ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: GÓRNICTWO z. 93 Nr kol. 590

Jan ORLACZ

C.O.P.K.M.G. "KOMAG"

GLIWICE

ZASTOSOWANIE WSKAŹNIKÓW TRWAŁOŚCI I NIEZAWODNOŚCI DO OCENY JAKOŚCI SYSTEMÓW MASZYNOWYCH W GÓRNICTWIE

Badania kompleksów ścianowych wykazały, że efektywność produkcyjna tych systemów zależy głównie od ich niezawodności i trwałości. Charakterystyki techniczne maszyn i systemów maszynowych opisują je zespołami parametrów gabarytowych, prędkości roboczych, mocy i wydajności, bez uwzględniania miar rzeczywistego wykorzystania tych charakterystyk w eksploatacji. Celem udoskonalenia sposobów tego opisu podjęto próby sprecyzowania metodyk ocen jakościowych maszyn.
Jednym ze sposobów jest opis obejmujący zastosowanie wskaźników trwałości i niezawodności.
Metodyka taka umożliwia lepsze dostosowanie charakterystyk do potrzeb eksploatacyjnych górnictwa.

1. Wstęp

Oceny poziomu jakości wyrobów w kraju usankcjonowane zostały aktami prawnymi: - Uchwała nr 206 RM z dn. 30 września 1976 r. w sprawie poprawy jakości wyrobów przemysłowych; - Uchwała nr 134 RM z dn. 7 września 1977 r. w sprawie zasad przygotowania i uruchomienia produkcji nowych i zmodernizowanych wyrobów przemysłowych; - Uchwała nr 137 RM z dn. 9 września 1977 r. w sprawie jednolitych zasad kwalifikacji jakości i oznaczania wyrobów a także szeregiem aktów normatywnych [3].

Próby opracowania metodyk oceny jakości maszyn górniczych podjęto znacznie wcześniej adaptując zasady kwalifikowania wyrobów do trzech grup nowoczesności A. B. i C. Metoda ta pomimo oczywistych mankamentów stosowana była w górnictwie do 1977 r.

Równolegle z początkiem lat siedemdziesiątych Rada Naukowo-Techniczna d/s Podziemnej Eksploatacji Stałej Komisji Przemysłu Węglowego RWPG zainicjowała i rozwinęła opracowanie ilościowej metodyki oceny jakości [4]. Na przestrzeni kilku lat metodyka ta przechodziła kolejne modyfikacje do chwili ostatecznego zatwierdzenia na 47 posiedzeniu Komisji w czerwcu 1976 r.
W metodzie tej [5] istota kwalifikacji ocen jakości polega na przypisaniu kolejnym cechom k_i ocenianej maszyny /wskaźnikom jednostkowym/ wartości liczbowych z przedziału /0,1/ $0 \leqslant k_i \leqslant 1$ oraz wagi w_i także z przedziału $0 \leqslant w_i \leqslant 1$. Uogólniony wskaźnik jakości K obliczany jest jako suma iloczynów $k_i \cdot w_i$;

$$K = \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot w_i \leqslant 1.$$

Heurystyczny charakter szacowania wartości wskaźników k_i i w_i drogą ekspertyz "metodą delficką" okazał się głównym mankamentem tej metody. W wielowymiarowych przestrzeniach wskaźników k_i, jako uniwersalnego reprezentanta trwałości i niezawodności przyjęto "resurs pracy do naprawy głównej", a wartości wagi dla tego wskaźnika przyjęto z przedziału $0{,}06 \leqslant W_r \leqslant 0{,}1$.

Modyfikację metody RWPG stanowi opracowanie GIG [6], wykonane w ramach realizacji problemu resortowego 203, zatytułowane przez autorów jako "Kwantytatywna metoda oceny poziomu technicznego oraz jakości maszyn i urządzeń górniczych". Ponieważ zaproponowane w artykule rozwiązanie, wiąże się z ww. opracowaniem, niżej uwzględniono merytoryczną istotę modyfikacji GIG, wskazując na konieczności korekt i uzupełnień.

