

МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ ОЦІНКИ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЇХ КІЛЬКОСТІ

Аулін В. В., Гриньків А. В., Лівіцький О. М.

Кіровоградський національний технічний університет, Україна

ВСТУП

Одне з найважливіших завдань, що необхідно вирішувати при забезпеченні та підвищенні експлуатаційної надійності транспортних засобів (ТЗ) – є оптимальний вибір необхідної і достатньої кількості діагностичних параметрів, встановлення меж гранично допустимих значень та їх контроль. Основною умовою оптимальності вирішення поставлених завдань, щодо визначення технічного стану агрегатів, систем і ТЗ в цілому, при їх експлуатації є отримання найбільш повного і змістовно інформаційного простору при мінімальній витраті різних видів ресурсів.

Актуальність досліджень: Важливим та непростим завданням під час діагностики технічного стану ТЗ є досягнення необхідної глибини контролю та способи його оцінки. Оскільки вони багато в чому визначаються режимами діагностування, то доцільним є розгляд різних видів сукупностей діагностичних параметрів для оптимального контролю функціонування об'єкту, контролю працездатності, пошуку несправностей, прогнозування зміни технічного стану.

Постановка проблеми: Сукупність діагностичних параметрів контролю правильності функціонування агрегатів та систем ТЗ здійснюється оператором й безпосередньо використовується інформація про їх стан. Вдану сукупність включають основні технічні параметри, що характеризують режими роботи агрегатів та систем з точки зору їх функціонального призначення. В неї можуть входити такі параметри, як величина напруги, тиск, частота обертання та інші. Граничні значення цих параметрів встановлюють відповідно до величин допусків, що нормуються технічними умовами для ТЗ або нормативно-технічними документами.

Результати теоретичних досліджень: На стадії технічної експлуатації встановлені основні чинники, що здатні змінювати властивості агрегатів, технічних систем та їх ознак, а також отримані регресійні залежності, що відображають вплив чинників на зміну технічного стану агрегатів та систем за пробігом ТЗ. По мірі впливу на технічний стан для них вибирають сукупність функціональних параметрів та формують діагностичні моделі технічного стану.

Аналіз діагностичних моделей свідчить про встановлення оптимальної сукупності діагностичних параметрів з простору їх значень, що забезпечують необхідну оцінку стану агрегату або системи $D_i^{(N)} = \{D_{ij}\}$, де N - загальне число параметрів діагностичної моделі або N – мірність її параметрів для i -го агрегату, системи ТЗ. Залежно від виду моделі ними можуть бути: коефіцієнти алгебраїчних або диференціальних рівнянь; корені рівнянь; гілки графів; елементи матриць, таблиць та векторів; статистичні та динамічні характеристики і т.п.

Метою вибору діагностичних параметрів в даному випадку є не повне визначення фактичного стану агрегатів систем та ТЗ в цілому, а лише встановлення факту їх працездатності $S_i^{(1)}$ або непрацездатності $S_i^{(2)}$, тобто визначення в якій з областей $S_i^{(1)}$ або $S_i^{(2)}$ знаходиться вектор або матриця технічного стану. Сукупність деяких діагностичних параметрів з простору $D_i^{(N)}$ їх значень є інформативно надмірними для досягнення мети, але вимір повного ряду діагностичних параметрів може виявитися технічно неможливим або економічно недоцільним. Виходячи з цих міркувань, необхідно мінімізувати загальний об'єм простору діагностичних параметрів $D_i^{(N)}$ до необхідного об'єму $D_i^{(n)} = \{D_{ij}\}$, де $n < N$.

Оцінку достатньої кількості вибраних діагностичних параметрів при визначенні те-

хнічного стану i -го агрегату або системи ТЗ можна провести, використавши значення ймовірності правильного діагностування:

$$P_{ij}(n) = \sum_{j=1}^n P_{ij} \cdot c_{ij} \cdot u_i(\{D_{ij}\}) / \sum_{i=1}^N P_{ij} \cdot c_{ij} \cdot u_i(\{D_{ij}\}), \quad (1)$$

де P_{ij} – ймовірність безвідмовної роботи елементів i -го агрегату або системи ТЗ, на яких реалізуються оцінювані ознаки; c_{ij} – ранжованні коефіцієнти інтенсивності технічного стану; u_i – модуль вектора абсолютної чутливості для агрегату (системи) ТЗ та i -го показника по відношенню до параметрів z_m зовнішнього впливу, які визначають властивості або параметри елементів:

$$u_i(\{D_{ij}\}) = \left(\frac{\partial \{D_{ij}\}}{\partial z_1}, \frac{\partial \{D_{ij}\}}{\partial z_2}, \dots, \frac{\partial \{D_{ij}\}}{\partial z_m} \right), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, k}, \quad (2)$$

де m – число властивостей, що змінюються, під дією зовнішнього впливу та пробігом ТЗ.

Ймовірність безвідмовної роботи P_{ij} може бути визначено за випробуваннями на надійність або під час експлуатації, значення абсолютної чутливості $u_i(\{D_{ij}\})$ повинні відповідати, результатам випробувань. Коефіцієнти c_{ij} розраховують методами експертних оцінок або методом ранжування.

