

4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ISSN 1994-7836 (print)
ISSN 2519-2477 (online)

УДК 629.113

Article info
Received 10.04.2017 p.

Г. С. Гудз¹, М. М. Борис², О.Й. Коцюмбас¹

¹ НУ "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

² НЛТУ України, м. Львів, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ СТАТИСТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ ДЕФЕКТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ КЛАСУ "ДИСКИ"

Досліджено актуальне питання дефектування автомобільних деталей для їх подальшого використання. На ефективність ремонту, а також на якість і надійність відремонтованих агрегатів впливають роботи з дефектування та сортування деталей, які потрібно проводити відповідно до технічних умов. Досліджено наявність дефектів маховика автомобільного двигуна як типового представника деталі класу "диски". На підставі опрацювання статистичних даних ремонтного підприємства визначено густину розподілу дефектів, побудовано гістограму їх емпіричного розподілу та ідентифіковано його теоретичний закон. Узгодженість між теоретичним та емпіричним розподілами випадкової величини оцінено за допомогою критерію Пірсона, значення якого є близьким до табличного, що підтверджує правильність вибраного нормального закону розподілу випадкової величини (дефектів маховика автомобільного двигуна). За результатами аналізу законів розподілу дефектів деталей з'ясовано, що для різних їх класів закони є неоднаковими, що дасть змогу вдосконалити технологічні процеси їх відновлення та сортування за раціональними маршрутами ремонту.

Ключові слова: автомобільний двигун, дефектування деталей, маховик, статистичний та ймовірнісний аналізи.

Вступ. Велика кількість автомобільних деталей, що надходять до ремонту внаслідок зношування, втомі матеріалу, механічних та корозійних пошкоджень, втрачають свою працездатність. Більшість цих деталей мають залишковий ресурс і можуть бути використані повторно, після проведення порівняно невеликого обсягу робіт з їх відновлення, оскільки витрати тільки на матеріали для відновлення деталей становлять 1-12 % порівняно з новими (Panteleenko, Ljaljakin & Vajcur, 2003), за сучасних умов є нерентабельно. На ефективність ремонту, а також на якість і надійність відремонтованих агрегатів впливають роботи з дефектування та сортування деталей, які потрібно проводити відповідно до технічних умов.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі (Hudz, Borys & Zakhara, 2016) досліджено ймовірнісні показники дефектування деталей класу "стрижні з наявністю складних поверхонь". Тому актуальним є альтернативне питання – дослідження закономірності розподілу дефектів автомобільних деталей класу "диски".

Мета роботи – визначення закону статистичного розподілу дефектів деталей класу "диски" (на прикладі маховика автомобільного двигуна).

Основні результати дослідження. Завдання дефектування та сортування деталей полягає у контролі деталей для визначення їх технічного стану, нагромадження інформації про результати їх огляду з метою її використання для вдосконалення технологічних процесів відновлення деталей та сортування за маршрутами ремонту.

Згідно з ТУ на дефектування маховика автомобіль-

ного двигуна ЗМЗ-511.10 (рис. 1) на підставі опрацювання даних ремонтного підприємства ТзОВ "Укрзахідавтоспецмаш" у 40 деталей виявлено такі дефекти: зношення зубців за довжиною (X_1), спрацювання робочої поверхні (X_2), зношення отворів під болти (X_3), надломи зубців вінця (X_4), надломи та тріщини (X_5).

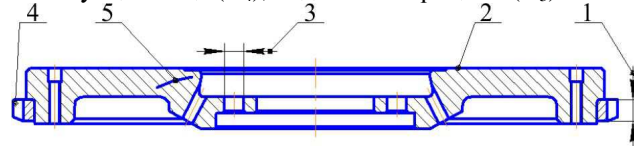


Рис. 1. Основні дефекти маховика двигуна ЗМЗ-511.10

У таблиці наведено перелік деталей та виявлені в них дефекти, загальна кількість яких становить 89. Масив даних розбито на п'ять інтервалів згідно з кількістю дефектів.

