

Manfred CHMURAWA

EKSPLOATACYJNE BADANIA NIEZAWODNOŚCI DŹWIGNIC HUTNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono zastosowaną w praktyce metodykę eksploatacyjnych badań niezawodności suwnic hutniczych. Dokonano próby wykorzystania wyników badań do prognozowania przyszłego procesu eksploatacji.

1. Wstęp

W procesie eksploatacji maszyn przebiegają w nich złożone zjawisko fizykochemiczne, których zewnętrznym objawem są niesprawności działania lub uszkodzenia.

Destruktywne procesy w maszynach są następstwem zmian stereomechanicznych i fizykalnych materiału, a szczególnie jego warstwy wierzchniej. Zmiany te zachodzą zespołowo, narastają z ilością wykonanej pracy i prowadzą do uszkodzenia. W stosowanych obecnie systemach eksploatacji niesprawności lub uszkodzenia są usuwane w wyniku przeprowadzenia odpowiedniej odnowy.

W teorii niezawodności maszynę naprawialną można uważać za dwustanowy obiekt techniczny pracujący z odnowami do osiągnięcia granicznego lub określonego stanu zużycia.

Użytkownika interesuje zazwyczaj zachowywanie się maszyny w przyszłości, a w szczególności:

- prawdopodobny proces uszkodzeń elementów i zespołów,
- hipotetyczna liczba losowych przestojów,
- współczynnik gotowości technicznej maszyny,
- identyfikacja i trwałość elementów a krótkiej żywotności.

Adekwatnych odpowiedzi na powyższe kwestie użytkowników mają dostarczyć wyłącznie badania eksploatacyjne prowadzone w naturalnych warunkach użytkowania maszyny.

2. Metodyka badań niezawodności maszyn hutniczych

W procesie badawczym przebieg eksploatacji maszyny urpazczamy do dwóch stanów: zdatności i niezdatności, którym przyporządkowujemy odpowiednio

zmienne losowe - czasu poprawnej pracy i czasu przestoju. Zjawiskiem powodującym przejście do stanu niezdatności jest uszkodzenie lub określona niesprawność maszyny.

Badania prowadzimy w sposób ciągły w warunkach użytkowania maszyny, a występujące losowo uszkodzenia wraz z opisem rejestrujemy w specjalnej karcie. Okres trwania badań eksploatacyjnych wynosi na ogół 1 do 6 miesięcy. W wyniku przeprowadzenia badań otrzymujemy wypełnione karty zawierające obszerny zbiór informacji o procesie eksploatacji. Informacje te stanowią materiał statystyczny do obliczania następujących charakterystyk niezawodności:

- rozkładu dobowej intensywności pracy maszyny,
- rozkładów prawdopodobieństwa czasu poprawnej pracy, czasu przestoju i współczynnika gotowości,
- funkcji niezawodności i funkcji intensywności uszkodzeń elementów maszyny,
- rodzaju i częstości występowania poszczególnych uszkodzeń.

Do przetwarzania danych, obliczania charakterystyk niezawodności i prognozowania przyszłego zachowania się maszyny wykorzystano elektroniczne maszyny cyfrowe Odra. W tym celu opracowano dwa specjalne programy obliczeń:

- program PWN "Podstawowe wskaźniki niezawodności" [8], [11],
- program SYM "Symulacja procesów pracy i uszkodzeń" [4].

Program PWN po wprowadzeniu danych z eksploatacji umożliwia obliczanie, badanie zgodności i wybór rozkładu reprezentatywnego spośród czterech podstawowych: Weibulla, logarymiczno-normalnego, normalnego i wykładniczego. Po wyborze rozkładu teoretycznego można wyprowadzić z EMC następujące wyniki:

- parametry próby statystycznej i parametry rozkładu,
- miarę zgodności (nw^2) i poziom istotności α ,
- gęstość $g(t)$ i dystrybucję $F(t)$ rozkładu prawdopodobieństwa,
- funkcję niezawodności $R(t)$ i funkcję intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ badanego elementu lub zespołu.

Obliczone funkcje $R(t)$ i $\lambda(t)$ są pełną eksploatacyjną charakterystyką niezawodności i na ich podstawie wyznaczamy dla badanej maszyny:

- średnią trwałość elementów i zespołów,
- niezbędną ilość elementów zamiennych [10], [12].

