

## АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

Ніколенко О.О.

магістр

Колбасін В.О., Толстенко О.В.

доценти, к.т.н. інженерно-технологічний факультет

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Ключові слова:** гільза, двигун, надійність, довговічність, статистична обробка.

**Keywords:** sleeve, engine, reliability, durability, statistical processing.

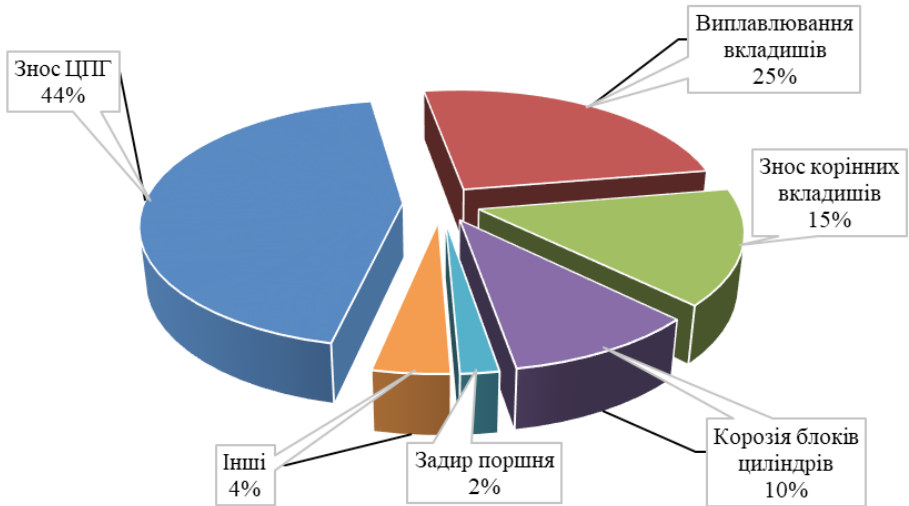
Підвищення якості й надійності тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, збільшення строку їх служби й зменшення витрат на ремонт здобувають усе більше значення в умовах збільшення одиничної потужності машин, їх швидкохідності й продуктивності.

Аналіз показує, що при експлуатації 25 - 50 % відмов припадає на двигуни [1]. На тракторах, вантажних автомобілях експлуатується близько трьох мільйонів двигунів, в основному після ремонту. У більшості випадків їх післяремонтний ресурс становить 30 - 60 % від ресурсу нових двигунів. Так, при нормативному ресурсі нового двигуна ЯМЗ 238 евро2, рівному 800 тис. км. пробігу або 8000 мото-годин роботи (заявляє завод виробник) [2, 3] в реальних умовах експлуатації цей показник майже в два рази менше, ресурс відремontованого двигуна становить 120-140 тис. км. Після ремонту наробіток двигунів на відмову знижується в 1,7 - 3, 5 рази в порівнянні з новими двигунами. У зв'язку із цим і продуктивність відремontованих машин нижче в середньому на 10 - 15 %.

Дослідження відмов та поломок двигуна вказують на те, що лімітуючими вузлами є колінчатий вал та циліндро-поршнева група на їх долю припадає 88 % відмов рис. 1.

При потраплянні автомобілів чи тракторів у капітальний ремонт велика кількість деталей у результаті зношування, утоми матеріалу, механічних і корозійних ушкоджень втрачає працездатність. Однак лише деякі із цих деталей, найбільш прості й недорогі у виготовленні, втрачають працездатність повністю й вимагають заміни. Більшість деталей мають залишковий ресурс і можуть бути використані повторно після проведення порівняно невеликого обсягу робіт по їхнім відновленню.

У даній роботі буде розглянуте дослідження надійності гільз циліндрів двигуна ЯМЗ 238 та запропоновано шляхи її підвищення.