Табл. Результати дефектування маховиків

Номер деталі	Дефекти				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	+	-	+	-	+
2	-	+	+	-	-
3	-	+	-	+	-
...
...
38	+	+	-	+	-
39	-	+	+	-	-
40	-	+	+	-	+
Всього:	18	35	20	11	5

Частоту появи (густину) конкретного дефекту розраховують за формулою (Drohomyretska et al., 2012)

Цитування за ДСТУ: Гудз Г. С. Визначення закону статистичного розподілу дефектів автомобільних деталей класу "диски" / Г. С. Гудз, М. М. Борис, О.Й. Коцюмбас // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 171–173

Citation APA: Gudz, G. S., Borys, M. M., Kocyumbas, O. Yo. (2017). Determining the Law of Statistical Distribution of Defect Automotive Parts of "Disc" Class. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 171–173. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/353>

$$p_i = \frac{n_i}{N}, i = \overline{1, m} \quad (1)$$

де: n_i – кількість деталей, що потрапляють в i -й інтервал; $i = 1, 2, \dots, 5$ – кількість інтервалів; N – загальна кількість дефектів ($N = 89$).

Тоді: $p_1 = \frac{18}{89} = 0,20$; $p_2 = \frac{35}{89} = 0,39$; $p_3 = \frac{20}{89} = 0,22$;

$p_4 = \frac{11}{89} = 0,12$; $p_5 = \frac{5}{89} = 0,06$.

Отримані значення густини розподілу випадкової величини p_i подано на рис. 2 у вигляді гістограми розподілу.

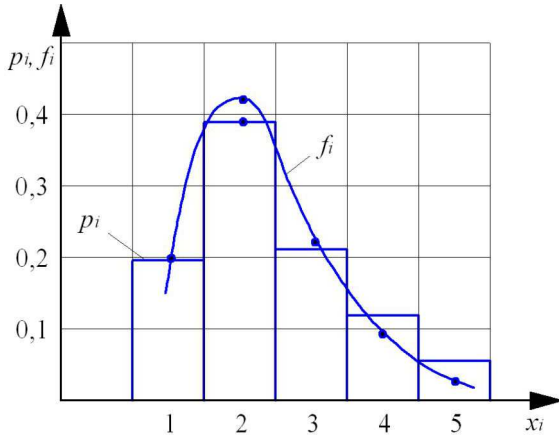


Рис. 2. Гістограма та закон розподілу дефектів маховика

Визначаємо характеристики статистичного розподілу (математичне сподівання і дисперсію), за допомогою яких розраховуємо густину теоретичного закону розподілу. Математичне сподівання випадкової величини становить (Drohomyretska et al., 2012)

$$a = \sum_{i=1}^5 x_{сеп i} p_i, \quad (2)$$

де $x_{сеп i}$ – середина інтервалу.

Тоді $a = 1 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,39 + 3 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,12 + 5 \cdot 0,06 = 0,2 + 0,78 + 0,66 + 0,48 + 0,3 = 2,42$.

Дисперсія випадкової величини становить (Drohomyretska et al., 2012)

$$D = \sum_{i=1}^5 (x_{сеп i} - a)^2 p_i. \quad (3)$$

Тоді $D = 1,42^2 + 0,067 + 0,074 + 0,3 + 0,399 = 1,24$.

Аналіз гістограми розподілу дає змогу допустити гіпотезу, що теоретичний закон розподілу випадкової величини є логарифмічно нормальним, густина якого становить (Drohomyretska et al., 2012)

$$f(x) = \frac{1}{x \sigma_{\ln x} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \ln x_0)^2}{2\sigma_{\ln x}^2}}, \quad (4)$$

де $\ln x_0 = 2 \ln a - 0,5 \ln(D + a^2)$; $\sigma_{\ln x} = \sqrt{\ln(D + a^2) - 2 \ln a}$.

Тоді: $\ln x_0 = 2 \times \ln 2,42 - 0,5 \ln(1,24 + 2,42^2) = 1,76 - 0,98 = 0,78$.

