

IMPLEMENTACJA MODELU RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE DO KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI

Łukasz DZIERŻANOWSKI, Rafał GASZ

Streszczenie: Artykuł przedstawia RCM, nowoczesną strategię remontową, w której funkcją celu jest niezawodność systemu. Filozofia koncentracji na niezawodności rozwijana jest od 50 lat, szczególnie w lotnictwie, ale coraz częściej znajduje zastosowanie w niemal wszystkich gałęziach przemysłu. Model RCM posiada swoją własną terminologię, metodykę identyfikacji sytuacji oraz oceny awarii. W artykule zaprezentowano również dwa przykładowe programy komputerowe będące implementacją tego modelu.

Słowa kluczowe: diagnostyka, podejmowanie decyzji, RCM, modele remontowe.

1. Wstęp

Każde przedsiębiorstwo skierowane jest na osiągnięcie zysku, co zależy od wielu czynników, min. od możliwości ciągłego dostarczania usług, oraz stałego podnoszenia bezpieczeństwa i niezawodności używanych czynników materialnych przedsiębiorstwa pomimo postępującego procesu starzenia sprzętów, maszyn, itp.

By zapobiegać lub wcześniej przewidywać możliwość awarii wdrażane są różnego rodzaju techniki obsługi, które skierowane są na ograniczenie wystąpienia uszkodzeń w całych systemach produkcyjnych jak także w poszczególnych modułach. Możliwość przewidzenia wystąpienia awarii daje ocenę stanu poszczególnych modułów, co wraz z oceną ryzyka wystąpienia awarii pozwala na wybranie optymalnej strategii obsługi. Do najpopularniejszych strategii obsługi czy też modeli remontowych należą: Time Based Maintenance (TBM) – obsługa zależna od czasu, wykonywanie remontów i inspekcji odbywa się w ściśle określonych odstępach czasowych, Condition Based Maintenance (CBM) – obsługa zależna od stanu, model remontowy mający w założeniu, iż możliwość wystąpienia awarii nie jest bezpośrednio zależna od wieku urządzenia, ale także od sposobów jego produkcji i eksploatacji, oraz najbardziej popularna i rozwijająca się metoda Reliability-Centered Maintenance (RCM) – metoda skierowana na uzyskanie niezawodności.

2. Początki Reliability-Centered Maintenance

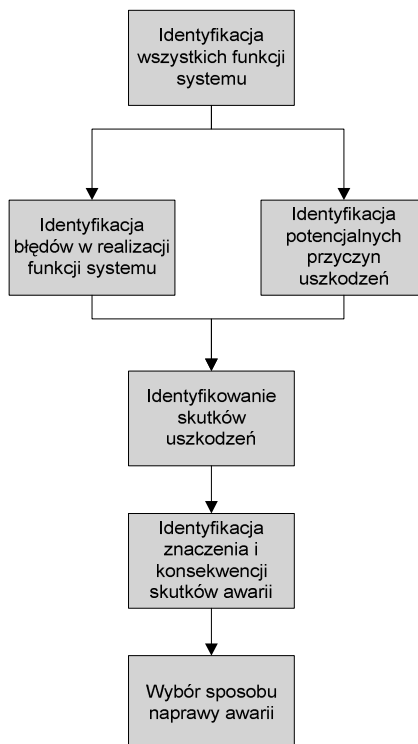
Historia RCM sięga wczesnych lat 60-tych, kiedy Zarząd Lotnictwa Cywilnego USA (FAA) rozpoczął proces odbiorów klasyfikacyjnych nowego samolotu Boeing 747-100. Proces ten wymagał od producenta samolotu przygotowania specjalnego programu serwisowego dla zapobiegania awariom tego samolotu. Ponieważ nowy samolot zabierać miał na pokład trzykrotnie więcej pasażerów założono, iż program ten będzie o wiele bardziej rozbudowany niż dla poprzedniego modelu 707, a jego główny nacisk położony

zostanie na niezawodność. Boeing oraz United Airlines, który stał się pierwszym użytkownikiem nowego samolotu zdawali sobie sprawę, z tego, iż przy tak wygórowanych wymaganiach, jakie postawiono nowemu produktowi Boeinga, tradycyjna eksploatacja samolotu oparta o okresowe przeglądy będzie mogła stać się nieopłacalna, jak także będzie mogła doprowadzić do niewłaściwej eksploatacji maszyn a zagwarantowanie bezpieczeństwa okazało się zbyt kosztowne dla zapewnienia ekonomiki latania.

