

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто передумови розробки математичної моделі визначення потреби в запасних частинах для технічного обслуговування і ремонту машин спеціального призначення, наведено основні рівняння математичної моделі, за можливі моделі довговічності невідновлюваних елементів машин спеціального призначення, замінені у разі відмови запасними, прийнято закони розподілу ресурсу: нормальний, Вейбулла та експоненціальний.

Ключові слова: математична модель, запасні частини, довговічність вузлів, закон розподілу ресурсу.

Abstract

The prerequisites for the development of a mathematical model for determining the need for spare parts for the maintenance and repair of special-purpose machines are considered, the main equations of the mathematical model are given, and the laws of resource distribution are adopted for the possible models of the durability of non-renewable elements of special-purpose machines, replaced by spare parts in case of failure: normal, Weibull and exponential.

Keywords: mathematical model, spare parts, durability of nodes, resource distribution law.

Вступ

Машини спеціального призначення функціонують тривалий час й у визначені обмежені періоди часу. Оскільки їх відмови крім грошових і матеріальних збитків призводять до значних втрат боєздатності військових підрозділів, до їх надійності ставлять жорсткі вимоги: машини спеціального призначення до початку роботи мають бути готові і безвідмовно працювати протягом планованого безперервного циклу. У разі відмови працездатність машини має бути відновлена якомога швидше, щоб збиток був мінімальним. Тому належне забезпечення техніки запасними частинами є актуальним і одним з першочергових завдань, пов'язаних із підвищенням її надійності та ефективності використання.

Результати дослідження

Функціональна залежність для визначення потреби в запасних частинах має вигляд:

$$N_3 = f_1(n_o; n_m; x; y; P(t); t_n), \quad (1)$$

де N_3 - потреба в запасних частинах;

n_o - кількість однакових деталей, встановлених на одній машині;

n_m - кількість однакових машин;

x, y - параметри розподілу ресурсу вузлів і деталей;

$P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи;

t_n - час прогнозу в одиницях напрацювання.

Для спрощення застосування рівняння (1) об'єднаємо усі змінні фактори окрім n_o та n_m у коефіцієнт потреби в запасних частинах K_3 ,

$$K_3 = f_2(x; y; P(t); t_n). \quad (2)$$

З урахуванням (2) функція (1) набуде вигляду

$$N_3 = f_1(n_o; n_m; K_3). \quad (3)$$

Аналіз виразу (2) показує, що коефіцієнт потреби K_3 має чотири змінні величини, з яких - дві x і y - параметри форми і масштабу двопараметричних розподілів. Наявність кількох параметрів у розглянутих двопараметричних розподілах значно розширює межі їхнього застосування, але ускладнює використання в розрахунках, пов'язаних із визначенням коефіцієнта K_3 . Це обумовлено обмеженням кількості змінних величин у кінцевому рівнянні визначення коефіцієнта K_3 до двох, одна з яких є параметр форми розподілу, а друга - параметр часу, що дозволяє зобразити залежність коефіцієнта K_3 від основних змінних величин на площині.

Збільшення кількості змінних величин більше двох приводить до необхідності заміни площинного зображення коефіцієнта K_3 на об'ємне, що небажано у зв'язку із складністю використання багатомірного зображення. З метою одержання кінцевих рішень і можливості інтерпретації одержаних результатів у вигляді графічних залежностей, двопараметричні розподіли потребують нормування, тобто приведення до однопараметричного виду [2]. А час прогнозу t_n передається у частках гамма-відсоткового ресурсу вузлів і деталей t_γ і позначається t_θ (відносний час прогнозу). Порядок визначення t_θ подано в табл. 1 для кожного розподілу.

Таблиця 1 - Порядок визначення відносного часу прогнозу t_θ

Показник	Розподіл		
	нормальний	Вейбулла	експоненціальний
Параметр форми	t_{cp}	α	λ
Параметр масштабу	σ	b	-
Середній ресурс t_{cp}	t_{cp}	$\alpha^{1/b} \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$	$\frac{1}{\lambda}$
Гамма-відсотковий ресурс t_γ	$0,5 - 0,5\Phi\left(\frac{t_\gamma - t_{cp}}{\sigma}\right) = \frac{\gamma}{100}$	$\alpha^{1/b} \left(-\ln \frac{\gamma}{100}\right)^{1/b}$	$\frac{1}{\lambda} \left(-\ln \frac{\gamma}{100}\right)$
Відносний час прогнозу t_θ	$\frac{t_n}{t_\gamma}$	$\frac{t_n}{t_\gamma}$	$\frac{t_n}{t_\gamma}$
Коефіцієнт гамма-відсоткового ресурсу K_γ	$1 - \frac{2Ve^{-\frac{1}{2}\left[\frac{0,5-\frac{\gamma}{100}}{0,5}\right]}}{2\pi}$	$\frac{\left(-\ln \frac{\gamma}{100}\right)^{1/b}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)}$	$-\ln \frac{\gamma}{100}$

Примітка: $\gamma = P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи, %.

Визначається середній ресурс. Для нормального розподілу t_{cp} є параметром форми. Для розподілу Вейбулла середній ресурс t_{cp} розраховується згідно формули наведеній у табл. 1.