$\sigma_{\ln x} = \sqrt{\ln(1,24 + 2,42^2) - 2 \cdot \ln 2,42} = \sqrt{1,96 - 1,76} = 0,45$.

Тоді: $f_i(x_i) = \frac{1}{x_i \cdot \sqrt{2\pi} \cdot 0,45} \cdot e^{-\frac{(\ln x_i - 0,78)^2}{2 \cdot 0,45^2}} = \frac{0,887}{x} \cdot e^{-\frac{(\ln x_i - 0,78)^2}{0,405}}$;

$f_i(x_1) = \frac{0,887}{1} \cdot e^{-\frac{(0-0,78)^2}{0,405}} = 0,887 \cdot e^{-1,502} = 0,887 \cdot 0,223 = 0,2$;

$f_i(x_2) = \frac{0,887}{2} \cdot e^{-\frac{(0,693-0,78)^2}{0,405}} = 0,44 \cdot e^{-0,019} = 0,44 \cdot 0,96 = 0,43$;

$f_i(x_3) = \frac{0,887}{3} \cdot e^{-\frac{(1,099-0,78)^2}{0,405}} = 0,3 \cdot e^{-0,251} = 0,30 \cdot 0,78 = 0,23$;

$f_i(x_4) = \frac{0,887}{4} \cdot e^{-\frac{(1,386-0,78)^2}{0,405}} = 0,3 \cdot e^{-0,907} = 0,22 \cdot 0,4 = 0,09$;

$f_i(x_5) = \frac{0,887}{5} \cdot e^{-\frac{(1,609-0,78)^2}{0,405}} = 0,3 \cdot e^{-1,697} = 0,18 \cdot 0,18 = 0,03$.

Перевіримо узгодження теоретичного і статистичного розподілів випадкової величини. Узгодженість розподілів оцінюємо за допомогою критерію Пірсона χ^2 . Визначимо міру розбіжності за формулою

$$\chi^2 = N \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(p_i - f_i)^2}{f_i}. \quad (6)$$

$\chi^2 = 89 \cdot \left(\frac{(0,2 - 0,2)^2}{0,2} + \frac{(0,39 - 0,43)^2}{0,43} + \right.$

$\left. \frac{(0,22 - 0,23)^2}{0,23} + \frac{(0,12 - 0,09)^2}{0,09} + \frac{(0,06 - 0,03)^2}{0,03} \right) = 89 \cdot (0 + 0,0037 + 0,0004 + 0,01 + 0,03) = 89 \cdot 0,0441 = 3,92$.

Визначаємо число ступенів вільності S як різницю між кількістю інтервалів ($N_i = 5$) і кількістю накладених зв'язків C (для логарифмічно-нормального закону $C = 2$; під час розрахунку використовують дві числові характеристики: математичне сподівання і дисперсію)

$$S = N_i - c - 1 = 5 - 2 - 1 = 2. \quad (7)$$

Знаючи величину χ^2 та число ступенів вільності, знаходимо табличне значення ймовірності узгодження статистичного та теоретичного законів розподілу (Drohomyretska et al., 2012). Оскільки за $\chi^2 = 3,92$ і числа ступенів свободи $S = 2$ ймовірність узгодження становить $p = 0,15$. Оскільки $p = 0,15 > 0,05$, то емпіричний розподіл узгоджується з теоретичним, тобто з нормальним законом розподілу (умова узгодження $p > 0,05$).

Висновок. Аналіз законів розподілу дефектів деталей показав, що для різних їх класів закони є неоднаковими, що дасть змогу вдосконалити технологічні процеси їх відновлення та сортування за раціональними маршрутами ремонту.

