

ОГЛЯД МЕТОДІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН

Посвятенко Е.К, д.т.н., професор

Національний транспортний університет

Сушко О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (061) 42-13-54

Анотація – в статті зроблений огляд методів індивідуального прогнозування технічного стану машин та їх складових частин при описанні процесів зміни діагностичних параметрів у залежності від напруження.

Ключові слова – прогнозування, параметр, ресурс, технічний стан методи побудови моделей прогнозування.

Постановка проблеми. Суттєву роль у сучасний час при рішенні енергетичної та продовольчої безпеки багатьох країн (у тому числі і України) відіграє біоенергетика [1]. Виробництво біодизельного палива та все більше його використання для мобільної техніки вимагає більш детального вивчення процесів, які відбуваються при роботі двигунів на біопаливі, особливостей впливу його на роботу та зношуваність деталей та вузлів, а також на питання прогнозування ресурсу біодизелів і в цілому мобільної техніки, яка працює на біодизелях.

Аналіз останніх досліджень. Розроблено чимало методів прогнозування стану технічних пристроїв, під яким розуміють «науково обґрунтоване судження про можливі стани об'єкту у наступному та (чи) про альтернативні шляхи та терміни їх існування» [2]. Найбільш задовольняючим цілі даної роботи представляється класифікація стратегій ремонту, яка передбачає такі стратегії відновлення ресурсу: за потребою після відмови; регламентована за напруженням; за фактичним станом [3].

Прогнозуванню ресурсу та міжремонтного напруження присвячено багато досліджень, у яких отримані дуже змістовні результати. Однак, великий досвід використання на практиці в різних областях виробництва оптимальних правил та нормативів регламентованої стратегії ремонту показав, що в багатьох випадках її ефективність є низькою. Це зумовлено тим, що напруження або календарний час роботи складної машини далеко не завжди тісно пов'язано з її реальним технічним станом, оскільки коефіцієнти варіації доремонтних та міжремонтних ресурсів складових частин сучасних тракторів досить великі ($V = 0,3-0,5$), причому при зростанні середнього ресурсу величина V також збільшується [4]. У той же час,

питання прогнозування ресурсу деталей та вузлів двигунів, які працюють на біопаливі, практично не розглядалися.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є вибір та обґрунтування оптимального методу прогнозування технічного стану машин та їх складових частин на основі динаміки зміни ресурсних параметрів при використанні біодизелів з метою побудови імітаційної моделі процесу технічної експлуатації мобільної техніки, яка працює на біопаливі.

Основна частина. Розуміючи умовний характер любой класифікації, розглянемо такі ознаки, які допоможуть у рішенні наших задач прогнозування ресурсу, сформулювавши основні вимоги до «ідеального» методу прогнозування.

1. Адекватність прийнятої математичної моделі процесу його фактичним характеристикам.

2. Мінімальна погрішність визначення ресурсу.

3. Можливість врахування економічних характеристик відновлення працездатного стану (ремонт), у тому числі простоїв.

4. Простота використання в умовах рядової експлуатації.

Всі способи індивідуального прогнозування звичайно поділяють на детерміновані та імовірнісні.

Для описання процесу зміни діагностичних параметрів у залежності від напрацювання застосовуються різні типи функцій: лінійна, ступенева, експоненціальна, логарифмічна, дробово-лінійна та ін. Порівняння їх природності для цілей прогнозування показало, що за критерієм середньої квадратичної погрішності вони приблизно рівноцінні, але ступенева функція обумовлює мінімальне значення коефіцієнту варіації ресурсу [3]. Таким чином, для апроксимації математичного очікування процесу зміни параметра найбільш прийнятною є функція виду:

$$U(t) = Vt^\alpha, \quad (1)$$

де $U(t)$ – зміна параметра за час t : $U(t) = \Pi(t) - \Pi_n - \Delta\Pi$;

V – показник швидкості зміни параметра;

α – показник ступеня, який характеризує процес накопичування зносу;

Π_n – номінальне значення діагностичного параметра;

$\Delta\Pi$ – показник, який відображає зміну параметра в період припрацювання.

