ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1981

Seria: GÓRNICTWO z. 113 Nr kol. 698

Aleksander LUTYŃSKI

ANALIZA USZKODZEŃ MASZYNY WYCIĄGOWEJ

Streszczenie. W referacie omówiono pewne problemy uszkodzeń części mechanicznej maszyn wyciągowych. Zaprezentowano wyniki analizy uszkodzeń 55 maszyn, przeprowadzone dla wyróżnionych zespołów charakteryzujących się różnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi. Podano średnie czasy pracy pomiędzy uszkodzeniami, średnie czasy napraw i prawdopodobieństwo wystąpienia naprawy dla zespołów, podzespołów i elementów.

Analizę wszelkiego rodzaju przerw w pracy urządzeń wyciągowych, transportujących urobek z podziemi kopalń na powierzchnię, uznać należy za niezwykle istotną w świetle istniejących w przemyśle wydobywczym tendencji do stałego wzrostu wydobycia, które jest w znacznej mierze związane ze zwiększeniem strumienia masy transportowanej w szybach. Analizy te stanowią bowiem podstawę do wyciągania przez konstruktorów,producentów,eksploatatorów tych maszyn odpowiednich wniosków oraz podejmowania określonych przedsięwzięć, mających na celu ograniczenie występowania przerw w pracy urządzeń wyciągowych, jak i złagodzenie skutków tych przerw.

Jednym z podsystemów składowych urządzenia wyciągowego jest maszyna wyciągowa. Przerwy z przyczyn własnych tej maszyny, czyli jej uszkodzenia, są przerwami w pracy urządzenia wyciągowego. Maszynę wyciągową, najogólniej rzecz ujmując, podzielić można na jej część mechaniczną, elektryczną i sterowniczą. Każda z wymienionych części ma innego producenta i z tego względu zaprezentowany, bardzo ogólny, podział wydaje się być uzasadniony.

Badania niezawodności maszyn wyciągowych prowadzone były w Instytucie Mechanizacji Górnictwa na zlecenie producenta ZUT "ZGODA" w Świętochłowicach [1]. Zakład ten jest wykonawcą części mechanicznej maszyn wyciągowych i z tego względu uszkodzenia tej części poddane zostały wnikliwej analizie. Wspomnieć należy, że część mechaniczna ma, w stosunku do pozostałych dwóch wyżej wymienionych części maszyny, wysoki poziom niezawodności.Część mechaniczną można wyróżnić w przeważającej liczbie zespołów składowych maszyny wyciągowej. Zespołami tymi (przyjmując za [2]) są:

- nośnik lin,
- zespół wykonawczo-napędowy hamulca,
- zespół sterowania hamulcem,
- zespół zasilania hamulca,
- zespół smarowania,
- zespół transmisji mocy,

- zespół silników głównych,
- zespół zasilania silników głównych,
- zespół programowania ruchu,
- zespół sterowania i regulacji,
- obwód bezpieczeństwa,
- zabezpieczenia własne,
- wyposażenie diagnostyczne.

Prowadząc badania niezawodności maszyn wyciągowych należy zdawać sobie sprawę z faktu, że z punktu widzenia produkcji są to obiekty jednostkowe lub co najwyżej powtarzalne. Różnią się pomiędzy sobą nie tylko parametrami techniczno-eksploatacyjnymi, lecz również konstrukcją poszczególnych zespołów i podzespołów.

Z tego względu wydaje się słuszne dokonanie analizy niezawodności części mechanicznej w taki sposób, jakby badane były poszczególne zespoły i podzespoły jednorodne z punktu widzenia konstrukcji. Takie podejście wymaga założenia, że potencjał eksploatacyjny wszystkich rozpatrywanych w danej grupie zespołów czy podzespołów jest w przybliżeniu ten sam.

Badaniami objęto 55 maszyn wyciągowych eksploatowanych w kopalniach węgla kamiennego i zakładach górniczych miedzi. Sumaryczny czas obserwacji tych maszyn wyniósł 980 333 godziny.