**Рис. 1.** Ресурсні відмови деталей та вузлів двигунів

Проведемо статистичну обробку зібраної інформації на підприємстві «Рем-маш» м. Нікополь по відмовам гільз циліндрів. Об’єм вибірки для спостереження за довговічністю гільз циліндрів двигуна ЯМЗ 238 дорівнює  $N = 70$  од., при цьому напрацювання гільз до відмови таке, *тис. мото-год*: 1-а гільза – 0,67; 2-га гільза – 0,9; 3-я гільза – 4,7; 5-а гільза – 5,3; 6-а гільза – 1,3; 7-а гільза – 1,4; 8-а гільза – 4,7 і т.д.

Розставимо дослідні дані у вигляді варіаційного ряду в порядку збільшення напрацювання гільзи до відмови:

$$\frac{1}{0,67}; \frac{2}{0,75}; \frac{3}{0,9}; \frac{4}{1,3}; \frac{5}{1,4}; \frac{6}{1,6}; \dots; \frac{64}{4,6}; \frac{65}{4,6}; \frac{66}{4,7}; \frac{67}{5,1}; \frac{68}{5,2}; \frac{69}{5,2}; \frac{70}{5,3} \text{ тис. мото - год.}$$

Представимо вихідну інформацію у вигляді інтервального ряду.

Ширину інтервалу визначимо за формулою Страджерса [4]

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{1 + 3,23 \ln N} \tag{1}$$

де –  $t_{\max}, t_{\min}$  -максимальне та мінімальне напрацювання до відмови з результатів спостережень.

Тоді

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{1 + 3,23 \ln N} = \frac{5,3 - 0,67}{1 + 3,23 \cdot \ln 70} \approx 1 \text{ тис. мото - год.}$$

Кількість інтервалів розраховуємо як:

$$n = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{\approx \Delta t} = \frac{5,3 - 0,67}{1} \approx 5 \text{ інт.}$$

де  $\approx \Delta t$  – прийняте округлене значення ширини інтервалу інтервального ряду, тис. мото-год.

Повну характеристику емпіричного розподілу дають вихідні дані (статистичний ряд) таблиця 1.

Середнє значення показника надійності визначаємо за формулою:

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_1^N t_i = \sum_1^n t_{cpi} \cdot \frac{m_i}{N} = 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,43 + 3 \cdot 0,28 + 4 \cdot 0,12 + 5 \cdot 0,1 \approx 2,7 \text{ тис. мото-год.}$$

Середнє квадратичне відхилення показника надійності обчислюємо як

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_1^N (t_i - \bar{t})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (t_{cpi} - \bar{t})^2 \cdot m_i}{N}} = \\ &= \sqrt{(1-2,7)^2 \cdot 0,07 + (2-2,7)^2 \cdot 0,43 + (3-2,7)^2 \cdot 0,28 + \dots + (5-2,7)^2 \cdot 0,1} = \\ &= 1 \text{ тис. мото-год} \end{aligned}$$

Дослідна інформація показників надійності, одержана в період спостережень в умовах рядової експлуатації, може включати хибні точки, які випадають із загального закону розподілу. Тому перед кінцевою математичною обробкою вихідну інформацію перевіряємо на випадючі точки. Приблизна перевірка інформації проведена за правилом трьох сигм ( $\pm 3\sigma$ ). Таким чином, з одержаного розрахунком середнього значення показника надійності  $\bar{t}$  віднімається або до нього додається  $\pm 3\sigma$ .

Щодо нашого прикладу, то границі правдивості інформації будуть дорівнювати

$$\bar{t} - 3\sigma < t_i < \bar{t} + 3\sigma \quad (2)$$

Ці границі можна записати як  $-0,3 < t_i \leq 5,7$ ; або для нижньої границі інтервального ряду  $-0,3 < 0,5 < 5,7$ ; а для верхньої  $-0,3 < 5,5 < 5,7$ .

Отже, усі члени ряду дотримуються нерівності, тому всі результати дослідів необхідно враховувати, оскільки вони є результатами статистичного розсіювання.

Графічно емпіричний розподіл зображуємо як ступінчастий графік (гістограму), або ламану лінію полігону для дискретних величин частот чи дослідних імовірностей, та криву накопичених імовірностей по інтервалах (рис. 2, а, б).

