

Jerzy MAGIERA

NIEZAWODNOŚCIOWA STRATEGIA OBSŁUGIWANIA POJAZDÓW SZYNOWYCH

Streszczenie. Opracowanie omawia podstawowe zagadnienia związane z użytkowaniem obiektów technicznych: pojazdów, maszyn itp. Przedstawia strategię odnowy obiektów technicznych stosowane w kraju, niezawodnościową strategię obsługiwaną obiektów technicznych wg zasad opracowanych w Wielkiej Brytanii oraz główne problemy i metodykę prac wg NSO.

RELIABILITY-CENTRED MAINTENANCE OF RAIL VEHICLES

Summary. The paper describes basic problems which are connected with use of technical devices: vehicles, machines and so on. Reconditioning strategies of technical devices which are used in Poland. Reliability strategy of technical devices used according to standards which have been done in Great Britain. Main problems and methods according to RCM.

1. WSTĘP

Pojazdy szynowe, tak jak wszystkie obiekty techniczne, muszą być co pewien okres poddawane zabiegom odnowy. Wiadomo, że w czasie użytkowania tabor kolejowy zużywa się: jego elementy czy zespoły ulegają postępującym procesom zużycia. Odnowa powoduje przedłużenie okresu eksploatacji pojazdu, co w efekcie prowadzi do obniżenia kosztów jego działania. Jeżeli użytkownik decyduje się na przerwanie użytkowania obiektu i poddanie go odnowie w chwili, kiedy działał on jeszcze poprawnie, to przedłużenie okresu eksploatacji obiektu nastąpi znacznie mniejszym kosztem niż w przypadku, gdy odnowa będzie przeprowadzona na obiekcie znajdującym się w skrajnym stopniu zużycia (uwzględnić tutaj należy również względy bezpieczeństwa). Z drugiej strony, zbyt częste przerywanie działania obiektu w celu odnowy, prócz konsekwencji wynikających z wyłączenia go z ruchu, prowadzi do wzrostu kosztów eksploatacji. Stąd też racjonalne użytkowanie obiektu musi uwzględniać te okoliczności. Tak więc opracowanie strategii odnowy obiektu, czyli określenie zasad, wyznaczenie chwil (czasów), w których obiekt ma być skierowany do odnowy, powinno być doko-

nane w sposób optymalny. Oznacza to, że decyzja o przerwaniu pracy obiektu musi uwzględniać różnorakie, wynikające z niej skutki i jednocześnie prowadzić do minimalizacji sumarycznych strat. Z reguły strategię odnowy dla konkretnego obiektu określa jego producent, wyznaczając chwile (zależne od czasu użytkowania, przebiegu), w których obiekt powinien być skierowany do odnowy.

W praktyce eksploatacyjnej można wyróżnić trzy podstawowe strategie odnowy obiektów. Najprostsza z nich, to użytkowanie do awarii, czyli użytkowanie obiektu aż do chwili uszkodzenia. Przeciwnością tej strategii jest tzw. „system PZR” - planowo-zapobiegawczych remontów (napraw), stosowany w eksploatacji taboru szynowego. W tej strategii chwile skierowania pojazdu do naprawy wyznacza się na podstawie stwierdzenia, że wykonał on pracę o określonej wielkości. Miernikami ilości wykonanej pracy mogą być m. in. godziny pracy, przebieg kilometrów, czas kalendarzowy. W zależności od ilości wykonanej pracy pojazd kieruje się do odpowiedniego rodzaju naprawy zapobiegawczej, przy czym nie zależy to od faktycznego zużycia obiektu. Trzecią odmianą strategii odnowy jest „użytkowanie do planowego przeglądu” - system PP. Strategia pośrednia między dwoma poprzednimi polega na tym, że obiekt po wykonaniu określonej ilości pracy jest poddany przeglądowi, w którym określa się jego stan techniczny. Zależnie od stwierdzonego stopnia zużycia obiekt jest kierowany do naprawy zapobiegawczej lub użytkowany dalej.