Розглянемо дослідження, які спираються на стохастичний характер процесу зміни технічного стану агрегатів машин, тобто імовірнісні методи побудови моделей прогнозування. В найбільш загальному вигляді цей процес можливо представити у вигляді суми трьох складових [5, 6, 7]:

$$U(t) = A(t) + B(t) + C(t), \quad (2)$$

де $A(t)$ – випадкова функція, яка описує монотонний процес накопичування з наростанням напрацювання незворотних змін у об'єкті (так називаний тренд процесу);

$B(t)$ – випадкова функція, яка описує зміну параметра

під впливом великого числа стохастичних зовнішніх факторів;
 $C(t)$ – випадковий процес, який обумовлюється наявністю погрішності діагностичних засобів та методів (майже завжди його можна рахувати випадковою величиною).

Другу та третю складові важко розділити, тому їх часто об'єднують. Загальний вигляд процесу $U(t)$ та методи його прогнозування залежать від того, яка складова домінує та які її статистичні характеристики. Не претендуючи на загальність міркування можна представити три можливих типу процесів:

1. Переважання тільки монотонної складової $A(t)$ або її повне домінування – ансамбль плавних гладких кривих, які отримують в лабораторних випробуваннях або ж при нагляді за працюючими в постійних умовах і в одному и тому ж режимі машинами (практично не зустрічається на практиці) [8]. Відмінність між об'єктами в цієї ситуації пояснюється тільки розсіюванням їх внутрішніх конструктивних характеристик.

2. Наявність усіх трьох складових у відносно рівному ступені, причому автокорреляційна функція процесу $V(t)$ спадає досить повільно – набір ламаних переплетених кривих [8]. Така «поведінка» характерна для процесів зношування та зміни ресурсних параметрів технічного стану агрегатів і вузлів механічних систем.

3. Переважання випадкової функції $V(t)$, слабка кореляція між прирощеннями процесу навіть на сусідніх інтервалах напрацювання – багаторазово перетинаючихся, дуже переплетені криві [9]. Процеси цього типу характерні для регульовальних і діагностичних параметрів у тих випадках, коли вплив зовнішніх факторів є визначальним.

У роботах [8, 9, 10] вказується, що вони використовують ідею методу канонічних розкладень для представлення випадкового процесу зміни параметра у вигляді суми:

$$U(t) = V t^\alpha + Z(t), \quad (3)$$

де $Z(t)$ – випадковий процес відхилення фактичних значень параметра від гладкої апроксимуючої кривої.

Насправді це описання еквівалентно виразу (2) та реалізує спосіб прогнозування, який називається екстраполяцією часових рядів [10]. Спадковий процес задається формулою:

$$Z(t_k + t_{\text{зал}}) = V' [V(t_k + t_{\text{зал}})^\alpha - vt_k^\alpha] \quad (4)$$

Рахуючи, що випадкова величина відносної швидкості зміни похибки прогнозування V має нормальний розподіл, нульове математичне очікування та постійну дисперсію, отримано розподілення залишкового ресурсу σ_n^2 :

$$Q(t_{\text{зал}}) = 1 \int_{-\infty}^B \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \frac{x^2}{2} dx; \quad B = \frac{U_n / u_k - (1 - t_{\text{зал}} / t_k)^\alpha}{[(1 + t_{\text{зал}} / t_k)^\alpha - 1] \sigma_n} \quad (5)$$

Для індивідуального прогнозування найбільш «зручні» наиболее процеси 1-го типу. Ансамбль його реалізацій може бути заданий формулою 1, де випадковою величиною є показник швидкості V . Якщо в результаті діагностуванні отримана точка з координатами (t_k, u_k) , то залишковий ресурс складальної його частини легко визначити з системи двох рівнянь [11]:

$$\begin{aligned} U_k &= V t_k^\alpha, \\ U_n &= V (t_k + t_{\text{зал}})^\alpha \end{aligned} \quad (6)$$

де U_n – гранична зміна параметру, $U_n = P_n - P - \Delta P$.