Przy opracowaniu nowego standardu stwierdzono, że:

- planowe remonty mają znikomy wpływ na niezawodność złożonych systemów, chyba, że istnieje w nich jakiś dominujący rodzaj uszkodzenia,
- istnieje wiele zespołów i komponentów, dla których nie można określić żadnej efektywnej formy planowych przeglądów zapobiegawczych.

Po akceptacji nowej strategii remontowej przez Lotnictwo Wojskowe USA, nastąpił szybki rozwój tego modelu – został on dopasowany do określonych grup i przedsiębiorstw gdzie miał zostać implementowany. Obecnie RCM jest powszechnie przyjęty przez większość linii lotniczych na świecie. Jest również stosowany jako podstawa dla programów przygotowania do lotu nowego Boeinga 777 i Airbusa 330/340 oraz dla innych nowych konstrukcji. Stanowi źródło dla licznych strategii i programów utrzymania ruchu w zastosowaniach wojskowych i cywilnych wielu branż takich jak energetyka, transport morski i lądowy (koleje, flota pojazdów), przemysł ciężki, przemysł motoryzacyjny, górnictwo, przemysł naftowy i gazowy, chemiczny, celulozowo-papierniczy, farmaceutyczny, w utrzymaniu nowoczesnych biurów, jak także w eksploatacji szpitali.



Rys. 1. Proces analityczny modelu RCM

3. Zasady działania modelu Reliability-Centered Maintenance

Celem modelu RCM nie jest zapewnienie maksymalnej niezawodności urządzeń, lecz zapewnienie jej na takim poziomie, jakiego wymaga realizacja funkcji przez te urządzenia w danych warunkach. Analiza systemu w modelu RCM (rys. 1) polega na systematycznym identyfikowaniu wszystkich funkcji, błędów w realizacji tych funkcji oraz wszystkich potencjalnych przyczyn uszkodzeń. Następnie identyfikowane są bezpośrednie skutki wymienionych uszkodzeń, ich znaczenie i konsekwencje. Kiedy wszystkie informacje zostaną pozyskane, w zależności od stopnia krytyczności uszkodzenia, dobierana jest najbardziej odpowiednia polityka utrzymania ruchu dla analizowanego zasobu (obiektu) majątkowego, którym może być urządzenie produkcyjne, pojazd, instalacja, system energetyczny. Powstaje specyfikacja działań eksploatacyjnych – profilaktycznych lub innych, określonych przez metodę. Działania te tworzą program utrzymania danego zasobu w pożądanej funkcjonalności dostosowanej do wymaganych parametrów operacyjnych.

RCM, jako jedyna z metod diagnostyki remontowej, uwzględnia wszystkie warianty działań: wywołane diagnozowanym stanem technicznym urządzenia, planowe konserwacje, planowe wymiany komponentów, poszukiwanie ukrytych uszkodzeń oraz jednorazowe modyfikacje jak np. przeprojektowanie komponentów, zmiany procedur operacyjnych, dodatkowy trening operatorów, lub inne działania spoza tradycyjnego zakresu prac serwisowych. Jednym z oryginalnych wniosków wynikających z analizy jest również świadome dopuszczenie do powstania uszkodzenia, by np. opłacalne było wykonanie remontu.

Metoda RCM wykorzystuje o uszkodzeniach, rezerwy systemowe oraz doświadczenia eksploatacyjne w celu stworzenia elastycznego programu obsługowego. Stanowi metodę rozwoju i wyboru spośród projektów obsługiwanych, bazujących na bezpieczeństwie, oraz kryteriach eksploatacyjnych i ekonomicznych [2]. Ponieważ w metodzie główny nacisk jest położony na funkcjonalność istotna okazuje się terminologia opisana w tab. 1.

