

ROBERT W. NIEDBAŁ
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA
CZĘSTOCHOWA

ORGANIZACJA BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH SYSTEMÓW
TRANSPORTU PIONOWEGO

W pracy przedstawiono sposób prowadzenia eksploatacyjnych badań trwałości i niezawodności systemów transportu pionowego. Omówiono kryteria, którymi należy się kierować przy wyborze poszczególnych obiektów do badań oraz sposób zbierania, rejestrację i weryfikację danych statystycznych.

1. Wprowadzenie

Duża liczba maszyn i urządzeń eksploatowanych w Polsce / zbiorniki ciśnieniowe, kotły, dźwignice, maszyny wyciągowe itp. / podlega, ze względu na bezpieczeństwo lub funkcji, jaką spełnia w układzie technologicznym zakładu, ustalonym badaniom. Trwałość i niezawodność tych obiektów determinowana jest decyzjami urzędowych rzeczoznawców, a przebieg procesu eksploatacji jest ściśle odnotowywany w książkach ruchu i napraw.

Jeżeli uwzględnimy, że działalność ta istnieje dość długo, a decyzje i informacje dotyczące procesu eksploatacji były odnotowywane skrupulatnie - możemy dysponować gotowym materiałem statystycznym, którego niewykorzystanie byłoby posunięciem nieuzasadnionym. Można zatem uważać, że informacje zawarte w dokumentacji źródłowej stanowią wiarygodną podstawę

do wszelkich eksploatacyjnych analiz trwałości i niezawodności takich obiektów.

Specyfika badań, wykorzystujących informacje zawarte w dokumentacji źródłowej / Książka ruchu maszyny wyciągowej, Książka napraw maszyny wyciągowej / wymaga określenia metodyki ich prowadzenia, której zakres w przypadku systemów transportu pionowego sprowadza się do:

1. Identyfikacji potrzeb badań.

- określenie obiektu badań,
- identyfikacja użytkownika badań,
- określenie celu prowadzonych badań.

2. Przygotowania badań

- organizacja badań,
- sformułowanie wymagań jakościowych, jakim powinien odpowiadać obiekt badań,
- analiza warunków pracy,
- analiza jednorodności eksploatacyjnej obiektu badań,
- analiza zasad oceny trwałości i niezawodności,
- sposób zbierania informacji.

3. Realizacja badań.

- rejestracja informacji,
- analiza i weryfikacja otrzymanych informacji,
- opracowanie wyników badań.

Powyższa metodyka uwzględnia całokształt prac związanych z badaniami trwałości i niezawodności systemów transportu pionowego i stanowi swoisty proces poznawczy wymagający określonej systematyki działania.

2. Organizacja badań eksploatacyjnych.

Ocena niezawodności systemów transportu pionowego wymaga prowadzenia badań w odpowiednio długim przedziale czasu, przy oddziaływaniu zespołu czynników wymuszających determinowanego przeciętnymi warunkami eksploatacji.

Wstępną fazą badań eksploatacyjnych jest zebranie potrzebnych informacji umożliwiających identyfikację badanych obiektów. Badania te winny obejmować możliwie wszystkie jednostki przemysłowe. W oparciu o identyfikację i analizę jednorodności konstrukcyjnej urządzeń oraz przeciętne warunki eksploatacji systemu transportu pionowego określa się kryteria wyboru. Następnie kierując się przyjętymi kryteriami ustala się typ konstrukcji urządzenia i ilość poszczególnych egzemplarzy danego typu.

Urządzenia spełniające kryteria wyboru zostają objęte drugim etapem badań, który ma na celu dostarczenie informacji dotyczących przebiegu ich pracy.

Po wstępnej weryfikacji zebranych informacji ustala się próbki reprezentacyjne dla określonych urządzeń systemu transportu pionowego, stanowiące materiał wyjściowy do wnioskowania statystycznego.

