

Л.В. Мороз, Д.В. Бевз

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СПЕЦІАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Анотація

В основу методики прогнозування потреби в запасних частинах покладено математичну модель зі змінними факторами: кількість однакових деталей на одній машині; кількість однакових машин; закон розподілу ресурсу деталей та його параметри; ймовірність безвідмовної роботи, а також час прогнозу, переданий у частках гамма-відсоткового ресурсу.

Ключові слова: запасна частина, ремонт, технічне обслуговування, рухомий склад.

Abstract

The methodology for forecasting the need for spare parts is based on a mathematical model with variable factors: the number of identical parts on one machine; number of identical machines; the law of distribution of the parts resource and its parameters; the probability of failure-free operation, as well as the forecast time, expressed in fractions of the gamma-percentage resource.

Keywords: spare part, repair, maintenance, rolling stock.

Обґрунтування потреби в запасних частинах є важливим науковим і практичним завданням. При цьому суттєвого значення набуває технічне оснащення галузі, підвищення якості і надійності техніки, а також ефективності її експлуатації. Одним із шляхів вирішення цього питання і є саме обґрунтування потреби в запасних частинах. Дослідження і публікації, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, ґрунтуються на математичних підходах, які враховують як конструктивні показники технічних засобів, так і якість їхнього виготовлення та режими експлуатації.

Відмови обладнання спеціального рухомого складу виникають під впливом різноманітних факторів: діючих навантажень, агресивного середовища, несвочасного та неякісного технічного обслуговування і ремонту, помилок обслуговуючого персоналу та ін., внаслідок чого деталі і вузли піддаються зношуванню, деформації, утомленим впливам. Оскільки кожний фактор у свою чергу залежить від багатьох причин, то відмови елементів обладнання спеціального рухомого складу відносяться до випадкових подій, а тривалість роботи до виникнення відмови - до випадкових величин. Тому, перш ніж приступити до розробки методики прогнозування потреби в запасних частинах, слід розглянути і проаналізувати закономірності, яким підпорядковуються випадкові величини. З теорії надійності відомо декілька десятків розподілів, за допомогою яких можливо описати отримані експериментальні данні відмов: нормальний, логарифмічно-нормальний, експоненціальний, Вейбулла, альфа-, бета- і гамма-розподіли, дифузійно-монотонний і дифузійно-немонотонний розподіли, рівномірний, трикутний, геометричний і гіпергеометричний, біноміальний, від'ємний біноміальний, поліноміальний, Гумбеля типу I, Пуассона, Релея та інші [1-3]. Вибір моделі відмов проводять на основі аналізу статистичних даних напрацювання до відмови. Однак не менш важливими стають інші вимоги: фізичність, яка враховує фізичну природу відмов; адекватність, тобто здатність достатньо точно описувати різні форми розподілів з будь-якими реальними значеннями коефіцієнту варіації, асиметрії і ексцесу; можливість виконання розрахунків надійності системи та її елементів; універсальність, яка полягає у багатообразності вирішуваних задач і, зокрема, здатності до операції згортки, яка дозволяє виконувати розрахунки витрат запасних частин; практична придатність, яка включає в себе простоту аналітичних виразів для всіх необхідних характеристик розподілів і оцінки їхніх параметрів, а також зручність їхнього застосування при вирішуванні конкретних задач. Останні вимоги відповідають розподілам, які мають меншу кількість параметрів, а також таким, функції яких представлені широко відомими табульованими функціями.

Аналіз літературних джерел і практика застосування розподілів при дослідженні надійності обладнання спеціального рухомого складу показали, що найбільш поширеними є застосування нормального розподілу, розподілу Вейбулла та експоненціального [2]. Саме їх і покладено в основу розробки методики прогнозування потреби в запасних частинах. Розглянемо основні особливості перелічених розподілів.

При нормальному розподілі випадкова величина теоретично може приймати будь-яке значення від $-\infty$ до $+\infty$ [1]. Оскільки час не має від'ємних значень, можливі значення випадкового часу безвідмовної роботи можуть бути тільки позитивними. Тому кількісні характеристики надійності розглядаються лише для усіченого нормального розподілу. Усічений нормальний розподіл випадкової величини виходить із нормального розподілу при обмеженні інтервалу можливих значень цієї величини. Характерним для нього є те, що інтенсивність відмов починається з нуля і зі збільшенням часу суттєво зростає, що свідчить про те, що потік відмов не є стаціонарним і має місце старіння елементів. В області малих значень часу старіння елементів несуттєво впливає на надійність, тому ймовірність безвідмовної роботи елементів машин зменшується незначно. Після тривалої експлуатації машини, відмови елементів якої мають нормальний розподіл, її надійність швидко зменшується, тому ймовірність безвідмовної роботи знижується

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}, \quad (1)$$

$$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - t_{cp})^2}{N - 1} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

де t_i - статистичні дані напрацювання на відмову;

N - розмір вибірки.

Коефіцієнт варіації V [5] дорівнює

$$V = \frac{\sigma}{t_{cp}}. \quad (3)$$

Розподіл Вейбулла відповідає ситуації руйнування самої слабкої ланки (елемента) деякої сукупності (системи, що складається з групи елементів), а також є достатньо гнучкою функцією, за допомогою якої добре вирівнювати різноманітну статистику відмов, в основному, механічних об'єктів. В одному з варіантів він також має два параметри: форми b та масштабу a і характеризується різноманітністю кривих інтенсивності відмов, при $b < 1$ вона монотонно убуває, при $b = 1$ є константою (розподіл Вейбулла переходить в експоненціальний розподіл), при $b > 1$ інтенсивність відмов монотонно збільшується. При значенні параметра форми $b = 3,25$ розподіл Вейбулла наближається до нормального розподілу. Розподіл Вейбулла може бути використаний як характеристика зміни надійності елементів машин з часом їх напрацювання.

