

# WYKORZYSTANIE FILOZOFII OBSŁUGIWANIA EKSPLOATACYJNEGO ŚRODKÓW TECHNICZNYCH UKIERUNKOWANEGO NA NIEZAWODNOŚĆ DZIAŁANIA W ZARZĄDZANIU MAŁYMI I ŚREDNIMI FIRMAMI

Andrzej WIECZOREK

**Streszczenie:** W artykule opisano filozofię obsługiwanego eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania (ang. Reliability Centred Maintenance) jako metodę rozwiązania wybranych problemów małych i średnich przedsiębiorstw. Opisano sposób jej wykorzystania oraz zilustrowano go przykładem środków technicznych mobilnych.

**Słowa kluczowe:** eksploatacja, zarządzanie, komputerowe wspomaganie, projektowanie, niezawodność.

## 1. Wprowadzenie

Większość spośród podmiotów gospodarczych w Polsce stanowią małe i średnie przedsiębiorstwa. Realizowanie przez nie zadań jest możliwe dzięki posiadanym środkom technicznym, których eksploatacja rodzi skutki widoczne w osiągniętej wydajności produkcji, ponoszonych kosztach produkcji oraz utrzymania ruchu oraz w działaniach na rzecz bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska. Osiągnięcia w tych obszarach wymagają wprowadzania w życie innowacyjnych rozwiązań o charakterze technicznym oraz organizacyjnym, które wynikają m.in. z wdrażanych w przedsiębiorstwach nowych filozofii utrzymania ruchu: filozofii obsługiwanego eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania (ang. Reliability Centred Maintenance - RCM), filozofii totalnego zarządzania utrzymaniem ruchu (ang. Total Productive Maintenance) oraz filozofii WCM (ang. World Class Manufacturing).

W artykule opisano potrzeby małych i średnich przedsiębiorstw w zakresie utrzymania ruchu. Wskazano ponadto na filozofię obsługiwanego eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania jako metodę rozwiązania wybranych problemów tych organizacji. Przedstawiono sposób jej wykorzystania oparty o metody z obszaru zarządzania utrzymaniem ruchu oraz o elementy metodologii projektowania i konstruowania Janusza Dietrycha. Pokazano również przykład zastosowania filozofii w eksploatacji środków technicznych mobilnych.

## 2. Zarządzanie eksploatacją środków technicznych w małych i średnich firmach [3]

W działaniach podejmowanych przez kierowników działu utrzymania ruchu małych lub średnich przedsiębiorstw widoczna powinna być widoczna troska o stabilną pracę maszyn i urządzeń. Wynika ona z faktu, iż w ich posiadaniu jest niewielka liczba eksploatowanych maszyn i urządzeń (zdarza się, że przedsiębiorstwo posiada tylko jednego typu maszynę) i występuje brak maszyn rezerwowych (rezerwy eksploatacyjnej). Sytuacja taka

powinna mobilizować kierownictwo przedsiębiorstw do gromadzenia oraz analizy danych o eksploatowanych obiektach, w tym danych o bieżącym stanie posiadanych środków technicznych oraz o ich możliwościach. Ponadto celowe w wielu przypadkach jest podejmowanie kroków w kierunku wypracowywania procedur obsługowo - naprawczych, które byłyby wykorzystywane, na wypadek potrzeby przeprowadzania napraw, polegających na usuwaniu skutków awarii. Ze względu na występującą często małą częstotliwość awarii, w przypadku, gdy w przedsiębiorstwie jest realizowana strategia według uszkodzeń (ang. Breakdown Maintenance) istotnym problemem staje się określanie średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami MTBF (ang. Mean Time Between Failures).