Program SYM napisany w języku Fortran na EMC Odra 1300 pozwala na podstawie znanych charakterystyk niezawodności prognozować przyszły proces eksploatacji.

Zadaniem programu SYM jest generowanie procesu pracy i losowych uszkodzeń obiektu technicznego w oparciu o znane rozkłady prawdopodobieństwa czasu pracy elementów i czasu przestoju przy założonej strukturze niezawodnościowej obiektu i założonym okresie eksploatacji.

W wyniku zastosowania metod symulacyjnych można obliczyć następujące charakterystyki prognostyczne:

- ilość i rodzaj uszkodzeń maszyny n ,
- średni czas przestoju (naprawy) Θ_n ,
- współczynnik gotowości technicznej K_g .

Przedstawioną metodykę badań eksploatacyjnych zastosowano do analizy i prognozowania pracy szeregu maszyn roboczych, takich jak: suwnice leżnicze, suwnice transportowe i magnetyczne, wciągarki przejazdne oraz ładowarki łyżkowe.

3. Niektóre wyniki badań eksploatacyjnych na przykładzie suwnic hutniczych

Pełny cykl badań eksploatacyjnych przeprowadzono dla hutniczych suwnic magnetycznych pracujących w hali przygotowania złomu w jednej z hut żelaza i stali. Wyniki długoterminowych badań procesu eksploatacji grupy suwnic zgromadzono w kartach [1, 2, 8]. Dane z kart posłużyły jako materiał statystyczny do:

- obliczenia normowych wskaźników niezawodności,
- kompleksowej analizy zapotrzebowania na elementy zamienne do suwnic,
- symulacji procesów eksploatacji, w tym procesów uszkodzeń suwnic magnetycznych.

Wykorzystując program PWN i dane ze strumieni uszkodzeń stwierdzono, że rozkłady prawdopodobieństwa czasu pracy i rozkładu czasu przestoju suwnicy są najczęściej rozkładami asymetrycznymi, głównie logarytmiczno-normalnymi i Weibulla. Wartości niektórych wskaźników niezawodności:

- średni czas pracy między dwoma kolejnymi uszkodzeniami suwnicy $\Theta_k = 270-320$ godzin,
- średni czas naprawy (przestoju) $\Theta_n = 6 \pm 10$ godzin,
- współczynnik gotowości $K_g = 0,97-0,98$.

Zatem w badanych suwnicach 2-3% czasu eksploatacji należy zarezerwować na usuwanie przypadkowych uszkodzeń, aby proces odnowy przebiegał bez większych zakłóceń.

Na podstawie kart ujawniono szereg jej elementów i zespołów charakteryzujących się stosunkowo krótką trwałością. Dla tych "umownie" nienaprawialnych elementów obliczono (za pośrednictwem programu PWN) ich funkcje niezawodności i funkcje intensywności uszkodzeń. Na rys. 1 przedstawiono przykładowy wydruk wskaźników niezawodności dla jednego z tych elementów (liny stalowej w mechanizmie podnoszenia suwnicy).

W części wydruku oznaczonej symbolem A znajdują się m.in. wartości prawdopodobieństwa bezawaryjnej pracy liny do momentu przeglądu bieżącego

