

Władimir WISIASZCZEW

Walentin GAWRILENKO

Bogdan ŻUKIAN

OKREŚLANIE OPTIMALNEGO OKRESU UŻYTKOWANIA I REZERWU EKSPLOATACYJNEGO  
KOMBAJNU WĘGLOWEGO I JEGO ZESPOŁÓW ZAMIENNYCH

Streszczenie: W opracowaniu podano matematyczny opis metody wyznaczania optymalnego okresu użytkowania i rezerwu eksploatacyjnego kombajnu węglowego i jego zespołów zamiennych. Rozpatrzono i porównano warianty zamiany obiektu technicznego / zespołu, kombajnu/ na obiekt nowy oraz wyremontowany.

### 1. Wstęp

Celem niniejszego opracowania jest pokazanie metody określania terminu wymiany kombajnu i jego zespołów, przy którym ekonomiczna efektywność ich użytkowania byłaby możliwie największa. Tematyka zawarta w przedstawionym opracowaniu jest kontynuacją pracy [2]. Dla wyznaczenia optymalnego momentu wymiany obiektu /zespołu, kombajnu/ zachodzi konieczność porównania kosztów, które należałoby ponieść w przypadku dalszego użytkowania częściowo zużytego obiektu oraz kosztów związanych z nabyciem, zainstalowaniem i eksploatacją nowego obiektu, a więc kosztów i nakładów z różnych okresów. Zatem należy podać sposób sprowadzenia tych elementów do warunków porównywalności. W naszym przekonaniu najlepszym i najprostszym sposobem rozwiązania tego problemu jest dyskontowanie przyszłych kosztów ponoszonych w poszczególnych okresach eksploatacji.

Rozważania związane z określaniem optymalnego momentu wymiany używanego kombajnu i jego zespołów będziemy prowadzili przy założeniu nieskończonego długiego okresu stosowania polityki wymiany obiektów technicznych, który rozpoczyna w momencie  $T = 0$ , a decyzje o wymianie podejmuje się z góry określonych momentach czasu  $T = 1, 2, \dots$  /może to być np: ciąg kolejnych miesięcy/. Dla określenia terminu wymiany / i efektywności wymiany/ wykorzystamy metody programowania dynamicznego [1].

### 2. Zamiana kombajnu węglowego i jego zespołów na odpowiedni obiekt techniczny nowy.

Sformułowanie matematyczne tego problemu jest następujące:  
Niech  $f/j/$  oznacza sumaryczną efektywność użytkowania obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/ w okresie nieskończonym po upływie  $j /j = 1, 2, \dots/$  miesięcy od momentu zainstalowania. W chwili początkowej badania, ekonomiczna efektywność użytkowania obiektu /zespołu, kombajnu/ wyraża się wzorem [1]:

$$f/0/ = z /0/ + af /1/, \quad a < 1$$

gdzie:

$z/0$  - efektywność użytkowania obiektu /zespołu, kombajnu/  
w pierwszym miesiącu pracy,

$f/1$  - sumaryczna efektywność użytkowania obiektu /zespołu,  
kombajnu/ w okresie nieskończonym po upływie jednego  
miesiąca pracy od momentu zainstalowania,

$a$  - współczynnik dyskontowy.

Dla drugiego miesiąca pracy obiektu /zespołu, kombajnu/ mamy równanie:

$$f/1/ = z/1/ + a f/2/, \quad \text{itd.}$$

Założmy, że nowy obiekt techniczny /zespół, kombajn/ użytkuje się do chwili, kiedy osiągnie wiek  $T$ , po czym wymienia się go na nowy. Wtedy dochodzimy do następującego układu równań liniowych:

$$\begin{aligned} f/0/ &= z/0/ + af/1/ \\ f/1/ &= z/1/ + af/2/ \\ f/2/ &= z/2/ + af/3/ \\ f/T-1/ &= z/T-1/ + af/T/ \\ f/T/ &= z/T/ + af/T+1/ - c \end{aligned} \quad /1/$$

gdzie:

$c$  - średnie nakłady związane z nabyciem oraz montażem i demontażem  
obektu technicznego /zespołu, kombajnu/ w okresie eksploatacji.

Wielkość  $c$  można wyznaczyć ze wzoru:

$$c = \frac{W_p + K_{zd}}{\sum_{k=0}^T \hat{Q}_k} \quad /2/$$

gdzie:

$W_p$  - wartość początkowa nowego zespołu lub kombajnu, j.p.

$K_{zd}$  - średni koszt jednego montażu, demontażu i transportu obiektu  
technicznego /zespołu, kombajnu/ do naprawy i z powrotem,  
j.p.

