

KONFERENCJA: MODELOWANIE GÓRNICZYCH MASZYN WYCIĄGOWYCH
9-10.XII.1977

JACEK M. CZAPLICKI
INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICZTWA
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
GLIWICE

ANALIZA WYKORZYSTANIA CZASU DYSPOZYCYJNEGO
W EKSPLOATACJI MASZYN WYCIĄGOWYCH

W referacie zaproponowano szereg miar wykorzystania czasu dyspozycyjnego w eksploatacji maszyn wyciągowych oraz zaprezentowane przykłady ocen eksploatowanych maszyn.

1. Wstęp

Przed każdym obiektem technicznym stawiane są określone wymagania. Wymagania te mogą dotyczyć jakości wykonania obiektu, niezawodności jego działania, efektywności pracy itp. Wszystkiego tego niejako "oczekujemy" od obiektu w procesie jego eksploatacji. Jednakże celowe wydaje się spojrzeć na proces eksploatacji nie tylko od strony wymagań jakie stawiamy przed obiektem, lecz także od strony stopnia jego rzeczywistego wykorzystania.

Nierzadko bywa tak, że projektanci, konstruktorzy i producenci dążą do poprawy jakości i niezawodności swego wyrobu uzyskując w efekcie np. zmniejszenie średniego czasu trwania awarii, zmniejszenie intensywności powstania awarii, zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia tego stanu itp. Daje to wzrost efektywności pracy o kilka lub conajwyżej kilkanaście procent, podczas gdy dokonując zmiany organizacji pracy lub podnosząc niezawodność obiektów współpracujących z danym obiektem uzyskuje się wzrost efektywności pracy nawet o kilkadziesiąt procent. Przypadek taki ma miejsce w eksploatacji górniczych maszyn wyciągowych.

Aby dowieść słuszności powyższego stwierdzenia dokonana zostanie analiza wykorzystania czasu dyspozycyjnego, rozumianego jako dobowy, kon-

cesyjny czas eksploatacji maszyny. Dla porównania podane zostaną oceny, uzyskane na podstawie badań [1], podstawowych parametrów stanu awarii dla przeciętnych maszyn wyciągowych.

2. Mierniki oceny stopnia wykorzystania czasu dyspozycyjnego

Rozważania dotyczyć będą maszyn wyciągowych skipowych.

Każda maszyna wyciągowa w okresie normalnej swej eksploatacji ma określony czas w ciągu doby, w którym może być eksploatowana. Czas ten w niniejszym referacie przyjęto nazywać czasem dyspozycyjnym.

Wiadomo, że maszyna wyciągowa realizując zadanie wydobywcze kopalni w czasie swej eksploatacji może znajdować się w wielu stanach. Przyjmijmy niezawodnościowy podział stanów przyjmując:

- stan pracy /oznaczenie: 0/,
- stan awarii /ozn.: 1/,
- stan postoju / z przyczyny niewłaściwej maszyny wyciągowej/ /ozn.: 2/.

W procesie eksploatacji maszyny wyciągowej możemy stwierdzić, że czas dyspozycyjny T jest sumą trzech czasów:

- sumarycznego czasu przebywania maszyny wyciągowej w stanie pracy, X_0 ,
 - sumarycznego czasu przebywania maszyny wyciągowej w stanie awarii, X_1 ,
 - sumarycznego czasu przebywania maszyny wyciągowej w stanie postoju, X_2
- co zapiszemy jako:

$$X_0 + X_1 + X_2 = T \quad /1/$$

Określanie.

Podstawowym miernikiem wykorzystania czasu dyspozycyjnego T w eksploatacji maszyny wyciągowej nazywać będziemy wyrażenie:

$$M = \frac{X_0}{T} \quad /2/$$

Obserwując kształtowanie się tego miernika dla danej maszyny można przekonać się, że każdej doby wartość jaką przybierze miernik jest inna. A zatem miernik M jest zmienną losową.

Analizując wyrażenie /2/ łatwo zauważyć, że ponieważ T jest wielkością zdeterminowaną, więc wielkość X_0 jest zmienną losową. Spróbujmy wyznaczyć jej rozkład.

Załóżmy, że znany jest nam rozkład zmiennej losowej. Oznaczmy przez $F/X_0/$ dystrybuantę tego rozkładu. Mamy $X_0 = T M$, a zatem:

$$F_M/m/ = P\{M < m\} = P\{X_0 < T M\} = F_{X_0}/T M/, \quad /3/$$

Różniczkując względem m otrzymujemy:

$$f_{M/m} = T f_{X_0} / T m \quad /4/$$

Wzór /3/ określa dystrybucję rozkładu zmiennej losowej M jako funkcję dystrybucji rozkładu zmiennej losowej X_0 , natomiast wzór /4/ funkcję gęstości rozkładu zmiennej losowej M jako funkcję gęstości rozkładu zmiennej losowej X_0 .