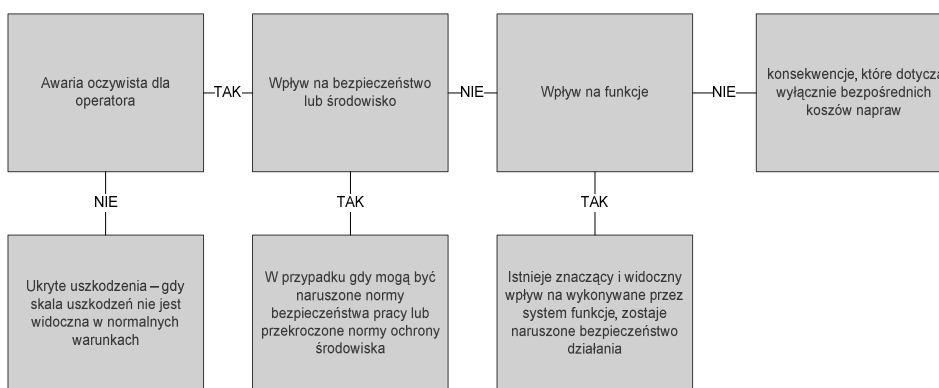
Tab. 1. Terminologia stosowana w modelu RCM [2]

System	Stanowi zbiór składników wypełniających razem jedną lub wiele funkcji. Funkcja realizowana jest przez system nie może być wypełniana przez pojedyncze elementy.
Podsystem	Wyposażenie lub składniki, które wspólnie realizują jedną lub wiele funkcji i mogą być traktowane jako wyodrębnione jednostki w systemie. Każda jednostka ma swój fizyczny obrys oraz określone wejścia i wyjścia.
Uszkodzenie funkcjonalne	Każdy podsystem spełnia określone funkcje. Uszkodzenia funkcjonalne nie odnoszą się do specyficznych problemów wyposażenia, ale opisują problemy funkcjonowania takie, jak np. pełny lub częściowy zanik mocy, niewłaściwy odczyt napięcia itd.
Rodzaj uszkodzenia	Rodzaj uszkodzenia identyfikuje określone wyposażenie, określony stan mogący powodować utratę funkcji podsystemu. Rodzaje uszkodzeń wskazują, w jakich warunkach muszą zaistnieć uszkodzenia wyposażenia, aby spowodować uszkodzenia funkcjonalne. Dla uszkodzenia funkcjonalnego np. niewłaściwy odczyt napięcia, strata czujnika itp.

3.1. Wdrażanie metody w systemach komputerowych

Wdrożenie RCM w systemie komputerowym opiera się na implementacji jednej lub kilku z metod umożliwiających identyfikację problemu, uszkodzenia. Często stosuje się podział dużego systemu na mniejsze, wydzielanie i upraszczanie systemów zwanych podsystemami. Następnie określa się funkcje i możliwe skutki awarii każdego z podsystemów. Najczęściej stosuje się jedną lub połączenie kilku poniższych metod oceny stanu podsystemów:

- 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).



Rys. 2. Schemat oceny awarii w modelu RCM, metoda pytań wyboru

Metody RCM opierają się na regułach zawartych w tzw. siedmiu pytaniach RCM. Zawarte są w nich specyficzne kryteria, na które proces analityczny poddany ocenie powinien odpowiadać w sposób satysfakcjonujący.

Siedem pytań modelu RCM sformułowano następująco:

1. Jakie są funkcje zasobu?
2. Jakie wystąpiły błędy funkcjonalne – uszkodzenia?
3. Jakie były przyczyny uszkodzeń?
4. Jakie są bezpośrednie skutki uszkodzeń?
5. Jakie są konsekwencje uszkodzeń?
6. Jakie działania należy podjąć, aby przewidzieć uszkodzenie lub zabezpieczyć się przed jego wystąpieniem?
7. Pozostałe działania standardowe:
 - a. poszukiwanie ukrytego uszkodzenia,
 - b. przeprojektowanie,
 - c. świadome dopuszczenie do powstania uszkodzenia.