Stosowanie każdej z tych strategii uwarunkowane jest wieloma okolicznościami. Żadna z nich jednak nie zapewnia stworzenia warunków do uzyskania jak najwyższego stopnia niezawodności użytkowanego obiektu.

2. NIEZAWODNOŚCIOWA STRATEGIA OBSŁUGIWANIA POJAZDÓW SZYNOWYCH

Niezawodnościowa strategia obsługiwaną (*RCM - Reliability-Centred Maintenance*) jest procesem, który powinien zapewnić uzyskanie możliwie najwyższej niezawodności taboru. Wiadomo, że na niezawodność eksploatacyjną pojazdu ma duży wpływ sposób jego eksploatacji i obsługiwaną. Według NSO identyczne urządzenia techniczne wymagają różnych metod obsługiwaną, uzależnionych od warunków, w jakich są użytkowane. Jest to w sprzeczności do realizowanych w wielu przedsiębiorstwach zasad przyjmujących niezmienną założonych planów obsługiwaną.

NSO jest procesem stosowanym do określania wymagań odnośnie do utrzymania (prac obsługowo-naprawczych) wszelkich obiektów technicznych w zależności od warunków pracy. Niezawodność obiektów określa się (lub powinno określać) już na etapie ich projektowania. W praktyce jest ona zazwyczaj dużo mniejsza, ze względu na warunki eksploatacji i metody obsługiwaną. Zadaniem NSO jest takie określenie strategii obsługiwaną, które pozwoliłoby na zachowanie przez nie postulowanej niezawodności. Zakłada się, że identyczne obiekty techniczne będą wymagały różnych planów prac obsługowo-naprawczych zależnie od różnych warunków pracy. Przeważająca większość producentów uważa natomiast, że ogólne wymagania dotyczące zabiegów obsługowo-naprawczych mogą być dla danych urządzeń jednoznacznie określone, bez względu na warunki, w jakich te urządzenia pracują.

W opracowaniu niniejszym przedstawia się zarys wprowadzenia NSO, możliwości zastosowania i korzyści, które z tego wynikają.

3. METODYKA PRAC NAPRAWCZYCH

3.1. Etapy prac obsługowo-naprawczych

Metodyka przeprowadzania prac obsługowo-naprawczych rozwijała się w trzech etapach. Pierwszy to okres do drugiej wojny światowej, kiedy produkowany sprzęt techniczny był stosunkowo prosty i projektowany z pewnym nadmiarem (rezerwą) z punktu widzenia niezawodności eksploatacyjnej. Idea tego etapu sprowadzała się do stwierdzenia „*fix it, when it broke*” (napraw to, gdy się zepsuło). Drugi etap nastąpił, kiedy po II wojnie rozpoczęto produkcję coraz bardziej skomplikowanych urządzeń technicznych wraz z jednoczesnym znacznym jej wzrostem ilościowym. Powstała wówczas koncepcja, że odpowiednio prowadzone prace zapobiegawcze mogą doprowadzić do zmniejszenia liczby uszkodzeń (tzw. „*preventive maintenance*” - obsługa zapobiegawcza). Doprowadziło to w efekcie do powstania systemu kontroli i napraw planowo-zapobiegawczych.

Początki etapu trzeciego określa się na drugą połowę lat siedemdziesiątych. Wprowadzenie nowoczesnych, różnych niż dotychczas, technik wytwarzania, wzrost wymagań co do jakości wyrobu, wymagania związane z bezpieczeństwem użytkowania wyrobu oraz coraz bardziej surowe warunki w zakresie ochrony środowiska mają znaczący wpływ na zasady pracy wydziałów obsługowo-naprawczych w przedsiębiorstwach. W czasie tego etapu daje się zauważyć coraz powszechniejsze stosowanie nowych technik w organizacji prac naprawczych, takich jak np. monitoring.