Dla tak przyjętego schematu zasadnicze badania eksploatacyjne prowadzi się według planu NWT [1], tzn. bada się N jednostek w okresie rzeczywistego czasu pracy T systemu transportu pionowego z naprawą lub wymianą W wszystkich uszkodzonych elementów.

Czynnikiem decydującym o efektywności badań prowadzonych według planu NWT jest możliwa do zarejestrowania ilość uszkodzeń, pośrednio zależna od liczby badanych jednostek N oraz czasu badań T . Niezależnie od przesłanek teoretycznych, praktyka badawcza potwierdza słuszność stosowania w przypadku obiektów odnawialnych takiej liczby jednostek, które spełniają ustalone kryteria wyboru. Praktycznie stosowana liczba badanych jednostek w przypadku maszyn i urządzeń górniczych wynosi $N = 1, 2, 3$ i więcej.

Wynika stąd, że podstawowym czynnikiem mającym istotny wpływ na zarejestrowaną ilość uszkodzeń jest czas badań T , który ze względów technicznych musi być ograniczony.

3. Charakterystyka warunków eksploatacji systemu transportu pionowego

Badania eksploatacyjne mają na celu ocenę niezawodności urządzeń transportu pionowego, stąd znajomość warunków eksploatacji systemu jest nieodzowna.

Zużycie potencjału eksploatacyjnego systemu transportu pionowego w eksploatacji naturalnej wymuszone jest nakładaniem się wielu czynników działających jednocześnie, traktowanych jako obciążenie eksploatacyjne. Intensywność zużycia potencjału eksploatacyjnego determinowana jest głównie przez:

- warunki eksploatacji,
- aktywność otoczenia eksploatacyjnego / mikro- i makroklimat oraz czynniki antropotechniczne /.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń z badań eksploatacyjnych można przyjąć, że wpływ aktywności otoczenia na zużycie potencjału eksploatacyjnego urządzeń systemu transportu pionowego jest mało

uchwytny. Wobec tego szczegółowej analizie należy poddać warunki eksploatacji, a głównie warunki użytkowania systemu transportu pionowego określone przez:

- rodzaj napędu maszyny wyciągowej,
- ładunek użytkowy - Q ,
- głębokość ciągnięcia szybem - H ,
- prędkość jazdy - v ,
- czas trwania cyklu - T ,
- średnią liczbę cykli na dobę - i .

Analiza tych wielkości ma na celu przede wszystkim określenie intensywności użytkowania systemu transportu pionowego, której miarą jest wskaźnik względnego czasu włączenia [2], wyrażony w procentach. Wskaźnik ten zależy głównie od głębokości ciągnięcia i określony jest wzorem:

$$J = \frac{i(t_r + t_p)}{24 \cdot 3600} \cdot 100 = \frac{iT}{864} \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie:

t_r - czas ruchu maszyny wyciągowej dla jednego cyklu w s,

t_p - czas postoju maszyny wyciągowej dla jednego cyklu w s.

Wartości wskaźnika względnego czasu włączenia systemu zawarte są w granicach od około 50% / wyciągi klatkowe z przestawieniem pięt / do około 85% / wyciągi skipowe /.

Przykładowo orientacyjne charakterystyki techniczno-ruchowe, ujmujące warunki użytkowania badanych jednostek przedstawiono w tabeli 1 [2].

Praca podstawowego urządzenia systemu transportu pionowego / maszyny wyciągowej / jest pracą przerywaną. Drastyczne warunki pracy; przyspieszenia dużych mas w okresie rozruchu w stosunkowo krótkim czasie, zmiana kierunku obrotów dla każdego cyklu, występowanie dużych momentów dynamicznych i przeciążeń silnika oraz zapotrzebowanie na duży moment hamujący powodują, że podzespoły maszyny wyciągowej i urządzenia wchodzące w skład systemu projektuje się ze znacznym współczynnikiem bezpieczeństwa w stosunku do wytrzymałości doraźnej, co ma zapewnić wysoką niezawodność eksploatacyjną.