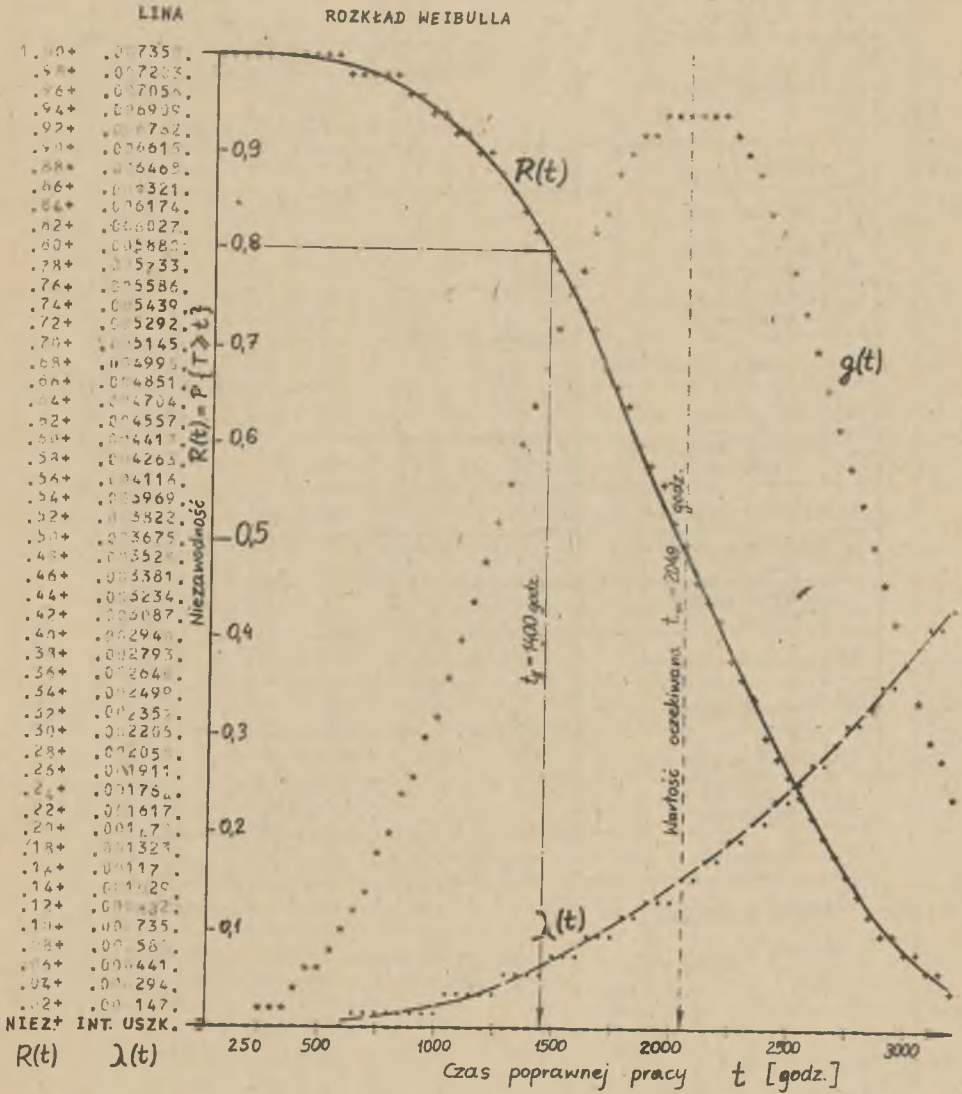
PARAMETRY ROZKŁADU WEIBULLA

LINA - czas poprawnej pracy

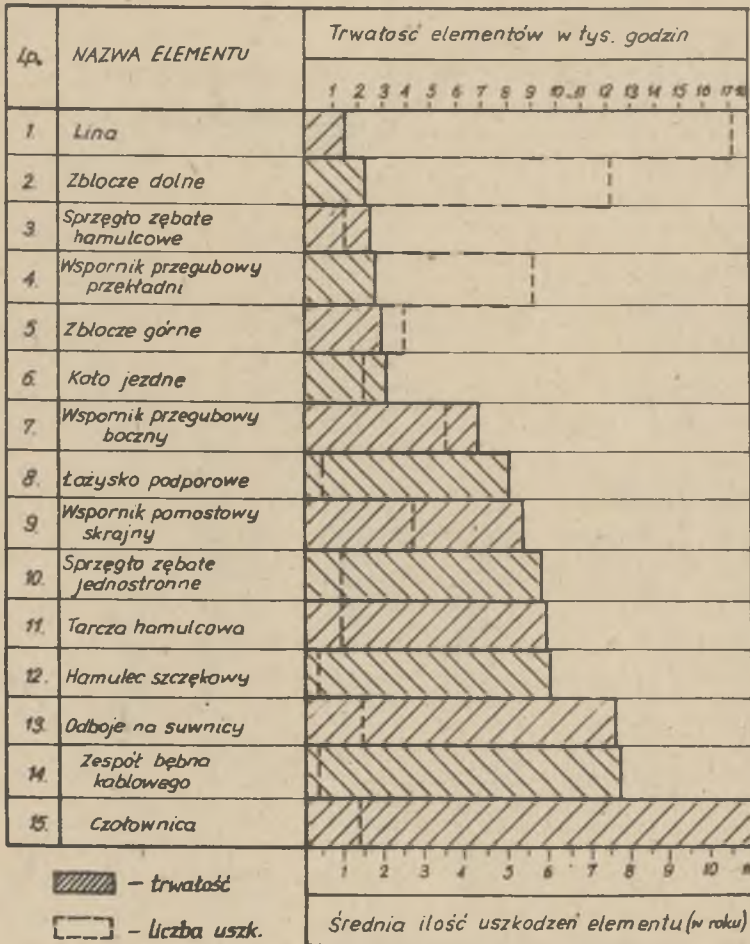
N	=	7
ITERACJI	=	137
PRÓBKA		
SREDNIA	=	+ .210505718+004
ODCH. STAND.	=	+ .704109117+003
WARIANCJA	=	+ .495749648+006
WSP. ZMIENN.	=	+ .334484569+000
ROZKŁAD		
WART. OCZEKIW.	=	+ .204824507+004
MEDIANA	=	+ .204550217+004
MODA	=	+ .205345507+004
ODCH. STAND.	=	+ .672713787+003
WARIANCJA	=	+ .452543837+006
WSP. ZMIENN.	=	+ .328434247+000
PAR. KSZTALTU	=	+ .335840337+001
PAR. SKALI	=	+ .228137057+004
LAMBDA	=	+ .527016227-011
N*OMEGA+2	=	+ .227920227-001