W tablicy 1 przedstawiono informacje, które podają jakie typy rozwiązań poszczególnych zespołów obserwowane były w badaniach, jakie były ich liczności i w jak długich sumarycznych okresach czasu dokonywano obserwacji zespołu danego typu.

Tablica 1

Typy zespołów, ich liczności oraz sumaryczne czasy obserwacji zespołu danego typu

Nazwa zespołu, typ	Liczność w danym typie	Sumaryczny czas obserwacji danego typu zespołu [h]
<u>Zespół programowania ruchu</u>:		
SK[x)]	32	608 791
TVNGDASEA	8	42 478
Hydrauliczny	4	51 314
Krzywkowy st. typu	11	277 749
<u>Zespół sterowania hamulcami</u>:		
ZEP[x)]	24	305 329
Iversen	26	652 253
Hydrauliczny	5	22 751

cd. tablicy 1

Nazwa zespołu, typ	Liczność w danym typie	Sumaryczny czas obserwacji danego typu zespołu [h]
Zespół wykonawczo-napędowy hamulców:		
Szczękowe	50	957 582
Tarczowe	5	22 751
Zespół silników głównych:		
pr.st.zasil. z przetwornic	41	845 679
siln.pr.st.zasilane z przekształtników tyrystorowych	8	42 478
silniki asynchroniczne	6	92 176

x) W badaniach nie rozróżniono odmian w regulatorze jazdy SK i zespole sterowniczym ZEP.

Przeprowadzone badania maszyn wyciągowych pozwoliły na dokonanie oszacowania wskaźników niezawodności zespołów, podzespołów jak również ich elementów. Wskaźnikami tymi są średnie czasy trwania stanów pracy pomiędzy naprawami i napraw oraz prawdopodobieństwo naprawy zespołu.

Jako estymator wartości oczekiwanej pracy pomiędzy naprawami przyjęto statystykę:

$$T_{pji} = \frac{1}{2}\sum t_{pji}\left(\frac{1}{n_{ji}+1} + \frac{1}{n_{ji}}\right), \qquad (1)$$

gdzie:

$\sum t_{pji}$ - sumaryczny czas trwania stanu pracy pomiędzy naprawami j-tego zespołu i-tego typu we wszystkich maszynach, w których znajduje się zespół o rozwiązaniu tego typu,

n_{ji} - liczba zaobserwowanych napraw j-tego zespołu i-tego typu w tych maszynach, których czas trwania stanu pracy wchodzi w skład $\sum t_{pji}$.

Estymatorem wartości oczekiwanej czasu trwania stanu naprawy zespołu maszyny wyciągowej była średnia arytmetyczna:

$$T_{oji} = \frac{1}{n_{ji}}\sum t_{oji}, \qquad (2)$$

gdzie:

$\sum t_{oji}$ - sumaryczny czas trwania stanu naprawy j-tego zespołu i-tego typu we wszystkich maszynach, w których występuje zespół określonego typu.

Na podstawie wyznaczonych oszacowań wartości przeciętnych czasów trwania stanów obliczono oceny prawdopodobieństw napraw zespołów maszyny wyciągowej. Zależność, która była podstawą do wyznaczenia oceny prawdopodobieństw napraw przedstawia się następująco:

$$P_{ij} = \frac{T_{oji}}{T_{oji} + T_{pji}}. \qquad (3)$$

Według wyżej prezentowanych zależności (1), (2), (3) wyznaczone zostały parametry niezawodności w odniesieniu do podzespołów i elementów maszyny wyciągowej w jej części mechanicznej.

Wyniki ilustruje tablica 2.

Zaprezentowana tablica daje możliwość, oprócz zorientowania się w poziomie niezawodności poszczególnych zespołów, podzespołów i elementów, dokonania pewnej oceny różnorodnych rozwiązań konstrukcyjnych poszczególnych zespołów. Łatwo zauważyć, że spośród regulatorów jazdy, w zespole programowania ruchu, najniższym poziomem niezawodności charakteryzuje się regulator hydrauliczny, ma on najniższy czas bezawaryjnej pracy spośród wszystkich analizowanych zespołów maszyny wyciągowej. W zespole sterowania hamulcami, zespół ZEP ma najniższy czas pracy pomiędzy uszkodzeniami i najwyższe prawdopodobieństwo pojawienia się uszkodzenia.