Ponieważ celem utrzymania ruchu jest się zapewnienie, że zasób majątkowy wykonuje te funkcje, których oczekuje od niego właściciel lub użytkownik, każdy proces RCM musi tym samym zapewnić, że właściciel/użytkownik stanowi integralną część procesów eksploatacji zasobów. Jeśli dostawca urządzenia zamierza opracować program serwisowy wykorzystując RCM, nie wystarczy, jeśli wręczy po prostu użytkownikom taki program bez zebrania informacji o oczekiwaniach użytkowników od nabytego urządzenia w danych warunkach pracy.

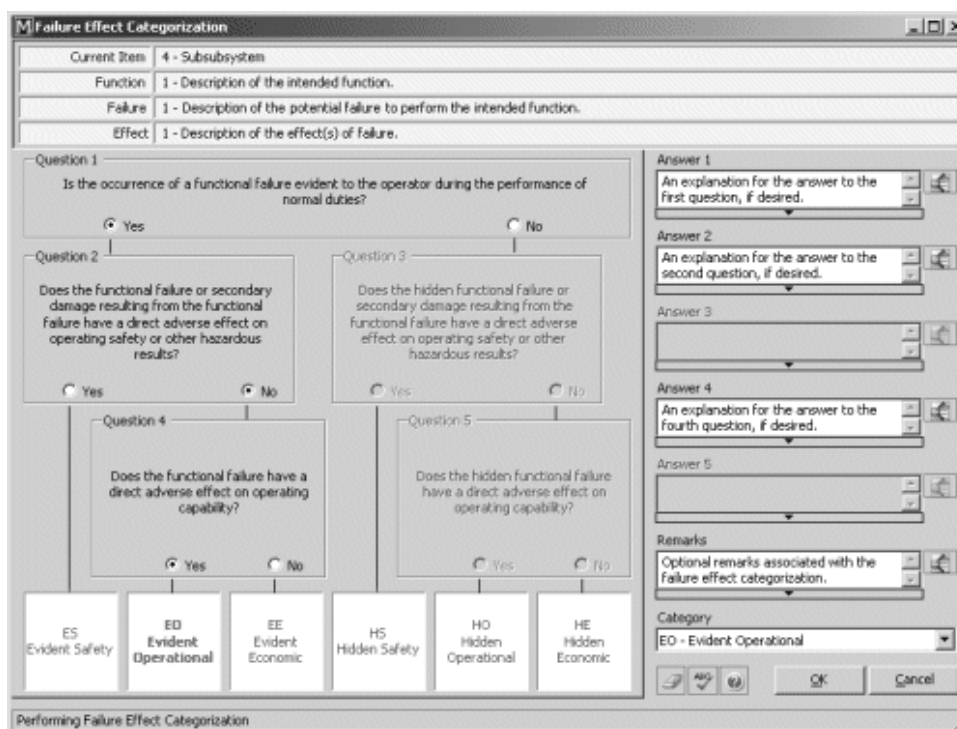
3.2. Przykłady oprogramowania stosującego metodę RCM

Zastosowanie metody RCM w systemie komputerowym do wspomaganie oceny komponentów systemu jest niezwykle kłopotliwe. Aby dany system komputerowy mógł uzyskać miano systemu implementującego metodę RCM, musi on zawierać szereg metod i spełniać standardy opisane powyżej. Dodatkowo należy zebrać szczegółowe dane, odpowiednio je posegregować oraz przeprowadzić szereg analiz i dokonać oceny odpowiednich parametrów wyceny zepsucia komponentów. Należy także pamiętać o tym, że metodę tę stosuje się w wielu branżach: od lotnictwa, przez energetykę po diagnostykę sprzętu szpitalnego. Każda z tych dziedzin stawia na niezawodność swoich systemów, dlatego każde oprogramowanie musi być przystosowane dla konkretnego odbiorcy.