Oprócz wymienionej strategii w małym lub średnim przedsiębiorstwie realizowana jest strategia według ilości wykonanej pracy (ang. Preventive Maintenance), tzn. maszyny i urządzenia wymagają realizacji wybranych, okresowo wykonywanych czynności. Niektóre z nich opisane są w dokumentacji techniczno – ruchowej, inne natomiast wynikają z logiki i doświadczenia kierowników utrzymania ruchu. W rzeczywistości często są one jednak zaniechane ze względu na napięty harmonogram produkcji, koszty lub ze względu na brak świadomości potrzeb realizowania takich przeglądów. W wielu przypadkach parametry stanu maszyny stopniowo zbliżają się do stanu granicznego, aby ostatecznie go przekroczyć (maszyna przechodzi w stan niezdatności eksploatacyjnej). Nie stanie się tak dlatego, że osoba odpowiedzialna za wykonanie konserwacji nie dopilnowała wykonania zadania, ale dlatego, że o nim nie pomyślała.

Problemem w utrzymaniu ruchu w małych i średnich przedsiębiorstwach jest potrzeba racjonalizacji kosztów, zarówno bezpośrednich (zasobów: materiałowych, rzeczowych oraz ludzkich), a także pośrednich, w tym kosztów wynikających z powstawania awarii. Do zagadnień, które winny być przedmiotem rozważań, prowadzonych przez kierowników utrzymania ruchu winno być ograniczanie liczby awarii, a także minimalizowanie czasów występujących postojów. Wśród pytań, jakie winni oni sobie zadawać są: jaka jest awaryjność poszczególnych maszyn, ile czasu poświęcono na naprawy, ile ona kosztowała, jaka awaria była najdroższa, jaka awaria była najbardziej pracochłonna ?

### **3. Sposób zarządzania eksploatacją w małych i średnich firmach w warunkach realizacji filozofii RCM**

#### **3.1. Charakterystyka filozofii RCM**

Odpowiedzią na problemy małych i średnich przedsiębiorstw, wymienione w p. 2 może być filozofia obsługiwanie eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania. RCM, zgodnie z [5] można zdefiniować jako logiczny ciąg analiz, wykorzystywany do określenia wymagań serwisowych dowolnego urządzenia, w warunkach jego pracy (eksploatacji) zapewniających ciągłą realizację szeroko rozumianych oczekiwań użytkownika. RCM formułuje cele eksploatacyjne na poziomie funkcji, a nie na poziomie urządzenia. Inaczej mówiąc celem nie jest zapewnienie całkowitej niezawodności urządzenia jako takiego, lecz zapewnienie takiej jego niezawodności, jakiej wymaga realizacja funkcji, dla której środek techniczny ten jest wykorzystywany w danych warunkach.

Sposób podejmowania decyzji eksploatacyjnych, w warunkach realizacji filozofii obsługiwanie eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania został opisany w standardzie *SAE JA-1011 Evaluation Criteria for Reliability – Centered Maintenance (RCM) Processes*, wydanym przez Międzynarodowe

Stowarzyszenie Inżynierów Motoryzacji (ang. Society of Automotive Engineers) w 1998 r. Jest on oparty o siedem następujących pytań o:

- funkcje zasobu: czym są funkcje oraz związane z nimi standardy wymagań użytkowych dla zasobu w aktualnym kontekście operacyjnym ?
- błędy funkcjonalne – uszkodzenia: w jaki sposób zasób może utracić zdolność do wykonywania oczekiwanych funkcji ?
- przyczyny uszkodzeń – co powoduje powstanie każdego uszkodzenia ?
- skutki uszkodzeń: co się dzieje, kiedy powstanie dane uszkodzenie ?
- konsekwencje uszkodzeń: jakie jest znaczenie każdego uszkodzenia ?
- działania proaktywne: jakie działania należy podjąć, aby przewidzieć uszkodzenie lub zabezpieczyć się przed jego wystąpieniem ?
- pozostałe działania standardowe – co należy zrobić, kiedy nie można dobrać żadnego działania proaktywnego ?