2. Wytyczne dla ustalenia kryteriów oceny poziomu technicznego i jakości grup maszyn górniczych [6]

Przewidziano dwie modyfikacje metody RWPG. Modyfikacja pierwsza, nazwana metodą "parametrową", przewiduje ilościową ocenę jakości maszyny także za pomocą uogólnionego wskaźnika K_p, będącego sumą iloczynów $k_{pi} \cdot w_{pi}$, jednakże inaczej dobiera się model wzorcowy i oblicza wartości k_{pi} i w_{pi}.

Model wzorcowy $\{bi\}$ jest podzbiorem maksimów dla zbioru parametrów opisujących wybraną próbkę jednakowych funkcjonalnie i podobnych konstrukcyjnie maszyn, produkowanych przez różnych wytwórców.

Przedział wartości wag W_{pi} dla zbioru 10 cech założono arbitralnie $0{,}0370 \leqslant W_{pi} \leqslant 0{,}2273$.
Wartości granic tego przedziału ulegają zmianie wraz ze zmianą liczebności zbioru cech.

Obliczenie jednostkowych wskaźników jakości odbywa się wg zależności:

$$k_{pi} = \frac{p_{ij}}{b_i} \leqslant 1 \qquad /1/$$

gdzie: p_{ij} - rzeczywista wartość parametru cechy ocenianej maszyny

b_i - wartość tego parametru dla modelu wzorcowego $\{b_i\}$

Jako reprezentanta charakterystyki niezawodnościowej ocenianego obiektu technicznego przyjęto tu "odwrotność awaryjności"[1/]

Druga modyfikacja metody RWPG nazwana została przez autorów "funkcjonalną metodą ilościowej oceny maszyn" [6 str. 20].

Istotą tej metody jest wprowadzenie mierników spełniania przez obiekt techniczny poszczególnych, istotnych dla tego obiektu funkcji. Mierniki te nazwano "wyróżnikami funkcjonalnymi - f, które przedstawiają funkcjonalną moc, tj. pracę wykonaną w jednostce czasu dla wypełnienia przez maszynę jej podstawowej funkcji".

Mierniki f_j mają wymiar $[T_m/h]$ spoza układu SI i zdefiniowane są dla poszczególnych grup maszyn.

Dla maszyn urabiających:

$$f_u = QE \left[T_m/h \right] \qquad /2/$$

gdzie: $Q[ł/H]$ - wydajność maszyny urabiającej

$E[T_m/T]$ - jednostkowa energia urabiania;

dla maszyny odstawczej lub urządzenia transportującego:

$$f_o = f_t = Q\,L \left[T_m/h \right] \qquad /3/$$

gdzie: $Q[T/h]$ - wydajność urządzenia transportującego

$L\,[m]$ - odległość transportu;

dla zmechanizowanej obudowy ścianowej:

$$f_{oz} = Q'p' \left[T_m/h \right] \qquad /4/$$

gdzie: $Q\,[m^3/h]$ - intensywność powstawania wybranej przestrzeni przyociosowej

$p'[T/m^3]$ - jednostkowa podporność obudowy;

Celem uwzględnienia warunków eksploatacyjnych wprowadzono pojęcie "eksploatacyjnego wyróżnika funkcjonalnego f_E"

$$f_E = f_j \cdot \eta_E \qquad /5/$$

1/ Ponieważ pojęcie jest nieznane w nauce cytuję za [6 str. 64] definicję werbalną - "ilość kombajnów w ruchu x ilość dni roboczych / awaryjny czas postojów w godzinach".