$\hat{Q}_k$  - przewidywana wielkość wydobycia możliwa do uzyskania w  
 $k$ -tym miesiącu użytkowania konkretnego zespołu, kombajnu, t.

Wyrażenie  $z/T/$  oznacza efektywność użytkowania obiektu /zespołu, kombajnu/ w okresie  $/T, T+1/$ , tj. w okresie pierwszego miesiąca pracy, natomiast wyrażenie  $f/T+1/$  oznacza sumaryczną efektywność użytkowania obiektu w okresie nieskończonym po upływie jednego miesiąca pracy.

Wobec tego można przyjąć, że  $z/T/ = z/o/$ , a  $f/T+1/ = f/1/$ . Uwzględniając te związki, ostatecznie równanie układu /1/ zapisujemy w postaci:

$$f/T/ = z/o/ + af/1/ - c$$

Mamy zatem układ równań:

$$\begin{aligned} f/o/ &= z/o/ + af/1/ \\ f/1/ &= z/1/ + af/2/ \\ &\vdots \\ f/T-1/ &= z/T-1/ + af/T/ \\ f/T/ &= z/o/ + af/1/ - c \end{aligned} \quad /3/$$

Rozwiązując ten układ równań liniowych względem  $f/1/$ , otrzymamy optymalny moment zastąpienia kombajnu i jego zespołów.

Aby obliczyć  $f/1/$ , mnożymy drugie równanie układu /3/ przez  $a$ , trzecie - przez  $a^2$  i wreszcie ostatecznie - przez  $a^T$ . Dodając otrzymane równania stronami, mamy:

$$\begin{aligned} af/1/ + a^2f/2/ + \dots + a^{T-1} f/T-1/ + a^T f/T/ &= \\ = a z/1/ + a^2 z/2/ + \dots + a^{T-1} z/T-1/ + a^T z/o/ + & \quad /4/ \\ + a^2 f/2/ + \dots + a^T f/T/ + a^{T+1} f/1/ - ca^T & \end{aligned}$$

Eliminując wyrazy podobne i rozwiązując równanie /4/ względem  $f/1/$  mamy:

$$f/1/ = \frac{z/1/ + az/2/ + \dots + a^{T-2} z/T-1/ + a^{T-1} z/o/ - ca^{T-1}}{1 - a^T} \quad /5/$$

Jak wynika z ostatniego wzoru, wyrażenie na  $f/1/$  zależy od  $T$ , tj. od momentu zastąpienia obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/. Dlatego wielkość niewiadomą  $T$  wybieramy w taki sposób, aby zmaksymalizować wyrażenie na  $f/1/$ . Przy tym, jak to wynika z pierwszego równania układu /3/, maksymalizujemy także  $f/o/$ . Aby wyznaczyć optymalny termin zastąpienia  $T$ , obliczamy wartość wyrażenia  $f/1/$  dla wszelkich dopuszczalnych wartości  $T$  i porównujemy każdą następną wartość z poprzednią. Jak tylko różnica  $f/j+1/ - f/j/$  / $j = 1, 2, \dots$ / stanie się ujemna, proces obliczeniowy należy przerwać, ponieważ największa wartość  $f/1/$  już została osiągnięta. Otrzymujemy w rezultacie optymalny moment zastąpienia obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/ oraz jego optymalny reśurs eksploatacyjny.

3. Zamiana kombajnu węglowego i jego zespołów na odpowiedni obiekt techniczny po remoncie kapitalnym

Porównujemy parametry techniczno-eksploatacyjne zespołu, kombajnu po remoncie kapitalnym z parametrami odpowiedniego obiektu w wieku  $t$  ( $t < T$ ). Wyrażenie  $z/t/$  oznacza w tym przypadku efektywność użytkowania obiektu /zespołu, kombajnu/ w pierwszym miesiącu jego pracy, zatem

$$z/t/ = z/T/$$

Rozumując w podobny sposób, otrzymujemy związek

$$f/t+1/ = f/T+1/$$

Uwzględniając powyższe związki, ostatnie równanie układu /1/ przepiszemy w postaci:

$$f/T/ = z/t/ + a f/t+1/ - c_1$$

W ten sposób otrzymujemy następujący skrócony układ równań liniowych:

$$\begin{aligned} f/t/ &= z/t/ + a f/t+1/ \\ f/t+1/ &= z/t+1/ + a f/t+2/ \\ \vdots & \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ f/T-1/ &= z/T-1/ + a f/T/ \\ f/T/ &= z/t/ + a f/t+1/ - c_1 \end{aligned} \quad /6/$$

Srednie nakłady na remont kapitalny oraz montaż i demontaż obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/ w cyklu remontowym można obliczyć według wzoru:

$$c_1 = \frac{R + K_{zd}}{\sum_{k=0}^t \hat{Q}_k} \quad /7/$$

gdzie:

R - koszt kolejnego remontu kapitalnego obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/, j.p.

