

Witold LEGUT

WYZNACZANIE OPTIMALNEGO OKRESU ŻYWOTNOŚCI
EKSPLOATACYJNEJ KOMBAJNU ŚCIANOWEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono dyskretny model deterministyczny służący do wyznaczania optymalnego okresu żywotności i terminu wymiany kombajnu ścianowego.

1: Sformułowanie zagadnienia

Proces produkcji wymaga odtworzenia zużytego limitu potencjału eksploatacyjnego kombajnu ścianowego, którego składnikami są zasoby eksploatacyjne. Pojęcie zasobu uznaje się za pojęcie pierwotne. Na przykład, dla kombajnu zasobem eksploatacyjnym może być zapas czasu kalendarzowego do kolejnej obsługi technicznej. W praktyce wyróżnia się następujące zasoby kombajnu:

- zasób odtwarzany częściowo remontem kapitalnym,
- zasób odtwarzany częściowo remontem bieżącym /częściami zamiennymi/,
- zasób odtwarzany częściowo przeglądami okresowymi i konserwacją.

Pełne odtworzenie potencjału eksploatacyjnego wymaga wymiany zużytego w czasie użytkowania kombajnu na nowy. Jedną drogę w wyborze odpowiedniej decyzji dotyczącej każdego zagadnienia optymalizacyjnego eksploatacji kombajnu jest budowa właściwych do tego celu matematycznych modeli decyzyjnych [3,4,5].

Model matematyczny przetwarza parametry eksploatacyjne na charakterystyki systemu eksploatacji kombajnu /tzn. na miary określone dla systemu o danych parametrach/. Do najczęściej stosowanych w praktyce charakterystyk eksploatacyjnych kombajnu należą:

- sumaryczny czas użytkowania,
- sumaryczny czas obsługiwaną,
- współczynnik gotowości technicznej /jest to prawdopodobieństwo tego, że kombajn jest gotowy do pracy /jest sprawny/ w dowolnym momencie t czasu / $0, T$ /,
- roczne zużycie materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych,
- roczny koszt eksploatacji,
- jednostkowy koszt produkcji itp.

Model decyzyjny /funkcja kryterium/ przetwarza według innego algorytmu charakterystyki na miary jakości systemu. Przykładem takiej miary może być minimalny jednostkowy koszt produkcji, maksymalny współczynnik gotowości technicznej kombajnu, optymalny okres żywotności eksploatacyjnej kombajnu itp. Okres żywotności kombajnu może być mierzony w jednostkach miary ciężaru /np. określony sumaryczną ilością ton węgla urobionego od momentu

zainstalowania maszyny w ścianie/ lub w jednostkach czasu kalendarzowego pomiędzy datą zainstalowania w ścianie a momentem wystąpienia nieprzydatności do użytkowania. Moment ten mogą określić zmienione parametry techniczne /np. spadek sprawności, spadek prędkości roboczej posuwu/, wskaźniki ekonomiczne /nakłady eksploatacyjne i utracone korzyści związane z postojem awaryjnym kombajnu/.

Najważniejszymi czynnikami określającymi okres żywotności kombajnu ścianowego są:

- parametry techniczno-eksploatacyjne kombajnu, takie jak: prędkość posuwu, zabiór, prędkość skrawania, jednostkowe zużycie energii,
- parametry podstawowego systemu eksploatacji /PSE/.

W zbiorze parametrów PSE można wyróżnić kilka podstawowych podzbiorów [3,4,5] :

- podzbiór parametrów dotyczących użytkowania kombajnu,
- podzbiór parametrów dotyczących otoczenia, w którym użytkuje się kombajn,
- podzbiór parametrów dotyczących obsługiwanego kombajnu,
- podzbiór parametrów strukturalnych,
- podzbiór parametrów różnych.

Baza użytkowa kombajnu składa się z jednego stanowiska, którym jest przodek wybierkowy.

Podzbiór użytków /stanów użytkowania/ kombajnu w ścianie pokrywa się ze zbiorem zadań realizowanych za pomocą kombajnu. Przykładowa lista miar wyników użytkowania kombajnu jest następująca: koszty materiałów eksploatacyjnych /smary, oleje, energia/, koszty części zamiennych, koszty utrzymania drużyny konserwacyjno-remontowej. Do podzbioru parametrów charakteryzujących proces użytkowania kombajnu należą również koszt zakupu kombajnu i jego trwałość / żywotność lub tzw. norma używalności/. Miarą trwałości kombajnu może być resurs użytkowy, mierzony w jednostkach miary użytkowania /np. % - procentowy resurs do pierwszego kapitalnego remontu, tj. resurs w okresie którego % - procent kombajnów przepracowało efektywnie określony czas/.