Przykładem oprogramowanie, które implementuje model RCM jest program firmy RealiaSoft o nazwie RCM++. Program ten ułatwia analizowanie i zarządzanie danymi oraz ich raportowanie do modelu RCM. Oprogramowanie jest zintegrowane z analizami FMEA/FMECA. RCM++ wspiera standardy takie jak [3]: MSG-3, SAE JA1012, NAVAIR 00-25-403, SAE J1739, AIAG FMEA-3, MIL-STD-1629A dla FMEA/FMECA. Istnieje możliwość dopasowania interfejsu wraz z raportami do indywidualnych potrzeb użytkowników. Pakiet programu wykorzystuje 2 z spośród najpopularniejszych metod analizy i diagnostyki systemu, są to:

- Pytania wyboru (tak/nie),
- Współczynniki krytyczności (skale rankingowe).

Pakiet RCM++ wspiera tzw. metodę porządkowania konsekwencji powstałych w wyniku uszkodzeń (Failure Effect Categorization). Udostępnia również wybór zdarzeń niezbędnych do naprawy w postaci algorytmu dla wszystkich dostępnych standardów. Rozbudowany interfejs (rysunek 3) daje możliwość każdemu użytkownikowi dopasowania kategorii pytań do własnych potrzeb. Wadą tak rozbudowanego interfejsu jest ilość informacji, jakie otrzymuje użytkownik, niekoniecznie w danej chwili potrzebnych.



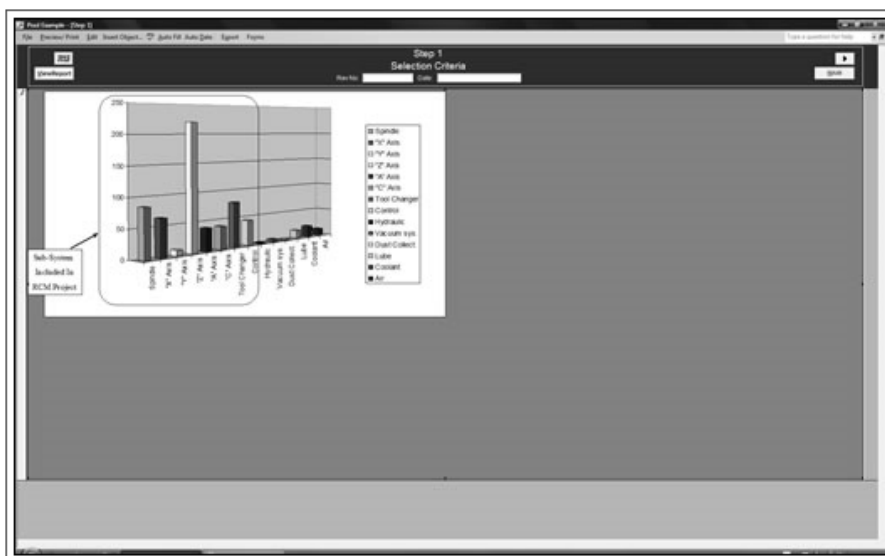
Rys. 3. Wygląd interfejsu programu RCM++[3]

RCM++ umożliwia korzystanie z gotowych raportów, które mogą być bezpośrednio generowane w programie Excel, Word. Pełne raportowanie otrzymanych wyników w znacznym stopniu skraca czas pracy. Dzięki bogatemu modułowi graficznemu, uzyskane wyniki można oglądać w różnych postaciach. Program jest w pełni zintegrowany z oprogramowaniem Xfmea, dzięki czemu użytkownik może także w pełni korzystać z możliwości procesów FMEA/FMECA. Dostępne są m.in. metody: RPN, CA (Criticality Analysis).

Oprogramowanie RCM++ pozwala pracować wielu użytkownikom jednocześnie nad tym samym projektem, dzięki czemu mogą oni wymieniać między sobą informacje. Praca współbieżna jest możliwa dzięki implementacji oprogramowania pod bazami danych SQL firmy Oracle. Dużym utrudnieniem implementacji tego oprogramowania jest wielość różnego rodzaju funkcji, co jest powodem długoterminowych szkoleń, jakimi należy poddać pracowników by w odpowiedni sposób interpretowali otrzymane komunikaty programu. Kłopot stanowi także zebranie wszystkich danych oraz odpowiednie umieszczenie ich w bazach danych by w sposób optymalny, zbliżony do rzeczywistego potrafiły przewidzieć obecny stan systemu. Oprogramowanie to można wdrożyć w różnego rodzaju firmach, od monitorowania linii produkcyjnych do diagnostyki sprzętu medycznego.

