

УДК 621-192

Кіяновський М.В., докт. техн. наук, професор,  
Цивінда Н.І., канд. техн. наук, доцент  
Криворізький національний університет, [kyanovskiy.m.v@knu.edu.ua](mailto:kyanovskiy.m.v@knu.edu.ua)

## ОЦІНКА РЕСУРСУ МАШИН, ЩО ВТРАЧАЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЗА МОДЕЛЮ «НАКОПИЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ»

Для кожного процесу руйнування чи пошкодження деталей існують енергетичні межі, перехід за які обумовлює зростання інтенсивності швидкості спрацювання обладнання. Зношення робочих поверхонь обумовлюють параметри тертя, які досить активно контролюються в експлуатації для визначення величини зношення, швидкості та інтенсивності зношування, призначення термінів та заходів ремонтного відновлення [1].

Робота сил тертя на поверхнях тертя в першу чергу залежить від коефіцієнту тертя і факторів, що визначають рівень сил тертя. З одного боку зниження витрат на подолання сил тертя визначається досконалістю роторних механізмів і машин, що застосовуються у технічних системах, з іншого постійною увагою персоналу експлуатації до запобігання впливу факторів, що можуть змінити вид і режими тертя і зношування працюючого механізму незалежно від його досконалості. Наведені факти показують, що подолання сил тертя і втрата ресурсу поверхонь тертя мають свої об'єктивні закономірності, але механізм цих втрат повинен стати зрозумілим і підлягати свідомому керуванню в експлуатації.

Метод вібродіагностичного моніторингу зручний тим, що об'єкт діагностики в цьому випадку має одномірний простір діагностичних ознак, а сам діагностичний параметр „ $X$ ” інтегрально виражає вплив на технічний стан обладнання багатьох його дефектів і несправностей.

Діагностичну оцінку додаткових енергетичних витрат на забезпечення працездатності технологічних агрегатів доцільно провести з використанням визначеного критерію енергетичного забезпечення працездатності „ $X$ ”. Під працездатністю [2] розуміють стан об'єкта, при якому він здатний виконувати покладені на нього функції з параметрами встановленими вимогами технічної документації.

Авторами була розроблена технологія діагностування процесів утворення та розвитку локальних дефектів на поверхні тертя, коли кожний вузол системи розглядається як механічний резонатор локального дефекту з амплітудою впливу, зворотно пропорційною відстані від джерела.

Якщо відомі “ $f_c$ - власні частоти” слабих вузлів механізму і частоти прокочування дефектів, то можна використати наступну схему постановки діагнозу:

- 1 - зняття АЧХ механізму і визначення  $f_c$  вузлів, найбільш схильних до зносу і поломок;
- 2 - визначення частот попадання дефектів слабого вузла в зону контакту;
- 3 - формування еталонного  $n$ -мірного вектора спектральних відліків  $k f$  - амплітудної огинаючої віброакустичного сигналу в зоні власної частоти вузла при його нормальному стані;
- 4 - періодично проводиться порівняння поточного вектору з еталонним;
- 5 - вихід за межі допустимих значень близькості векторів, отриманих на етапі навчання, служить сигналом про розвиток локального дефекту в даному вузлі.

Для визначення працездатності технологічної машини вводиться в розгляд вектор її параметрів працездатності  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ . При цьому технічний стан технологічних машин оцінюється множиною ( $m$ ) параметрів  $r_i$ , зміна яких за час напрацювання приводить до збільшення енергетичних витрат.