Przyjrzyjmy się nieco bliżej zmiennym M oraz X_0 . Łatwo zauważyć, że zmienna X_0 jest określona w przedziale domkniętym $[0, T]$, natomiast zmienna M jest określona w przedziale domkniętym $[0, 1]$. Stąd wniosek, że rozkład zmiennej losowej X_0 będzie przypuszczalnie rozkładem uciętym, natomiast rozkład zmiennej M można spróbować przybliżyć rozkładem beta.

Jak wykazały badania [1] rozkłady sumarycznych czasów trwania stanów: postoju i pracy mają charakter normalny.

A zatem:

$$f_{X_0} = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X_0 - \mu^2}{2\sigma^2}} & \text{dla } x \in [0, T], \\ \int_0^T \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u - \mu^2}{2\sigma^2}} du & \text{dla } x \notin [0, T] \end{cases} \quad /5/$$

Możemy więc stwierdzić, iż rozkład miernika M określony jest wzorem:

$$f_{M/m} = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{mT - \mu^2}{2\sigma^2}} & \text{dla } m \in [0, 1] \\ \int_0^T \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u - \mu^2}{2\sigma^2}} du & \text{dla } m \notin [0, 1] \end{cases} \quad /6/$$

Rozważmy dwa mierniki wykorzystania czasu dyspozycyjnego T :

- wartość oczekiwaną zmiennej M - ozn.: $E\{M\}$
- wariancję zmiennej M - ozn.: $D^2\{M\}$.

Mamy

$$E\{M\} = \frac{1}{T} E\{X_0\} \quad /7/$$

oraz

$$D^2\{M\} = \frac{1}{T^2} D^2\{X_0\} \quad /8/$$

Biorąc pod uwagę, że [2]:

$$E\{X_0\} = \mu + G \frac{I_1}{I_0}, \quad /9/$$

$$D^2\{X_0\} = G^2 \left[\frac{I_2}{I_0} - \left(\frac{I_1}{I_0} \right)^2 \right] \quad /10/$$

gdzie:

$$I_0 = \phi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right) + \phi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right) - 1$$

$$I_1 = \psi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right) - \psi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right)$$

$$I_2 = -\frac{\mu}{\sigma} \psi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right) - \frac{T-\mu}{\sigma} \psi\left(\frac{T-\mu}{\sigma}\right) + I_0$$

ϕ - dystrybuanta standaryzowanego rozkładu normalnego $N(0,1)$,

ψ - funkcja gęstości standaryzowanego rozkładu normalnego $N(0,1)$,

możemy wyznaczyć postacie analityczne mierników /7/ oraz /8/.

Spróbujmy obecnie przybliżyć rozkład /6/ rozkładem beta.

Dystrybuanta rozkładu beta dana jest wzorem:

$$F(y) = I_y(a,b) = \frac{1}{B(a,b)} \int_0^y t^{a-1} (1-t)^{b-1} dt, \quad /11/$$

$$a, b > 0, \quad y \in [0,1],$$

$B(a,b)$ - funkcja beta.

Jeżeli rozkład beta /11/ ma przybliżyć rozkład miernika M /6/,

to:

$$1. \quad E\{Y\} = \frac{a}{a+b} = E\{M\} \quad /12/$$

$$2. \quad D^2\{Y\} = \frac{ab}{(a+b+1)(a+b)^2} = D^2\{M\} \quad /13/$$

3. ponieważ rozkład /6/ jest rozkładem jednomodalnym, a więc przybli-

zenie rozkładu beta ma sens tylko dla takich parametrów a, b , dla których rozkład beta jest również jednomodalny.

Powyższe warunki pozwalają stwierdzić, że przybliżenie rozkładu miernika /6/ rozkładem beta /11/ jest dopuszczalne gdy:

$$1. \quad b = a \frac{1 - E\{M\}}{E\{M\}} \quad /14/$$

$$a = E\{M\} \left[E\{M\} (1 - E\{M\}) \frac{1}{D^2\{M\}} - 1 \right] \quad /15/$$

$$2. \quad E\{M\} (1 - E\{M\}) > D^2\{M\} \quad /16/$$

$$3. \quad \frac{a - 1}{a + b - 2} \in (0, 1) \quad /17/$$

3. Oszacowania mierników wykorzystania czasu dyspozycyjnego w eksploatacji maszyny wyciągowej.

Poniżej zaprezentowane zostaną mierniki wykorzystania czasu dyspozycyjnego w eksploatacji maszyny wyciągowej dla 5 wybranych maszyn.

Na podstawie przeprowadzonego badania niezawodnościowego [1] oszacowano:

- wartość oczekiwaną sumarycznego czasu przebywania maszyny wyciągowej w stanie pracy,
- odchylenia standardowe sumarycznego czasu przebywania maszyny wyciągowej w stanie pracy.

