

ANALITYCZNY MODEL OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ SIECIOWYCH SYSTEMÓW TECHNICZNYCH – STUDIUM PRZYPADKU

Andrzej LOSKA
Politechnika Śląska

WPROWADZENIE

Rzetelne wartościowanie zadań eksploatacyjnych jest jednym z kluczowych kryteriów prawidłowego funkcjonowania służb technicznych każdego przedsiębiorstwa. Oznacza to konieczność wyznaczania wartości wybranych cech, a w konsekwencji możliwość kształtowania procesów decyzyjnych związanych z realizowaną polityką eksploatacyjną.

Istnieje wiele modeli matematycznych stanowiących podstawę ilościowej oceny sposobu i zakresu eksploataowania systemów technicznych. Duża różnorodność, a także specyfika organizacyjna i ekonomiczna zasad prowadzenia i dokumentowania gospodarki remontowej w poszczególnych przedsiębiorstwach wpływa na indywidualizację budowanych i stosowanych w praktyce rozwiązań obliczeniowych.

Artykuł obejmuje dyskusję nad możliwymi sposobami oceny polityki eksploatacyjnej w warunkach funkcjonowania sieciowych systemów technicznych.

PRZEGLĄD SPOSOBÓW OCENY EKSPLOATACYJNEJ SYSTEMÓW TECHNICZNYCH

Zbiory miar eksploatacyjnych są przedmiotem wielu publikacji, w postaci:

- odrębnych pozycji literaturowych, zawierających uporządkowany wykaz i charakterystykę określonych miar [6, 7],
- elementów metod i narzędzi zarządzania utrzymaniem ruchu, w postaci uzupełnienia opisu strategii eksploatacyjnej lub systemu zarządzania utrzymaniem ruchu [2, 8],
- indywidualnych i uniwersalnych sposobów interpretacji i budowy złożonych wieloelementowych modeli miar eksploatacyjnych [1, 4].

Miary stosowane w praktyce eksploatacyjnej przedsiębiorstw, odnoszą się najczęściej do oceny efektywności. Są one budowane na bazie dwóch grup składników:

1. Obliczeniowe składniki techniczne, które wyrażają, w sposób bezpośredni, udział obiektu technicznego w działalności eksploatacyjnej. Wartości obliczanych w tym obszarze wskaźników są warunkowane czasem przebywania obiektu w określonej klasie stanu, a co za tym idzie stanowią one podstawę oceny decyzji działań techniczno-organizacyjnych służb technicznych przedsiębiorstwa.
2. Obliczeniowe składniki ekonomiczne, które wyrażają, w sposób pośredni, udział obiektu technicznego w działalności eksploatacyjnej. Miary przynależne do tej kategorii pozwalają na wyznaczanie kosztów funkcjonowania obiektów technicznych w określonym otoczeniu organizacyjnym. W połączeniu z analizą

zmienności tych wartości w czasie, przekłada się to na ocenę podejmowanych decyzji, w zakresie prowadzonej działalności eksploatacyjnej.

Miary efektywności, będące złożeniem powyższych składników, wyrażają najczęściej w sposób kompleksowy i zagregowany, poziom realizacji polityki eksploatacyjnej. Modele matematyczne mają, w tym przypadku, charakter wartości wypadkowych w odniesieniu do zastosowanych miar prostych. W tym obszarze można wyróżnić [3, 5].

- wskaźnik dostępności eksploatacyjnej:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MFOT} \quad (1)$$

gdzie:

MTBF – średni czas pomiędzy zdarzeniami,

MFOT – średni czas naprawy.

Wyrażenie to reprezentuje związek pomiędzy niezawodnością a obsługiwalnością. Oczekiwana dostępność zakłada maksymalizację *MTBF*, przy minimalizacji *MFOT*.

- wskaźnik efektywności eksploatacyjnej:

$$E = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2)$$

gdzie:

MTTR – średni czas do naprawy.