У теорії надійності, експлуатаційні властивості механізмів і машин, а, відповідно і витрати додаткової енергії на забезпечення їх працездатності, визначаються за допомогою використання апарату теорії ймовірностей, математичної статистики для встановлення

часових закономірностей зміни стану відповідного об'єкту дослідження. Методи математичної статистики, теорії ймовірностей вивчають масові явища і отримані результати розповсюджуються на об'єкти, які можуть входити в генеральну сукупність. На цій базі створювалися існуючі системи контролю за динамікою зміни технічного стану і профілактичного обслуговування. Проте для конкретної машини характерні цілком конкретні фізичні і хімічні процеси, що протікають в матеріалах деталей механізмів при їх експлуатації і що спричиняють старіння матеріалів і їх знос, пошкодження і руйнування елементів [3].

Ці процеси обумовлюють конструктивні, технологічні і експлуатаційні чинники, які при побічному визначенні можна представити у вигляді вектору-стовпця  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ . Тоді технічний стан машини можна розглядати як векторний випадковий процес  $R(t) = L(x, t)$ , де  $L$ -оператор впливів факторів процесів спрацювання і якості експлуатації,  $t$  - час дії чинника  $x_i$  на параметри  $r_i$ . В теорії надійності таке визначення технічного стану об'єкта передбачає, що між параметрами працездатності і чинниками впливів  $x_i(t)$  існують не функціональні, а імовірні залежності. Такий підхід, при повній його коректності довго визначав і обґрунтовував витратні технології експлуатації систем технологічних машин, розповсюджуючи на регламент експлуатації конкретної машини, правила функціонування статистичної сукупності машин.

В проведених дослідженнях зроблена спроба оцінити технічний стан машини виходячи з передумови, що в залежності  $R(t) = L(x, t)$ , де  $L$  - оператор зв'язку факторного простору  $X$  і простори параметрів працездатності  $R$ , мають функціональні співвідношення. Це можливо, якщо використати множини статичних параметрів типу температури, тиску та ін., що визначаються для конкретної машини, у поєднанні з інтегральною оцінкою динамічних реакцій машини, механізму або вузла на її робочий процес. Ці динамічні реакції є результатом взаємодії деталей механізму в процесі його функціонування і являють собою механічні коливання і пружні хвилі машини, що розповсюджуються по конструктивних елементах. Ці реакції інструментально вимірюються у вигляді фізичних параметрів: зміщень, швидкостей, прискорень контрольних точок машини.

Таким чином, всяка зміна параметрів працездатності конкретної машини приводить до зміни характеру взаємодії її елементів, тобто існує функціональний зв'язок між технічним станом машини і сукупністю статичних і динамічних параметрів конкретної машини. Зміна параметрів працездатності конкретної машини під впливом різних дефектів і несправностей відбувається на фоні зміни статичних параметрів функціонування машини, а також частотних і динамічних діапазонів коливальних процесів, які нарівні з інерційністю статичних параметрів, практично вмиль реагують на зміну технічного стану машини. Наявність оперативних даних про технічний стан конкретної машини дає можливість ухвалювати рішення про об'єми, зміст і момент профілактичних і ремонтних впливів з метою забезпечення необхідного рівня енерговитрат на підтримку працездатності машини при мінімумі об'єктивно необхідних матеріальних витрат на їх здійснення.

### Список посилань

1. Пояснення процесів втрати працездатності машин за енергетичними прикметами їх фізичної природи / М.В. Кіянівський, Н.І. Цивінда, О.В. Чернявська Л.І. Лаухіна, І.О. Зуєв // Розвиток промисловості та суспільства: Збірник наукових праць Міжнародної науково-технічної конференції. 19 - 21 травня 2021 р. / Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2021. – С. 84
2. Кіянівський М. В. Вибір моделей для адаптивного керування надійністю промислового обладнання «за станом» / Кіянівський М. В., Цивінда Н. І., Пікільняк А. В., Третяк В. В. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. Науково-технічний журнал. – Харків «ХАІ», 2020. – Випуск № 7(167). – с. 137-146
3. Kiyanovskyi M.V. Control over the technical condition of mechanical components of industrial equipment based on energy parameter of its deterioration / M.V.Kiyanovskyi , N.I. Tsyvinda // Матеріали