

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ТО І РЕМОНТУ СПЕЦІАЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Обґрунтовано методика визначення коефіцієнта потреби у запасних частинах на підставі відмов початково встановлених вузлів і деталей спеціального рухомого складу для проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту.*

**Ключові слова:** запасна частина, відмова, технічне обслуговування, ремонт.

### *Abstract*

*The method of determining the coefficient of need for spare parts on the basis of failures of initially installed units and parts of special rolling stock for carrying out maintenance and repair work is substantiated.*

**Keywords:** spare part, failure, maintenance, repair.

### Вступ

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, несвоєчасного 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 спеціального рухомого складу відносяться до випадкових подій, а тривалість роботи до виникнення відмови - до випадкових величин.

### Результати дослідження

Для визначення коефіцієнта потреби у запасних частинах  $K_3$  при нормальному розподілі на ймовірнісну сітку нормального розподілу наноситься функція відмов  $F(t)$  початково встановлених вузлів і деталей, яка одночасно є і функцією замін (рис. 1).

Напрацювання в діапазоні часу  $t_{cp} \pm 3\sigma$  відповідає функції заміни в інтервалі від 0,0135 до 0,99865, тобто охоплює майже 100% інтервал ймовірності виникнення відмови [2]. Розіб'ємо весь діапазон напрацювання на 6 інтервалів, кінцю кожного з яких відповідає певна функція замін, табл. 1.

Таблиця 1 - Вихідні дані до функції замін початково встановлених вузлів і деталей при розподілі їхнього ресурсу за нормальним законом (перша заміна)

Номер інтервалу напрацювання $i$	Напрацювання	Значення функції заміни початково встановлених вузлів і деталей $F_i$	Інтервал функції заміни ( $F_i - F_{i-1}$ )
1	$t_{cp} - 3\sigma$	0,00135	-
2	$t_{cp} - 2\sigma$	0,0228	0,02145
3	$t_{cp} - \sigma$	0,1587	0,1359
4	$t_{cp}$	0,5	0,3413
5	$t_{cp} + \sigma$	0,8413	0,3413
6	$t_{cp} + 2\sigma$	0,9773	0,136
7	$t_{cp} + 3\sigma$	0,99865	0,02145

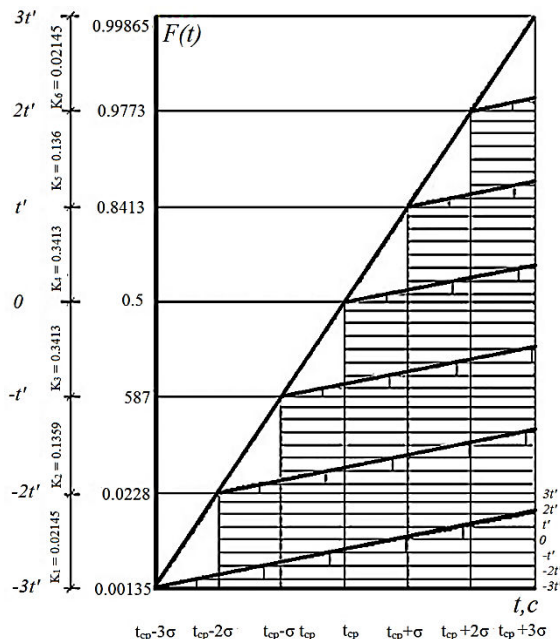


Рис. 1 Графічна модель визначення ймовірностним методом сумарної функції замін при розподілі ресурсу вузлів і деталей за нормальним законом

На рис. 1 позначено:  $t'$  - величина ймовірності замін відповідно  $\sigma$ ;  $K_i$  - різниця ймовірності відповідно різниці  $\sigma$ ;  $F(t)$  - функція замін.

Так як за загальноприйнятими положеннями [5, 6] функція замін статистично зображується як відношення числа замінених вузлів і деталей  $n_z$  до кількості вузлів і деталей, попередньо встановлених в системі  $n_0$

$$F(t) = \frac{n_z}{n_0}, \quad (1)$$

то, умовно прийнявши  $n_0=1$ , отримаємо  $F(t)=n$ , тобто функція заміни попередньо встановлених вузлів і деталей чисельно дорівнює кількості вузлів і деталей, які вийшли з ладу на момент напрацювання без умови їхньої заміни. Прогноз витрат вузлів і деталей першої заміни ( $z=1$ ) можна записати як

$$n_{z=1}(t) = F_{z=1}(t) n_0, \quad (2)$$

де  $F_{z=1}(t)$  - чисельно дорівнює функції заміни початково встановлених вузлів і деталей, табл. 1.

Але забезпечення працездатності системи потребує постійної заміни вузлів і деталей, тому на час напрацювання  $t_{ср}-3\sigma$  вийде з ладу  $F_1 n_0$  деталей, які повинні бути замінені деталями другої заміни з такими ж характеристиками, як і попередньо встановлені, а в інтервалі напрацювання від  $t_{ср}-3\sigma$  до  $t_{ср}-2\sigma$  буде замінено  $(F_2-F_1)n_0$  попередньо встановлених вузлів і деталей вузлами і деталями другої заміни і т.д.