Ze względu na pewność ruchową systemu transportu pionowego i obowiązujące przepisy. wartości poszczególnych parametrów kinematyki / prędkość liniowa, przyspieszenie, opóźnienie, czasy okresów ruchowych oraz drogi przebyte w poszczególnych okresach / muszą być utrzymane w wymaganych granicach. Parametry techniczno-ruchowe / koncesyjne / są więc

Tabela 1.

Charakterystyki techniczno-ruchowe ujmujące warunki użytkowania systemów transportu pionowego

Lp.	Symbol badanego systemu	Maszyna wyciągowa szybu	Typ maszyny wyciągowej	Rok budowy	Naczynia wydobywcze	Ładunek użytkownika [kg]	Głębokość ciągnięcia [m]	Prędkość jazdy urówek ludzie [ms ⁻¹]	Średni czas pracy wyciągu [h]	Średnia liczba włączeń układu hamulcowego na godz.	Wskaźnik względny czasu
1.	01.	Józef	ZKMPW. ZOT - "Zgoda" 1000/K-5000 800/BB-4000	1959	klatki	6,0	260	8/6	16	64	67
2.	02.	Rudolf		1962	klatki	6,0	260	8/6	14	60	58
3.	03.	II.		1956	skipy	4,8	410	10/-	16	56	67
4.	04.	K. Miarka		1956	klatki	4,8	320	10/6	14	58	58
5.	05.	Hołdunów		1958	skipy	6,0	310	10/-	16	64	67
6.	06.	Rozalia p. klatk.		1962	klatki	5,4	320	10/6	14	58	58

jednoznacznie określone i można mówić, że urządzenia składowe systemu transportu pionowego nie przekroczą w czasie pracy narzuconych dokumentacją techniczną i prawną warunków użytkowania. Nad utrzymaniem warunków użytkowania w ustalonych granicach czuwają urządzenia zabezpieczające i ochronne.

Niezależnie od typu, urządzenia systemu transportu pionowego spełniają zawsze te same funkcje. Ze względu na charakter pracy niezawodność urządzeń systemu transportu pionowego można określić w funkcji liczby cykli, rzeczywistego czasu pracy lub czasu kalendarzowego.

W rzeczywistości poszczególne urządzenia systemu transportu pionowego, objęte badaniami, pracują w różniących się od siebie warunkach użytkowania, determinowanych procesem produkcyjnym zakładu górniczego. W związku z tym już na etapie badań wstępnych należy tak dobrać poszczególne obiekty, aby warunki użytkowania ich były zbliżone i można było mówić o warunkach przeciętnych.

4. Kryteria wyboru obiektów do badań,

Przedmiotem badań wstępnych jest zarówno proces jak i sposób eksploatacji systemu transportu pionowego. Istota badań wstępnych polega na uzyskaniu informacji o strukturze procesu i sposobie użytkowania urządzeń systemu transportu pionowego, jego parametrach roboczych, przebiegu i warunkach realizacji, współdziałaniu i współzależności z innymi procesami i systemami. Celem tych badań jest ustalenie kryteriów oceny użytkowania systemu transportu pionowego, w oparciu o które dokonuje się następnie wyboru obiektów do zasadniczych badań eksploatacyjnych trwałości i niezawodności.

W zależności od stosowanych miar efektów i nakładów można dokonać podziału kryteriów oceny użytkowania systemu transportu pionowego na kryteria: techniczne, organizacyjne i ekonomiczne [2].

Kryteria techniczne oceny użytkowania pozwalają ocenić zdolność użytkową urządzeń systemu transportu pionowego i ich potrzeby obsługowe oraz zużyciowe. Należy do nich zaliczyć:

- liczbę urządzeń użytkowanych określonego typu,
- zużycie / resursu / potencjału eksploatacyjnego,
- intensywność użytkowania,
- stan techniczny urządzeń.

Kryteria organizacyjne oceny użytkowania pozwalają ocenić wykorzystanie urządzeń systemu, straty czasu, postoje organizacyjne, osiąganą

wydajność oraz zużycie. Należy do nich zaliczyć:

- parametry koncesyjne,
- współdziałanie z innymi systemami,
- przebieg i warunki realizacji procesu transportu pionowego.