W odniesieniu do cech systemów technicznych, wyrażenie to, podobnie jak poprzednie, reprezentuje związek pomiędzy niezawodnością, a obsługiwalnością. Jednakże w tym przypadku, obsługiwalność ma trochę inną interpretację, gdyż w większym stopniu odzwierciedla skuteczność i szybkość reakcji, ale w aspekcie organizacyjnym. Te uwarunkowania powodują powiązanie powyższej zależności właśnie z efektywnością, szczególnie w odniesieniu do oceny poziomu funkcjonowania służb technicznych.

- wskaźnik *OEE* jako najważniejszy element ilościowej oceny strategii TPM, który wyraża całkowitą efektywność eksploataowania z użyciem trzech głównych czynników: dostępności, efektywności działań i jakości (tabela 1).

Tabela 1 Komponenty wskaźnika OEE

Dostępność	Efektywność działań	Jakość
$D = \frac{t_d - t_p}{t_d} \quad (3)$	$E = \frac{t_c \cdot n}{t_o} \quad (4)$	$J = \frac{n - d}{n} \quad (5)$
t_d - czas dostępny, t_p - czas postoju.	t_c - teoretyczny czas cyklu, n - ilość przetworzona, t_o - operacyjny czas działania.	n - ilość przetworzona, d - ilość defektów.
$OEE = D \cdot E \cdot J$		

Źródło: [8]

Ze względu na dużą elastyczność, *OEE* jest wykorzystywany również w tych przedsiębiorstwach, które nie stosują strategii TPM. Należy zwrócić uwagę na fakt, że ze

względu na sposób obliczenia OEE (iloczyn wartości wskaźników cząstkowych), ważna jest nie tyle bezwzględna wartość tego wskaźnika, co wnioski wynikające ze sposobu jego uzyskania. Stąd, interpretacja matematyczna jego wartości powinna mieć charakter geometryczny. W szczególności, przedstawiając OEE w postaci wektora w układzie trójwymiarowym, można formułować wnioski i decyzje odnoszone do jego wartości bezwzględnej, wpływu poszczególnych czynników na wartość wypadkową oraz kierunku i wartości przebiegającej zmiany.

Wspólną cechą powyższych modeli jest wielocechowy i wieloaspektowy obszerny zbiór miar stanowiących podstawę prowadzonej oceny. W oparciu o przeprowadzoną przez autora weryfikację tych modeli, w aspekcie możliwości ich praktycznego zastosowania dla potrzeb oceny polityki eksploatacyjnej, zauważono, że przy złożonych warunkach organizacyjno-technicznych systemów eksploatacji oraz niezbyt szczegółowo sprecyzowanych potencjalnych oczekiwaniach kadry zarządzającej, wielość i różnorodność miar, może prowadzić do:

- niejednoznaczności interpretacyjnej miar, w zakresie wpływu poszczególnych czynników na szeroko rozumianą efektywność eksploataowania obiektów,
- nieuzasadnionego merytorycznie uwypuklenia wybranych aspektów, kosztem pozostałych, w świetle polityki eksploatacyjnej przedsiębiorstwa,
- nieuzasadnionego argumentu o wyższej jakości wypadkowej oceny polityki eksploatacyjnej w oparciu o większą liczbę miar.

Zauważono również, przeszkody i ograniczenia organizacyjne w pozyskiwaniu i gromadzeniu pełnego (wiarygodnego) zasobu danych, stanowiącego podstawę budowy weryfikowalnych praktycznie modeli ocen eksploatacyjnych. Te argumenty pozwoliły na sprecyzowanie założenia o możliwości budowy takiego modelu oceny, który powinien reprezentować, w sposób ilościowy i bieżący, poziom i przebieg zmian polityki eksploatacyjnej, wyrażanej za pomocą cech o kluczowym, ale różnym, znaczeniu interpretacyjnym dla badanego obiektu – organizacji utrzymania ruchu. Ocena polityki eksploatacyjnej może być przeprowadzona w oparciu o wielowymiarowy zbiór wartości, opisujący zrealizowane prace obsługowo-naprawcze określonych kategorii, z uwzględnieniem kluczowych cech opisujących działalność organizacji utrzymania ruchu.