Kolejnym przykładem oprogramowania implementującego metodę RCM jest program firmy JMS Software o nazwie RCM WorkSaver. Oprogramowanie wdraża tradycyjny model RCM oparty głównie o zasadę 7 pytań. Obecna jego wersja może pomóc użytkownikowi w rozwoju strategii części zamiennych. Proces ten rozpoczyna się w kroku

7, gdzie można wybrać części zamienne do diagnostyki. Po dokonaniu analizy RCM, można przejść do części zamiennych modułu i priorytetów strategii, zapasowe części w oparciu o czynniki takie jak koszty przestoju, dostępności części i czasu naprawy. Ponadto program ten pozwala na śledzenie kosztów dostawcy i ceny. Do klasycznego modelu zastosowano także zasadę Pareto, która ma za zadanie wspomaganie modelu RCM.



Rys. 4. Wygląd interfejsu programu RCM WorkSaver [4]

Dużą zaletą tego oprogramowania są małe wymagania sprzętowe i ograniczenie do minimum interfejsu użytkownika (rysunek 4), prezentacja parametrów jest w dość prosty sposób. Ograniczenia ułatwiają pracę użytkownikom, nie idą w parze z rozwiązaniami zapewniającymi spójność danych i pracę wielowątkową, niestety w tym programie jest ona niemożliwa. Jednak do średnich przedsiębiorstw implementacja tego produktu może być dobrym rozwiązaniem.

Istnieje także wiele różnego rodzaju oprogramowania dedykowanego do poszczególnych grup technologicznych i produkcyjnych, jak np. oprogramowanie używane w lotnictwie cywilnym (implementowane głównie przez Airbusa i Boeinga) i wojskowym. Oprogramowanie implementowane do ocen stanu budynków, zwłaszcza nowoczesnych wieżowców, oprogramowania specjalistyczne wdrażane w elektrowniach. Jak także dedykowane oprogramowanie do diagnostyki aparatury medycznej, której wdrażaniem w dużej mierze zajmuje się niemiecka firma Siemens.

4. Podsumowanie i wnioski

Rozwijająca się diagnostyka remontowa oraz szybkość, w jakiej muszą być podejmowane decyzje wymusza implementowanie najbardziej odpowiednich metod remontowych ze wsparciem komputerowym.

Obecnie najpopularniejszym modelem remontowych jest model RCM, głównie dzięki temu, iż jest on ukierunkowany na niezawodność, co w dzisiejszych czasach stanowi podstawę wszystkich systemów, a zwłaszcza systemów implementowanych w lotnictwie, energetyce, ocenie stanu budynków czy też sprzętu szpitalnego.

Przy produkcji oprogramowania oprócz spełnienia wysokich kryteriów metody RCM istotne jest dostarczenie użytkownikom końcowym funkcjonalności w możliwie przystępny sposób. Należy znaleźć złoty środek pomiędzy przekazem informacji (ważnych informacji) a ich odpowiednią wizualizacją.

Literatura

1. Wieczorek A.: Wykorzystanie filozofii obsługiwanego eksploatacyjnego środków technicznych ukierunkowanego na niezawodność działania w zarządzaniu małymi i średnimi firmami, Konferencja KZZZ, Zakopane, 2010.
2. Jones R. B.: Risk-Based Management. A reliability-Centered Approach, Gulf Publishing Company, 1995.
3. Strona firmy ReliaSoft: <http://www.reliasoft.com/>.
4. Strona firmy JMS Software: <http://www.jmssoft.com/Default.aspx>.
5. Reliability-Centered Maintenance, <http://www.mutualconsultants.co.uk/rcm.html>, 28.03.2010.

Dr inż. Łukasz DZIERŻANOWSKI

Inż. Rafał GASZ

Institut Elektrowni i Systemów Pomiarowych
Politechnika Opolska

45-272 Opole, ul. Sosnkowskiego 31

tel./fax.: (0-77) 40 06 067

e-mail: l.dzierzanowski@po.opole.pl

r.gasz@student.po.edu.pl



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Artykuł współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

