

С.І. Кравченко, С.Г. Ясько, Р.В. Собков

Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

ПРОГНОЗУВАННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ

Розглядається проблема оцінювання технічної довговічності металорізальних верстатів на етапі заводських випробувань без проведення спеціальних перевірок на довговічність. Назване завдання в умовах обмеженої кількості статистичних даних розв'язується шляхом математичного моделювання за допомогою відомого апарату прогнозування.

Ключові слова: *технічна довговічність верстатів, випробування на надійність, метод групового врахування аргументів.*

Постановка проблеми. Існуючі методи заводських випробувань у принципі забезпечують розв'язання завдання оцінювання технічної довговічності верстатів. Але вони вимагають проведення перевірок на надійність до повного виробітку ресурсу, що спричиняє зайві матеріальні і часові витрати та погрожує введенням в експлуатацію морально застарілих зразків, що виявляється неприпустимим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючих підходів до проблеми оцінювання надійності верстатів та організації відповідних випробувань приводить до пошуку виходу з положення, що склалося, для чого найбільш прийнятним виявляється застосування прискорених випробувань, які базуються на математичних моделях прогнозування довговічності.

В [1] показано, що прискорені випробування на надійність (форсовані або скорочені) базуються на принципі еквівалентності двох режимів напруження, тобто надійність пристрою не залежить від того, яким чином вироблений його ресурс,

$$T_p(t, \varepsilon) = \int_0^t \lambda(t, \varepsilon) dt \quad (1)$$

$$T_p(t_1, \varepsilon_1) = T_p(t_2, \varepsilon_2), \quad (2)$$

де $T_p(t, \varepsilon)$ – ресурс;

$\lambda(t, \varepsilon)$ – інтенсивність відмов.

Проте прискорені випробування в такому вигляді не можуть бути використаними повною мірою для завдання, що розв'язується, оскільки принципову трудність викликає оцінювання їх відповідності реальному процесу зміни технічного стану, а також визначення впливу експлуатаційних факторів на цей процес, особливо - тривалості експлуатації.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у розробленні методики прогнозування технічної довговічності (строку служби) металорізальних верстатів на етапі заводських випробувань в умовах обмеженої кількості статистичних даних без проведення спеціальних перевірок на довговічність. В цьому зв'язку представляється необхідним застосувати методи випробувань, що засновуються на математичних моделях прогнозування значень показників довговічності верстатів протягом часу з урахуванням впливу зовнішніх факторів.

Виклад основного матеріалу. Для розв'язання завдання прогнозування надійності систем значне поширення одержали методи, що включають у себе наступні етапи:

- отримання аналітичного опису досліджуваного випадкового процесу;
- розроблення алгоритму, що дозволяє враховувати значення конкретної реалізації процесу й одержувати на цій основі опис

апостеріорного випадкового процесу;

- моделювання множини реалізацій апостеріорного випадкового процесу.

Основою розв'язання є надання випадковому процесу вигляду універсального та зручного для машинного моделювання опису.

Один із підходів заснований на тому, що досліджуваний процес розглядається як розкладання Карунена - Лоева чи канонічне розкладання [2,3] і опис на його основі апостеріорного випадкового процесу та його математичного очікування

$$Y(t) = m(t) + \sum_v V_v \varphi_v(t) \quad (3)$$

де $m(t)$ – математичне очікування процесу;

V_v – випадкові коефіцієнти;

$\varphi_v(t)$ – випадкові функції часу, названі координатними.

Ідея такого методу [3] зводиться до моделювання множини реалізацій апостеріорного процесу, розв'язання для кожної з таких реалізацій задачі про перше перетинання нею границі допустимої області S_0 і визначення на цій основі статистичних оцінок умовної ймовірності безвідмовної роботи для послідовно зростаючих моментів часу

$$P^{PS}(S) = P \{ Y(s) \in S_0 / y_w(t) \}, \quad t_1 \leq t \leq t_n, \quad s > t_n \quad (4)$$

Вираз (4) є умовною ймовірністю того, що зразок із номером w безвідмовно буде працювати до моменту $s > t_n$, якщо до моменту t включно його стан визначався реалізацією $y_w(t)$, $t_1 \leq t \leq t_n$.

Але специфіка проблеми оцінювання строку служби верстата на етапі заводських випробувань (прогнозування за межі відомої статистики), проведений аналіз існуючих методів прогнозування та формулювання вимог, що

висуваються (передусім щодо оцінювання вірогідності й точності прогнозу), дають підставу зробити обґрунтований висновок про те, що даній ситуації найбільш адекватний метод групового врахування аргументів (МГВА).

Задачу оцінювання значень показників довговічності верстата за результатами заводських випробувань можна звести до пошуку функції описання випадкового процесу зміни рівня довговічності за обмеженим обсягом експериментальних даних і визначенню незміщених достовірних значень його параметрів.

Застосування відомого та апробованого математичного апарату МГВА до розв'язання цієї задачі на основі дослідних даних заводських випробувань на надійність зводиться до пошуку моделей

$$Y=f(X), \quad (5)$$

де Y – визначальний показник надійності (середній наробіток на відмову, інформація про який є супутньою при здійсненні заводських випробувань);

X – сукупність експлуатаційних факторів, що впливають на процес зміни рівня надійності верстатів, і оцінювання їх технічної довговічності після досягнення мінімально допустимого рівня надійності.

Пошук математичних моделей проводиться за комбінаторним або багаторядним алгоритмом МГВА, відбір моделей здійснюється за допомогою критеріїв незміщення та регулярності, які достатньо апробовані при розв'язанні задач подібного класу, а також критерію збіжності покрокового прогнозу, що дозволяє з успіхом вирішувати задачі довгострокового прогнозування [4].

Процес побудови моделей припиняється після знаходження моделі

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = f(x); \\ \sigma = \min; \\ I^2(N) = \min; \\ Y \geq Y_{пр}, \end{array} \right. \quad (6)$$

де σ – середньоквадратична помилка;

$I^2(N)$ – значення критерію покрокового прогнозу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Залежно від специфіки розв'язуваної задачі з урахуванням глибини прогнозування й у випадку недостатньої точності отриманої моделі можна порушувати питання про поширення пошуку в область структур більш високого порядку. Однак при цьому немає підстав стверджувати, що буде знайдене краще рішення порівняно з отриманими, і що воно буде мати вигляд, прийнятний для використання, тобто що його буде визнано раціональним. Тому на підставі викладеного можна зробити висновок про доцільність зосередження зусиль не на пошуку рішень в області складних нелінійних структур, а на вишукуванні розв'язання максимальної точності зі складу найпростіших оптимальних структур (найбільш прості моделі процесу зручнішими для випробувача під час проведення подальших досліджень).

Література.

1. Переверзев Е.С. Надежность и испытания технических систем. – К.: Наук. думка, 1990. – 326 с.
2. Кудрицкий В.Д. Прогнозирование надежности РЭУ. – К.: Техніка, 1973. – 155с.
3. Кудрицкий В.Д. Прогнозирующий контроль радиоэлектронных устройств. – К.: Техніка, 1982. – 168 с.
4. Ивахнешко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. – К.: Техніка, 1975. –312 с.