

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 09-10 maja 1995 roku

Jan Burcan*, Jerzy Girtler**

(*Politechnika Łódzka, **Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie)

PODEJMOWANIE DECYZJI EKSPLOATACYJNYCH PRZY ZNANEJ WIARYGODNOŚCI DIAGNOZY O STANIE TECHNICZNYM ŁOŻYSK I URZĄDZEŃ.

SŁOWA KLUCZOWE

racjonalna eksploatacja, rachunek optymalizacyjny, wiarygodność diagnozy, model decyzyjny, minimalizowanie ryzyka, dendryt decyzji eksploatacyjnych

STRESZCZENIE

Opisano jedną z najprostszych sytuacji decyzyjnych istniejących w eksploatacji w odniesieniu do łożysk różnych urządzeń. Z przedstawionej możliwości podejmowania decyzji wynika, że nawet w złożonej sytuacji decyzyjnej, rozpatrywanie oczekiwanych konsekwencji umożliwia bardzo łatwe przyporządkowanie każdemu rodzajowi decyzji odpowiedniej, pojedynczej liczby oznaczającej wartość oczekiwanej konsekwencji. Umożliwia także dokonanie wyboru takiej decyzji, dla której wartość oczekiwana

WSTĘP

Racjonalna eksploatacja łożysk dowolnego urządzenia wymaga podejmowania decyzji z uwzględnieniem rachunku optymalizacyjnego. Decyzje te powinny być podejmowane po uzyskaniu informacji o stanie technicznym łożysk. Uzyskanie informacji technicznych jest możliwe w przypadku zastosowania odpowiednich systemów diagnostycznych (SD), które zwykle składają się z podsystemów diagnozowanych (SDN) i diagnozujących (SDG). Każde łożysko ślizgowe, lub toczne może być rozpatrywane jako SDN.

Znajomość stanu technicznego jest warunkiem koniecznym podjęcia prawidłowej decyzji eksploatacyjnej. Najczęściej w praktyce nie ma możliwości dokładnego określenia stanu technicznego jakiegokolwiek łożyska podczas jego użytkowania, to znaczy - w czasie użytkowania urządzenia. Istnieje jednak możliwość opracowania diagnozy, określającej wiarygodnie stan techniczny danego łożyska.

W sensie opisowym, wiarygodność diagnozy może być interpretowana jako właściwość diagnozy określająca jej przydatność we wnioskowaniu eksploatacyjnym, którego końcowym efektem jest decyzja eksploatacyjna.

W sensie wartościującym, wiarygodność diagnozy może być interpretowana jako prawdopodobieństwo podjęcia prawidłowej decyzji diagnostycznej, lub prawdopodobieństwo sformułowania prawidłowej diagnozy, czyli - prawdopodobieństwo zaliczenia domniemanego stanu rzeczywistego. Przez prawdopodobieństwo zaliczenia domniemanego stanu rzeczywistego rozumieć należy stan rozpoznany za pomocą SDG do tej klasy

wzorcowych stanów, do której ten rzeczywisty stan faktycznie należy i do której powinien on być zaliczany.

W rezultacie, wszystkie decyzje eksploatacyjne dotyczące dopuszczenia łożyska do użytkowania, albo wykonania określonej obsługi w celu odnowienia jego stanu lub wymiany na nowe, są podejmowane z określonym stopniem ryzyka ich nietrafności. Oznacza to, że część z podejmowanych decyzji może być błędna. Zachodzi więc potrzeba skonstruowania takiego modelu decyzyjnego, który odzwierciedlałby sytuację decyzyjną, umożliwiając jednocześnie minimalizowanie ryzyka podjęcia nietrafnej decyzji.

Matematyczny model, przydatny do podejmowania decyzji eksploatacyjnych w warunkach niepewności, może być opracowany w przypadku wykorzystania bayesowskiej statystycznej teorii decyzji. W tym przypadku każda decyzja, to jest, postanowienie o zainicjowaniu i podtrzymywaniu określonego działania aż do osiągnięcia zamierzonego skutku, który może być inny niż przyjęty cel działania, jest podejmowana dopiero po przeanalizowaniu skutków jej wykonania. Decydowanie, którego jest ona wynikiem jest, w tej sytuacji, niczym innym, jak dokonywaniem nielosowego wyboru w działaniu, to znaczy wyboru rodzaju działania mimo, że do podjęcia decyzji są wykorzystywane, między innymi wielkości parabolistyczne.