Wśród działań proaktywnych (odpowiedź na pytanie 6) można wyróżnić:

- odnawianie elementu środka technicznego przed osiągnięciem przez niego stanu granicznego (ang. scheduled restoration tasks) – polega ono na przeprowadzaniu przeglądów konserwacyjnych i napraw planowanych w oparciu o cykl obsługowy, rzeczywisty czas pracy lub przebieg urządzenia,
- pozbywanie się elementu przed osiągnięciem przez niego stanu granicznego, planowe złomowanie elementu, niezależnie od stanu jego zużycia (ang. scheduled dicards tasks) – podobnie jak poprzednie w/w działanie jest traktowane jako działanie prewencyjne,
- działania przeprowadzane w wyniku oceny stanu technicznego elementów.

W przypadku, gdy nie ma możliwości przeprowadzenia żadnego działania proaktywnego istnieje możliwość wykonania jednego z następujących alternatywnych działań:

- poszukiwanie ukrytego uszkodzenia,
- przeprojektowanie komponentu, procesu itd.,
- decyzja o świadomym dopuszczeniu wystąpienia uszkodzenia.

### **3.2. Koncepcja zarządzania małym i średnim przedsiębiorstwem w warunkach realizacji filozofii RCM**

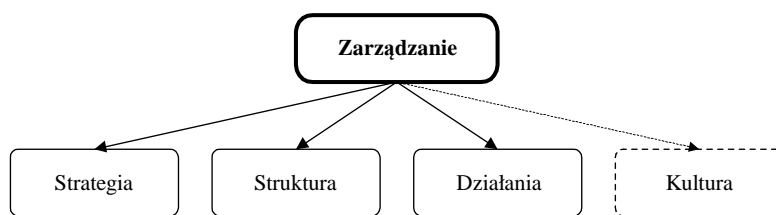
Realizacja filozofii obsługiwanego eksploatacyjnego środków technicznych, ukierunkowanego na niezawodność działania może mieć wpływ na otrzymanie następujących efektów w działalności małych i średnich przedsiębiorstw:

- wzrost bezpieczeństwa dla obsługi, jak również dla środowiska,
- skupienie wysiłków utrzymania ruchu na krytycznych środkach technicznych,
- szybkie reakcje służb utrzymania ruchu w odpowiedzi na wyniki badań diagnostycznych,
- zmniejszenie częstotliwości przeglądów,
- poprawa gotowości i zwiększenie niezawodności środków technicznych,
- problemy w mniejszej skali, pojawiające się w przypadku nowych środków technicznych,
- identyfikacja i eliminacja niepewnych elementów środków technicznych,
- zmniejszenie kosztów napraw,
- dobre zdefiniowanie oraz zoptymalizowanie procedur remontowych,

- poprawa wiedzy o środkach technicznych, co przyczynia się do redukcji kosztów ekspertyz,
- optymalizacja wykorzystania środków technicznych i ekonomicznie uzasadnionych wymian,
- polityki utrzymania ruchu, dostosowane do zmiennych okoliczności,
- wyższa wiedza i umiejętności operatorów,
- kreowanie pracy zespołowej,
- poprawa relacji interpersonalnych oraz kontaktów między pracownikami różnych komórek przedsiębiorstwa,
- wzrost produkcji, jej jakość i pewność,
- poprawa zyskowności przedsiębiorstwa,
- zmniejszenie strat produkcyjnych (obniżenie kosztów wynikających z utraconych możliwości),
- poprawa satysfakcji klienta,
- poprawa czasu dostaw,
- obniżka cen produktów (zmniejszenie w obszarach wartości dodanej),
- zmniejszenie liczby nieplanowanych postojów środków technicznych, które należy wprowadzić ze względu na konieczność przeprowadzenia napraw itd.

Ocena skutków realizacji filozofii RCM w zarządzaniu eksploatacją środków technicznych w małych lub średnich firmach może być dokonana poprzez analizę poszczególnych obszarów zarządzania, tj. strategii, struktur (organizacyjnych, informacyjnych oraz decyzyjnych), a także działań zarządczych (rys. 1). Aby zaspokoić potrzeby, wyszczególnione w p. 2 celem jej przeprowadzenia między innymi: jest:

- określenie na podstawie funkcji środka technicznego, przyjętych przez eksploatatora (które mogą się różnić od tych założonych przez producenta) oraz związanych z nimi błędów funkcjonalnych, ich przyczyn, efektów oraz konsekwencji - działań: proaktywnych lub alternatywnych,
- opracowanie w celu realizacji tych działań struktur utrzymania ruchu: organizacyjnych, informacyjnych i decyzyjnych,
- ustalenie komponentów środków technicznych, które winny być przedmiotem badań z wykorzystaniem metod diagnostyki technicznej (dla tych komponentów określa się strategię eksploatacji według stanu technicznego).