EKSPLOATACYJNA OCENA POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ SIECIOWYCH SYSTEMÓW TECHNICZNYCH – STUDIUM PRZYPADKU

Sieciowe systemy techniczne wchodzą w skład infrastruktury stanowiącej podstawę funkcjonowania sektorów inżynierskich przedsiębiorstw przemysłowych i gospodarki komunalnej. Za pośrednictwem sieciowych systemów technicznych dostarczane są usługi polegające na doprowadzaniu różnego rodzaju mediów do odbiorców różnych kategorii.

Analiza zbiorów danych i informacji, jak również ocena dotychczasowych koncepcji dotyczących celów i kryteriów decyzji eksploatacyjnych, czynią zdaniem autora słusznym założenie, że wystarczający zestaw cech kluczowych, pozwalający na

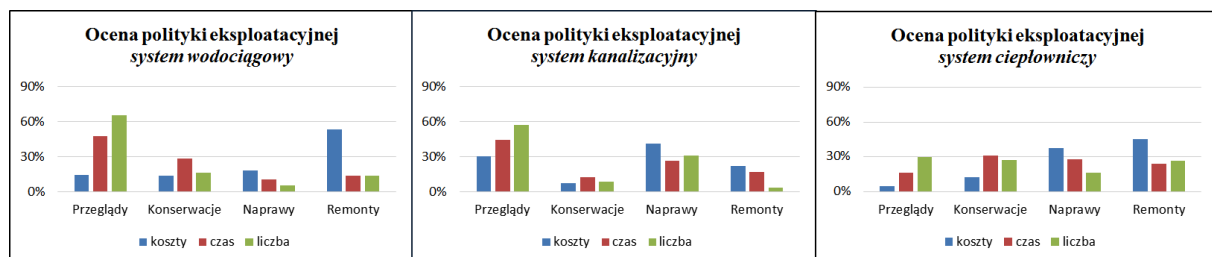
zdefiniowanie ilościowego obrazu polityki eksploatacyjnej, obejmuje: koszty, czas i liczbę zrealizowanych prac obsługowo-naprawczych. Uwzględniając specyfikę i uwarunkowania funkcjonowania sieciowych systemów technicznych, założono, że budowa modelu oceny zostanie oparta na czterech kategoriach prac obsługowo-naprawczych, w tym: przeglądy, konserwacje, naprawy, remonty, i trzech cechach kluczowych: koszty, czas, liczba prac obsługowo-naprawczych.

W oparciu o przedstawione założenia, opracowany został ilościowy model opisu polityki eksploatacyjnej w oparciu o dane eksploatacyjne trzech sieciowych systemów technicznych: systemu wodociągowego, systemu kanalizacyjnego i systemu ciepłowniczego. Strukturę zbiorów danych opisujących politykę eksploatacyjną analizowanych sieciowych systemów technicznych w zakresie pojedynczego cyklu eksploatacyjnego zestawiono w tabeli 2 i zobrazowano na rys. 1.

Tabela 2 Struktura zbiorów danych opisujących politykę eksploatacyjną analizowanych sieciowych systemów technicznych