MODEL DECYZYJNY

Zużycie każdego łożyska ma w dowolnej chwili czasu użytkownika ściśle określoną wartość. W podejmowaniu decyzji eksploatacyjnych szczególne znaczenie mają wartości graniczne zużycia łożysk, czyli takie wartości zużycia, które zmuszają użytkownika do podjęcia decyzji. Można wyróżnić przynajmniej trzy wartości graniczne, jak dopuszczalną (z_d), niedopuszczalną (z_n) i krytyczną (z_k).

Można przyjąć, że jeżeli zużycie łożyska nie przekroczy wartości granicznej dopuszczalnej (z_d), może ono być użytkowane w całym zakresie obciążeń, do którego zostało przysposobione w fazach projektowania i wytwarzania. W przypadku, gdy zużycie łożyska osiągnie wartość graniczną dopuszczalną (z_d) może ono być użytkowane, ale w ograniczonym w zakresie obciążeń, to znaczy takim w którym nie ma obciążeń nadmiernych (tak zwanych przeciążeń). Natomiast, gdy zużycie osiągnie wartość graniczną niedopuszczalną (z_n), łożysko nie może być dalej użytkowane. W przeciwnym razie może nastąpić uszkodzenie tego łożyska, które zachodzi przy zużyciu równym wartości granicznej krytycznej (z_k). Wartość ta jest realizacją zmiennej losowej Z_k , gdyż zależy nie tylko od stanu technicznego łożyska lecz także od warunków jego pracy.

Użytkownik biorąc pod uwagę to, że zużycie łożyska może w czasie jego pracy przyjąć wartość jedną z granicznych (dopuszczalną, niedopuszczalną i krytyczną oczywiście, że nierównocześnie) oraz mając na uwadze konsekwencje wynikające z tego oraz z faktu, że może on dopuścić łożysko do użytkowania (podjąć decyzję d_u) lub do obsługi (podjąć decyzję d_o) aby odnowić jego własności albo wymienić je na nowe, ma możliwość przeanalizowania sytuacji w następujący sposób (rys. 1).

Na rysunku wprowadzono następujące oznaczenia: d_u - decyzja: *można łożysko nadal użytkować*, d_o - decyzja: *należy łożysko poddać obsłudze*, z_d - zużycie łożyska może osiągnąć wartość graniczną dopuszczalną, z_n - zużycie łożyska może osiągnąć wartość graniczną niedopuszczalną, z_k - zużycie łożyska może osiągnąć wartość graniczną krytyczną w czasie pracy łożyska, $k(z, d)$ - wartość stanowiąca miarę liczbową (najczęściej pieniężną) konsekwencji k wynikającej z podjęcia decyzji d przez użytkownika, gdy zużycie osiągnie wartość z .

Aby możliwe było podjęcie racjonalnej decyzji d_u lub d_o należy oszacować:

- wartość oczekiwaną $E(K/d_u)$ konsekwencji K pod warunkiem podjęcia decyzji d_u i zajścia zużycia $z_j(j=d, n, k)$,

- wartość oczekiwaną $E(K/d_o)$ konsekwencji K pod warunkiem podjęcia decyzji do i zajścia zużycia $z_j(j=d, n, k)$.

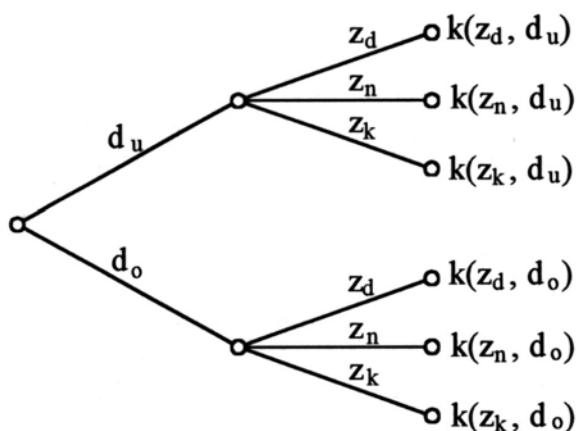
Oszacowanie to wymaga znajomości wiarygodności diagnozy, że zużycie przyjmie wartość $z_j(j=d, n, k)$, a tym samym prawdopodobieństwa spełniają równanie:

$$p(z_d) + p(z_n) + p(z_k) = 1 \quad (1)$$

Zgodnie z oznaczeniami rysunku 1 można napisać:

$$E(K/d_u) = p(z_d)k(z_d, d_u) + p(z_n)k(z_n, d_u) + p(z_k)k(z_k, d_u)$$

$$E(K/d_o) = p(z_d)k(z_d, d_o) + p(z_n)k(z_n, d_o) + p(z_k)k(z_k, d_o) \quad (2)$$



Rys. 1. Dendryt decyzji eksploatacyjnych

W bayesowskiej statystycznej teorii decyzji uzasadniono, że wartości oczekiwane konsekwencji (korzyści albo strat) są logiczną podstawą wyboru najkorzystniejszej decyzji spośród decyzji alternatywnych możliwych do podjęcia w danej sytuacji. Musi być jednak spełniony warunek, że właściwie są wyrażone tak zwane preferencje wyboru, czyli konsekwencje (rezultaty, wyniki) podjętych decyzji.

Logika podjęcia decyzji jest następująca [1]; jeżeli oczekiwana konsekwencja $E(K/d_u)$ jest większa niż oczekiwana konsekwencja $E(K/d_o)$, to należy podjąć decyzję d_u i odwrotnie.

UWAGI KOŃCOWE

Referat dotyczy jednej z najprostszych sytuacji decyzyjnych istniejących w eksploatacji. Przedstawiona analiza pozwala, między innymi, podejmować decyzje w odniesieniu do łożysk pracujących różnych urządzeniach.

Z opisanej możliwości podejmowania decyzji wynika, że nawet w złożonej sytuacji decyzyjnej, rozpatrywanie oczekiwanych konsekwencji umożliwia bardzo łatwe przyporządkowanie każdemu rodzajowi działania - każdemu rodzajowi decyzji - odpowiedniej, pojedynczej liczby - wartości oczekiwanej konsekwencji i dokonanie wyboru takiej decyzji, dla której wartość oczekiwana konsekwencji jest największa. Z tego faktu wynika, że wartości oczekiwane konsekwencji jednoznacznie klasyfikują decyzje należące do zbioru decyzji możliwych do podjęcia.

Istotne jest także dostrzeżenie różnicy między prawidłową decyzją a dobrym wynikiem (oczekiwaną konsekwencją), będącej skutkiem podjęcia tej decyzji.

LITERATURA

1. Benjamin J. R., Cornell C. A.: *Rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna i teoria decyzji dla inżynierów*. WNT. Warszawa 1977.
2. Girtler J.: *Proces semimarkowski jako model procesu zużycia ślizgowych układów trybologicznych silników spalinowych*. Materiały XI1111 „Jesiennej Szkoły Trybologicznej, cz. 11, "Zjawiska w strefie tarcia ". MCNEMT, Radom 1992, s. 49 - 54.
3. Girtler J.: *Zastosowanie bayesowskiej statystycznej teorii decyzji do sterowania procesem eksploatacji urządzeń*. Materiały Szkoły Zimowej '94. MCNEMT, Radom 1994, s. 55 - 62.

MAKING DECISIONS CONCERNING EXPLOITATION WITH ESTIMATED LIKELIHOOD OF DIAGNOSIS ON THE TECHNICAL CONDITION OF BEARINGS AND SYSTEMS

SUMMARY

This is a description of one of the simplest decision-making situations occurring in exploitation, concerning bearings of various systems. The situation presented proves that even in case of a complex situation connected with making a decision, considering possible consequences makes it very easy for a decision-maker to assign a number indicating the value of a particular consequence. It also enables to choose the decision for which the value of the consequence is the greatest.

Recenzja: prof. dr hab. inż. Marek Wiśniewski