ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: GÓRNICTWO z. 84 Nr kol. 554

Władimir WISIASZCZEW
Walentin GAWRILENKO
Bogdan ŻUKIAN

METODYKA WYZNACZANIA NORMATYWÓW REMONTOWYCH KOMBAJNÓW I PROGNOZOWANIA MIESIĘCZNEJ WIELKOŚCI WYDOBYCIA ZE ŚCIAN KOMBAJNOWYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono niektóre wyniki z zakresu metodyki wyznaczania ekonomicznie uzasadnionej pracochłonności obsługi technicznej kombajnu i resursów eksploatacyjnych jego zespołów zamiennych (głowicy, ciągnika i silnika) stanowiących niezbędną wielkość do obliczania amortyzacji, a także podano metodę przewidywania miesięcznej wielkości wydobycia z przodku ścianowego.

1. Wstęp

Stosowane dotychczas w praktyce górniczej metody wyznaczania okresu żywotności, jak również metody obliczania amortyzacji według obowiązujących stawek nie odzwierciedlają rzeczywistego procesu zużywania wyposażenia technicznego. Dotychczasowy sposób obliczania amortyzacji nie uwzględnia wpływu długości okresu żywotności wyposażenia technicznego i zmienności wielkości wydobycia w czasie.

Przedstawiony referat jest właśnie propozycją ustalenia jednolitych podstaw metodologicznych w zakresie metod wyznaczania potrzeb obsługowych i resursów eksploatacyjnych zespołów zamiennych kombajnu (głowicy, ciągnika i silnika), obliczania amortyzacji oraz prognozowania miesięcznej wielkości wydobycia z przodku ścianowego. Jako dalszy etap pracy przewiduje się obliczenie optymalnych resursów eksploatacyjnych poszczególnych zespołów zamiennych kombajnu z punktu widzenia czasu ich wymiany.

2. Rachunek ekonomicznie uzasadnionej pracochłonności obsługi technicznej kombajnu

Pracochłonność obsługi technicznej kombajnu zależy od stanu jakościowego jego zespołów zamiennych, który dostatecznie dobrze charakteryzuje taka miara niezawodności eksploatacyjnej, jak czas pracy pomiędzy dwoma kolejnymi remontami zespołowymi, tzn. remontami polegającymi na wymianie zespołów. Dla uzasadnienia potrzeb w zakresie pracochłonności obsługi

technicznej kombajnu konieczny jest dokładny opis zmienności czasu efektywnej pracy jego zespołów między dwoma kolejnymi zamianami. W związku z tym, że zmienność stanu jakościowego wyposażenia technicznego ma charakter probabilistyczny, dla opisu ilościowego czasu efektywnej pracy kombajnu przyjęto metody regresyjno-korelacyjne. Stosując odpowiednie kryteria doboru zmiennych stwierdzono, że czas efektywnej pracy kombajnu między dwoma kolejnymi remontami zespołowymi zależy od średniej wysokości ściany m, średniego rzeczywistego zabioru p_o, średniej roboczej prędkości posuwu V_p, średniej pracochłonności obsługi technicznej t^o, średnio ważonego oposu skrawania węgla P_w i skumulowanej wielkości wydobycia brutto Q_n naliczanego od momentu rozpoczęcia pracy produkcyjnej kombajnu. Aby lepiej scharakteryzować jakościowy stan kombajnu, matematyczne modele ilościowe oceny czasu efektywnej pracy poszczególnych jego zespołów dobiera się oddzielnie, dla zespołów nowych oraz dla zespołów po remoncie kapitalnym. Przez właściwą obsługę kombajnu można zwiększyć wydobycie i uzyskać efekty ekonomiczne wskutek niezmienności kosztów względnie stałych obciążających produkcję 1 t węgla. Ekonomicznie uzasadniony wybór pracochłonności obsługi technicznej kombajnu polega na porównaniu efektu ekonomicznego uzyskanego w wyniku zwiększenia liczebności personelu obsługi technicznej z dodatkowymi nakładami na otrzymanie tego efektu. Rachunek efektów ekonomicznych uzyskanych w wyniku przyrostu wydobycia kosztem podniesienia jakości obsługi technicznej kombajnu wymaga zastosowania następującej procedury postępowania.

