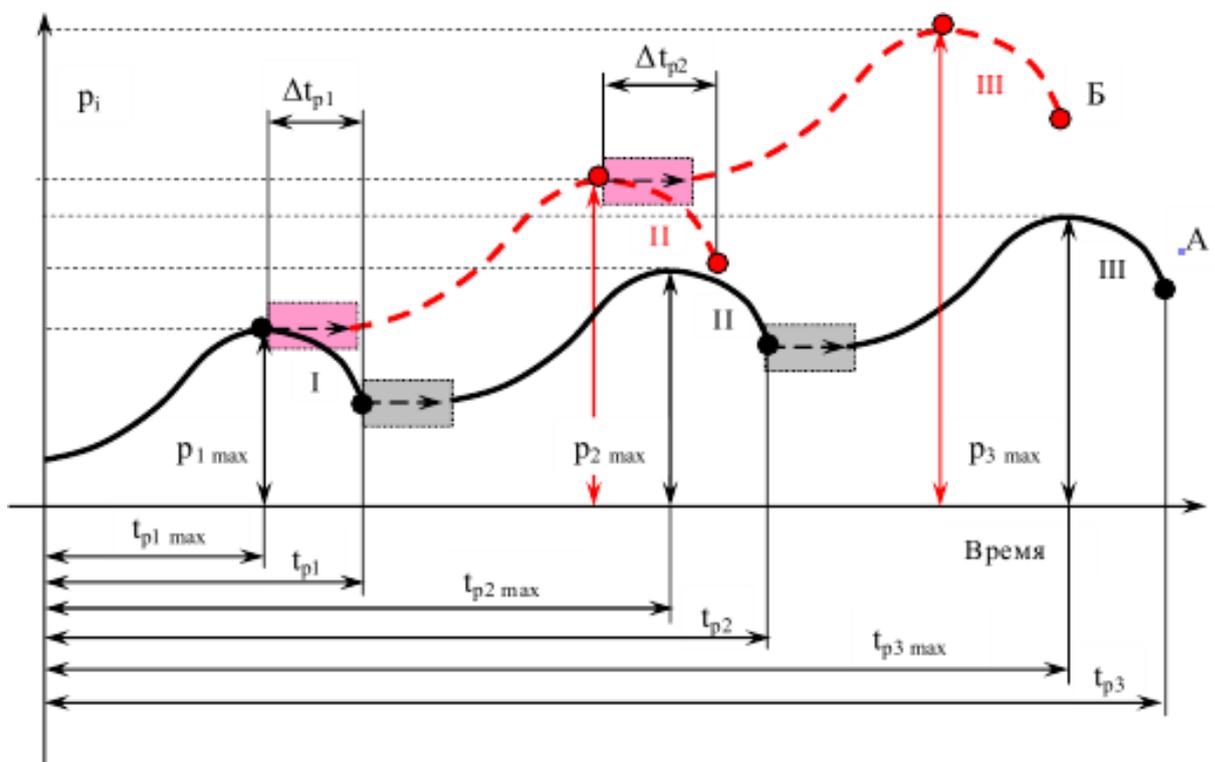


Рис. 3. Графік зміни технічних параметрів розвитку техніки

На рис. 3 позначено: А - поточний варіант розвитку техніки; Б - прогресуючий варіант розвитку техніки; I, II, III - етапи зміни технічного стану техніки і її вдосконалення; p_1 , p_2 , p_3 - досягнуті рівні розвитку техніки для різних етапів технічного стану; Δt_{p1} , Δt_{p2} - зміщення початку чергового етапу розвитку техніки.

Зона графічного зображення на рис. 3 показує темп розвитку і переходу з одного рівня на інший.

Технічними параметрами $\{p_i\}$ можуть бути в залежності від об'єкта швидкість, продуктивність, питоме споживання палива, витрата електроенергії, потужність, показники якості, витрати на технічне обслуговування і ремонт.

За рахунок чого досягається технічний розвиток? За рахунок модернізації і удосконалення конструкції, реалізації нових патентів, використання нових матеріалів і т. д.

Функції технічного розвитку показують, що існує безліч причин або факторів, що призводять до необхідності проведення прогнозів. Основні чинники - знос, моральне і фізичне старіння техніки, необхідність безперервного вдосконалення конструкції, вдосконалення обслуговування і ремонту технологічного обладнання, розробка більш ефективної системи постачання запчастинами, недостатня кваліфікація, досвід і знання обслуговуючого персоналу і ін.

Тоді функція технічного розвитку технічного об'єкта запишеться

$$T_i = a(p_i)^{bc} \quad (1)$$

де p_i - поточне значення параметра технічного об'єкта;

a - константа зміни поточного технічного стану (параметра p_i) по відношенню до майбутнього зразком технічного об'єкта з кращими параметрами p_δ ,

$$a = \frac{p_\delta}{p_i}$$

де p_δ - значення прогнозованого параметра для майбутнього зразка технічного об'єкта;

b - коефіцієнт впливу зовнішнього середовища;

c - коефіцієнт темпу розвитку,

$$c = \frac{t_{p_\delta}}{t_{p_i}}$$

де t_{p_i} , t_{p_δ} - темп або час переходу з одного рівня розвитку на наступний. Параметри a , p_i , b є прогнозованими.