SODZINY t	GĘSTOŚĆ g(t)	DYSTRYB. NIEZAWODN. F(t)	NIEZAWODN. R(t)	INT. USZK. λ(t)
1020	.000206	.064782	.935218	.000221
2040	.000569	.496869	.503131	.001131
8150	.000000	1.000000	.000000	?
32600	.000000	1.000000	.000000	?
1000	.000198	.060743	.939257	.001021
1060	.000224	.073336	.926620	.0010241
1120	.000251	.087613	.912387	.0010275
1180	.000279	.103499	.896501	.0010311
1240	.000307	.121076	.878924	.0010348
1300	.000336	.140369	.859631	.0010391
1360	.000364	.161382	.838618	.0010435
1420	.000393	.184097	.815903	.0010481
1480	.000420	.208479	.791521	.0010531
1540	.000446	.234465	.765535	.0010583
1600	.000471	.261973	.738027	.0010638
1660	.000493	.290895	.709105	.0010695
1720	.000513	.321114	.678896	.0010756
1780	.000531	.352448	.647552	.0010821
1840	.000545	.384755	.615245	.0010887
1900	.000557	.417837	.582163	.0010956
1960	.000564	.451489	.548511	.0011029
2020	.000568	.485494	.514506	.0011105
2080	.000569	.519628	.480372	.0011184
2140	.000565	.553659	.446341	.0011266
2200	.000558	.587357	.412643	.0011351
2260	.000546	.620495	.379505	.0011440
2320	.000532	.652854	.347146	.0011532
2380	.000514	.684230	.315770	.0011627
2440	.000493	.714431	.285569	.0011725
2500	.000469	.743289	.256711	.0011827
2560	.000443	.770659	.229341	.0011932
2620	.000415	.796449	.203581	.0012041