η_E = współczynnik realizacji w procesie eksploatacji teoretycznej wydajności maszyny

Podobnie jak poprzednio tworzy się model wzorcowy $\{U_i\}$, będący podzbiorem maksimów dla zbioru U_{ij}, nazwanego "funkcjonalnymi wskaźnikami jakości".

$$U_{ij} = \frac{p_{ij}}{f_j} \qquad /6/$$

gdzie: p_{ij} - wybrane /najważniejsze/ parametry ocenianej maszyny

Ponieważ $/p_{ij}/$ i $/f_j/$ są różnymi wielkościami fizycznymi U_{ij} mają różne wymiary. Tworząc stosunki:

$$k_{fi} = \frac{U_{ij}}{U_b} \qquad /7/$$

nazywane "indywidualnymi wskaźnikami jakości" otrzymuje się nowy zbiór liczb bezwymiarowych, z którego po uwzględnieniu jak poprzednio wartości wag w_{fi} otrzymano drogą superpozycji tzw. "uogólnione /kompleksowe/ wskaźniki jakości maszyn z rozpatrywanej grupy"

$$K_f = \sum_{i=1}^{n} k_{fi} \cdot w_{fi} \leqslant 1 \qquad /8/$$

Przedział wartości wag W_{fi} dla zbioru 20 cech założono także arbitralnie

$$0{,}0192 \leqslant W_{fi} \leqslant 0{,}1136$$

Tu również za reprezentanta charakterystyk niezawodnościowych przyjęto tzw. "odwrotność awaryjności".

3. Możliwość oceny jakości za pomocą opisu niezawodnościowego maszyn górniczych w procesie eksploatacji

Pomijając dyskusję i krytykę merytoryczną i terminologiczną wyżej streszczonych metod można stwierdzić, że najistotniejsze z punktu widzenia efektywności zastosowań i ekonomiki eksploatacji wskaźniki charakteryzujące trwałość i niezawodność maszyn nie zostały w nich zupełnie uwzględnione. Wprowadzenie dziwnego pojęcia "odwrotności awaryjności", nie mającego nie tylko odpowiednika w obowiązujących normach [1] lub literaturze specjalistycznej, lecz także uzasadnienia metodologicznego mieszczącego się w kryteriach dyscypliny podstawowej niezawodności, czyni omówione metodyki ocen jakości mało miarodajnymi i niereprezentatywnymi.

Ograniczając się do definicji jakości wyrobu przemysłowego [7 p.I. 6] należałoby wybrać miernik lub zbiór mierników charakteryzujących stopień spełniania przez wyrób przemysłowy określonych funkcji użytkowych, wyrażonych jako cechy mierzalne [3 p. 2.30]

Wskaźniki trwałości i niezawodności wchodzące do tego zbioru muszą być zgodne z [1].

Wyboru wskaźników niezawodności dokonać można posługując się normą [2] z tym, że decydującym motywem są specyficzne wymagania stawiane przed maszyną górniczą, wynikające z warunków eksploatacyjnych.

Prognozy koncentracji wydobycia do ok. 2200 Mg/dobę i większe dla jednego zestawu maszyn ścianowych prowadzą do koncepcji eksploatacyjnej, polegającej na wybieraniu ścian o wybiegach 1000 do 1500 m, zestawami maszyn, które nie wymagałyby napraw bieżących w czasie tego okresu eksploatacji. Naprawy główne /renowacje/ realizowane byłyby po zakończeniu eksploatacji pola metodami przemysłowymi w specjalistycznych zakładach naprawczych a do wyposażenia nowo uruchamianych ścian stosowany byłby wyłącznie sprzęt nowy lub odnawiany metodami przemysłowymi.

3.1. W związku z powyższym do opisu stanu niezawodności tych urządzeń można by posłużyć się przestrzenią fazową Ω_1 klasy obiektów dwustanowych nienaprawialnych, pracujących z losowymi przerwami przeznaczonych do wykonania określonych zadań, które mogą być kontynuowane po wymianie uszkodzonego obiektu na nowy.