Rys. 1. Zarządzanie - ogólny schemat obszarów i zadań

Przeprowadzenie analizy RCM wymaga wykorzystania następujących metod:

- metoda pytań wyboru (TAK/NIE),
- metoda czynników krytyczności (ang. Criticality Factors),
- metoda kategoryzacji efektów uszkodzeń (ang. Failure Effect Categorization),
- metoda wyboru zadań (ang. Maintenance Task Selection),

- analiza przyczyn i skutków wad (ang. Failure Mode and Effect Analysis – FMEA).

Ponadto w celu ustalenia skutków realizacji filozofii obsługi eksploatacyjnego środka technicznego ukierunkowanego na niezawodność działania w zarządzaniu eksploatacją środków technicznych uzasadnione byłoby zastosowanie dla potrzeb analizy strategii eksploatacji środków technicznych (według uszkodzeń, według ilości wykonanej pracy oraz według stanu technicznego) oraz struktur: organizacyjnych, informacyjnych i decyzyjnych:

- modeli umożliwiających otrzymywanie dla różnych przyczyn uszkodzeń odpowiednich czasowo - kosztowych wskaźników i charakterystyk niezawodnościowo - efektywnościowych (w tym średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami),
- modeli stanowiących opis struktur małych i średnich firm, tj.: modeli ARIS oraz metod z obszaru analizy strukturalnej itd.

Konieczność uzupełnienia danych i informacji o własnościach oraz właściwościach środków technicznych (przede wszystkim o funkcjach środka technicznego i związanych z nimi błędach funkcjonalnych) wymaga uzupełnienia omawianej metody o:

- metody wykorzystywane w eksploatacji środków technicznych (np. analiza przyczyn uszkodzeń - ang. Root Cause Failure Analysis (RCFA)) - metoda ta pozwala na ustalenie dla wskazanych funkcji realizowanych przez obiekt techniczny danych o zdarzeniach niezamierzonych (usterki, awarie), a także przyczynach i przaprzczynach ich występowania,
- metody z obszaru projektowania i konstruowania środków technicznych. Pomocy w tym zakresie może dostarczyć metodologia projektowania i konstruowania środków technicznych, opracowana przez prof. Janusza Dietrycha i opisana w [1]. Dostarcza ona narzędzi, które umożliwiają podejmowanie racjonalnych działań w obszarze eksploatacji środków technicznych, tj. planowanie zadań proaktywnych w sposób uwzględniający występowanie ograniczonej trwałości tych środków, a także narzędzi, które wspomagają realizację zadań związanych z przeprojektowaniem środków technicznych, procedur itd. (działanie alternatywne). Gdy przeprojektowuje się środek techniczny, według prof. Dietrycha konieczne jest przestrzeganie: zasady optymalnego obciążenia, zasady optymalnego tworzywa, zasady optymalnej stateczności, zasady optymalnych stosunków wielkości związanych. Dzięki metodologii opracowanej przez prof. Dietrycha możliwe jest optymalizowanie zarówno środka technicznego, w celu realizacji przez niego funkcji określonych nie tylko przez jego projektanta/konstruktora, ale również przez jego eksploatatora, jak i optymalizowanie otoczenia środka technicznego (co jest istotą strategii RCM). Metodologia prof. J. Dietrycha pozwala na optymalizowanie zarówno jedynie środka technicznego, jak i tego środka w relacji do człowieka - obsługującego (relacji antropotechnicznej).