Proces zużycia kombajnu zależy głównie od ilości wykonanej pracy /np. od wielkości uzyskanego urobku od momentu zainstalowania kombajnu w ścianie, lub od ilości przepracowanych efektywnie godzin pracy/. Z ilością wykonanej pracy wiąże się ściśle miernik zwany intensywnością użytkowania /wykorzystania/ kombajnu sprawnego. Miarą intensywności użytkowania kombajnu może być liczba mb wykonanego skrawu w przeciągu godziny, zmiany, doby, Miarą użytkowania kombajnu mogą być jednostki bezwymiarowe /np. wskaźnik wykorzystania czasu pracy określony jako stosunek czasu efektywnego do czasu dyspozycyjnego/. Otoczeniem, w którym użytkuje się kombajn jest przodek wybierkowy. Na przykład, do parametrów otoczenia można zaliczyć

długość ściany, wysokość ściany, nachylenie pokładu, rodzaj skał stropowych i spagowych, dopływ wody stropowej, opór skrawania węgla, zapylenie powietrza itp.

Po wykonaniu określonej ilości pracy kombajn jest kierowany do obsługi /np. po wybraniu ściany o określonym wybiegu/:

Baza obsługowa kombajnu składa się z trzech stanowisk / z których pierwszym jest przodek wybierkowy, drugim jest warsztat naprawczy, trzecim zaś Zakład Naprawczy/.

Do podzbioru parametrów charakteryzujących proces obsługiwanego kombajnu zalicza się takie usługi techniczne jak: przygotowanie do użytkowania, konserwowanie, remontowanie. W skład usług organizacyjnych wchodzi: przechowywanie, transportowanie kombajnu, montaż i demontaż jego zespołów. W praktyce remonty kapitalne poszczególnych zespołów kombajnu przeprowadza się przez wyspecjalizowane stanowiska obsługi w Zakładach Naprawczych. Miarami wyników procesu obsługiwanego są: koszt konserwacji, koszt przeglądów okresowych, koszty remontów kapitalnych poszczególnych zespołów kombajnu, przeciętny koszt transportu kombajnu lub jego zespołów do Zakładów Naprawczych, przeciętny czas trwania obsługi danego typu, intensywność obsługi pojedynczego stanowiska lub całego Zakładu Naprawczego, przepustowość systemu obsługi.

Do podzbioru parametrów strukturalnych zalicza się: rozkład użytków kombajnu w bazie użytkowej /jest to relacja podporządkowująca użytki stanowiskom użytku/, rozkład usług kombajnu w bazie obsługowej /jest to relacja podporządkowująca usługi stanowiskom obsługi na dole kopalni oraz w Zakładach Naprawczych/, schemat ruchu kombajnu lub jego zespołów w systemie eksploatacji /graf eksploatacyjny/, którego wierzchołkami są poszczególne użytki i usługi, łukami zaś możliwe przejścia między nimi, porządek eksploatacyjny kombajnu, /kolejność poszczególnych użytków i usług następujących po sobie: np. cykl remontowy kombajnu lub jego zespołów: remont bieżący - remont bieżący - remont bieżący - remont bieżący- remont kapitalny/.

Podstawowymi elementami podzbioru parametrów różnych są: poziom kwalifikacji kierowniczego personelu eksploatacyjnego, współczynnik fluktuacji personelu, stopień wyposażenia służby technicznej w odpowiednie środki itp.

W czasie eksploatacji kombajnu można wydzielić istotne w praktyce okresy [9]:

t_{opk} - optymalny okres żywotności z punktu widzenia kosztów eksploatacji kombajnu,

t_{opw} - optymalny okres żywotności z punktu widzenia czasu wymiany kombajnu.

Optymalny okres żywotności kombajnu - t_{opk} - jest to okres, w którym nakłady na maszynę i koszty eksploatacji odniesione na jednostkę czasu

lub jednostkę wytworzonej produkcji będą najmniejsze. Optymalny okres żywotności kombajnu - t_{opw} - jest to okres, po którym wymiana starego kombajnu na nowy lub nowoczesny odpowiada warunkom ekonomicznej efektywności użytkowania kombajnów ścianowych. Punktem wyjścia określenia optymalnego okresu żywotności wynikającego z zużycia fizycznego /okres - t_{opk} / jest wyodrębnienie kosztów eksploatacji maszyny ścianowej z kosztów własnych wytworzonej produkcji [9].