Rys. 1



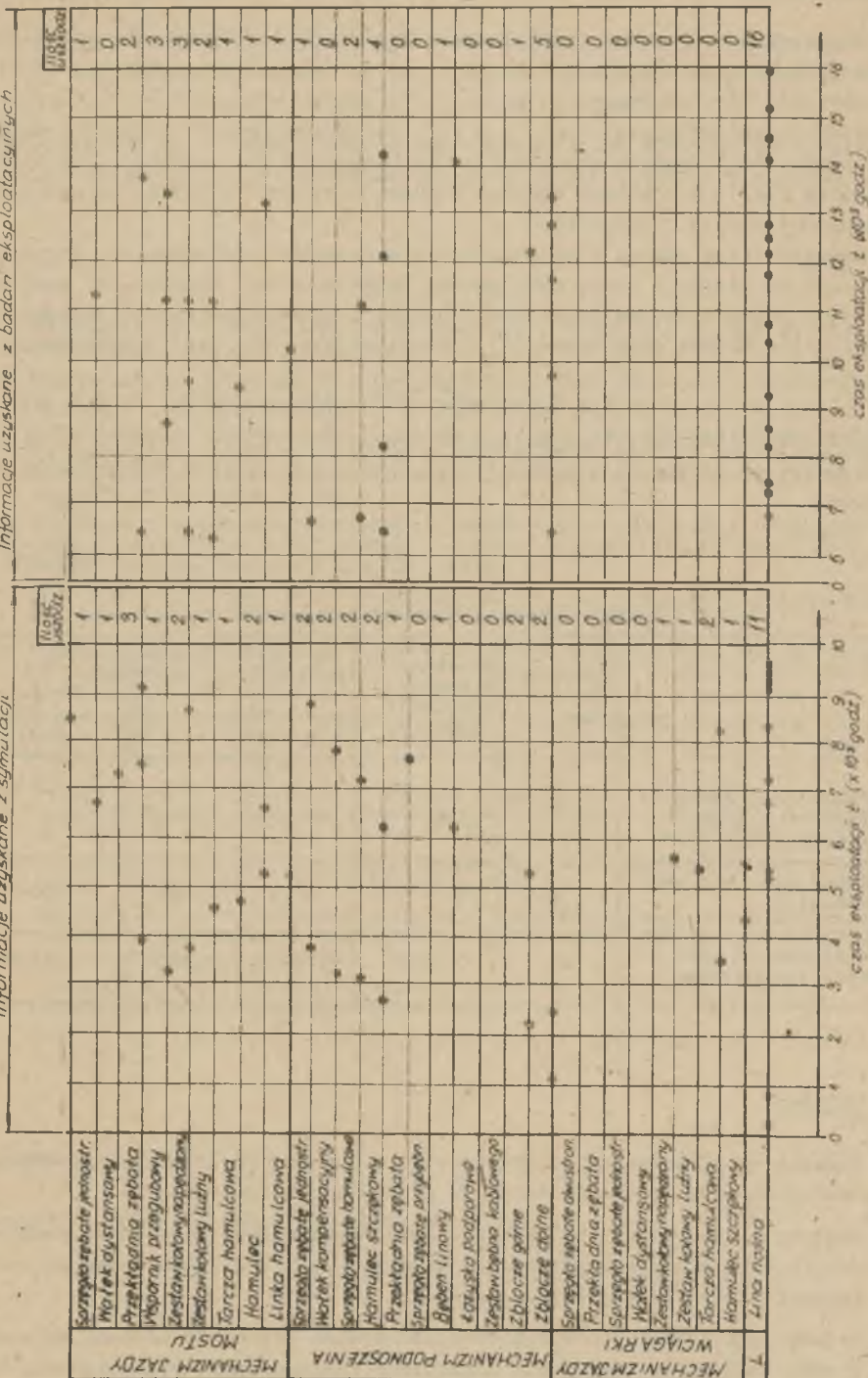
Rys. 2



Rys. 3

Informacje uzyskane z badań eksploatacyjnych

Informacje uzyskane z symulacji



Rys. 4

i remontów, średniego i kapitalnego. Na rys. 2 przedstawiono wykreślone przez EMC funkcje niezawodności $R(t)$ i intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ wspomnianej liny stalowej.

Dysponując funkcjami $R(t)$ i $\lambda(t)$ można sporządzić diagram trwałości elementów i diagram średniej liczby uszkodzeń dla suwnicy. Dla przykładu na rys. 3 wykreślono diagram przeznaczony dla służby konserwacyjno-remontowej suwnic hutniczych.

Doświadczenie nabyte przy obliczaniu wskaźników niezawodności przyczyniło się do podjęcia próby symulowania programu SYM. Użytkownik suwnicy otrzymał probabilistyczne oszacowanie liczby i rodzaju uszkodzeń, średniego czasu pracy między uszkodzeniami, średniego czasu naprawy i współczynnika gotowości.

Na rys. 4 przedstawiono rzeczywisty i symulowany proces eksploatacji wraz z przypadkowymi uszkodzeniami do okresu ok. 10 tys. godzin. W tabl.1 zestawiono wskaźniki niezawodności uzyskane z symulacji i badań eksploatacyjnych.