#### **4. Przykład ilustrujący wykorzystanie filozofii RCM w zarządzaniu małymi i średnimi firmami**

Przykład przedstawia pokazuje zastosowanie filozofii RCM w ustaleniu ekonomicznych skutków eksploatacji sprzęgła autobusu komunikacji miejskiej, użytkowanego w warunkach dużego natężenia ruchu miejskiego.

Realizacja zadania wymaga wykorzystania 2 systemów komputerowego wspomagania:

- systemu Excel, który wykorzystano w celu prowadzenia analizy RCM,

- systemu BLOCKSIM (firmy Reliasoft, wspomagającego prowadzenie analiz niezawodnościowych środków technicznych).

W omawianym przypadku metoda RCM obejmuje następujące etapy:

#### A. Zidentyfikowanie funkcji środka technicznego

Identyfikacja funkcji sprzęgła polegała była oparta o ustalone konteksty działania wyznaczonych przez warunki jego eksploatacji. Dla omawianego elementu warunki te różnią się między sobą:

- środowiskiem eksploatacji (warunki ruchu miejskiego, warunki otwartej przestrzeni),
- porą roku,
- wilgotnością nawierzchni jezdni (jezdnia: sucha, mokra, oblodzona),
- liczbą przewożonych pasażerów.

Przykład funkcji sprzęgła autobusu komunikacji miejskiej przedstawiono na rys. 2.

B
FUNKCJA
przenosić napęd w warunkach dużego ruchu miejskiego zimą jezdnią oblodzoną z dużą liczbą pasażerów

Rys. 2. Wybrana funkcja sprzęgła

Realizacja tego etapu analizy RCM narzuca potrzebę opracowania modeli oraz algorytmów, które usprawnią pozyskiwanie danych, na podstawie których możliwe będzie określenie standardu oraz kontekstu działania. Celowe staje się również poszukiwanie sposobów wskazywania funkcji obiektu technicznego, które powinny być przedmiotem analizy RCM.

#### B. Ustalenie dla poszczególnych funkcji sprzęgła błędów funkcjonalnych

Każdy błąd funkcjonalny odnosi się do funkcji realizowanych przez sprzęgło. Wykaz błędów funkcjonalnych (uszkodzeń) przedstawiono na rys. 3.

B	C
FUNKCJA	USZKODZENIE
przenosić napęd w warunkach dużego ruchu miejskiego zimą jezdnią oblodzoną z dużą liczbą pasażerów	utrudnione lub niemożliwe przenoszenie napędu

Rys. 3. Błąd funkcjonalny dla funkcji środka technicznego

#### C. Ustalenie dla poszczególnych błędów funkcjonalnych sprzęgła przyczyn oraz skutków ich występowania

Prowadząc analizę wskazano następujące przyczyny uszkodzeń sprzęgła. Są to:

- starzenie,
- zakłócenia smarowania,
- zanieczyszczenie,

- demontaż,
- błędy ludzkiej ograniczonej możliwości.

Wykaz przyczyn oraz skutków występowania uszkodzeń sprzęgła zestawiono na rys. 4a. oraz 4b.

C	D	E
USZKODZENIE	PRZYCZYNA USZKODZENIA-poziom 1	PRZYCZYNA USZKODZENIA-poziom 2
utrudnione lub niemożliwe przenoszenie napędu	tarcza dociskowa przekoszona	wygięte sprężyny płytkowe, odkształcona oprawa
	zaolejone okładziny	uszkodzona uszczelka wału
	smar na okładzinach ciernych	zbyt dużo smaru w piaście
	mokre okładziny	okładziny nabrały wilgoci
	za duże opory na pedale sprzęgła	ciągnio
		źle dobrane łożysko wyciskowe
		źle dobrana tuleja
	powietrze w obwodzie hydraulicznym	nieprawidłowa obsługa
		zużyta pompa/wyprężnik
	zużyta tuleja prowadząca	źle lub w ogóle niesmarowana
		nieprawidłowe lub uszkodzone elementy osadzenia
	osadzanie silnika/skrzynki biegów	gaźnik
	zła regulacja silnika	zapłon
	układ wtryskowy	