Jako podstawę określenia okresu żywotności wynikającego ze zużycia fizycznego kombajnu przyjmuje się sumaryczne koszty eksploatacyjne ponoszone w kolejnych okresach /np. w kolejnych miesiącach/ odniesione na jednostkę wytworzonej produkcji w tym samym czasie [1,2,6,7]. Jest to miara jakości systemu eksploatacji kombajnu.

Proponowana metodyka ustalania optymalnego okresu żywotności kombajnu ścianowego w warunkach konkretnej kopalni składa się z dwóch etapów [1.7. 10.]:

- określenia optymalnego okresu żywotności kombajnu ścianowego,
- określenie optymalnego okresu wymiany kombajnu ścianowego z uwzględnieniem efektywności ekonomicznej inwestycji.

2. Optymalizacja okresu żywotności eksploatacyjnej kombajnu przy pomocy dyskretnego modelu deterministycznego

Optymalizacja okresu żywotności polega na znalezieniu rozwiązania najlepszego z punktu widzenia przyjętego kryterium. Zależność analityczna kosztów nabycia, utrzymania i konserwacji w funkcji wytworzonej produkcji nie jest znana. Aby znaleźć optymalny okres żywotności kombajnu ścianowego, wyznacza się wartość funkcji kryterium ustalania okresu żywotności i wartości tej przyporządkowuje się wielkość okresu żywotności kombajnu.

Dla celów optymalizacji okresu żywotności kombajnu nie trzeba uwzględniać takich składników, których wartość nie ma wpływu na przebieg zmienności funkcji kryterium. Funkcja kryterium natomiast powinna zawierać te wszystkie składniki, których wartość ma wpływ na przebieg zmienności funkcji kryterium, co pociąga za sobą zmianę okresu żywotności eksploatacyjnej [4, 10].

Zbiór nakładów i kosztów eksploatacyjnych w okresie użytkowania, i obsługi kombajnu jest następujący:

$$\langle W_p, Z, K_b, R, k \rangle$$

gdzie:

W_p - wartość początkowa kombajnu, zł.

Z - wartość likwidacyjna kombajnu /dochód ze złomu/, zł.

K_b - koszty bieżącej eksploatacji /suma kosztów: konserwacji, przeglądów okresowych, energii, robocizny i części zamiennych/, zł.

- R - nakłady na renowację kombajnu, zł,
k - numer okresu żywotności eksploatacyjnej kombajnu.

Konkretne analityczne sformułowanie problemu decyzyjnego będzie więc miało postać następującą.

Należy wyznaczyć okres żywotności eksploatacyjnej kombajnu tak, by koszt jednostkowy produkcji odpowiadający temu okresowi był najmniejszy, tzn.

$$K/k = \min_k \frac{W_p / (1 + 0,01p) - Z + \sum_k [K_b/k + R/k]}{\sum_k Q/k} \quad \text{zł/t} \quad /:/$$

gdzie:

- p - oprocentowanie nakładów finansowych na kombajn, zł,
 K_b/k - koszty bieżącej eksploatacji w k-tym miesiącu, zł,
 R/k - nakłady na renowację kombajnu przypadające na k-ty miesiąc, zł,
 Q/k - wielkość wydobycia kombajnu w k-tym miesiącu eksploatacji, t,
 k = 1, 2, ... - numer miesiąca w okresie żywotności eksploatacyjnej kombajnu

Z ekonomicznego punktu widzenia wymiana zużytego w procesie eksploatacji kombajnu na nowy lub doskonalszy technicznie po upływie czasu t_{opk} wymaga uwzględnienia związanych z tym kosztów. Są to:

- jednostkowe koszty produkcji związane z użytkowaniem starego kombajnu /z wyłączeniem nakładów na renowację/, pracującego mniej sprawnie,
- jednostkowe koszty produkcji związane z nabyciem, zainstalowaniem i użytkowaniem nowego kombajnu.

Tak więc zagadnienie wymiany starego kombajnu na nowy doskonalszy technicznie po upływie $n/n = 0, 1, 2, \dots$ /miesiący, licząc od okresu t_{opk} , jest problemem decyzyjnym. Zgodnie z wytycznymi w zakresie rachunku efektywności ekonomicznej [12] oraz znanymi opracowaniami [1, 2, 8, 9, 10, 11] stary kombajn należy wymienić na nowy lub doskonalszy technicznie po upływie $n/n = 0, 1, 2, \dots$ /miesiący od okresu t_{opk} , jeśli spełniona jest nierówność

$$K_s > K_n + e \frac{N}{Q_n} \quad /2/$$

gdzie:

- K_s - najmniejszy koszt jednostkowy produkcji przy użytkowaniu starego kombajnu w okresie t_{opk} , zł/t,
 K_n - najmniejszy koszt jednostkowy produkcji przy użytkowaniu nowego kombajnu w okresie t_{opk} , zł/t,
 e - zdyskontowana na chwilę t_{opk} wartość współczynnika efektywności inwestycji, %

N - sumaryczna wielkość nakładów finansowych na zakup, transport i zainstalowanie nowego kombajnu, zł,

Q_n - sumaryczna wielkość wydobycia uzyskana przy użytkowaniu nowego kombajnu w okresie t_{opk}, t .