Pozostałe składniki wzoru /7/ są już znane.

Obecnie należy układ równań /6/ rozwiązać względem  $f/t+1/$ . W tym celu mnożymy drugie równanie układu przez  $a$ , trzecie - przez  $a^2$  i wreszcie ostatnie - przez  $a^{T-t}$  i dodajemy otrzymany układ stronami. Po redukcji wyrazów podobnych otrzymujemy:

$$\begin{aligned} a f/t+1/ &= a z/t+1/ + a^2 z/t+2/ + \dots + a^{T-t-1} z/t+1/ + a^{T-t} z/t/ + \\ &+ a^{T-t-1} f/t+1/ - c_1 a^{T-t} \end{aligned} \quad /8/$$

Rozwiązując równanie /8/ względem  $f/t+1/$ , otrzymujemy relację:

$$f/t+1/ = \frac{z/t+1/+a \ z/t+2/+ \dots + a^{T-t-2} \ z/T-1/+a^{T-t-1} \ z/t/-c_1 a^{T-t-1}}{1 - a^{T-t}} \quad /9/$$

Postępujemy dalej tak jak poprzednio: wybieramy wielkość niewiadomą  $T$  tak, aby zmaksymalizować wyrażenie na  $f/t+1/$ , przy czym obliczenia zaczynamy od wartości  $T = t+1$ .

Największa wartość wyrażenia  $f/t+1/$  daje optymalny moment zastąpienia obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/ na obiekt po remoncie kapitalnym i jednocześnie wyznacza jego optymalny resurs eksploatacyjny.

Maksymalizując  $f/t+1/$ , maksymalizujemy oczywiście także  $f/t/$ , bo  $z/t/ = \text{const}$ , a z pierwszych opuszczonych  $t$  równań układu /6/ wynika, że maksymalizujemy również  $f/o/$ . Obecnie należy wyjaśnić, co jest bardziej pod względem ekonomicznym opłacalne: wymiana częściowo zużytego obiektu /zespołu kombajnu/ na nowy obiekt czy wyremontowany?

Odpowiedzi na tego rodzaju pytanie można uzyskać tylko drogą porównania maksymalnych wartości  $f/o/$  otrzymanych w obu przypadkach. W przypadku wymiany obiektu technicznego /zespołu, kombajnu/ na nowy należy po znalezieniu maksymalnej wartości  $f/1/$  obliczyć  $f/o/$  ze wzoru:

$$f/o/ = z/o/ + af/1/$$

W drugim przypadku, gdy zespół lub kombajn zamienia się na odpowiedni obiekt po remoncie kapitalnym, należy w celu uzyskania wartości  $f/o/$  wyznaczyć maksymalną wartość wyrażenia  $f/t+1/$ , a następnie obliczyć ciąg wartości:  $f/t/$ ,  $f/t-1/$ , ...,  $f/1/$ ,  $f/o/$ . Wielkości  $f/t/$ ,  $f/t-1/$ , ...,  $f/o/$  znajdujemy z układu /1/:

Praktyczne wykorzystanie opisanej metody obliczania optymalnego resursu i czasu użytkowania kombajnu węglowego i jego zespołów zamiennych zostanie zilustrowane przykładami po ~~zobran~~ opracowaniu odpowiedniego materiału statystycznego:

#### LITERATURA

- [1] Bellman R.E., Dreyfus S.E.: Programowanie dynamiczne. PWN, Warszawa 1967.
- [2] Wisiaszczew W., Gawrilenko W., Żukian B.: Metodyka wyznaczania normatywów remontowych kombajnów i prognozowania miesięcznej wielkości wydobycia ze ścian kombajnowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s.Górnictwo, 1978.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА СЛУЖБЫ И РЕСУРСА  
УГОЛЬНОГО ДОБЫЧНОГО КОМБАЙНА И ЕГО ВЗАИМНОЗАМЕ-  
НИМЫХ УЗЛОВ

Резюме

В статье приводится математическое описание метода определения оптимального срока службы и ресурса угольного добычного комбайна и его взаимозаменяемых узлов. Рассмотрены и определены варианты замены технического объекта / узла, комбайна/ на новый объект или на отремонтированный.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PERIOD OF EXPLOITATION AND  
INSTALLATION LIFE OF A COAL COMBINED CUTTER LOADER AND  
ITS SPARE SUBASSEMBLIES

S u m m a r y

This paper presents the mathematical description of the method of determining the optimal period of exploitation and installation life of the coal combined cutter loader and its spare sub-assemblies. The alternatives of replacing the technological object /assembly, cutter-loader/ by a new one or a repaired one were discussed.