Rys. 4a. Błąd funkcjonalny odpowiadający funkcji sprzęgła na rys. 2 wraz z przyczynami jego występowania

D	E	F
PRZYCZYNA USZKODZENIA-poziom 1	PRZYCZYNA USZKODZENIA-poziom 2	EFEKT USZKODZENIA
tarcza dociskowa przekoszona	wygięte sprężyny płytkowe, odkształcona oprawa	sprzęgło szarpie
zaolejone okładziny	uszkodzona uszczelka wału	sprzęgło szarpie
smar na okładzinach ciernych	zbyt dużo smaru w piaście	sprzęgło szarpie
mokre okładziny	okładziny nabrały wilgoci	sprzęgło szarpie
za duże opory na pedale sprzęgła	ciągnio	sprzęgło szarpie
	źle dobrane łożysko wyciskowe	sprzęgło szarpie
	źle dobrana tuleja	sprzęgło szarpie
powietrze w obwodzie hydraulicznym	nieprawidłowa obsługa	
	zużyta pompa/wyprężnik	sprzęgło szarpie
zużyta tuleja prowadząca	źle lub w ogóle niesmarowana	sprzęgło szarpie
	nieprawidłowe lub uszkodzone elementy osadzenia	
osadzanie silnika/skrzynki biegów		sprzęgło szarpie
zła regulacja silnika	gaźnik	sprzęgło szarpie
	zapłon	sprzęgło szarpie
	układ wtryskowy	sprzęgło szarpie

Rys. 4b. Przyczyny uszkodzeń sprzęgła oraz odpowiadające im skutki (efekty).

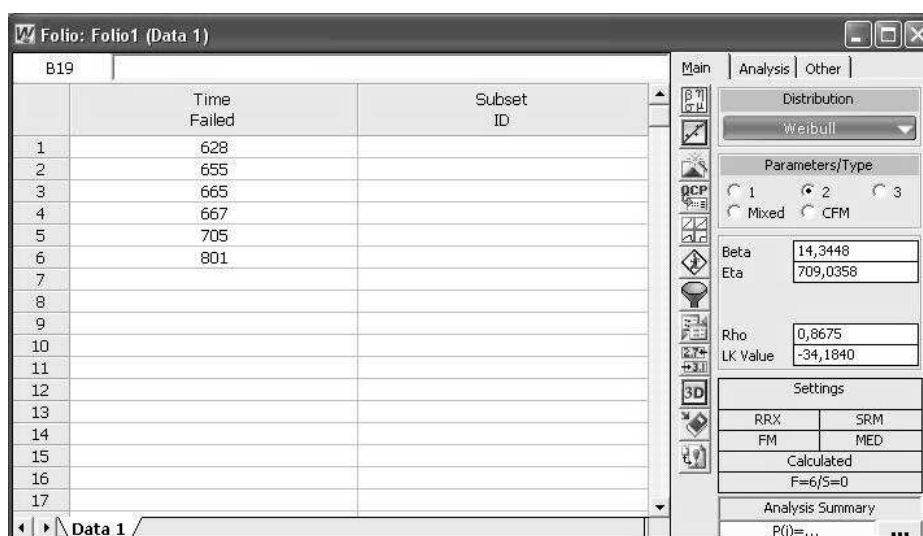
Realizacja etapów: B oraz C analizy RCM sprzęgła wymaga pozyskiwania danych o uszkodzeniach sprzęgła, a także przyczynach i skutkach ich występowania, dlatego też konieczne jest poszukiwanie metod umożliwiających ich otrzymanie. Ponadto duża ilość czasu, jaką należy przeznaczyć na prowadzenie analizy FMEA, a także mała jej dokładność uzasadnia potrzebę poszukiwania innych sposobów analizy uszkodzeń.

#### D. Ustalenie konsekwencji uszkodzeń sprzęgła

Wykorzystując metodę kategoryzacji efektów uszkodzeń sprzęgła wskazano konsekwencje uszkodzeń, wśród których można wyróżnić konsekwencje uszkodzeń widocznych oraz ukrytych o charakterze ekonomicznym.

