

РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОЇ ПЕРІОДИЧНОСТІ ЗАМІНИ ПАЛИВНИХ ФІЛЬТРІВ ЕКОНОМІКО-ІМОВІРНОСНИМ МЕТОДОМ

Скотарєв В'ячеслав Володимирович, ст.гр. А-62-19

Керівник: Дитятьєв Олександр Васильович

Періодичність ТО - це нормативна напрацювання (в кілометрах пробігу або години роботи) між двома послідовно проведеними однорідними роботами ТО. При проведенні обслуговування застосовуються два основні методи доведення виробу до необхідного технічного стану.

- При першому методі, що позначається умовно 1-1 (з напрацювання), встановлюється певна періодичність, відповідно до якої виріб відновлюється до заданого технічною документацією рівня при досягненні встановленої напрацювання.
- При другому методі 1-2 (по параметру технічного стану) при заданій періодичності проводиться спочатку контроль технічного стану і приймається рішення про проведення попереджувальних технічних впливів, тобто, доведенні технічного стану виробу до встановленого рівня.

Для нашого розрахунку скористаємось економіко-імовірнісним методом визначення періодичності технічного обслуговування автомобілів.

Як уже зазначалося, одна з стратегій C_{II} зводиться до усунення несправностей виробу в міру їх виникнення, тобто за потребою. Питомі витрати при цьому визначаються як:

$$U = C = \frac{c}{\bar{x}} = \frac{c}{\int_{x_{min}}^{x_{max}} xf(x)dx}, \quad (1)$$

Де \bar{x} , x_{min} , x_{max} - середня, мінімальна і максимальна напрацювання на відмову; c - разові витрати на ремонт, тобто на усунення відмов.

Розглянемо послідовність визначення періодичності ТО економіко-імовірнісним методом при тактиці I-1 (з напрацювання) - профілактика по напрацюванню.

Розрахунок оптимальної періодичності ТО автомобілів

Постановка завдання: потрібно визначити з урахуванням варіації напрацювання на відмову оптимальну періодичність l_0 , при якій сумарні

питомі витрати на попередження (ТО) і усунення (Р) відмов будуть мінімальними, а ризик відмови відомий.

Напрацювання на відмову x_1 у вигляді щільності ймовірності $f(x)$ при експлуатації виробу без профілактики, рис 1. Виходячи з вимог концерну Volkswagen планова заміна паливних фільтрів проводиться кожні $\bar{x} = 60$ тис.км, σ_x візьмемо 10 тис.км.

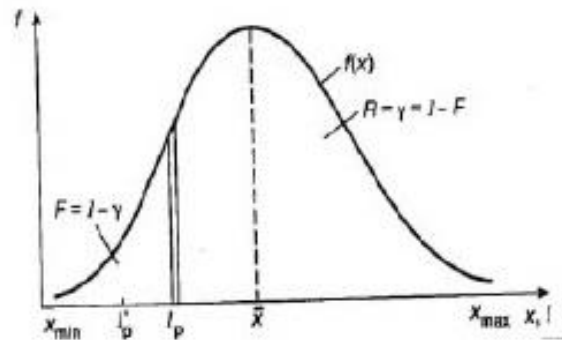


Рис. 1. Схема визначення періодичності ТО економіко-імовірнісним методом

Таблиця 1

Схема визначення періодичності ТО економіко -імовірнісним методом

Параметр	Вид стратегії	
	II - ремонт	I - профілактика
1 Напрацювання на відмову	$X_i < l_p$	$X_i \geq l_p$
2 Подія	Відмова	Попередження відмови, збереження працездатності
3 Імовірність події	F	R
4 Напрацювання, періодичність виконання	l_p	l_p
5 Разова вартість	c	d

Для побудови графіка щільності ймовірності $f(x)$ визначимо x_{max} і x_{min} як $\bar{x} \pm 3\sigma$, то $x_{max} = 60 + 30 = 90$ тис.км, $x_{min} = 60 - 30 = 30$ тис.км.

Максимальна ордината кривої дорівнює $1/(\sigma\sqrt{2\pi}) = 0,13$ тис.км.

Ординати при $\pm 3\sigma = 90$ і 30 , $\pm 2\sigma = 80$ і 40 , $\pm \sigma = 70$ і 50 відповідно дорівнюють 0,001, 0,017 і 0,08. Вони обчислюються за формулою (2)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right], \quad (2)$$

На підставі отриманих даних будується графік (рис.1)

Разову вартість виконання профілактичних ($d = 1,17$ люд*год) і ремонтних ($c = 3,2$ люд*год) робіт візьмемо для автомобіля Volkswagen Touareg об'ємом двигуна 3,0 літра (бензин) із положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту.