Najpierw na podstawie uprzednio dobranych empirycznych modeli pozwalających na ocenę efektywnego czasu pracy kombajnu między remontami zespołowymi przy zadanych wartościach prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej (przy równości pozostałych parametrów) oblicza się efektywny czas pracy każdego zespołu między dwoma kolejnymi zamianami.

Następnie przy tej samej zadanej wartości prędkości posuwu i przy założeniu, że kombajn jest urządzeniem całkowicie niezawodnym, oblicza się możliwy do osiągnięcia efektywny czas jego pracy w ciągu miesiąca w konkretnych górniczo-geologicznych a także organizacyjnych warunkach według wzoru

$$T_{e\ max,j} = \frac{l_m}{V_p} n_s\, i_{c\ max}\, d_j, \tag{1}$$

gdzie:

l_m - maszynowa długość ściany, m;

V_p - prędkość posuwu kombajnu, m/min;

n_s - liczba skrawów wykonanych w ciągu jednego cyklu;

$i_{c\ max}$ - liczba cykli możliwa do wykonania w ciągu doby przy danej prędkości posuwu i bezawaryjnej pracy kombajnu;

d_j - liczba dni pracy kombajnu w j-tym miesiącu.

Otrzymane wyniki obliczeń wykorzystuje się do ustalenia miesięcznej liczby awarii i-tego ($i = \overline{1,3}$) zespołu kombajnu, użytkowanego w konkretnych warunkach za pomocę wzoru

$$n_{a\,ij} = \frac{T_{e\,max,j}}{t_{p\,ij} + t_{o\,ij}}, \quad (i = \overline{1,3}) \tag{2}$$

gdzie:

$t_{p\,ij}$ - efektywny czas pracy i-tego zespołu kombajnu w j-tym miesiącu w określonych warunkach górniczo-geologicznych i organizacyjnych, h.

Średnie straty czasu $t_{o\,ij}$ wywołane jedną awarią i-tego zespołu w j-tym miesiącu wynoszą

$$t_{o\,ij} = t_{l\,ij} + t_{z\,ij} + t_{c\,ij} + t_{d\,ij} + t_{r\,ij}, \tag{3}$$

gdzie:

$t_{l\,ij}$ - czas likwidacji awarii, h;

$t_{z\,ij}$ - czas na zgłoszenie i zlokalizowanie awarii, h;

$t_{c\,ij}$ - czas na zlecenie obsługi osobom personelu technicznego i pobranie części niezbędnych do zainstalowania zamiast uszkodzonych, h;

$t_{d\,ij}$ - czas na zjazd i dojście personelu obsługi technicznej do kombajnu, h;

$t_{r\,ij}$ - czas na próbny rozruch kombajnu, h.

Całkowity czas postoju kombajnu $t_{a\,ij}$ w j-tym miesięcu przeznaczony na likwidację przewidywanych awarii i-tego zespołu zamiennego kombajnu użytkowanego w określonych warunkach górniczo-geologicznych przy ustalonej prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej wynosi:

$$t_{a\,ij} = n_{a\,ij}\ t_{o\,ij} \tag{4}$$

Wówczas przewidywany efektywny czas pracy $\hat{T}_{e\,ij}$ i-tego zespołu zamiennego kombajnu w j-tym miesiącu w konkretnych warunkach użytkowania wyposażenia technicznego wyznacza się na podstawie wzoru:

$$\hat{T}_{e\,ij} = T_{e\,max,j} - t_{a\,ij} \tag{5}$$

Tak więc miesięczna wielkość wydobycia w przewidywanym czasie efektywnej pracy poszczególnych zespołów zamiennych kombajnu wynosi:

$$\hat{Q}_j = \hat{T}_{e\ ij}\ W_k, \tag{6}$$

gdzie:

W_k - średnia wydajność kombajnu uzyskana w ciągu efektywnego czasu pracy w określonych górniczo-geologicznych i technicznych warunkach, t/h.