Вирішивши її, знайдемо величину залишкового ресурсу:

$$t_{\text{зал}} = \left[\left(\frac{U_n}{U_k} \right)^{1/\alpha} - 1 \right] t_k \quad (7)$$

Висновки.

Проаналізувавши розглянуті методи, можна зробити висновки:

1. Методи, засновані на описанні процесів 1-го типу, не можуть бути використані для прогнозування технічного стану машин, так як зумовлюють велику погрішність визначення ресурсу конкретних складових частин.

2. У більшості випадків процеси 3-го типу описують за допомогою добре розробленої теорії ланцюгів Маркова. Дослідження, які базуються на теорії ланцюгів Маркова направлені в основному на підвищення експлуатаційної надійності радіоелектронної апаратури та систем автоматики. Динаміка технічного стану пристроїв цього класу досить адекватно описується Марківською моделлю з дискретною множиною станів, тому що прирощення процесу зміни їх діагностичних параметрів практично незалежні. Протилежна картина характерна для процесів зношування, які мають тісний кореляційний зв'язок між їх сусідніми перерізами [3]. Тому представлення процесів зміни ресурсних параметрів механічних систем у вигляді Марківського ланцюга з фізичної точки зору не обґрунтовано.

3. Розглянувши методи прогнозування ресурсу, засновані на вивченні процесів 2-го типу, ми прийшли до висновку, що найбільш близьким до рішення поставленої задачі слід признати підхід, запропонований В.М. Міхлінім та надалі розвинутий у роботах його учнів.

Методи теорії моделювання складних систем є базою для формування імітаційної моделі процесу технічної експлуатації машин.

Література.

1. Ефективність експлуатації мобільної техніки на біодизелі. // Д. Журавель, В. Юдовинський, Б. Мітков, К. Петренко. – Agroexpert. Практичний посібник аграрія. - № 7-8, 2009, с. 104-106.

2. Прогностика. Терминология. – Вып. 92. – М.: Наука, 1987. – 32с.

3. РТМ 70.0001.089-85. Управление техническим состоянием и надежностью сельскохозяйственных машин. – М.: ГОСНИТИ, 1985.-72 с.

4. Методика визначення граничних значень основних техніко-економічних параметрів двигунів з метою підвищення ефективності ремонту транспортних засобів. Свідоцтво № 15864, Україна. / О.В.Сушко. - Заявлено 10.01.06, зареєстровано 01.03.06, № 15927.

5. Побединский Ю.А. Прогнозирование ресурса тракторных двигателей по результатам сокращенных испытаний (на примере двигателя Д-50). Дисс. ... канд. техн. наук. – М.: 1981. – 224с.

6. Брайнин М.Л. Разработка и исследование метода прогнозирования постепенных отказов на примере сопряжения цилиндр-поршневое кольцо двигателя внутреннего сгорания. Дисс. ... канд.техн. наук. – М.: 1973. – 216с.

7. Методические указания по прогнозированию технического состояния машин. – М.: ОНТИ ГОСНИТИ, 1972.- 215 с.

8. Методика определения предельных и допустимых значений диагностических параметров агрегатов машин. – Горький: ГФ ВНИИМАШ, 1986. – 35 с.

9. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. – М.: Колос, 1976. – 288 с.

10. Михлин В.М., Зуль М.Н. Исследование и разработка правил определения ремонтных работ по результатам диагностирования агрегатов машин. – Труды ГОСНИТИ, 1989, т.64, с. 122-135.

11. Принципы формирования системы технического обслуживания машин. Методические рекомендации. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1987. – 99 с.

REVIEW THE METHODS OF INDIVIDUAL PROGNOSTICATION OF THE MACHINE TECHNICAL STATE

Е.Posvjatenko, O. Sushko

Summary

In the article review the methods of individual prognostication of the machine technical state and their component part is considered at description of change of diagnostic parameters on average operating time.