#### E. Ustalenie konsekwencji uszkodzeń sprzęgła

Dla celów obliczenia kosztów wynikających z występujących uszkodzeń, w celu oszacowania średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami w programie Weibull++ wprowadzono dane o czasach do uszkodzenia dla poszczególnych przyczyn uszkodzeń (Rys. 5) oraz obliczono wartości średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami (Rys. 6).



The screenshot shows the Weibull++ software interface. The main window is titled 'Folio: Folio1 (Data 1)'. It features a data table with columns 'Time Failed' and 'Subset ID'. The data table contains the following entries:

	Time Failed	Subset ID
1	628	
2	655	
3	665	
4	667	
5	705	
6	801	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

The right-hand side of the interface shows the 'Analysis' tab with the following settings:

- Distribution: Weibull
- Parameters/Type: 1, 2, 3 (radio buttons)
- Mixed:  CFM:
- Beta: 14,3448
- Eta: 709,0358
- Rho: 0,8675
- LK Value: -34,1840
- Settings: RRX, SRM, FM, MED
- Calculated: F=6/S=0
- Analysis Summary: P()=...

Rys. 5. Czasy do uszkodzenia sprzęgła

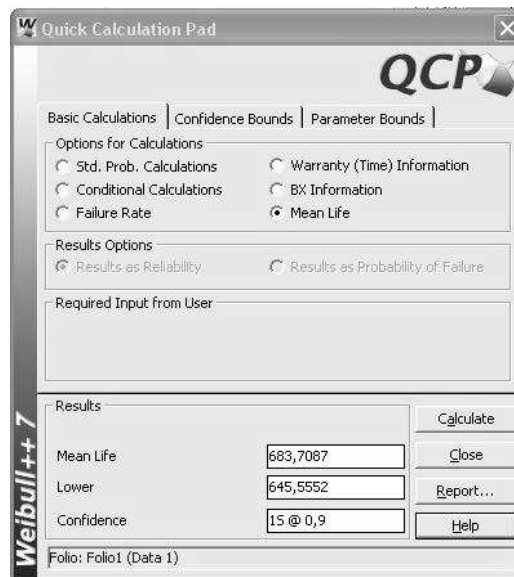
#### F. Ustalenie kosztów jednostkowych oraz kosztów całkowitych napraw

Dokonano oszacowania kosztów jednostkowych napraw, w oparciu o koszty zasobów, wykorzystywanych w celu realizacji obsługi i napraw, tj.:

- kosztów pracowników;
- kosztów materiałów,
- kosztów narzędzi,
- kosztów postojów.

Na podstawie kosztów jednostkowych napraw oraz średniego czasu między uszkodzeniami, obliczonego w p. E dokonano, dla każdej naprawy obliczenia całkowitego jej kosztu.





Rys. 6. Ekran zawierający wynik średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami (Mean Time)

### G. Wskazanie działań będących przedmiotem

Na podstawie drzew decyzyjnych, opisanych w [4] wskazano działania proaktywne oraz alternatywne, które powinny być podjęte wobec sprzęgła (Rys. 7).

E	J	K
PRZYCZYNA USZKODZENIA-poziom 2	DZIAŁANIE PROAKTYWNE	DZIAŁANIE ALTERNATYWNE
wygięte sprężyny płytkowe, odkształcona oprawa	wymienić tarczę dociskową, montować zgodnie z instrukcją	
uszkodzona uszczelka wału	wymienić uszczelkę i tarczę sprzęgła	
zbyt dużo smaru w piąście		
okładziny nabrały wilgoci		w czasie jazdy wielokrotnie użyć sprzęgła, sprzęgło odparuje ciężno
źle dobrane łożysko wyciskowe		
źle dobrana tuleja	naprawić zespół dociskowy	
nieprawidłowa obsługa		
zużyta pompa/wyprężnik	odpowietrzyć, wymienić części	
źle lub w ogóle niesmarowana	wymienić tuleję prowadzącą	
nieprawidłowe lub uszkodzone elementy osadzenia	naprawić lub wymienić	
gaźnik	wyregulować	
zapłon	wyregulować	