W trakcie dalszych obliczeń określa się miesięczny przyrost wydobycia wynikający ze wzrostu liczebności personelu obsługi technicznej kombajnu w każdym następnym miesiącu w porównaniu z poprzednim

$$\Delta\hat{Q}_j = \hat{Q}_{j+1}^{t^o+t_n^o} - \hat{Q}_j^{t^o}, \tag{7}$$

gdzie:

$\Delta\hat{Q}_j$ - miesięczny przewidywany przyrost wydobycia uzyskany kosztem zwiększenia liczebności personelu obsługi technicznej kombajnu, t;

$\hat{Q}_j^{t^o}$ - miesięczna przewidywana wielkość wydobycia przy ustalonej pracochłonności obsługi technicznej kombajnu, t;

$\hat{Q}_{j+1}^{t^o+t_n^o}$ - miesięczna przewidywana wielkość wydobycia przy zwiększonej liczebności personelu obsługi technicznej kombajnu o n osób, t.

Wielkość miesięcznego zysku wynikającego z przyrostu wydobycia można obliczyć z zależności

$$Z_j = k_s\ \Delta\hat{Q}_j, \tag{8}$$

gdzie:

k_s - koszt względnie stały produkcji 1 tony węgla, rub.

Miesięczny przyrost kosztów płac poniesionych w wyniku zwiększenia personelu obsługi technicznej, wyraża się wzorem

$$\Delta R_j = \Delta t_j^o\ S_z\ d_j\ k_a, \tag{9}$$

gdzie:

Δt_j^o - dobowy przyrost pracochłonności obsługi technicznej kombajnu w j-tym miesiącu, roboczogodziny;

S_z - stawka płac ślusarza-elektryka, rub;

k_a - współczynnik poprawkowy uwzględniający dodatkowe płace i dodatki dla personelu technicznego.

Całkowity przyrost zysku wynikający ze wzrostu jakości obsługi technicznej kombajnu wynosi:

$$R_{cj} = Z_j - \Delta R_j. \tag{10}$$

Oczywiście, tylko przy nieujemnych wartościach R_{cj} nakłady na obsługę techniczną mogą być uznane za ekonomicznie opłacalne. Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń ustala się optymalną wielkość prędkości posuwu oraz optymalną wielkość pracochłonności obsługi technicznej w konkretnych warunkach użytkowania kombajnu. Jako kryterium oceny optymalnych wartości wymienionych parametrów służy maksymalna miesięczna wielkość wydobycia ze ściany. Przewidywaną miesięczną wielkość wydobycia oblicza się dla zadawanych kolejno wartości prędkości posuwu przy wyznaczonych uprzednio wartościach pracochłonności obsługi technicznej, ale przy ustalonych pozostałych górniczo-geologicznych i techniczno-organizacyjnych warunkach użytkowania kombajnu.

Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń zestawia się ciągi wartości liczbowych zawierające oprócz przewidywanych miesięcznych wielkości wydobycia odpowiadające im wielkości prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej kombajnu. Przy czym za optymalne uważa się takie wartości prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej, dla których przewidywana miesięczna wielkość wydobycia osiąga wartość największą. Innymi słowy, za optymalne uważa się takie wartości prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej, dla których spełniona jest nierówność

$$\hat{Q}_{t_1^o V_{p1}} < \hat{Q}_{t_{opt}^o \; V_{p\,opt}} > Q_{t_2^o V_{p2}}, \tag{11}$$

gdzie:

$\hat{Q}_{t_{opt}^o V_{p\,opt}}$ – przewidywana miesięczna wielkość wydobycia z przodku ścianowego odpowiadająca optymalnym wielkościom prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej kombajnu, t;

$\hat{Q}_{t_1^o V_{p1}}$, $\hat{Q}_{t_2^o V_{p2}}$ – przewidywana miesięczna wielkość wydobycia z przodku ścianowego odpowiadająca kolejno mniejszym oraz większym wartościom prędkości posuwu i pracochłonności obsługi technicznej kombajnu, t.