Jeśli natomiast spełniona jest nierówność

$$K_s < K_n + e \frac{N}{Q_n} \quad /3/$$

to należy użytkować stary kombajn do okresu $t_{opk} + n / n = 1, 2, 3, \dots /$ miesięcy włącznie.

W oparciu o te rozważania można sformułować dwa zasadnicze wnioski:

- należy zamienić kombajn na nowy lub doskonalszy technicznie po upływie okresu t_{opk} miesięcy, jeśli spełniona jest nierówność /2/,
- należy użytkować stary kombajn do okresu $t_{opk} + n / n = 1, 2, 3, \dots /$ miesięcy włącznie, jeśli spełniona jest nierówność /3/.

Nierówności /2/ i /3/ określają efektywność ekonomiczną zmiany fizycznie zużytego kombajnu na nowy lub doskonalszy technicznie i rozwiązują postawiony problem.

3. Wnioski końcowe

1. Wprowadzenie do praktyki optymalnego okresu żywotności kombajnu pozwoli tylko z tytułu jego zastosowania zmniejszyć koszty eksploatacji i czas przestoju awaryjnych, poprawić wskaźniki techniczno-ekonomiczne użytkowania kombajnu, zwiększyć wydobycie ze ściany.
2. Najkorzystniejszy termin wymiany kombajnu na nowy należy ustalić w oparciu o efektywność ekonomiczną inwestycji.
3. Optymalizacja okresu żywotności kombajnu na podstawie danych dostarczonych przez istniejący system zbierania i przetwarzania informacji eksploatacyjnych sprawia duże trudności nawet przy użyciu modeli uproszczonych. Dlatego istnieje potrzeba zorganizowania banku danych zawierającego parametry PSE oraz parametry techniczno-eksploatacyjne każdej maszyny urabiająco-ładującej. Pozwoli to na udoskonalenie metod optymalizacyjnych.

LITERATURA

- [1] Pokija O.B.: Analiza ekonomiki uogolnoj szachty. Izd.Niedra 1974.
- [2] Elizavetin M.A.: Powyszenijsz nadtoznosti maszin. Izd. Maszinstrojenije, Moskva 1973.
- [3] Konieczny J.: Wstęp do teorii eksploatacji urządzeń: WNT, 1974.
- [4] Konieczny J.: Podstawy eksploatacji urządzeń: Wyd.MON.1975.

- [5] Konieczny J.: Sterowanie eksploatacją urządzeń; PWN, 1975.
- [6] Kontorer S.E.: Opriedielenije ekonomiceski celesobraznych srokov służby i optimalnoj dlitielnosti niezremontnyh cikłow stroitielnyh maszin; Woprosy Ekonomiki, nr 7, 1969.
- [7] Pokropievnyj S.E.: Effektivnost remonta maszin. Izd. Tiekhnika. Kiew. 1975.
- [8] Radzikowski W.: Metody matematyczne i statystyczne w przedsiębiorstwie PWE, Warszawa 1976.
- [9] Rafalski R.: Określenie optymalnego okresu eksploatacji maszyn, Przegład Organizacji, nr 11, 1975
- [10] Sivyyj W.B., Zilin A.J., Doromira M.S.: Ekonomiceskaja effektivnost sobludienija optimalnogo sroka służby i prodożitielnosti niezremontnyh cikłow kombajna K-52; Gornyj žurnał, IMUZ, nr 7, 1971.
- [11] Uchwała Rady Ministrów nr 173 z dnia 12.VII.1974 r.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОМБАЙНА ДЛЯ РАБОТЫ В ЛАВЕ

Резюме

В статье даётся дискретная детермини стическая модель, употребляемая для определения оптимального срока долговечности и смена комбайна для работы в лаве.

DETERMINATING THE OPTIMAL PERIOD OF EXPLOITATION LIFE
OF THE LONGWALL COMBINED CUTTER LOADER

S u m m a r y

The paper presents a discrete model of determination of the optimal period of exploitation life and replacement of a longwall combined cutter loader.