Для простих агрегатів та систем ТЗ є можливість звести сукупності діагностичних параметрів $\{D_{ij}\}^N$ до одного визначального параметру. В той же час для складних технічних агрегатів і систем ТЗ число контрольованих параметрів зводять до числа елементів структурної схеми найвищого рівня, як правило, по одному визначальному або узагальненому параметру для кожного елементу. Вибір діагностичних параметрів для прогнозування зміни технічного стану здійснюється аналогічним чином. При цьому слід перевіряти можливість використання вибраного параметру для контролю працездатності найменш надійного елементу.

Визначення граничних значень діагностичних параметрів здійснюється за результатами аналізу діагностичної моделі працездатного стану, виходячи із заданих нормованих допусків вихідних параметрів, що уточнюються в процесі проведення випробувань при дослідженні показників експлуатаційної надійності.

Мінімізація сукупності діагностичних параметрів та вибір з неї найбільш інформативних параметрів проводиться за результатами кількісних оцінок їх значущості або ефективності. До основних показників ефективності належать показники чутливості, інформативності та точності за допомогою яких дані діагностичні параметри відображають процеси зміни технічного стану ТЗ.

Математична форма діагностичних моделей агрегатів та систем ТЗ або їх окремих елементів, технічний стан яких визначається, в основному, фізичними властивостями (механічна міцність, пружність, діелектрична провідність і т.д.), не забезпечує прийнятної для практики рівня достовірності отримуваних результатів через велику кількість вимушених припущень. У цих випадках найчастіше використовують фізичні моделі, а необхідна інформація про технічний стан формується на основі результатів експлуатаційних випробувань.

Для сукупності діагностичних ознак моделі, при пошуку дефектів, несправностей, достатньо оцінити їх ефективність з точки зору чутливості до зміни контрольованих ознак або діагностичних параметрів елементів агрегатів, систем ТЗ. Оцінка кожного діагностичного параметру здійснюється шляхом обчислення абсолютної чутливості функції:

$$q_i(\{D_{ij}\}) = \frac{\partial S_i(\{D_{ij}\}, L)}{\partial \{D_{ij}\}}, \quad (4)$$

де $\{D_{ij}\}$, ($j=1, 2, \dots, m$) – діагностичні параметри елементів агрегатів або елементів систем ТЗ; $S_i(\{D_{ij}\})$ – функція стану, залежна від елементів матриці, вектора або діагностичних параметрів та пробігу ТЗ.

Абсолютна чутливість сукупності діагностичних параметрів визначається за формулою:

$$q_i(D) = \sum_{j=1}^m \partial S_i(\{D_{ij}\}, L) / \partial D_j, \quad j = \overline{1, k}. \quad (5)$$

Формулу (5) можливо використовувати при ранжуванні сукупності діагностичних параметрів для даного агрегату або системи ТЗ.

Ранжування діагностичних параметрів, з використанням формул (4) і (5) здійснюється при аналізі математичних моделей зміни діагностичних параметрів від пробігу, які характеризують раптові відмови, що викликаються дефектами типу обрив або механічне руйнування деталей та вузлів.

Якщо аналізувати вплив дефектів, що викликають поступову відмову або здійснюється контроль працездатності агрегатів, систем ТЗ на характер зміни стану, то істотними є різні деградаційні процеси, такі як корозія, старіння, зношування та інші. При цьому доцільним є використання функцій відносної чутливості або сенситиву:

$$sen(S_i(\{D_{ij}\}, L)) = \frac{\partial S_i(\{D_{ij}\}, L) / \partial L}{\partial D_j(L) / \partial L}, \quad (6)$$

де $\partial S_i(\{D_{ij}\}, L) / \partial L$ і $\partial D_j(L) / \partial L$ - похідні за пробігом ТЗ регресійної залежностей функції стану i -го агрегату, системи ТЗ та сукупності діагностичних параметрів $D_j(L)$ ($j = \overline{1, m}$), що характеризують випадкові процеси зміни технічного стану S і контрольованого параметру $\{D_{ij}\}$ технічного елементу.

ВИСНОВКИ

Важливою характеристикою діагностичних параметрів під час вибору їх для побудови моделі діагностування є оцінка чутливості, яка показує наскільки даний параметр впливає на функцію стану в даному періоді експлуатації. Для виявлення ступеню чутливості діагностичних параметрів запропоновано використання теорії сенситивів, математичний апарат якої пропонує оцінку відношення частинних похідних функцій стану і діагностичного параметру від пробігу ТЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузьменко А.Г. Теоретическая и экспериментальная трибология. В 12т. Т.7 Надежность узлов трения по прочности и износу: монография/ А.Г.Кузьменко. – Хмельницький: ХНУ, 2011. – 391с.
2. Кузьменко А.Г. Теория сенситивов и ее приложения / А.Г.Кузьменко // Проблемы трибологии. – 2001.- №1. – С.63-104
3. Черновол М.І. Узгодження зміни технічного стану з раціональним вибором об'єкту діагностування / М.І. Черновол, А.В. Аулін, А.В. Гриньків // Вісник Інженерної академії України – 2015. - №3 – С.18-23