Na zwrócenie uwagi zasługuje niski czas pomiędzy uszkodzeniami łożysk wału głównego maszyn wyciągowych, w których zastosowano hamulce tarczowe. Niekorzystny wpływ tego rodzaju hamulców na łożyska wału spowodował już podjęcie prac nad pewną zmianą w konstrukcji maszyny, zabezpieczającą łożyska przed wymienionym ujemnym zjawiskiem.

Powyższa tablica pozwala również na wskazanie słabych ogniw w części mechanicznej maszyny wyciągowej. Identyfikacja ta może być przeprowadzona, kiedy jako kryterium oceny przyjęta będzie częstość pojawienia się uszkodzeń oraz czas usuwania uszkodzenia.

Tablica 2

Wskaźniki niezawodności części mechanicznej maszyny

Wskaźnik Zespołu, podzesp. elementu	Liczba awarii	T_{pij} [h]	T_{oji} [h]	P_{ij} 10^{-6}	U w a g i
1	2	3	4	5	6
NOŚNIK LIN	18	53030	1,9	35,7	Do wyznaczenia wskaźn. niezawodności wykładziny wzięto tylko te uszkodzenia, podtoczenia wykładziny, które wystąpiły w czasie normalnej eksploatacji maszyny i spowodowały jej zatrzymanie. Ponadto wymienione, zaobserwowano w badaniach jednokrotnie: pęknięcie spawów, pęknięcie płaszcza bębna.
w tym					
wykładziny	7	131266	1,8	1,4	
połączenia śrubowe	7	131266	0,4	3,0	
ZESPÓŁ TRANSMISJI MOCY					
Przekładnia	8	10881	5,5	504,9	Ponad wymienione, zaobserwowano w badaniach jednokrotne uszkodzenie: uszczelnienie, posadowienie pierścienia smarującego.
w tym					
kliny	3	26884	6,6	244,8	
połącz. śrubowe	2	38406	1,0	26,0	
Łożysko ślizgowe					
hamulce szczękowe	5	175511	3,7	20,7	W tym jednokrotnie: uszczelnienie, pierścień smarujący.
hamulce tarczowe	4	5119	20,0	389,0	
Sprzęgło	11	8030	4,6	572,2	Ponad wymienione, dwukrotnie zaobserwowano wibracje, co było powodem zatrzymania maszyny bez jej naprawy.
w tym					
wkłady z blach stalow.	9	9729	5,7	585,3	
ZESPÓŁ WYKONAWCZO-NAPĘDOWY HAMULCA					
Siłownik hydrauliczny	1	17063	5,5	321,7	Nastąpiło zerwanie siłownika.
Hamulce szczękowe,	44	21521	3,6	167,0	Ponad wymienione, zaobserwowano w badaniach jednokrotne uszkodzenie: sprężyny, tłoka, połączeń śrubowych oraz trzykrot uszkodzenie niezidentyfikowane.
w tym					
uszczelnienia	17	54738	7,3	132,8	
wykładziny	3	279294	7,5	26,2	

cd. tablicy 2

1	2	3	4	5	6
cylindry	2	398992	-	-	
dźwignie	2	378992	-	-	
rozregulowanie	13	71024	1,3	18,2	
ZESPÓŁ PROGRAMOWANIA RUCHU REGULATORY JAZDY					
SK	16	36930	2,1	56,7	
w tym					
sprzęgło	4	136976	2,5	18,2	Ponad wymienione, zaobserwowano w badaniach jednokrotne uszkodzenie krzywki, sworznia, łożyska tocznego, wału, przegubu, rozregulowanie oraz trzykrotnie uszkodzenie niezidentyfikowano.
TVNGD ASEA	2	17699	2	112,8	W obu przypadkach uszkodzeniu uległo sprzęgło.
Krzywkowy	2	115729	-	-	W obu przypadkach uszkodzeniu uległa przekładnia.
Hydrauliczny	6	3521	5,6	1587,6	
w tym					
przekładnia	2	9480	5,2	548	Ponad wymienione, zaobserwowano w badaniach jednokrotne uszkodzenie: łańcucha Galla oraz trzykrotnie uszkodzenie niezidentyfikow.
OBWÓD STEROWANIA	19	50306	1,3	25,7	
w tym					
sprzęgła	7	131294	0,7	5,3	Ponad wymienione, zaobserwowano w badaniach jednokrotne uszkodzenia pasków klinowych.
przekładnie	4	220575	-	-	
wyłączniki	3	285939	-	-	
krzywki	2	408472	-	-	
łożyska toczne	2	408472	-	-	
ZESPÓŁ STEROWANIA HAMULCAMI					
ZEP	56	5404	1,5	277,3	
regulator ciśnienia	20	14898	1,6	107,3	