Stąd wynika, że wartości wymienionych parametrów muszą spełniać warunki:

$$V_{p1} < V_{p\,opt} < V_{p2}$$

$$t_1^o < t_{opt}^o < t_2^o$$

W większości przypadków z powodu trudnych warunków górniczo-geologicznych (duża gazowość, mała wytrzymałość mechaniczna skał otaczających) uzyskanie optymalnych wartości prędkości posuwu kombajnu jest rzeczą niemożliwą. W takich przypadkach oblicza się dopuszczalną prędkość posuwu kombajnu z uwzględnieniem jednego z czynników ograniczających i dla tej prędkości ustala się ekonomicznie uzasadnioną wielkość pracochłonności obsługi technicznej. Ostatecznie więc, niezawodna praca zespołów zamiennych i przewidywana wielkość wydobycia kształtują się pod wpływem jakości obsługi technicznej kombajnu. Związek niezawodności i innych wskaźników z jakością obsługi technicznej wyraża się przez czas pracy pomiędzy dwoma kolejnymi remontami zespołowymi. Im lepsza jest jakość obsługi technicznej, tym większy jest czas pracy pomiędzy dwoma kolejnymi remontami zespołowymi, tym większa jest niezawodność eksploatacyjna zespołów zamiennych i całego kombajnu, tym większe jest wydobycie.

3. Wyznaczanie granicznych resursów eksploatacyjnych zespołów zamiennych kombajnu

Rozwiązanie przedstawionego problemu polega na określeniu ekonomicznie maksymalnych długości cykli remontowych (kalendarzowy okres czasu między dwoma kolejnymi remontami kapitalnymi) i okresów żywotności zespołów zamiennych kombajnu, po upływie których ich praca będzie ekonomicznie nieopłacalna.

W związku z tym, oprócz przewidywanej miesięcznej wielkości wydobycia konieczna jest znajomość ekonomicznie uzasadnionej wielkości kosztów remontów bieżących oraz kosztów obsługi technicznej kombajnu.

Miesięczne koszty obsługi technicznej kombajnu określa się wzorem

$$K_j^o = t_j^o \, S_z \, d_j \, k_a, \tag{12}$$

gdzie:

t_j^o - dobowa, ekonomicznie uzasadniona pracochłonność obsługi technicznej kombajnu w j-tym miesiącu, roboczogodziny.

Miesięczne koszty remontów bieżących $K_{b\,ij}^o$ poszczególnych zespołów zamiennych kombajnu wyznacza się ze wzoru

$$K_{b\,ij}^o = n_{a\,ij} \, K_{ri} + \sum_{z=i}^{m} n_{z\,ij} \, K_{zi}, \tag{13}$$

gdzie:

K_{ri} - koszty robocizny, które należy ponieść w celu likwidacji jednej awarii i-tego zespołu zamiennego kombajnu, rub;

n_{zij} - przewidywana liczba zamian podzespołów wykonanych na i-tym zespole zamiennym kombajnu w j-tym miesiącu;

m - liczba wszystkich obsług wykonanych metodą zamiany podzespołu w i-tym zespole w j-tym miesiącu;

K_{zi} - koszty jednej zamiany podzespołu w i-tym zespole kombajnu, rub.

Koszty likwidacji jednej awarii określa się eksperymentalnie jako średnie koszty likwidacji awarii określonego rodzaju. Koszty zamiany określonego podzespołu kombajnu można wyliczyć w zależności

$$K_{zi} = t_i^o S_z + W_{pi}, \tag{14}$$

gdzie:

t_i^o - pracochłonność zamiany uszkodzonego podzespołu w i-tym zespole zamiennym, roboczogodziny;

W_{pi} - wartość nowego podzespołu, rub;

S_z - stawka godzinowa pracownika personelu obsługi technicznej, rub.