Перелік використаних джерел

Drohomyretska, Kh. T., Rybyska, O. M. et al. (2012). *Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka: navch. posibn.* Lviv: Vyd-vo NU "Lvivska politehnika", 396 p. [in Ukrainian].
 Hudz, H. S., Borys, M. M., & Zakhara, I. Ya. (2016). ymovirnisna model defektuvannia avtomobilnykh detalei klasu "stryzhni z naiavnistiu skladnykh poverkhon". *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tekhn. prats*, 26(1), 315–319. Lviv: RVV NLTU Ukrainy. [in Ukrainian].
 Panteleenko, F. I., Ljaljakin, V. P., & Bajcur, M. V. (2003). *Vosstanovlenie detalej mashin.* Moscow: Mashinostroenie, 672 p. [in Russian].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ КЛАССА "ДИСКИ"

Исследован актуальный вопрос дефектирования автомобильных деталей для их дальнейшего использования. На эффективность ремонта, а также на качество и надежность отремонтированных агрегатов влияют работы с дефектирования и сортировки деталей, которые следует проводить в соответствии с техническими условиями. Исследовано наличие дефектов маховика автомобильного двигателя как типичного представителя детали класса "диски". На основании обработки статистических данных ремонтного предприятия определена плотность распределения дефектов, построена гистограмма их эмпирического распределения и идентифицирован его теоретический закон. Согласованность между теоретическим и эмпирическим распределениями случайной величины оценена с помощью критерия Пирсона, значение которого близко к табличного, что подтверждает правильность выбранного нормального закона распределения случайной величины (дефектов маховика автомобильного двигателя). Анализ законов распределения дефектов деталей показал, что для различных их классов законы являются неодинаковыми, что позволит усовершенствовать технологические процессы их восстановления и сортировки по рациональным маршрутам ремонта.

Ключевые слова: автомобильный двигатель; дефектирование деталей; маховик; статистический и вероятностный анализы.

G. S. Gudz, M. M. Borys, O. Yo. Kocyumbas

DETERMINING THE LAW OF STATISTICAL DISTRIBUTION OF DEFECT AUTOMOTIVE PARTS OF "DISC" CLASS

The issue of automotive parts flaw for their subsequent use is topical. A typical representative of parts of "drives" class is the flywheel of an automobile engine. It comes in for repair like a large number of automotive parts due the wear, material fatigue, mechanical and corrosion damage, and losing ability to work. Most of these parts have residual life and can be used again after a relatively small amount of work on their recovery, because only the costs of materials to restore parts make up from 1 to 12 % compared to the new ones that is unprofitable in modern conditions. The flaw detection and sorting of parts, which should be carried out according to specifications, influence the effectiveness of repair and on the quality and reliability of repaired units. Therefore, the purpose of research is to determine the law of statistical distribution of defect parts of "discs" class (for example, automobile engine flywheel). The task of flaw detection and sorting automotive parts is to control the parts to determine their technical state, accumulate the results of their examination in order to use them for improving technologic processes of parts restoration and sorting them according to repair routes. According to the specifications for flaw detection of the flywheel of ZMZ-511.10 motor on the basis of processing of "Ukrzahidavtospetsmash" Ltd. Data, the authors have detected the following defects of 40 parts: length of teeth wear, wear work surface, wear holes for bolts, teeth crown breakdown, cracks and breakdown. An array of experimental data was divided into five intervals according to the number of defects. We have also calculated the probability of each defect (empirical density distribution). Then we have defined statistical distribution (expectation and variance) on the basis of statistical characteristics analysis by which the theoretical density of the distribution was calculated. It gave us the opportunity to construct an empirical distribution histogram for which the theoretical (normal) law was chosen and calculate the theoretical density of distribution of a random variable. Finally, consistency between the theoretical and the empirical distribution of random variable was assessed using Pearson criterion. Its value is close to the tabular confirming the correctness of the chosen normal distribution law of random variable (defects automobile of engine flywheel). To conclude, the analysis of probability distributions of parts defects has shown that for its different classes the laws are different, which will help improve the processes of their recovery and sorting by the rational repair routes.

Keywords: car engine; flywheel; statistical and probabilistic analyses.

Інформація про авторів:

Гудз Густав Степанович, д-р техн. наук, професор, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.

Email: ggudz@polynet.lviv.ua

Борис Микола Михайлович, канд. техн. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

Email: borysmm@ukr.net

Коцюмбас Олег Йосифович, канд. техн. наук, ст. викладач, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.

Email: bkindr@polynet.lviv.ua