Funkcjonał $\Phi/t/$ realizacji procesu losowego stanów tych obiektów $X/t/$ można określić następująco:

$$\Phi/t/ = \begin{cases} t & \text{jeżeli } X_i/t/ = 1 \text{ dla każdego } i \\ 0 & \text{jeżeli } X_i/t/ = 0 \text{ dla dowolnego } i \end{cases} \qquad /9/$$

$$i = 1,2...N$$

Wartość średnia będzie, wartością oczekiwaną czasu poprawnej pracy:

$$\Theta = E\left[\Phi/t/\right] = \int_0^\infty t f/t/dt \qquad /10/$$

gdzie: $f/t/$ – gęstość rozkładu prawdopodobieństwa $\Phi/t/$

a jej estymatorem będzie:

$$\Theta = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n} t_i \qquad /11/$$

gdzie: n – liczba badanych obiektów w czasie prac atestacyjnych jakości

t_i – czas do uszkodzenia i – tego obiektu.

Z badań [9] wynika, że dla takich obiektów jak obudowy zmechanizowane i przenośniki zgrzebłowe, rozkład czasu poprawnej pracy można aproksymować rozkładem wykładniczym, tzn. f/t/ można opisać wzorem:

$$f/t/ = \lambda \exp /- \lambda t/ \quad \text{dla} \quad t > 0 \qquad /12/$$

Estymatorem wskaźnika λ - intensywności uszkodzeń dla czasu t będzie:

$$\lambda /t/ = \frac{n/t/ - n /t + \Delta t}{n /t/ \cdot \Delta t} \qquad /13/$$

gdzie: $n/t/ \gg 1$ - liczba obiektów nieuszkodzonych w przedziale czasu $<0,t>$

$n/t+\Delta t/$ - liczba obiektów nieuszkodzonych w przedziale czasu $<0,t + \Delta t$

Δt - długość przedziału czasu badań atestacyjnych jakości

Obydwa wskaźniki θ i $\lambda/t/$ są całkowicie zgodne z normą [1] a ich wybór przewidziany jest normą [2] do opisu niezawodności obiektów technicznych dwustanowych, produkowanych masowo lub seryjnie o kodzie 1131.

3.2. Model eksploatacyjny scharakteryzowany w p. 3.1. wymaga jednak dotrzymania bardzo ostrych reżimów produkcyjnych w fabrykach maszyn i eksploatacyjnych w kopalniach, co z punktu widzenia realiów technicznych nie jest możliwe do spełnienia.
Wymiary uszkodzonych elementów maszyn ścianowych jak: noże kombajnowe, rozdzielacze i bloki zaworowe obudów zmechanizowanych, gwiazdy napędowe przenośników zgrzebłowych oraz elementy złączne łańcuchów itp., należy przyjąć jako normalne czynności procesu obsługi sprzętu, których nie uda się wyeliminować w najbliższej możliwej do prognozowania przyszłości.

Minimalizacji strat produkcyjnych wynikających z tego stanu niezawodnościowego maszyn, można poszukiwać w zorganizowaniu systemu wymian zapobiegawczych wykazanych wyżej elementów.

Należy więc wprowadzić modyfikację oceny jakościowej tej grupy maszyn górniczych traktując je jako obiekty dwustanowe naprawialne, pracujące z losowymi przerwami do czasu wykonania określonych zadań.

Możliwość kontynuowania zadania po wystąpieniu uszkodzenia uzależniona jest od czasu naprawy /lub zabiegu profilaktycznego/, przy czym przeciętne wartości zmiennych czasu napraw lub zabiegów profilaktycznych muszą spełniać:

$$T_z = T_n \ll T_{kryt.} \qquad /14/$$

gdzie: T_{kryt} - zmienna losowa charakterystyczna dla warunków górniczo-geologicznych, oznaczająca dopuszczalny bezpieczny czas postoju czoła ściany,

Estymatorami wartości oczekiwanych zmiennych losowych T_n i T_z będą:

$$E/T_n/ = E/T_z/ = \Theta_z \qquad \Theta_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad /15/$$

n - ogólna liczba napraw lub zabiegów profilaktycznych w czasie prac atestacyjnych

t_i - czas trwania i - tego zabiegu lub naprawy.