Kryteria ekonomiczne oceny użytkowania urządzeń systemu transportu pionowego pozwalają ocenić jednostkowe koszty użytkowania. Należy do nich zaliczyć:

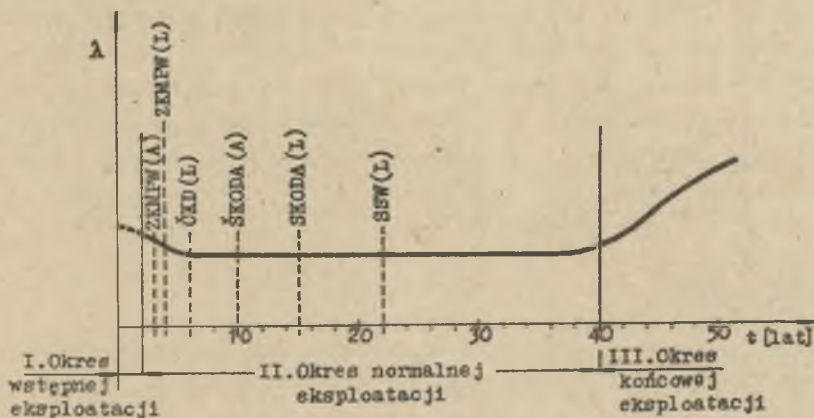
- koszty utrzymania urządzeń,
- wydatki na obsługę urządzeń.

Do zasadniczych badań eksploatacyjnych trwałości i niezawodności wchodzi te obiekty, które spełniają kryteria wyboru.

5. Wybór obiektów do badań eksploatacyjnych

Podstawowymi kryteriami oceny użytkowania systemu transportu pionowego w oparciu o które dokonuje się wyboru obiektów do badań eksploatacyjnych, są kryteria techniczne i organizacyjne.

Poszczególne egzemplarze urządzeń dzieli się na zbiory obiektów jednorodnych pod względem konstrukcji i eksploatacji oraz struktury wiekowej, z których następnie tworzy się próbki reprezentacyjne. Dokonanie podziału obiektów według struktury wiekowej / rys. 1. / [2] z zachowaniem jednorodności konstrukcyjnej i eksploatacyjnej pozwala na przyjęcie założenia, że rozpatrywany proces powstawania i usuwania uszkodzeń można identyfikować z procesem stacjonarnym.



Rys. 1. Struktura wiekowa systemów transportu pionowego w funkcji przebiegu intensywności uszkodzeń.

Przedstawiony na rysunku 1 wykres odzwierciedla przebieg intensywności uszkodzeń, który pozwala w okresie normalnej eksploatacji na znalezienie rozkładów czasów trwania stanów niezawodnościowych dla badanych urządzeń systemu transportu pionowego.

6. Zbieranie informacji

Sposób zbierania danych statystycznych jest w dużej mierze zależny od rodzaju i ilości danych, jakie chcemy zebrać oraz od warunków, w jakich jest użytkowany obiekt będący przedmiotem badań. Celem otrzymania dostatecznie jednorodnych zbiorów danych z badań eksploatacyjnych ich rejestracja powinna odbywać się według ujednoczonych zasad na specjalnie opracowanych formularzach, umożliwiających zestawienie istotnych informacji o procesie eksploatacji.

W tym celu została opracowana „Karta przebiegu eksploatacji” / rys.2./ umożliwiająca zestawienie informacji dotyczących:

- identyfikacji obiektu badań,
- przebiegu pracy systemu transportu pionowego obejmujących tzw. charakterystyki techniczno-ruchowe obiektu badań,
- czasu trwania poszczególnych stanów niezawodnościowych.

Powyższe dane rejestruje się na kartach / rys. 2. / w oparciu o dokumentację ruchową / Książka ruchu maszyny wyciągowej, Książka napraw maszyny wyciągowej / prowadzoną przez maszynistów maszyn wyciągowych i dozór oddziału szybowego.