Zwiększenie nakładów na dodatkowe zatrudnienie i remont bieżący jest ekonomicznie opłacalne tylko wtedy, gdy spełniona jest nierówność

$$\left(\frac{K_{j+1}^o}{\hat{Q}_{j+1}} - \frac{K_j^o}{\hat{Q}_j}\right) + \left(\frac{k_s}{\hat{Q}_{j+1}} - \frac{k_s}{\hat{Q}_j}\right) + \left(\frac{K_{bi,j+1}^o}{\hat{Q}_{j+1}} - \frac{K_{b\,ij}^o}{\hat{Q}_j}\right) \leqslant$$

$$\left(\frac{W_{pi}}{\sum_{k=1}^{j} \hat{Q}_k} - \frac{W_{pi}}{\sum_{k=1}^{j+1} \hat{Q}_k}\right) + \left(\frac{K_{zd}}{\sum_{k=1}^{j} \hat{Q}_k} - \frac{K_{zd}}{\sum_{k=1}^{j+1} \hat{Q}_k}\right) - \Delta K\ E, \tag{15}$$

gdzie:

K_j^o - koszt obsługi technicznej poniesiony w j-tym miesiącu użytkowania kombajnu, tj. w ostatnim miesiącu okresu bazowego, rub;

K_{j+1}^o - koszt obsługi technicznej poniesiony w następnym miesiącu użytkowania kombajnu, rub;

k_s - koszt względnie stały wydobycia 1 t węgla, rub/t;

$\hat{Q}_j$ - przewidywana wielkość wydobycia w j-tym miesiącu użytkowania konkretnego zespołu zamiennego kombajnu, t;

$\hat{Q}_{j+1}$ - przewidywana wielkość wydobycia w następnym miesiącu użytkowania konkretnego zespołu zamiennego kombajnu, t;

$\sum_{k=1}^{j} \hat{Q}_k$ - przewidywana wielkość wydobycia w okresie bazowym, tzn. do miesiąca, od którego rozpoczął pracę kombajn, t;

$\sum_{k=1}^{j+1} \hat{Q}_k$ - przewidywana wielkość wydobycia w okresie większym od okresu bazowego o jeden miesiąc, t;

W_{pi} - cena zespołu zamiennego, odpowiadająca cenie wycofywanego odpowiednika (głowicy, ciągnika lub silnika), rub;

K^o_{bj} - przewidywany średni koszt remontu bieżącego, który należy ponieść w j-tym miesiącu użytkowania konkretnego zespołu zamiennego kombajnu, rub;

$K^o_{b,j+1}$ - przewidywany średni koszt remontu bieżącego, który należy ponieść w następnym miesiącu użytkowania konkretnego zespołu zamiennego kombajnu, rub;

ΔK - przyrost nakładów inwestycyjnych, rub/t,

E - porównawczy współczynnik efektywności ekonomicznej inwestycji;

K_{zd} - średni koszt jednego montażu i demontażu oraz transportu zespołu do naprawy i z powrotem, rub.

Poziom przyrostu nakładów inwestycyjnych ustala się na podstawie wzoru

$$\Delta K = \frac{W_{pi} K_1 + W_{ri}}{\sum_{k=1}^{j+1} \hat{Q}_k K_1} - \frac{W_{pi} K_1' + W_{ri}}{\sum_{k=1}^{j} \hat{Q}_k K_1'}, \tag{16}$$

gdzie:

W_{ri} - wartość pozostałych zespołów zamiennych kombajnu nie obejmująca wartości i-tego zespołu wycofanego i wartości innego wyposażenia, rub;

K_1, K_1' - stopy dyskonta; określa się je według wzorów;

$$K_1 = \frac{12}{j+1}, \tag{17}$$

$$K_1' = \frac{12}{j}. \tag{18}$$

Średni koszt jednego montażu i demontażu oraz transportu zespołu do naprawy i z powrotem oblicza się na podstawie zakresu robót i norm w konkretnych warunkach.