На темп розвитку (параметр c) техніки впливають:

L - кількість ефективно працюючого обслуговуючого персоналу;

α - показник середнього рівня освіти;

β - показник технічної підготовки, середнього рівня досвідченості;

I - рівень капіталовкладень;

I - темп зміни рівня капіталовкладень;

δ - очікуваний темп зміни ринкового попиту, нахилу кривої збуту;

τ - темп поширення і впровадження удосконалень.

Відомо, що «майбутня техніка і події появи аварій і катастроф відкидають свою тінь і стають видимими і передбачуваними суспільству задовгодо того, як її вплив зробиться значним. І повинні бути в змозі виявити ознаки майбутнього технічного зміни і систематично стежити за ним і приймати нові рішення». Це означає, що прогнозувати потрібно виходячи з існуючих подій.

За вищевикладеним визначень здійснюються стеження, діагностування і при необхідності моніторинг, які гуртуються на оцінці подій і фактів.

Моніторинг заснований на діагностиці параметрів стану технологічного обладнання і безперервному контролю його працездатності. Моніторинг, включаючи діагностування, являє собою систему спостережень і безперервного контролю, що здійснюються регулярно і циклічно за заданою програмою і розробленою методикою.

Моніторинг повинен включати:

1) вибір таких параметрів, варіантів планованих кроків, дій і рішень, які можна простежити, встановити значення цих параметрів, швидкість і напрямки розвитку, а також ефект застосування;

2) пошук ознак в навколишній обстановці, які можуть бути початковими параметрами вдосконалення і розвитку технологічного обладнання та майбутніх подій експлуатації та застосування машини, що дозволить передбачати майбутні події і зміни;

3) своєчасне відстеження і контроль даних, подання даних, отриманих на попередніх етапах, для прийняття рішень із застосуванням обчислювальної техніки;

4) забезпечення сприйнятливості системи прогнозування до виникнення і можливої зміни (стійкість) подій;

5) виявлення тенденцій напрямки розвитку технологічного обладнання;

6) виявлення можливих наслідків, якщо ці ознаки справедливі (правдиві) і якщо розвиваються тенденції, на які вони вказують.

При проведенні моніторингу надається можливість здійснювати оцінку технічного стану машини і безперервний збір інформації з розглядом фактів за результатами моніторингу для прийняття рішень. В результаті моніторингу ведеться пошук, розгляд альтернативних варіантів, напрямів прийняття рішень, вибір для спостереження і оцінки найбільш важливих параметрів стану працездатності технологічного обладнання.

Прогнозування технічного стану.

Прогнозування технічного ресурсу. Теоретичною основою для прогнозування ресурсу технологічного обладнання в умовах накопичення, і виникнення несправностей, тріщин служить механіка руйнувань, зносу. Фізичний процес руйнування складається з накопичення розсіяних пошкоджень, може становити значну частину загального ресурсу. Процес накопичення ушкоджень безперервно триває, виявляються їх закономірності зміни, що впливає на зміну параметрів, що контролюються $\{p_n\}$.

Завдання прогнозування технічного ресурсу включає також розрахунок на експлуатаційну надійність, безвідмовність техніки. Особливе місце займає розрахунок на безпеку.

В процесі експлуатації техніки ведеться постійний пошук і контроль дефектів. У зв'язку з цим необхідний збір інформації про вузли, стан деталей і механізмів, навантаженнях, швидкостях і інших техніко-експлуатаційних параметрах технологічного обладнання.

Прогнозування здійснюють зі зміни технічних параметрів $\{p_n\}$. Перевіряють працездатність технологічного обладнання, його вузлів, виявляють дефекти, отримують вихідні дані для оцінки поточного стану

технічного об'єкта.

Графік (рис. 4) включає два періоди моделі: I - період діагностування, контролю зміни фактичного стану технічного об'єкта; II - період прогнозування майбутнього стану технічного об'єкта. В процесі моделювання стану визначається збільшення швидкості зміни технічного параметра p_n як

$$dV_p = \frac{dp}{dt}$$

У першому періоді визначаються зміна параметра $p_n(t)$ у часі і швидкість зміни параметра