Dla pojazdów szynowych od wielu lat, w różnych zarządach kolejowych, w tym i w PKP, stosuje się system *pzz*, napraw planowo-zapobiegawczych. Pojazd jest kierowany do naprawy o określonym zakresie po osiągnięciu określonego przebiegu lub czasu pracy. Wykorzystanie możliwości, jakie daje diagnostyka, jest jeszcze stosunkowo nieznaczące.

3.2. Niezawodność i usterki sprzętu

W okresie przechodzenia z II do III etapu prowadzone prace badawcze wykazały, że błędne było przyjęcie, iż wyłącznie wiek (utożsamiany z okresem eksploatacji) jest głównym wyznacznikiem prowadzącym do określania zawodności obiektu, szczególnie wtedy, gdy sprzęt ten jest coraz bardziej złożony. Na tej podstawie przemysł lotniczy zmienił podejście do systemu zabiegów obsługowo-naprawczych. Podejście to stało się znane jako NSO - niezawodnościowa strategia obsługiwanian (*RCM - Reliability-Centred Maintenance*). Obecnie każdy samolot eksploatowany przez zachodnie linie lotnicze ma określoną NSO już na etapie projektu. Wymagania obsługowo-naprawcze są ciągle poprawiane na skutek doświadczenia wynikającego również ze zmiennych warunków użytkowania sprzętu. Niezawodność i podatność na naprawę mają decydujące znaczenie w eksploatacji sprzętu wojskowego. Stąd też wynika konieczność zastosowania NSO na etapie projektowania i określania wymagań dotyczących obsługi i konserwacji nowoczesnego sprzętu wojskowego. Wprowadzenie NSO w procesach nowoczesnego wytwarzania zapewnia również bezpieczeństwo pracy przy maksymalizacji produkcji i optymalizacji kosztów wytwarzania. Podobne problemy będą występować i już występują w zakresie taboru szynowego przeznaczonego zwłaszcza dla komunikacji pasażerskiej.

4. PODSTAWOWE PROBLEMY NSO

W niezawodnościowej strategii obsługiwanego taboru szynowego istotne jest udzielenie pełnych odpowiedzi na pytania wynikające z doboru pojazdu dla określonych warunków pracy.

- Do jakich celów przeznaczony jest pojazd, jakie są jego funkcje użytkowe i wg jakich norm ten obiekt został wykonany (*Functions*)?
- Co może być powodem niespełniania przez ten obiekt zadanych mu funkcji (*Functional Failures*)?
- Co jest przyczyną występowania uszkodzenia (*Failure Modes*)?
- Jakie są objawy każdej usterki (*Failure Effects*)?
- Jakie znaczenie ma dana usterka (uszkodzenie) dla pracy pojazdu (*Consequences*)?
- Jakie działania należy podejmować w celu wyeliminowania powstawania usterki (*Preventive Tasks*)?
- Jakie działania należy podjąć, jeżeli dla danego przypadku nie są określone odpowiednie czynności zapobiegawcze (*Default Tasks*)?

4.1. Funkcje

Konieczne jest szczegółowe określenie funkcji użytkowych danego typu pojazdu oraz norm jakościowych i ilościowych, dotyczących jego użytkowania we wszystkich możliwych warunkach pracy. Bardzo istotne jest tutaj oznaczenie ilościowe norm, przy czym poziom analizy musi być tak dobrany, aby nie była ona zbyt powierzchowna ani za bardzo pracochłonna.

4.2. Usterki uniemożliwiające wykonanie zadania

Określenie wszystkich możliwych uszkodzeń, usterek, które mogą być przyczyną niewykonania przez dany pojazd zadanej mu funkcji użytkowej.

4.3. Przyczyny usterek

Identyfikacja przyczyn powstania danej usterki lub uszkodzenia. Przyczyna powstania usterki ma bezpośredni wpływ na zawodność elementów. NSO wymaga bezwzględnie określenia właściwej przyczyny wystąpienia usterki. Dlatego pracownicy prowadzący analizy wg NSO muszą znać doskonale dane urządzenie (dany obiekt) i muszą mieć duże doświadczenie w jego użytkowaniu. Jeżeli ten warunek nie będzie spełniony, to opracowane wymagania dotyczące konserwacji obiektu będą w najlepszym przypadku ogólne, a w najgorszym - nawet niebezpieczne.