Оцінки параметрів форми b та масштабу a [5] одержують із системи рівнянь

$$\begin{cases} N\alpha - \sum_{i=1}^N t_i^b = 0 \\ \frac{N}{b} + \sum_{i=1}^N \ln t_i - \frac{\sum_{i=1}^N t_i^b \ln t_i}{\alpha} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Перше приближення значення b [5] можна одержати, вирішуючи систему рівнянь

$$\begin{cases} N\alpha - \sum_{i=1}^N t_i^b = 0 \\ t_{cp} = \alpha^{\frac{1}{b}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) \end{cases} \quad (5)$$

де $\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$ - гамма-функція.

Так методом послідовних наближень одержуються параметри форми b та масштабу a . Коефіцієнт варіації V дорівнює [100]

$$V = \left[\frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)^2} - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Експоненціальний розподіл характеризується постійною інтенсивністю відмов $\lambda = \frac{1}{t_{cp}}$, яка є параметром розподілу. Це означає, що ймовірність відмов не залежить від того, скільки часу пропрацювала деталь до розглянутого моменту часу. Цей розподіл не враховує спрацювання та старіння і застосовується для складних систем, де можлива велика кількість відмов різних елементів із неоднаковою інтенсивністю. Розподіл має максимальну щільність ймовірності в момент включення, що характерно для низької якості виготовлення деталей та складальних одиниць машин, і не передбачає припрацювання деталей та вузлів і їхнє доведення. Експоненціальний розподіл застосовується для аналізу складних систем, які працюють у важких умовах під постійним технологічним навантаженням та кліматичним впливом. У більшості випадків він характерний для раптових відмов і використовується частіше за інші при аналізі надійності. Розподіл характеризується простими формулами для розрахунку надійності. При $\lambda = const$ ймовірність безвідмовної роботи деталі протягом заданого часу не залежить від часу роботи, що значно спрощує розрахунки. Оцінка t_{cp} визначається за формулою (1).

Дифузійно-монотонний і дифузійно-немонотонний розподіли, які відомі у світовій практиці, відповідно, під назвою „розподілу Бірнбаума-Саундерса” і „оберненого розподілу Гауса”, застосовуються, в основному, при дослідженні електронної техніки [3]. Порівняно рідко на практиці використовуються бета - і гамма-розподіли, розподіл Релея та ін. Відсутність точних аналітичних виразів для основних характеристик надійності (математичного очікування, дисперсії та ін.) утруднює практичне використання альфа-розподілу.

За результатами аналізу існуючих методик визначення потреби в запасних частинах встановлено, що прогнозування цієї потреби за середнім ресурсом не дає змоги досягти ймовірності безвідмовної роботи понад 50 % для нормального розподілу і знаходиться у межах 7,35-52 % для розподілу Вейбулла з параметром форми $b = 0,2-4$. Підвищення ймовірності безвідмовної роботи до більших значень супроводжується збільшенням кількості запасних частин за рахунок визначення їх потреби за гамма-відсотковим ресурсом.

В основу методики прогнозування потреби в запасних частинах покладено математичну модель зі змінними факторами: кількість однакових деталей на одній машині; кількість однакових машин; закон розподілу ресурсу деталей та його параметри; ймовірність безвідмовної роботи, а також час прогнозу, переданий у частках гамма-відсоткового ресурсу. За можливі моделі довговічності не відновлюваних елементів обладнання спеціального рухомого складу, замінені у разі відмови запасними, прийнято закони розподілу ресурсу: нормальний, Вейбулла та експоненціальний, що охоплюють відповідно поступові, зносіві, втомлені та раптові відмови механічних і електромеханічних систем, які пройшли період припрацювання, а також систем, що експлуатуються в тяжких умовах під впливом механічних і кліматичних навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бережная Е.В. Математические методы экономических систем: Учеб. пособие / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2006. - 432 с. – ISBN 5-279-02940-8.
2. Волгин В.В. Автосервис. Маркетинг и анализ: Практическое пособие / В.В. Волгин. – М.: Издательско – торговая корпорация «Дашков и К», 2005. – 496с. – ISBN 5-94798-609-4.
3. Поляков А.П. Організація забезпечення запасними частинами автотранспортних підприємств / А.П.Поляков, О.П.Антонюк, Д.О. Галушак // Наукові нотатки ЛНТУ. – 2012. – №36. – с. 238-240.
4. Поляков А.П. Оцінювання факторів, які впливають на формування номенклатур та кількості автомобільних запасних частин автотранспортного підприємства / А.П.Поляков, О.П. Антонюк // Вісник СХУ ім. Даля. – 2011. – №6(160). – с.139-143. – ISBN 1998-7927.

Мороз Лариса Василівна — ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: morozlarisa764@gmail.com

Бевз Дмитро Вікторович — слухач групи 04-21, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dmitriy.bevz@gmail.com

Moroz Larysa V. — senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: morozlarisa764@gmail.com

Bevz Dmytro V. — student of group 04-21, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dmitriy.bevz@gmail.com