$$V_p(t) = \int_0^t p(t)dt \quad (2)$$

У другому періоді вирішується зворотна задача - прогнозується зміна параметра як

$$p(t) = \int_0^t V_p(t)dt \quad (3)$$

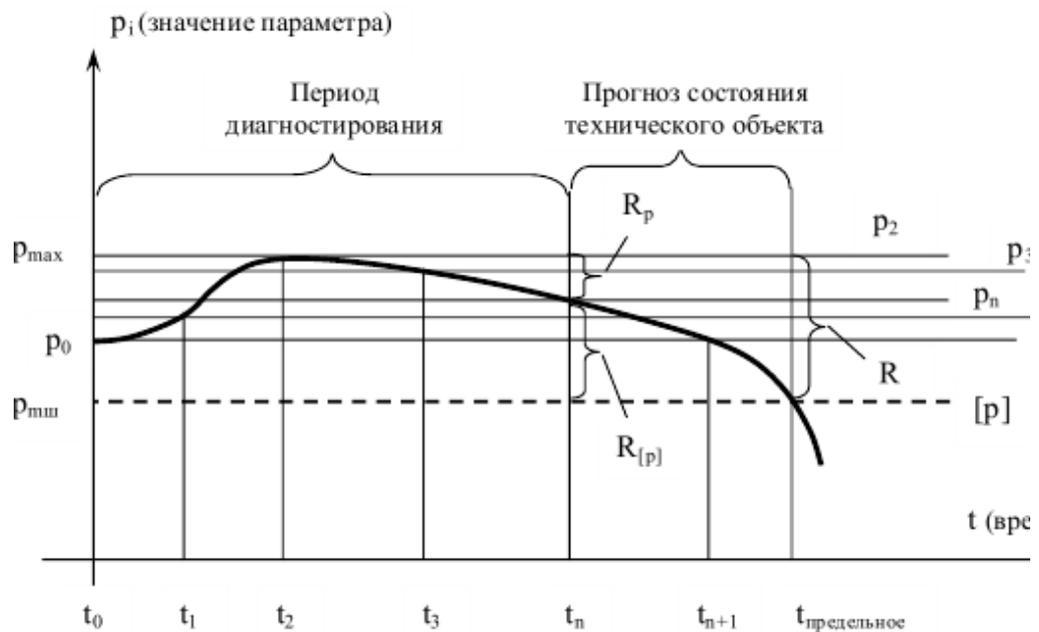


Рис. 4. Графічна модель поточного технічного стану об'єкта та прогнозування його майбутнього стану

На рис. 4 позначено: R - значення загального технічного ресурсу об'єкта, R_p вказує на який витрачено ресурс для поточного періоду і часу діагностування, $R_{[p]}$ - на залишковий ресурс; p_o - початкове значення параметра; p_i - поточне значення параметра; $[P]$ - гранично допустиме значення параметра. Загальний ресурс параметра визначається $R = p_o - [p]$; витрачений ресурс $R_p = p_o - p_n$; залишковий ресурс $R_{ост} = p_n - [p]$.

Прогноз ресурсів і технічного стану технологічного обладнання дозволяє утримувати машину, знаючи, що протягом планованого терміну вона буде безвідмовно функціонувати в оперативному режимі. У процесі діагностування можна стежити за швидкістю зміни падіння значень контрольованих параметрів і спрогнозувати, коли той чи інший параметр може вийти за межі граничного значення $[p]$ або допуску. Відповідно, можна спрогнозувати час початку втрати працездатності технологічного обладнання.

Прогнозуючи, можна поставити «діагноз» стану технологічного обладнання, його працездатності, стану механізмів і навантажених деталей. Прогнозування застосовується в практиці управління технічним станом технологічного обладнання, коли здійснюється контроль зміни параметрів безперервно в процесі експлуатації. Це дозволяє бачити не тільки поточне значення параметрів, але і виявляти тенденції їх зміни в часі, коли аналізуються значення параметрів.

Методи визначення допустимого відхилення параметрів технічного стану при прогнозуванні залишкового ресурсу техніки встановлює стандарт.

Прогнозування має певну організацію його проведення, яке включає наступні етапи:

1) припущення, гіпотезу, осмислене висловлювання, умовивід, що з'являються в процесі аналізу проблеми або проведеного дослідження; це означає, що, прогнозуючи, можна передбачити, побудувати прогноз найбільш ймовірного прояву події, явища в майбутньому;

2) висування теорії або методу, що визначають можливість проведення прогнозування з отриманням достовірного результату з максимально досяжною точністю, визначення достовірності припущення, гіпотези;

3) застосування методу або кілька об'єднаних методів з отриманням результату з можливо допустимої ступенем ймовірності; перевірка теорії на проведенні досліджень.

Прогнозування надійності характеризується тим, що вирішується імовірнісна задача, в якій поведінка технічного об'єкта або події в майбутньому визначається з тим чи іншим ступенем достовірності і оцінюється ймовірність його знаходження в певному стані при розглянутих умовах експлуатації.

Існують різні методи прогнозування:

- прогнозування надійності;
- працездатності;
- технічного ресурсу.

Стосовно до надійності прогнозування зводиться в основному до розрахунку ймовірності безвідмовної роботи об'єкта $P(t)$ в залежності від можливих умов експлуатації.

В основі прогнозування надійності лежить оцінка зміни вихідних параметрів технологічного обладнання в часі при різних вхідних даних, на підставі чого можна зробити висновок про показники надійності при різних умовах і методах експлуатації.

Прогнозування надійності технологічного обладнання зводиться до прогнозування працездатності, ймовірності безвідмовної роботи, прогнозування залишкового технічного ресурсу. Розширюючи область пізнання питань прогнозування на основі діагностування, можна вирішувати питання прогнозування стосовно технічного стану і надійності різних видів техніки.