Reprezentatywny dla takiego modelu eksploatacyjnego będzie zespół wskaźników niezawodności dogodnych do wyznaczania w czasie badań i zrozumiałych dla personelu obsługi maszyn. Parametr strumienia uszkodzeń, którego oszacowaniem z próbki będzie:

$$w/t/ = \frac{r}{n \cdot \Delta t} \qquad /16/$$

gdzie: r - liczba wszystkich uszkodzeń w badanej próbce, które wystąpiły w przedziale $\langle t, t+\Delta t \rangle$,

wyrażający średnią częstość uszkodzeń dla takich maszyn, które w czasie badania /atestowania/ zastępowane są nowymi lub naprawianymi.

Wskaźnik gotowości obiektu K_g wyrażający prawdopodobieństwo, że obiekt będzie w stanie zdatności w dowolnej chwili czasu

$$K_g = \frac{E/T_k/}{E/T_k/ + E/T_n/} \qquad /17/$$

gdzie: $E/T_k/$ - wartość oczekiwana czasu zdatności obiektu pomiędzy uszkodzeniami.

Średni zasób pracy Θ_s, jako wartość oczekiwana zmiennej losowej T_s ilości pracy jaką może wykonać obiekt od chwili rozpoczęcia eksploatacji do chwili wycofania go z eksploatacji, będzie reprezentował trwałość maszyn. Oszacowanie tego wskaźnika następuje na podstawie wyników badań próbki:

$$\Theta_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} t_{ip} \geqslant Z_u \qquad /18/$$

gdzie: t_{ip} - ilość pracy wykonanej przez i - ty obiekt w czasie badań

Z_u - zasób pracy ustalony.

Zasób ustalony Z_u jako przyjęta umownie ilość pracy np. Z_n=1 Tg, po wykonaniu której należy obiekt wycofać z eksploatacji, powinien być podawany w dokumentacji technicznej maszyn, uwzględniając koncepcję eksploatacyjną np. omówioną na wstępie p. 3. Rozwiązanie takie daje możliwość ujednolicenia wymagań dla wszystkich typów maszyn wchodzących w skład kompleksu ścianowego, wyrażonych syntetycznym i zrozumiałym dla kierownictwa gospodarczego oraz personelu wykonawczego, wskaźnikiem będącym niczym innym jak obiegowym pojęciem ilości wydobycia z jednego pola /ściany/ w czasie od rozpoczęcia do zakończenia wybierania.
Bardziej precyzyjne byłoby przyjęcie kryterium zasobu δ procentowego $t\delta$ [1/] w miejsce Z_u oraz relacji $\Theta_s \geqslant t\delta$.
Osiągane w eksploatacji wartości mogłyby być dodatkowym wskaźnikiem doskonalącym planowanie wydobycia węgla lub kryterium doskonalenia produkcji maszyn górniczych.

4. Podsumowanie

4.1. Naszkicowany model ocen niezawodnościowych i trwałościowych maszyn górniczych ma tę wyższość nad omówionymi we wstępie metodykami ocen poziomu jakości, że jest metodologicznie zgodny z dyscypliną podstawową a także z dokumentami państwowymi w postaci zespołu norm przedmiotowych.

4.2. Proponowane wskaźniki mają charakter ogólny /uniwersalny/ i mogą służyć do oceny wszystkich maszyn górniczych, niezależnie od ich typów a także do oceny systemów /kompleksów/ budowanych z tych maszyn.

4.3. Zestawy wskaźników mogą być dobierane elastycznie w zależności od koncepcji eksploatacyjnej /p. 3.1. lub 3.2./ bez utraty poprawności merytorycznej.

4.4. Uzależnienie wskaźników od jednego celu głównego, wyrażonego zrozumiałą dla kierownictwa i załóg ilością produkcji, stwarza optymalne szanse rozpowszechnienia.

4.5. Złożoność opisu za pomocą zbiorów cech staje się wewnętrznym zagadnieniem techniki oceny, polegającym na doborze przestrzeni fazowej danej klasy obiektów.