System wodociągowy						
	Koszty [zł]		Czas [godz.]		Liczba	
Przeгляд	151 819,73	14,42%	38642	47,56%	6328	65,25%
Konserwacja	146 773,18	13,94%	22965	28,26%	1544	15,92%
Naprawa	192 134,67	18,25%	8741	10,76%	530	5,47%
Remont	561 928,82	53,38%	10908	13,42%	1296	13,36%
Suma	1 052 656,40	100,00%	81256	100,00%	9698	100,00%
System kanalizacyjny						
Przeгляд	140 123,26	30,35%	80072	44,06%	16494	57,10%
Konserwacja	32 716,52	7,09%	22290	12,27%	2519	8,72%
Naprawa	188 450,62	40,81%	48235	26,54%	8851	30,64%
Remont	100 460,54	21,76%	31129	17,13%	1022	3,54%
Suma	461 748,03	100,00%	181726	100,00%	28886	100,00%
System ciepłowniczy						
Przeгляд	99 150,21	4,36%	9915	16,28%	276	29,71%
Konserwacja	286 575,32	12,59%	19105	31,37%	253	27,23%
Naprawa	853 667,52	37,51%	17073	28,04%	154	16,58%
Remont	1 036 363,35	45,54%	14805	24,31%	246	26,48%
Suma	2 275 755,00	100,00%	60898	100,00%	929	100,00%

Źródło: opracowanie własne



Rys. 1 Graficzny obraz oceny polityki eksploatacyjnej

Źródło: opracowanie własne

INTERPRETACJA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Analiza wartości cech w ramach modelu oceny polityki eksploatacyjnej badanych sieciowych systemów technicznych wykazała duże zróżnicowanie struktury podejmowanych i realizowanych prac obsługowo-naprawczych (rys. 1).

Polityka eksploatacyjna, prowadzona w odniesieniu do analizowanego systemu wodociągowego, charakteryzuje się dużą liczbą i czasochłonnością prac diagnostycznych (przeглядów), przy nieznaczej ich wartości ekonomicznej oraz znaczącą pozycją prac remontowych – wysoki koszt tych prac, przy nieznaczących wartościach czasu i liczby prac.

W myśl powyższej interpretacji należy stwierdzić, że polityka eksploatacyjna prowadzona w odniesieniu do analizowanego systemu wodociągowego ma charakter prewencyjny typu diagnostycznego, z uwzględnieniem w procesie decyzyjnym prac korekcyjnych warunkowanych kryterialną oceną stanu technicznego, na co wskazuje znacząca liczba i czas przeглядów, przy niewielkich kosztach tych prac.

Polityka eksploatacyjna, prowadzona w odniesieniu do analizowanego systemu kanalizacyjnego, charakteryzuje się dość wyraźnym i porównywalnym znaczeniem dwóch kategorii prac obsługowo-naprawczych, tj. przeглядów i napraw, które z metodologicznego punktu widzenia mają charakter przeciwstawny. W szczególności, założenie o prowadzonej w sposób regularny i prawidłowy kontroli stanu (duże znaczenie przeглядów), powinno prowadzić do znacznego ograniczania zdarzeń niezamierzonych i konieczności wykonywania kosztownych i pracochłonnych napraw. Autor sugeruje przyjęcie powyższego układu obsługowo-naprawczego jako sytuacji przejściowej, z dużą potrzebą, a także możliwością racjonalizacji.

Polityka eksploatacyjna prowadzona w odniesieniu do analizowanego systemu ciepłowniczego ma charakter prewencyjny – typu normatywnego. Wskazuje na to zrównoważony układ wszystkich typów prac obsługowo-naprawczych, a także przewaga prac (konserwacje i remonty), których częstotliwość i zakres opiera się głównie na wytycznych badań niezawodnościowych.

PODSUMOWANIE

Budowa modelu oceny polityki eksploatacyjnej pozwala na dokonanie analizy sposobu funkcjonowania organizacji utrzymania ruchu zarządzających badanymi sieciowymi systemami technicznymi. Możliwe i praktycznie uzasadnione są w tym zakresie cztery koncepcje, w szczególności:

- analiza polityki eksploatacyjnej sieciowego systemu technicznego,
- wzajemna analiza porównawcza polityki eksploatacyjnej, organizacji utrzymania ruchu o podobnej specyfice działalności (np. porównanie dwóch organizacji utrzymania ruchu zarządzających odrębnymi sieciowymi systemami technicznymi),
- czasowa analiza porównawcza polityki eksploatacyjnej organizacji utrzymania ruchu, prowadzona w odniesieniu do różnych okresów,

- symulacyjna analiza polityki eksploatacyjnej organizacji utrzymania ruchu, w oparciu o kontrolowaną zmianę wartości wybranych cech i wag.