Далі задається поточний час прогнозу t_n , на який визначається потреба в запасних частинах. Він може прийматися рівним строку експлуатації машини спеціального призначення, наведеному у годинах напрацювання, чи довільно в межах

$$0 < t_n < T_m T_{cl},$$

де T_m, T_{cl} - ресурс машини;

T_m - середньорічне напрацювання машини, год.;

T_{cl} - строк служби машини, років.

Після цього час прогнозу t_n передається у частках гамма-відсоткового ресурсу t_γ . Для визначення гамма-відсоткового ресурсу t_γ введено коефіцієнт гамма-відсоткового ресурсу K_γ . Формули для визначення K_γ наведені в табл. 1.

$$t_\gamma = K_\gamma t_{cp}. \quad (4)$$

Отримано графічну залежність K_γ від коефіцієнта варіації V для нормального розподілу і параметра форми b для розподілу Вейбулла при різних значеннях γ (рис. 1).

Вона дозволяє, задаючись значеннями коефіцієнта варіації V чи параметра форми b , а також ймовірністю безвідмовної роботи $P(t_\gamma)=\gamma$, просто і з достатньою для розрахунків точністю визначити коефіцієнт гамма-відсоткового ресурсу K_γ , а далі - і гамма-відсотковий ресурс t_γ .

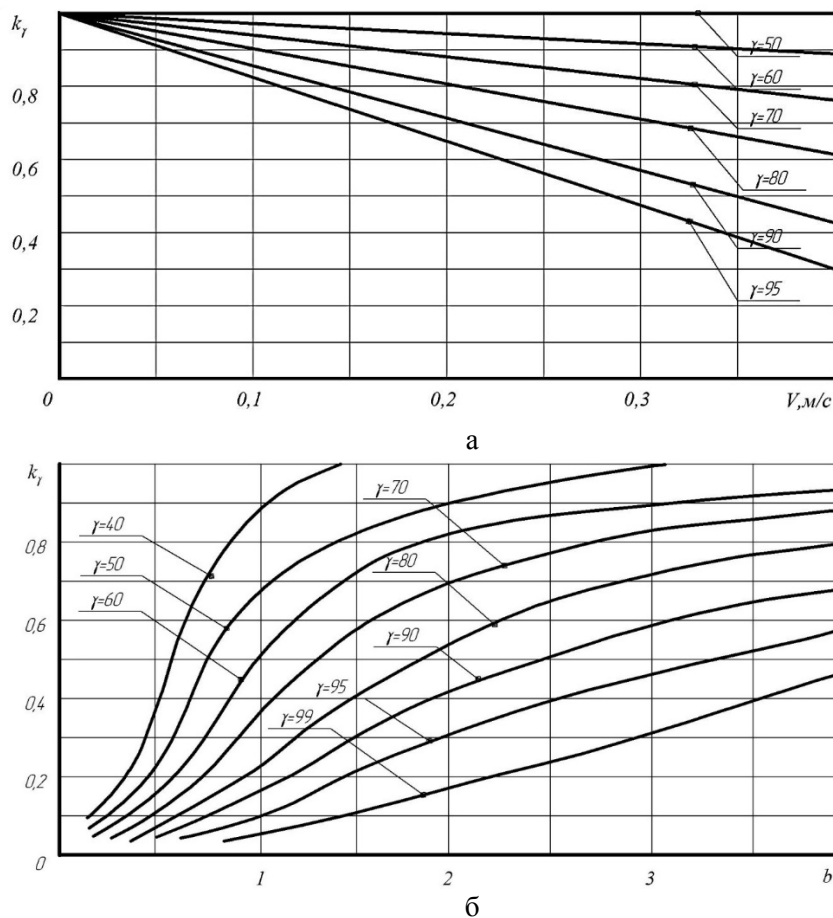


Рис. 1. Залежність коефіцієнта гамма-відсоткового ресурсу K_γ від коефіцієнта варіації V для нормального розподілу (а) і параметра форми b для розподілу Вейбулла (б) при різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи γ , %

Висновки

Запропоновано математичну модель зі змінними факторами: кількість однакових деталей на одній машині; кількість однакових машин спеціального призначення; закон розподілу ресурсу деталей та його параметри; ймовірність безвідмовної роботи, а також час прогнозу, переданий у частках гамма-відсоткового ресурсу. За можливі моделі довговічності невідновлюваних елементів машин спеціального призначення, замінених 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. 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.
2. Редзюк А.М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / А.М. Редзюк. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІПроект», 2005. – 400с. – ISBN 966-8799-4022.
3. Поляков А.П. Формування потреби станцій технічного обслуговування автомобілів в запасних частинах для своєчасного обслуговування клієнтів / А.П. Поляков, О.П. Антонюк, Б.С. Маріянюк // Вісник СХУ ім. Даля. – 2014. – №6(194). Частина 2 – с.62-63. – ISBN 1998-7927.

Поляков Андрій Павлович — доктор техн. наук, завідувач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: poliakovap61@gmail.com

Дунаєвський Павло Дмитрович — студент групи 03-21, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Науковий керівник: **Поляков Андрій Павлович** — доктор техн. наук, завідувач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: poliakovap61@gmail.com

Polyakov Andrey P. — doctor of technical sciences Sciences, Head of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: poliakovap61@gmail.com

Dunaevsky Pavlo D. — student of group 03-21, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Supervisor: **Polyakov Andrey P.** — doctor of technical sciences Sciences, Head of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: poliakovap61@gmail.com