4.6. Do oceny przyjmowane są wartości zrealizowane w eksperymencie a nie wielkości i pojęcia założone w znamionowych charakterystykach maszyn.

1/ Ilość pracy jaką może wykonać obiekt odpowiadający δ - procentom prawdopodobieństwa poprawnej pracy $R/t\,\delta/ = \frac{\delta}{100}$

LITERATURA

[1] PN-77/N-04005 "Niezawodność w technice. Wskaźniki niezawodności. Nazwy, określenia i symbole". PKN - Warszawa 1977.

[2] PN-77/N-04010 "Niezawodność w technice. Wybór wskaźników niezawodności". PKN - Warszawa 1977.

[3] PN-71/N-03000 "Statyczna kontrola jakości. Nazwy, określenia i symbole". PKN - Warszawa 1971.

[4] RWPG "Ocenka urownia kaczestwa gorno-szahtnogo oborudowania". Tema 107-3/75. Moskwa 1976.

[5] RWPG "Rekomendacii po ocenkie urownia kaczestwa gorno - szahtnogo oborudowania". Tema 107-3/75. Tom I i Tom II. Mamaja 1976.

[6] GIG "Opracowanie wytycznych dla ustalania kryteriów oceny poziomu technicznego i jakości grup maszyn i urządzeń górniczych" dokumentacja nr 203.02.04.16. Katowice 1978.

[7] Uchwała Nr 134 Rady Ministrów z dn. 7 września 1977 r., w sprawie zasad przygotowywania i uruchamiania produkcji nowych i zmodernizowanych wyrobów przemysłowych". Warszawa 1977.

[8] Uchwała Nr 137 Rady Ministrów z dn. 9 września 1977 r., w sprawie jednolitych zasad kwalifikacji jakości i oznaczania wyrobów. Warszawa 1977.

[9] Sprawozdanie COPKMG "KOMAG" nr 3839 "Podniesienie trwałości i niezawodności eksploatacyjnej maszyn i urządzeń ścianowych". Praca nie publikowana. Gliwice 1976 r.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАШИНООБОРУДОВАНИЯ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р е з ю м е

Испытание машинооборудования в шахтах показали, что величина его производства зависит от надёжности и долговечности. До сих пор нет методики, которая полностью была бы принимаемая в оценке

горного оборудования. Технические характеристики машин принимают различные параметры как: габариты, скорость движения, мощность и производство и нет в них связи из нормальными условиями работы. Потому номинальное производство горных машин многократно превышает полученые в эксплуатации как результат отказов и ремонтных перерывов.

С целью улучшения технических характеристик разработаны различные методики оценки качества горного оборудования и горных механических систем. Одной из этих метод является методика пользования показателей надежности и долговечности.

Группы стандартных показателей как: среднее время безотказной работы , интенсивность отказов , коэффициент готовности имеют универсальное принимание для всех типов горных машин и систем.

Метода представлена в статье даёт лучшую могучность приспособления технических харатеристик до условий эксплуатации на шахтах.

APPLICATION OF RELIABILITY AND LIFE FACTORS FOR QUALITY EVALUATION OF MECHANICAL SYSTEMS IN MINING

S u m m a r y

Testing of, coal face systems have shown that theirs efficienncy of productivity depends mainly of reliability and life. To date no any sufficient methodology being suitable for evalnation of mechanical systems in coal mines. Technical datas of systems and machines have gathered such a parameters as overall dimensions, operating speed, power and output, without any corelations between normal operating conditions and performance characteristics of system. That is why the rated ontputs of mining machines are many times higher of that under operating conditions, because of failures and repair pauses.

To improve the methodes of technical specifications, the different kinds of methodologys have been doveloped for quality evalnation of machines, and mechanical systems. As one of these methodes the application of reliability and life factors was introdueed.

The group of standard factors as: mean time of failure Θ, intensity of failure λ, and coefficient of readiness K have universal application to all types of mining machinery and systems.

The methode discussed in the paper gives better possibility of adjustment the technical datas to normal operating conditions in coal mines.