Z wymienionych powyżej koncepcji, dwie pierwsze mają charakter statyczny, odnoszący się do określonego momentu czasowego. Natomiast dwie pozostałe koncepcje, ze względu na dużą zmienność czasową, mogą zostać wykorzystane do oceny sposobu i zakresu funkcjonowania organizacji utrzymania ruchu w warunkach dynamicznych zmian otoczenia, zarówno w relacji cechy przeszłe – cechy bieżące, jak i w odniesieniu do planowanego, rozważanego lub symulowanego stanu i specyfiki polityki eksploatacyjnej.

LITERATURA

1. A. Adamkiewicz, A. Burnos, *The maintenance of the ship turbines with the application of the key performance indicators*, Journal of POLISH CIMAC Diagnosis, reliability and safety, Vol. 5 No. 2, 2010, pp. 7-16.
2. A. Kelly, *Strategic Maintenance Planning*, Oxford (UK): Butterworth-Heinemann, 2006.
3. J. Levitt, *The Handbook of Maintenance Management*, New York: Industrial Press Inc.: 2009.
4. A. Loska, *Exploitation assessment of selected technical objects using taxonomic methods*, Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 15(1), 2013, pp. 1-8.
5. W.B. Niebel, *Engineering Maintenance Management*. New York: Marcel Dekker Inc., 1994.
6. R.W. Peters, *Maintenance Benchmarking and Best Practices: A Profit – and Customer - Centered Approach*, New York: McGraw-Hill, 2006.
7. *Obsługa – Kluczowe wskaźniki efektywności*, PN-EN 15341:2007.
8. T. Suzuki, *TPM in Process Industries*, Portland (Oregon): Productivity Press, 1994.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 04.2017

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 05.2017

dr inż. Andrzej Loska

Politechnika Śląska

Wydział Organizacji i Zarządzania

Instytut Inżynierii Produkcji

ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze, Polska

tel.: +48 2777363, e-mail: Andrzej.Loska@polsl.pl

ANALITYCZNY MODEL OCENY POLITYKI EKSPLOATACYJNEJ SIECIOWYCH SYSTEMÓW TECHNICZNYCH - STUDIUM PRZYPADKU

Streszczenie: Artykuł podejmuje problematykę oceny polityki eksploatacyjnej systemów technicznych. Po przeprowadzonej dyskusji nad modelami matematycznymi możliwymi do zastosowania w ocenie funkcjonowania służb technicznych przedsiębiorstw, przedstawiono koncepcję analityczną opartą na wypadkowej trzech wielkości: czasu, kosztów i liczby prac obsługowo-naprawczych, odniesionej do czterech kategorii prac. Zaproponowaną koncepcję poddano weryfikacji dla wybranych sieciowych systemów technicznych. Ostatnim aspektem podejmowanym w artykule jest analiza i interpretacja uzyskanych wyników w kontekście oceny polityki eksploatacyjnej.

Słowa kluczowe: polityka eksploatacyjna, sieciowe systemy techniczne, efektywność eksploatacyjna, zarządzanie utrzymaniem ruchu

ANALYTICAL MODEL OF THE EXPLOITATION POLICY ASSESSMENT OF TECHNICAL NETWORK SYSTEMS - CASE STUDY

Abstract: The article takes issues of the exploitation policy assessment of technical systems. After the discussion of the mathematical models possible for use in the assessment of the functioning of technical systems in enterprises, an analytical concept based on the resultant of the three features is presented: time, costs and quantity of maintenance tasks, referred to the four work categories. The proposed concept was verified for selected technical network systems. The last aspect of the article is the analysis and interpretation of the results obtained in the context of the exploitation policy assessment.

Key words: exploitation policy, technical network systems, exploitation efficiency, maintenance management