Для визначення функції замін вузлів і деталей другої заміни (табл. 2), кожний діапазон двох суміжних функцій замін, який чисельно дорівнює кількості замінених вузлів і деталей при  $n_0=1$ , поділяється на більш мілкі інтервали, залишивши  $n_0=1$ .

Таблиця 2 - Розрахункові залежності для визначення функції замін вузлів і деталей другої заміни

Номер інтервалу напрацювання, $i$	Напрацювання	Функція замін вузлів і деталей другої заміни
1	$t_{ср}-3\sigma$	$F_i^2$
2	$t_{ср}-2\sigma$	$F_{i-1}F_i$
3	$t_{ср}-\sigma$	
4	$t_{ср}$	$\sum_{j=1}^{i-2} (F_{j+2} - F_{j+1})F_{i-j}$
5	$t_{ср}+\sigma$	
6	$t_{ср}+2\sigma$	
7	$t_{ср}+3\sigma$	

Примітка:  $j$  – кількість членів многочлена.

Подальше розподілення функції замін вузлів і деталей другої заміни дає можливість аналітичного розрахунку функції замін вузлів і деталей третьої заміни (табл. 2.5).

Таблиця 3 - Розрахункові залежності для визначення функції замін вузлів і деталей третьої заміни

Номер інтервалу напрацювання, $i$	Напрацювання	Функція замін вузлів і деталей третьої заміни
1	$t_{cp}-3\sigma$	$(F_1 F_{n-i+1} - F_1 F_{n-i}) F_i$
2	$t_{cp}-2\sigma$	$(F_1 F_{n-i+1} - F_1 F_{n-i}) F_i + (F_{n-i+1} - F_{n-i}) +$ $+ \sum_{j=1}^{i-1} (F_{j+1} - F_j) F_{i-j}$
3	$t_{cp}-\sigma$	
4	$t_{cp}$	
5	$t_{cp}+\sigma$	
6	$t_{cp}+2\sigma$	
7	$t_{cp}+3\sigma$	

$n$  - загальна кількість інтервалів напрацювання.

Як видно з табл. 1...3, з кожної наступної заміни вузлів і деталей кількість розрахунків збільшується. Підсумовуючи значення функції замін вузлів і деталей першої, другої і третьої замін при фіксованих значеннях напрацювання системи, визначимо функцію замін вузлів і деталей першої, другої і третьої замін разом (табл. 4).

Підставивши вихідні дані функцій відмов початково встановлених вузлів і деталей у розрахункові рівняння табл. 4, одержимо числові значення суми функцій розподілу ресурсів трьох замін (табл. 5), добуток яких на початкову кількість вузлів і деталей дасть кількісну величину потреби запасних частин.

Таблиця 4 - Рівняння для визначення функції замін вузлів і деталей перших трьох замін

Номер інтервалу напрацювання, $i$	Напрацювання	Функція замін вузлів і деталей першої, другої і третьої замін разом
1	$t_{cp}-3\sigma$	$F_i [1 + F_i (1 - F_{n+1-i} - F_{n-i})]$
2	$t_{cp}-2\sigma$	$F_i + \sum_{j=1}^{i-1} [F_{i-j} (F_{j+1} - F_j + F_1 F_i) (F_{n+1-i} - F_{n-i})] +$ $+ \sum_{j=2}^{i-2} [F_{j+1} (F_{i+1-j} - F_{i-j})]$
3	$t_{cp}-\sigma$	
4	$t_{cp}$	
5	$t_{cp}+\sigma$	
6	$t_{cp}+2\sigma$	
7	$t_{cp}+3\sigma$	

Таблиця 5 - Розрахунок сумарної функції замін вузлів і деталей при розподілі їх ресурсу за нормальним законом

Напрацювання	Функція замін вузлів і деталей z-ої заміни			Сумарна функція замін
	1	2	3	
$t_{cp}-3\sigma$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$2,58 \cdot 10^{-7}$	$1,22 \cdot 10^{-8}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$
$t_{cp}-2\sigma$	$2,28 \cdot 10^{-2}$	$2,90 \cdot 10^{-5}$	$3,44 \cdot 10^{-7}$	$2,283 \cdot 10^{-2}$
$t_{cp}-\sigma$	0,159	$6,76 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,16
$t_{cp}$	0,500	$6,961 \cdot 10^{-3}$	$3,53 \cdot 10^{-4}$	0,507
$t_{cp}+\sigma$	0,843	$0,212 \cdot 10^{-2}$	$1,06 \cdot 10^{-3}$	0,865
$t_{cp}+2\sigma$	0,977	0,149	$5,01 \cdot 10^{-4}$	1,126
$t_{cp}+3\sigma$	0,9987	0,357	$1,68 \cdot 10^{-4}$	1,356

При розподілі ресурсу вузлів і деталей за законом Вейбулла функція відмов визначається як

$$F(t_g) = 1 - \exp\left(-\frac{t_g^b}{\alpha_o}\right) \quad (3)$$

Підставивши (1) до (3), одержимо функцію відмов

$$F(t_0) = 1 - \exp\left\{-\left[t_0 \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)\right]^b\right\}, \quad (4)$$

яка є початковою при визначенні коефіцієнту  $K_3$ .