cd. tablicy 2

1	2	3	4	5	6
w tym					
dysze	4	68699	2,2	31,9	Ponad wymienione zaobserwowano w badaniach jednokrotne uszkodzenia: zaworu, uszczelnienia oraz dziewięć niezidentyfikowanych uszkodzeń.
filtry	3	89054	1,0	11,2	
wskaźniki	2	127220	-	-	
suwak trójdrożny	7	40892	0,8	19,5	
ogranicznik ciśnienia	7	40892	0,8	19,5	
w tym					
inne uszkodz. ZEP	22	13568	1,5	110,4	Ponad wymienione, zaobserwowano dziewięciokrotnie uszkodzenie niezidentyfikow. ogranicznika ciśnienia.
w tym					
wyłącznik ciśnienia	5	55977	1,0	17,8	Ponad wymienione, zaobserwowano uszkodz. korpusu oraz czesnaście uszkodzeń niezidentyfikow.
IVERSEN	20	31836	3,8	119,3	
regulator ciśnienia	16	42125	4,5	106,6	W tym po jednym uszkodzeniu zaworu, tłoka sprężyny i dziewięć uszkodzeń niezidentyfikowanych.
suwak trójdrożny	1	489190	-	-	
innych uszkodzeń	3	190240	-	-	
HYDRAULICZNY	1	17063	-	-	
WYPOSAŻENIE DIAGNOSTYCZNE					
WSKAŹNIK GŁĘBOKOŚCI	22	43576	2,5	57,2	
w tym					
zacięcie	7	103479	-	-	Ponad wymienione, zaobserwowano jednokrotne uszkodzenia tulei, sworznia, wrzaciona oraz sześć uszkodzeń niezidentyfikowanych.
łożyska	2	408472	-	-	
rozregulowanie	2	408472	0,2	0,4	
TACHOGRAF	14	67676	1,1	16,1	
w tym					
łożyska	4	220576	2,0	9,0	Pozostałe uszkodzenia niezidentyfikowane.
TACHOMETR	3	285930	1,4	4,7	Jednorazowe szkodzenia: wskaźnika, rozregulowanie i niezidentyfikowane.

LITERATURA

[1] Antoniak J., Brodziński S., Czaplicki J., Lutyński A.: Badania niezawodnościowe urządzeń wyciągowych z uwzględnieniem badań rozruchowych. Praca n-b (mat. nie publ.) IMG Pol. Śl. Gliwice 76-79.

[2] Brodziński S.: Pewne problemy awaryjności maszyn wyciągowych. ZN Pol. Śl. Górnictwo z. 92, Gliwice 1978.

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1981 r.

Recenzent: Doc. dr inż. Tadeusz Zmysłowski

Анализ повреждений подъемной машины

Р е з ю м е

В докладе обсуждены некоторые вопросы повреждений механической части подъемных машин. Представлены результаты анализа повреждений 55 машин, проведенного для выбранных узлов, характеризующихся разными конструкционными решениями. Поданы среднее время работы от повреждения до повреждения, среднее время ремонта и вероятность необходимости ремонта в будущем для узлов, подузлов и элементов.

Analysis of winder failures

S u m m a r y

In the paper some problems on failure analysis of the mechanical part of winders have been discussed when considering failures of 55 winders. The analysis concerns distinguished assemblies of different types. Assemblies, subassemblies and elements have been described by the following indices: mean time between faiures, mean time of repair and probability of repair.