Абсциссу на графіку розіб'ємо через крок рівним 10 тис.км. і визначимо для кожної напрацювання на відмову (30, 40, 50, 60, 70, 80 і 90) ймовірність відмови. Для визначення ймовірності відмови будемо використовувати нормовану функцію $\Phi(z) = F(l)$. Для чого визначимо z і по табл.2 визначимо $\Phi(z) = F(l)$:

$$z = (x - \bar{x})/\sigma$$

Так, наприклад $F(l=30) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (30-60)/10 = -3$, то $F(l=30) = \Phi(-3) = 0,0013$

Питомі витрати на попередження та усунення відмов як відношення зовнішньої вартості ТО і ремонту до зваженої напрацювання виконання операцій ТО і ремонту:

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{l'_p \cdot F + l_p \cdot R}, \quad (3)$$

Де $cF + dR$ - середньозважена вартість виконання операції ТО і ремонту; d - разова вартість операції ТО; F - ймовірність відмови при виконанні ТО з періодичністю l_p і ймовірність виконання ремонтної операції (усунення відмови); c - вартість усунення відмови; $l'_p \cdot F + l_p \cdot R$ - середньозважена напрацювання виконання операції ТО і ремонту; l_p періодичність ТО при виконанні з напрацювання; l'_p - середнє напрацювання відмовивших з ймовірністю F елементів ($x_i < l_p$).

Розрахуємо $l_{TO} = 30$ тис.км ($l'_p = ((10+20+30)/3=20)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{l'_p \cdot F + l_p \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,0013 + 1,17 \cdot 0,9987}{20 \cdot 0,0013 + 30 \cdot 0,9987} = 0,04 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Для $F(l=40) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (40-60)/10 = -2$, то $F(l=40) = \Phi(-2) = 0,023$.

Розрахуємо $l_{TO} = 40$ тис.км ($l'_p = ((10+20+30+40)/4=25)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{I'_P \cdot F + I_P \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,023 + 1,17 \cdot 0,977}{25 \cdot 0,023 + 40 \cdot 0,977} = 0,03 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Для $F(l=50) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (50-60)/10 = -1$, то $F(l=50) = \Phi(-1) = 0,159$.

Розрахуємо $l_{TO} = 50$ тис.км ($I'_P = ((10+20+30+40+50)/5=30)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{I'_P \cdot F + I_P \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,159 + 1,17 \cdot 0,841}{30 \cdot 0,159 + 50 \cdot 0,841} = 0,032 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Для $F(l=60) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (60-60)/10 = 0$, то $F(l=60) = \Phi(0) = 0,5$.

Розрахуємо $l_{TO} = 60$ тис.км ($I'_P = ((10+20+30+40+50+60)/6=35)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{I'_P \cdot F + I_P \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,5 + 1,17 \cdot 0,5}{35 \cdot 0,5 + 60 \cdot 0,5} = 0,046 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Для $F(l=70) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (70-60)/10 = 1$, то $F(l=70) = \Phi(1) = 0,841$.

Розрахуємо $l_{TO} = 70$ тис.км ($I'_P = ((10+20+30+40+50+60+70)/7=40)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{I'_P \cdot F + I_P \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,841 + 1,17 \cdot 0,159}{40 \cdot 0,841 + 70 \cdot 0,159} = 0,064 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Для $F(l=80) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (80-60)/10 = 2$, то $F(l=80) = \Phi(2) = 0,977$.

Розрахуємо $l_{TO} = 80$ тис.км ($I'_P = ((10+20+30+40+50+60+70+80)/8=45)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{I'_P \cdot F + I_P \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,977 + 1,17 \cdot 0,023}{45 \cdot 0,977 + 80 \cdot 0,023} = 0,069 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Для $F(l=90) = \Phi(z)$, то $z = (x - \bar{x})/\sigma = (90-60)/10 = 3$, то $F(l=90) = \Phi(3) = 0,9987$.

Розрахуємо $l_{TO} = 90$ тис.км ($I'_P = ((10+20+30+40+50+60+70+80+90)/9=50)$):

$$U_{I-1} = C_{I-1} = \frac{c \cdot F + d \cdot R}{I'_P \cdot F + I_P \cdot R} = \frac{3,2 \cdot 0,9987 + 1,17 \cdot 0,0013}{50 \cdot 0,9987 + 90 \cdot 0,0013} = 0,064 \text{ люд*год} / 1000 \text{ км.}$$