Jako estymatory użyte zostały statystyki

$$\hat{x}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{x}_1 \quad /18/$$

$$\hat{s}_{x_0}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_1 - \hat{x}_0)^2$$

Dalsze mierniki: $E\{M\}$ oraz $D^2\{M\}$ oszacowano na podstawie wzorów /7/ i /8/ zastępując wielkości $E\{x_0\}$ oszacowaniami /18/. Także parametry rozkładu beta a oraz b uzyskano ze wzorów /12/ i /13/ zastępując nieznanne wielkości odpowiednimi oszacowaniami.

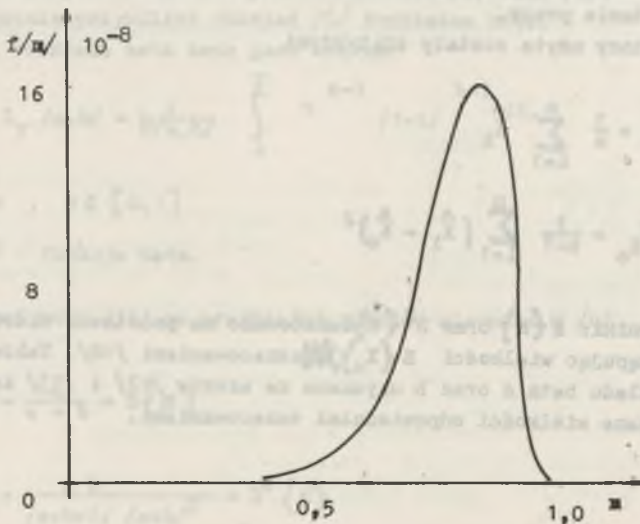
Tabela 1 ilustruje wyniki dokonanych oszacowań.

Kop.	Maszyna wyciągowa	\hat{X}_0	\hat{S}_{X_0}	\hat{M}	\hat{S}_M	a	b
A	$\frac{K - 6000}{1100}$	759	66,9	0,790	0,069	26,7	7,1
B	$\frac{K - 6000}{1600}$	377	42,0	0,392	0,043	50,1	77,7
C	$\frac{4L - 3400}{3400}$	776	79,8	0,792	0,081	19,1	5,0
D	$\frac{K - 6500}{2400}$	821	208,6	0,760	0,193	2,9	0,9
E	$\frac{4L - 3400}{2400}$	1056	122,1	0,800	0,092	14,3	3,6

Łatwo zauważyć, że przybliżenie rozkładu miernika m rozkładem beta jest dopuszczalne dla maszyn wyciągowych kopalń A, B, C, E.

W przypadku maszyny wyciągowej kopalni D oceny parametrów rozkładu beta dają podstawę do stwierdzenia, iż rozkład jest amodalny /nie spełnienia warunku /17// - a zatem nie należy stosować tego przybliżenia.

Przykładowa ilustracja graficzna rozkładu f/m jako rozkładu beta dla maszyny 4L - 3400/2400 przedstawiona została na rys. 1.



Rys.1 Funkcja gęstości rozkładu miernika stopnia wykorzystania czasu dyspozycyjnego maszyny wyciągowej 4L-3400/2400

4. Zakończenie

Reasumując możemy stwierdzić, iż:

- zaproponowane mierniki wykorzystania czasu dyspozycyjnego dają możliwość wnikliwej analizy wykorzystania tego czasu w eksploatacji maszyn wyciągowych,
- eksploatacyjne wartości miernika M nie są zbyt wysokie; lepsza organizacja współpracy pomiędzy elementami systemu: podszybie - maszyna wyciągowa - nadszybie oraz podniesienie niezawodności działania tych urządzeń, które stanowią o postojach maszyny wyciągowej powinny przynieść poważne korzyści ekonomiczne.

Słuszność sformułowanego, na początku referatu, stwierdzenia wydaje się dowiedziona, jeżeli dodane zostaną, do dotychczasowych rozważań, informacje o charakterystykach stanu awarii, a mianowicie:

- średni czas trwania awarii /postój z przyczyny własnej maszyny wyciągowej/ wynosi przeciętnie od kilkadziesiąt do kilkudziesięciu minut,
- prawdopodobieństwo wystąpienia awarii wynosi średnio kilkudziesięciotysięcznych [1].

Literatura:

- [1] Antoniak J., Brodziński S., Czaplicki J., Lutyński A.: Badania niezawodnościowe urządzeń wyciągowych z uwzględnieniem badań rozruchowych /mater. niepublikowany/ IMG, Pol. Śl., Gliwice, 1977.
- [2] Niewiadomska - Kozieł G.: Momenty zwykle wybranych zmiennych losowych o rozkładach uciętych. Przegląd Statystyczny, R. XIX, z.1, 1972.

THE ANALYSIS OF THE PROCESSING TIME IN THE EXPLOITATION OF HOISTING MACHINES

In this report a number of measures using the processing time in the exploitation of hoisting machines is proposed and some examples of the results of the exploited machines are presented.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСПОЛАГАЕМОГО ВРЕМЕНИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

В статье предлагается ряд мер использования располагаемого времени в эксплуатации подъемных машин, а также даны примеры оценки эксплуатируемых машин.