4.4. Skutki powstania usterki

Ze względu na skutki, jakie może spowodować konkretna usterka (uszkodzenie), NSO dzieli je na cztery grupy:

1. Usterki ukryte, które często nie mają wpływu na eksploatację pojazdu, ale mogą być przyczyną innych, często poważnych uszkodzeń.
2. Uszkodzenia powodujące zagrożenie bezpieczeństwa ludzi lub środowiska.
3. Uszkodzenie operacyjne, tj. takie, gdzie usterka wpływa na jakość spełniania zasadniczej funkcji użytkowej, jakość produktu, koszt pracy lub obsługi klienta.
4. Uszkodzenia „nieoperacyjne”, których jedyną konsekwencją są koszty poniesione na ich naprawę.

4.5. Środki zapobiegawcze

Każda możliwa postać usterki jest, poprzez odpowiedni algorytm decyzyjny, analizowana w NSO, w celu określenia odpowiedniego środka zaradczego lub prognozowania możliwości wystąpienia takiej usterki. Czynności naprawcze (zapobiegawcze) podejmowane są wówczas, gdy mogą one zapobiec przewidywanej usterce pod warunkiem, że są technicznie wykonalne oraz co jest bardzo istotne, że są ekonomicznie uzasadnione. Działania te określa się jako:

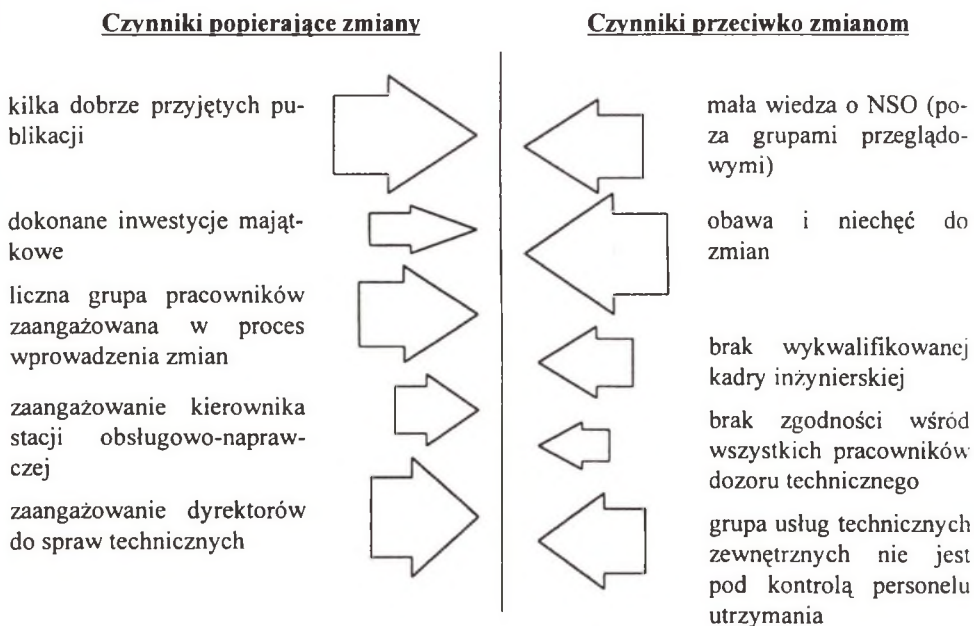
- naprawczo-serwisowe, to znaczy uszkodzenie jest przewidywalne, a części (elementy) wymieniane są przygotowane w serwisie obsługowym, pod warunkiem, że taka naprawa (wymiana elementów lub zespołów) będzie zgodna z odpowiednimi normami i warunkami technicznymi (tak zwana konserwacja prognozowalna),
- planową odnowę (naprawa lub wymiana części) bez uwzględnienia stanu uszkodzonego elementu. Celowość tej naprawy uzależniona jest od kwalifikacji uszkodzenia (uszkodzenie „operacyjne” czy też uszkodzenie „nieoperacyjne”), to jest czy mniejsze koszty ponieść się na konserwację - naprawę zapobiegawczą, czy też tańsze będzie doprowadzenie do powstania uszkodzenia.