Rys. 7. Wykaz działań proaktywnych oraz alternatywnych do realizacji dla sprzęgła

## 5. Wnioski

Artykuł stanowi próbę zarysowania koncepcji rozprawy habilitacyjnej. Koncentrowałaby się ona poszukiwaniu sposobu racjonalizacji środków technicznych, eksploatowanych w małych i średnich przedsiębiorstwach oraz racjonalizacji ich otoczenia

w oparciu o funkcje, nadawane tym środkom przez ich eksploatorów. Dlatego też zaproponowano wykorzystanie filozofii obsługi eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania. Szczególna troska o eksploataowane obiekty wyrażana przez kierujących utrzymaniem ruchu w małych i średnich przedsiębiorstwach sprawia, iż filozofia RCM może stanowić skuteczny sposób rozwiązywania problemów w obszarze zarządzania eksploatacją środków technicznych w omawianych organizacjach. Właściwe jej wykorzystanie dla potrzeb ich rozwiązywania wymaga jednak uzupełnienia analizy RCM o dodatkowe narzędzia, zarówno te opisywane w publikacjach z zakresu zarządzania, w szczególności z zakresu zarządzania eksploatacją środków technicznych, jak metody z obszaru projektowania i konstruowania tych środków. Rozwiązań zaliczanych do drugiej wymienionej grupy metod dostarcza metodologia projektowania / konstruowania, opracowana przez prof. Janusza Dietrycha. Potrzeba uzupełnienia omawianej analizy o dodatkowe metody może wynikać z faktu, iż jej wykonanie powinno być poprzedzone pozyskaniem odpowiednich danych dla celów jej przeprowadzenia – w takim przypadku aby osiągnąć ten cel możliwe jest zastosowanie zarówno istniejących metod (np. analizy RCFA), jak i metod nowatorskich. Przykładem tych ostatnich mogłyby być modele oraz algorytmy, usprawniające pozyskiwanie danych, na podstawie których możliwe byłoby określenie standardów oraz kontekstów działania, jako składników funkcji obiektu. Celowość uzupełnienia analizy RCM o dodatkowe metody może również wynikać z potrzeby usprawnienia prowadzenia analizy. Przykładem mogłoby być jej uzupełnienie o sposób wskazywania funkcji obiektu technicznego, które powinny być przedmiotem analizy RCM. Przewiduje się ponadto w ramach proponowanej metodyki zastąpienie wybranych metod innymi, bardziej dokładnymi oraz bardziej efektywnymi.

Przedmiotem dalszych badań prowadzonych przez autora będzie opracowanie sposobu wdrażania analizy RCM w małych i średnich przedsiębiorstwach. Prowadzone badania zostaną ukierunkowane na opracowanie rozwiązań narzędziowych wspomagających realizację filozofii RCM. Przykład w punkcie 4 pokazuje, iż uzasadnione będzie zaproponowanie wykorzystania z tym obszarze rozwiązań narzędzi zintegrowanych. Przedmiotem zainteresowania będzie również przygotowanie koncepcji ich wdrożenia.

## Literatura

1. Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT, Warszawa, 1978.
2. Jaśkiewicz Z. Wąsiewski A.: Układy napędowe pojazdów samochodowych. Obliczenia projektowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002.
3. Mazurek W.: Utrzymanie ruchu w małym i średnim przedsiębiorstwie w kontekście programu CMMS Maszyna i systemu Golem OEE. [www.neuron.com.pl](http://www.neuron.com.pl).
4. Moubay J.: RCM II. Elsevier, Oxford, 2007.
5. Pietrzyk A., Uhl T.: Optymalizacja eksploatacji maszyn i urządzeń. Diagnostyka, vol. 6/2002, s. 29 – 36.

Dr inż. Andrzej WIECZOREK  
Instytut Inżynierii Produkcji  
Politechnika Śląska  
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28  
tel./fax.: (0-32) 277 73 63  
e-mail: Andrzej.Wieczorek@polsl.pl