Таблиця 2

Нормована функція нормального розподілу

z	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
$\Phi(z)$	0,500	0,460	0,421	0,382	0,345	0,309	0,274	0,242	0,212	0,184
z	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-1,8	-1,9
$\Phi(z)$	0,159	0,136	0,115	0,097	0,081	0,067	0,055	0,045	0,036	0,029
z	-2,0	-2,1	-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	-2,6	-2,7	-2,8	-2,9
$\Phi(z)$	0,023	0,018	0,014	0,011	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
z	-3,0	-3,1	-3,2	-3,3	-3,4	-3,5	-3,6	-3,7	-3,8	-3,9
$\Phi(z)$	0,0013	0,0011	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
z	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\Phi(z)$	0,300	0,540	0,579	0,618	0,655	0,691	0,726	0,758	0,788	0,816
z	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$\Phi(z)$	0,841	0,864	0,885	0,903	0,919	0,933	0,945	0,955	0,964	0,971
z	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$\Phi(z)$	0,977	0,982	0,986	0,989	0,992	0,994	0,995	0,996	0,997	0,998
z	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$\Phi(z)$	0,9987	0,9990	0,9993	0,9995	0,9997	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	1,000

Результати розрахунку $F(l)$ і C_{l-1} представимо у вигляді табл. 3 і рис. 2

Таблиця 3

Визначення оптимальної періодичності ТО економіко-імовірнісним методом при стратегії ТО за напрацюванням І-1.

Періодичність відмов (на проведення ТО) C_{l-1} ТО (l_{TO}), тис.км	Імовірність відмови при проведенні ТО з періодичністю l_{TO} , од	Питомі витрати на попередження періодичності відмов (на проведення ТО) C_{l-1} люд*год / 1000 км
30	0,0013	0,04
40	0,023	0,03
50	0,159	0,032
60	0,5	0,046
70	0,841	0,064
80	0,977	0,07
90	0,9987	0,064

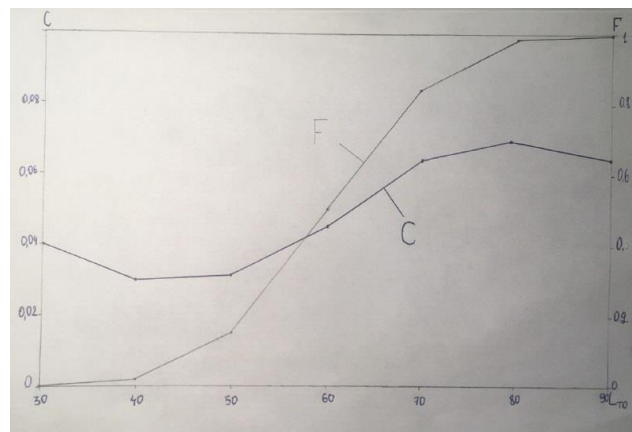


Рис. 2. Зміна сумарних питомих витрат C_{Σ} і ймовірності відмови в міжмотровий період F в залежності від періодичності ТО

Аналіз отриманих результатів та розробка доцільного управлінського рішення

Отримані дані дозволяють зробити наступні висновки:

1. Мінімальні питомі витрати $(C_{I-1})_{\min} = 0,03$ люд*год / 1000 км відповідають оптимальної періодичності ТО $I_0=40$ тис.км.

2. Відхилення від оптимальної періодичності скорочує ефективність профілактичної стратегії. Наприклад, при $I_p = \bar{x} = 60$ тис. км витрати збільшуються в порівнянні з оптимальними в 2,1 рази (з 0,03 до 0,064 люд*год);

3. При постановці автомобіля на ТО доцільно і реально інтервальне планування періодичності. Наприклад, при $I_{то} = 40 \dots 60$ тис.км витрати змінюються в межах $(0,064 \dots 0,03) / 0,03 = 1,13$ або 113 %.

На жаль, в Україні паливо часто не відповідає світовим стандартам - воно часто переповнене різними осадками і важкими металами, що призводить до прискореного зносу частин паливної системи, в тому числі і двигуна. Крім того, ефективність роботи фільтра палива тісно пов'язана з терміном експлуатації свічок запалювання, прискорювачів і лямбда-зондів. Паливо, необроблене фільтром, при попаданні в камеру згоряння, вигорає фрагментарно, частинами осідає на циліндричних перегородках, поршнях і свічках. Потім перегоріла маса виходить в систему випуску відпрацьованих газів через лямбда-зонд і прискорювачі, приводячи в непридатність їх деталі. Тому, хоч за регламентом технічного обслуговування автомобілів Volkswagen Touareg, вказана заміна паливних фільтрів кожні 60 тисяч кілометрів, але згідно розрахунків оптимальна періодичність заміни паливних фільтрів має бути близько 40 тис.км, тим більш, що паливо в Україні не таке якісне, як в країні виробнику.

Література

1. *Кузнецов Є.С.* Технічна експлуатація автомобілів: Підручник для вузів / *Є.С.Кузнецов, В.П.Воронов, А.П.Болдін і ін.* - М.: Транспорт, 1991., 413 с.