Weryfikacja danych z badań eksploatacyjnych systemów transportu pionowego polega na kontroli prawidłowości zapisu w dokumentach źródłowych i dotyczy uszkodzonego urządzenia, układu, podzespołu lub części w zależności od poziomu złożoności. Przykładowo kontroluje się zgodność zapisu w Książce ruchu maszyny wyciągowej, prowadzonej przez maszynistę z zapisem w Książce napraw maszyny wyciągowej, prowadzonej przez dozór oddziału szybowego.

7. Zakończenie

Badania eksploatacyjne, prowadzone w oparciu o tzw. eksperyment naturalny, wymagają dużego wysiłku organizacyjnego i nakładów finansowych oraz każą dłużej oczekiwać na wyniki.

Zaprezentowany w pracy sposób przeprowadzenia badań eksploatacyjnych systemów transportu pionowego z wykorzystaniem informacji zawartych w do-

KARTA PRZEBIEGU EKSPLOATACJI				Zjednoczenie		Kopalnia	
Nr karty	Nazwa i przeznaczenie szybu	Typ maszyn wyciągowych	Rok budowy (rozruchu) maszyn wyciągowych	Ładunek użytkowy [Mg]		Głębokość ciągnięcia [m]	
Symbol badanego systemu	Nazwa badanego urzędzenia, układu, podzespołu	Prędkość jazdy łożyska $\frac{\text{m}}{\text{min}}$ [ms ⁻¹]	Średni czas pracy wyciągu na dobę [h]	Średnia liczba wyciągów na godz.	Średnia liczba włazów układowych na godz.		
Data wystąpienia uszkodzenia	Symbol uszkodzonego podzespołu	Nazwa uszkodzonego podzespołu.	Liczba wyciągów do uszkodzenia	Stopień uszkodzenia [h]	Godzina pracy zespołu [h]	Godzina pracy zespołu [h]	
1	2	3	4	5	6	7	
8	9	10	11	12	13	14	
Uwagi:							

Rys. 2. Karta przebiegu eksploatacji.

kumentacji źródłowej, umożliwia przy stosunkowo niewielkim wysiłku organizacyjnym i finansowym uzyskanie w krótkim czasie danych stanowiących wiarygodną podstawę do wszelkich eksploatacyjnych analiz trwałości i niezawodności.

Powyższe stwierdzenie stanowi założenie niniejszej pracy, a przyjęta metodyka / rozdz. 1. / określa sposób prowadzenia badań eksploatacyjnych urządzeń systemów transportu pionowego, od badań niezawodnościowych rzeczywistych obiektów, poprzez ustalenie rozkładów zmiennych losowych do określenia prawdopodobieństwa stanów eksploatacyjnych badanych urządzeń. Celem przeprowadzonych badań jest uzyskanie miarodajnych wskaźników i charakterystyk niezawodnościowych w rzeczywistych warunkach użytkowania dla określonych urządzeń systemu transportu pionowego.

LITERATURA

- [1] Gniedenko E.W., Bielajew J.K., Sołowiew A.D.: Metody matematyczne w teorii niezawodności. WNT, Warszawa 1968.
- [2] Niedbał R.W.: Niektóre charakterystyki niezawodności hamulca szczękowego maszyny wyciągowej. Praca doktorska, Politechnika Częstochowska. Częstochowa 1978.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Р е з ю м е

В статье представлены способ проведения эксплуатационных исследований прочности и надёжности систем вертикального транспорта.

Обсуждены критерии, которые надо учитывать при выборе соответствующих объектов для исследований, а также способ сборки, регистрации и проверки статистических данных.

HOW TO ORGANIZE THE EXPLOITATION EXAMINATIONS OF HOISTING SYSTEMS

S u m m a r y

In this paper there is presented a method of exploitation examinations on durability and reliability of hoisting systems. Criteria to select particular test subjects, method of data collection as well as registration and verification of statistic data have been discussed.