4.6. Brak szczegółowego trybu postępowania dla zaistniałego przypadku

Default tasks, brak szczegółowego trybu postępowania dla zaistniałego przypadku wg zasad NSO występuje wówczas, gdy nie jest celowe zastosowanie jakiegokolwiek środka zapobiegawczego, np. gdy koszty ponoszone na czynności prowadzące do uniknięcia usterki są większe niż koszty jej usunięcia. NSO umożliwia precyzyjne określenie kryterium w celu podjęcia decyzji o wykonalności i celowości przeprowadzenia odnowy dla określonych warunków pracy.

5. TRUDNOŚCI WE WDRAŻANIU NSO

Podczas wprowadzania NSO do stosowania w taborze szynowym musi być brana pod uwagę dotychczasowa praktyka *pwr*, a przede wszystkim informacje i wnioski przekazane przez pracowników wykonujących określone przeglądy czy naprawy. Ustalenie procedur do realizacji NSO dla danego typu pojazdu nie powinno przedstawiać większych trudności. Natomiast samo wprowadzenie NSO będzie wymagało znacznych nakładów pracy i dużej konsekwencji ze strony dozoru technicznego. Ramowy proces wprowadzania przeglądów wg NSO przedstawiono na rys. 1.



Rys.2. „Za” i „przeciw” wprowadzaniu zmian w systemie obsługiwanym
 Fig.2. Introducing change using RCM

Zmianie ulec muszą m.in. następujące poglądy:

- Program utrzymania obiektów powinien być oparty na planie napraw. Naprawy są niezbędne w pewnych, ściśle określonych, okolicznościach. Podczas innych przeglądów przeprowadzanie napraw wcale nie musi być celowe; czasem wręcz przeprowadzenie naprawy jest ekonomicznie nieuzasadnione. Prace prowadzone w ramach utrzymania obiektów oparte na ocenie stanu technicznego są prawie zawsze zarówno tańsze, jak i bardziej efektywne, niż wykonane w sztywno ustalonych cyklach.
- Założenie, że tylko wówczas może być poprawnie ustalony program utrzymania obiektu, jeżeli dysponuje się bazą danych dotyczącą usterek, uszkodzeń czy też zużycia elementów tego obiektu. Rzadko istnieją dostatecznie duże bazy danych o uszkodzeniach; oczekiwanie do momentu, kiedy zostaną zebrane wystarczające informacje jest niecelowe, ponieważ konserwacja urządzeń musi odbywać się od początku eksploatacji, a po zebraniu odpowiednio ilościowego i jakościowego materiału może okazać się, że same urządzenia i warunki ich pracy są już nieporównywalnie inne. Ponadto nakłady pracy niezbędne do zebrania danych są bardzo duże, a jeżeli stosowany program utrzymania obiektów jest dostatecznie dobry, to otrzymane dane będą dotyczyły relatywnie nieistotnych usterek; nie będzie natomiast danych o takich usterekach, które mogłyby spowodować znaczne szkody.
- Pełne zaufanie do planów utrzymania (plany obsługowo-naprawcze) opracowanych i dostarczonych przez producentów obiektów; tymczasem plany te mogą również uwzględniać ich interes handlowy.