Як видно з гістограми найбільша частина відмов припадає на інтервал 1,5 – 3,5 тис. мото-годин, що суттєво менше наробітку заявленого заводом вироб-

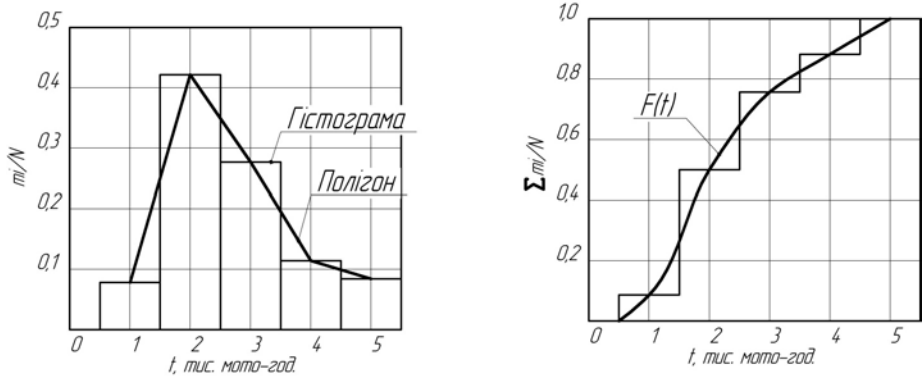


Рис. 2. Гістограма і полігон (а) та крива накопичених дослідних ймовірностей (б)

Таблиця 1  
- Статистичний ряд розподілу ресурсу гільз

Показник	$\Delta t$ , тис. мото.-год				
	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	4,5-5,5
$t_{срi}$ , тис. мото-год	1	2	3	4	5
Частоти $m_i$	5	30	20	8	7
Відносні частоти або дослідні ймовірності $P_i = m_i / N$	0,07	0,43	0,28	0,12	0,10
Накопичені дослідні ймовірності $\sum_1^n \frac{m_i}{N}$	0,07	0,50	0,78	0,90	1,00

ником. Таким чином підвищення довговічності гільз циліндрів є актуальним питанням.

Згідно рекомендацій [5] суттєве підвищення зносостійкості гільз циліндрів досягається за рахунок металізації поверхні тертя. Для цього в тілі деталі можуть бути виконані вставки, шари, канавки, пази та інше з матеріалу з іншими фізико-механічними властивостями, як правило, у площині, непаралельній площині тертя й напрямку руху деталей.

Робота гільзи [5] зі зміненими фізико-механічними характеристиками поверхні тертя здійснюється в такий спосіб. Кільця, рухаючись по поверхні гільзи, пластичним деформуванням знімають частину кольорового металу канавок і «намазують» його по всій поверхні гільзи між н.м.т. і в.м.т. Цей процес відбувається безупинно протягом усіх чотирьох тактів двигуна. У результаті на робочій поверхні гільзи утворюється захисна плівка, що сприяє зниженню коефіцієнта тертя поршневих кілець по стінці гільзи циліндра.

### Література

1. Двигатель ЯМЗ 238 [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <http://wikimotors.ru/yamz-238/>.
2. Бессмертный А. Сколько служит отечественный тягач [Электронный ресурс] / Антон БЕССМЕРТНЫЙ // Автотрак. – 2012. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.autotruck-press.ru/articles/4316/>.
3. Нижняк Д.В. Визначення показників надійності колінчатих валів автотракторних двигунів / Нижняк Д.В., Калганков Є.В., Дирда В.І. // Inżynieria i technologia. 2014. osiągnięć, projektu hipotezę. (29.12.2014 -30.12.2014) – Warszawa: - 2014. – С. 8-13.
4. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки [Навчальний посібник] / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат Дніпропетровськ РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.
5. Салахутдинов И.Р. Гильза цилиндров двигателя УМЗ – 417 с изменёнными физико-механическими свойствами / И.Р. Салахутдинов, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко. // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: Материалы всероссийской НПК молодых учёных – Пенза: ПГСХА, 2010. – С. 107-116.