Tablica 1

Porównanie wskaźników niezawodności suwnicy hutniczej

Wskaźnik	Oznaczenie normowe	Wyniki z badań eksploatacyjnych	Wyniki z symulacji dla poziomu α i odchylenia b		
			$\alpha = 0,05$ $b = 0,03$	$\alpha = 0,05$ $b = 0,02$	$\alpha = 0,02$ $b = 0,02$
Średni czas pracy między kolejnymi uszkodzeniami	Θ_k [h]	278	244,2	219,8	231
Średni czas naprawy (przestoju)	Θ_n [h]	12,6	12,5	13,1	13,2
Współczynnik gotowości technicznej	K_g	0,9280	0,9511	0,9438	0,9458

4. Wnioski

1. Badania eksploatacyjne rzeczywistych obiektów umożliwiają wdrażanie naukowych podstaw eksploatacji do praktyki przemysłowej.
2. Racjonalna gospodarka elementami zamiennymi wymaga znajomości podstawowych wskaźników niezawodności maszyny, które z kolei wymagają przeprowadzenia badań eksploatacyjnych.
3. Metody symulacyjne pozwalają określić proces uszkodzeń maszyny na podstawie znajomości niektórych wskaźników niezawodności elementów tej maszyny.

4. Symulacja procesów eksploatacji w odniesieniu do obiektu będącego w fazie projektowania lub modernizacji pozwala prognozować zachowanie się obiektu oraz określić potencjalny proces uszkodzeń.
5. Racjonalna eksploatacja maszyn jest uwarunkowana znajomością procesów stochastycznych przez prowadzącego badania jak i odbiorcy wyników.

LITERATURA

- [1] Bińkowski W., Chmurawa M.: Rozkłady czasu przestoju suwnic lejniczych. Dozór Techniczny nr 4, 1972.
- [2] Bińkowski W., Chmurawa M.: Prognozowanie przypadkowego czasu przestoju suwnic lejniczej. Dozór Techniczny nr 5, 1972.
- [3] Bińkowski W., Chmurawa M., Pillich W.: Problemy niezawodności w maszynach kopalnictwa rud metali nieżelaznych w świetle unowocześnienia tych maszyn. Praca naukowo-badawcza IPKM Politechniki Śląskiej, Gliwice 1975-1979, część I-IV.
- [4] Bzymek Z.: Symulacja procesów uszkodzeń maszyny roboczej traktowanej jako funkcjonalny układ elementów. Praca magisterska nr 5200 (maszynopis), IPKM Politechniki Śląskiej 1979.
- [5] Chmurawa M., Bzymek Z.: Prognozowanie procesu uszkodzeń hutniczych suwnic pomostowych. Eksploatacja i Dozór 1980 (w druku).
- [6] Chmurawa M.: Wykorzystanie charakterystyk niezawodności ładowarek tk-2 do planowania eksploatacji. Mat. I Symposium nt. Kierunki rozwoju SMR w Zjednoczeniu "Hutmasz". Tarnowskie Góry 1978.
- [7] Chmurawa M., Ćwik R.: Charakterystyki niezawodności suwnic lejniczych. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa, Politechnika Wrocławska Nr 10 Wrocław-Szklarska Poręba 1973.
- [8] Chwoyka L., Konopiński T.: Badania eksploatacyjne suwnic pomostowych z chwytnikiem elektromagnetycznym z wciągarką o udźwigu $Q = 16$ T. Praca badawcza OBRDiUT Detrans nr BR+BW 471029/1-4, Bytom 1976.
- [9] Gniedenko B.W., Bielajew J.K., Sołowiew A.D.: Metody matematyczne w teorii niezawodności. WNT, Warszawa 1968.
- [10] Kwinta K.: Metody obliczania zapasu elementów zamiennych w zastosowaniu do suwnic pomostowych. Praca inżynierska nr 861. IPKM Pol. Śl. Gliwice 1979.
- [11] Szczerba Z.: Podstawowe wskaźniki niezawodności. Praca badawcza OBRDiU Detrans nr PO-246, Bytom 1976.
- [12] Szor J.B., Kuźmin F.J.: Ocena niezawodności urządzeń. WNT, Warszawa 1970.

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1981 r.

Rcenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Antoniak

Эксплуатационные исследования надежности металлургических
грузоподъемных кранов

Р е з ю м е

В статье представлена применяемая на практике методика эксплуатационных исследований надежности металлургических грузоподъемных кранов. Сделана попытка использования результатов исследований для прогнозирования процесса эксплуатации в будущем.

Exploitation testing of reliability of
metallurgical cranes

S u m m a r y

Methodology practically used in exploitation testing of reliability of metallurgical overhead cranes is presented in the article. An attempt is also made at using test results to prognosticate the future exploitation process.