6. KORZYŚCI WYNIKAJĄCE ZE STOSOWANIA NSO

Korzyści z wprowadzenia i stosowania NSO to - ogólnie-otrzymanie niezawodnego i bezpiecznego w użytkowaniu obiektu, spełniającego wymagania norm ekologicznych przy obniżonych kosztach utrzymania. Prawidłowo stosowane NSO może przynieść następujące efekty:

1. Zwiększenie bezpieczeństwa i ochrony środowiska dzięki:
 - poprawnej konserwacji istniejących urządzeń i systemów ochronnych,
 - systematycznemu wykrywaniu każdej usterki,
 - zastosowaniu czytelnych strategii w celu zapobiegania powstawaniu tych usterek, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo lub które mogą naruszyć przepisy dotyczące ochrony środowiska.
 - występowaniu mniejszych ilości usterek spowodowanych niepotrzebnie przeprowadzanymi zabiegami obsługowymi.
2. Podniesienie efektów pracy poprzez:
 - zwiększenie wymagań obsługowych dla tzw. „stałych ogniw” obiektów,
 - skrócenie lub eliminację przestojów niezbędnych na przeprowadzanie napraw,
 - identyfikację elementów i części najbardziej zawodnych,
 - zmniejszenie niepotrzebnych zabiegów konserwacyjnych.
3. Polepszenie jakości dzięki:
 - jednoznacznemu określeniu struktury specyfikacji obiektu i stawianych mu wymagań,
 - zdefiniowaniu procedur pracy urządzeń
 - jasnemu sformułowaniu zadań w zakresie konserwacji i utrzymania.
4. Zwiększenie efektywności nakładów na utrzymanie dzięki:
 - eliminacji zbędnych, rutynowych zabiegów konserwacyjno-obługowych,
 - zapobieganiu i eliminacji pewnej ilości usterek,
 - mniej skomplikowanej polityce operacyjnej.
5. Wydłużenie okresu trwałości elementów lub zespołów ze względu na stosowanie ulepszonych technik konserwacji zamiast napraw.
6. Uzyskanie obszernej bazy danych dotyczącej utrzymania obiektu, co w efekcie pozwala na:
 - lepsze zrozumienie działania urządzenia w jego kontekście operacyjnym,
 - sporządzenie dokładniejszych instrukcji obsługi,
 - sporządzenie planów prac utrzymaniowo-konserwacyjnych, bardziej podatnych na ewentualne zmiany, mogące mieć miejsce w przyszłości,
 - udokumentowanie wiedzy na temat każdego elementu i zespołu składowego obiektu, co jest bardzo istotne w momencie różnych zmian zachodzących w przedsiębiorstwie użytkownika.

7. ZAKOŃCZENIE

Wprowadzenie NSO zajmuje dużo czasu i angażuje wielu pracowników. Wyniki uzyskuje się stosunkowo szybko, ale oczekiwanie na szybkie zmiany jest nierealne. Właściwie zastosowane NSO zmienia zarówno tradycyjne, dotychczasowe systemy utrzymania gotowości

technicznej obiektów, jak również mentalność personelu odpowiedzialnego za prowadzenie tych prac, a przede wszystkim sam sposób postrzegania roli i funkcji utrzymania obiektu.

LITERATURA

1. Piasecki S: Zagadnienia użytkowania maszyn i środków transportowych. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Warszawa - Lublin, 1995
2. Deakin S.N.: An introduction to Reliability - Centred Maintenance. Design, Reliability, and Maintenance for Railways. IMechE Seminar Publication; Bury St Edmunds, London 1997.
3. Dallaway G.J. Introduction of Reliability-Centred Maintenance (RCM) to London Underground. IMechE Seminar Publication; Bury St Edmunds, London 1997.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego KBN nr 9T12C03909

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Józef Marciniak

Abstract

The paper describes basic problems which are connected with use of technical devices: vehicles, machines and so on. Reconditioning strategies of technical devices which are used in Poland: use to a breakdown, schedule-preventive repair system, use to scheduled service. Reliability strategy of technical devices used according to standards which have been done in Great Britain. Methods according to RCM. Equipment failures. Main problems of RCM: functions, functional failures, failures modes, failures effects, failures consequences, preventive tasks, default tasks. Benefits yielded by the application of RCM.