Результати розрахунків за (4) подані в табл. 6.

Таблиця 6 - Вихідні дані для визначення коефіцієнта потреби в запасних частинах  $K_3$  при розподілі ресурсу за законом Вейбулла

$t_b$	Параметр форми $b$ розподілу Вейбулла								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
	$\Gamma(1 + 1/b)$								
	120	3,323	1,505	1,133	1,0	0,903	0,886	0,893	0,906
Функція відмов $F(t_0)$									
0,1	0,80	0,47	0,28	0,16	0,099	0,026	0,01	0,0007	0,000674
0,2	0,84	0,57	0,39	0,27	0,18	0,07	0,031	0,0057	0,00099
0,5	0,885	0,70	0,577	0,475	0,40	0,25	0,18	0,0888	0,0144
1,0	0,920	0,80	0,725	0,674	0,632	0,55	0,525	0,51	0,491
2,0	0,946	0,88	0,86	0,86	0,865	0,90	0,944	0,9967	0,9996
3,0	0,956	0,92	0,92	0,93	0,95	0,983	0,999	0,9999	0,99999
4,0	0,960	0,94	0,948	0,964	0,982	0,998	0,999	0,9999	0,99999

Для нормального розподілу розраховані значення коефіцієнту  $K_3$  в інтервалі значень коефіцієнту варіації  $V=0,1 \dots 0,4$ . Для розподілу Вейбулла розраховані значення коефіцієнту  $K_3$  в інтервалі значень параметра форми  $b=0,2-4,0$ . Величина отриманих значень у межах допустимої похибки (до 5%) добре узгоджується з результатами, отриманими іншими авторами [1].

Аналіз залежностей показує, що прямолінійна залежність коефіцієнта  $K_3$  від  $t_b$  має місце у всьому часовому інтервалі  $0 < t_b < \infty$  лише для експоненціального розподілу (при значенні параметра форми розподілу Вейбулла  $b=1$ ). Для розподілу Вейбулла при значенні параметра форми  $1 < b$  і  $b < 1$  залежність  $K_3$  від  $t_b$  змінює свій характер на криволінійний, відхиляючись від лінії експоненціального розподілу.

Експоненціальний розподіл є проміжним, до якого прагне розподіл із параметрами форми  $1 < b$  і  $b < 1$ . Спостерігається деяка аналогія в поведінці коефіцієнта  $K_3$  для нормального розподілу і розподілу Вейбулла з параметром  $b=3-4$ , що добре погоджується з функціями відмов відповідних розподілів [3, 4].

## Висновки

Обґрунтовано коефіцієнт потреби в запасних частинах  $K_3$ . Залежність цього коефіцієнта, а отже, і витрат запасних частин від часу прогнозу, переданого в частках гамма-відсоткового ресурсу -  $t_b$ , є прямолінійною в усьому інтервалі часу тільки для експоненціального розподілу (розподіл Вейбулла з параметром форми  $b = 1$ ), а також для нормального розподілу при  $t_b > 1$ . Для нормального розподілу при  $t_b < 1$  залежність коефіцієнта  $K_3$  від  $t_b$  непрямолінійна. Для розподілу Вейбулла залежність коефіцієнта  $K_3$  від  $t_b$  непрямолінійна, до того ж початковий період експлуатації характеризується підвищеною потребою в запасних частинах при значенні параметра форми  $b < 1$  або зниженою - при значенні  $b > 1$ . Отримано коефіцієнт для визначення гамма-відсоткового ресурсу  $K_\gamma$ , залежність його від коефіцієнта варіації для нормального розподілу і параметра форми для розподілу Вейбулла при різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Канарчук В.Е. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник: В 3 кн. / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк – К.: Вища школа, 1991. – Кн. 1. Теоретические основы. Технология – 359 с.
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. Сахно Є.Ю. Менеджмент сервісу: теорія та практика: Навч. посіб. / Є.Ю. Сахно, М.С. Дорош, А.В. Ребенюк. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 328с. – ISBN 978-966-364-948-1.

4. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование: Учебное пособие / Э.А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006, – 192 с.

5. 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 СНУ ім. Даля. – 2014. – №6(194). Частина 2 – с.62-63. – ISBN 1998-7927.

6. Антонюк О.П. Обґрунтування вихідних принципів розробки методу формування номенклатури та кількості запасних частин / О.П.Антонюк, А.М.Баранов, Б.С.Маріянюк, С.С. Коробов / Житомир, ЖДТУ – VII міжнародна науково-практична конференція „Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту”. 2013 - С.10-15

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

*Козяр Ілля Федорович* — студент групи 02-21, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: farv@vntu.edu.ua

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

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

*Козяр Ілля Федорович* — student of group 02-21, department of military training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: farv@vntu.edu.ua

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