Po przeniesieniu na lewą stronę nierówności (15) wyrażeń zawierających $\hat{Q}_j$ oraz $\hat{Q}_{j+1}$ i po podstawieniu zależności (16) do (15) otrzymujemy:

$$\frac{K^o_{j+1} + k_s + K^o_{bi,j+1}}{\hat{Q}_{j+1}} - \frac{K^o_j + k_s + K^o_{bij}}{\hat{Q}_j} \leqslant$$

$$< \frac{W_{pi}K_1' + K_{zd}K_1' + E(W_{pi}K_1' + W_{ri})}{\sum_{k=1}^{j} \hat{Q}_k K_1'} - \frac{W_{pi}K_1 + K_{zd}K_1 + E(W_{pi}K_1 + W_{ri})}{\sum_{k=1}^{j+1} \hat{Q}_k K_1} \tag{19}$$

Oznaczając przez K_j sumaryczne jednostkowe koszty obsługi technicznej i remontów bieżących kombajnu, a także koszty stałe produkcji poniesione do okresu (j+1) miesięcy włącznie otrzymujemy:

$$K_{j+1} = \frac{K^o_{j+1} + k_s + K^o_{bi,\, j+1}}{\hat{Q}_{j+1}}. \tag{20}$$

Wtedy różnica $\Delta K_j = K_{j+1} - K_j$ (lewa strona nierówności 19) jest przyrostem kosztów jednostkowych eksploatacji kombajnu poniesionych przy przejściu od okresu j do okresu j+1. Oznaczmy symbolami N_j oraz N_{j+1} składowe prawej strony nierówności (19)

$$N_j = \frac{W_{pi}K_1' + K_{zd}K_1' + E(W_{pi}K_1' + W_{ri})}{\sum_{k=1}^{j} \hat{Q}_k K_1'}, \tag{21}$$

$$N_{j+1} = \frac{W_{pi}K_1 + K_{zd}K_1 + E(W_{pi}K_1 + W_{ri})}{\sum_{k=1}^{j+1} \hat{Q}_k K_1}. \tag{22}$$

Wielkości N_j i N_{j+1} charakteryzują koszty jednostkowe nabycia i montażu zespołów zamiennych kombajnu, pod warunkiem, że wyposażenie jest użytkowane w ciągu (j+1) miesięcy.

Różnica $\Delta N_j = N_j - N_{j+1}$ określa zniżkę wymienionych kosztów jednostkowych przy założeniu, że cykl remontowy lub okres żywotności eksploatacyjnej zostanie zwiększony o jeden miesiąc. Wielkość $k_j = \Delta K_j - \Delta N_j$ służy jako kryterium oceny ekonomiczności użytkowania zespołów zamiennych kombajnu w okresie (j, j+1).

Wielkość k_j wskazuje, na ile spadek kosztów jednostkowych związanych z nakładami inwestycyjnymi przekracza przyrost kosztów jednostkowych związanych z obsługą techniczną, remontami bieżącymi itd., jeśli zwiększyć czas pracy kombajnu włącznie do okresu (j, j+1) miesięcy. Gdy różnica $k_j = 0$ należy zrezygnować z dalszego użytkowania zespołu kombajnu węglowego. Dalsze zwiększanie cykli remontowych zespołów zamiennych kombajnu nie jest ekonomicznie opłacalne, ponieważ lewa strona nierówności (19) będzie większa od prawej. Zgodnie z tak ujętą oceną ekonomicznie uzasad-

nionej długości cyklu remontowego, całkowity resurs dla zespołów zamiennych kombajnu oblicza się przez sumowanie miesięcznej przewidywanej wielkości wydobycia za cały ten okres czasu. Przy czym przez resurs eksploatacyjny zespołu zamiennego kombajnu będziemy rozumieć wielkość wydobycia możliwą do uzyskania przy jego użyciu w istniejących górniczo-geologicznych i techniczno-organizacyjnych warunkach w okresie kalendarzowym do kolejnej wymiany.

Przy wyznaczaniu okresów żywotności i resursów głowicy, ciągnika i silnika kombajnu powstaje problem: jaką ekonomicznie uzasadnioną politykę zamiany wymienionych zespołów należy stosować w przyszłości? Można tutaj zaproponować kilka wariantów zamiany zespołów kombajnu, których resurs został zużyty w ciągu pierwszego cyklu remontowego. Według pierwszego wariantu zespół technicznie zużyty, można zamienić na taki sam zespół nowy. Według drugiego wariantu zespół technicznie zużyty, można zamienić na taki sam zespół po pierwszym remoncie kapitalnym itd. Zgodnie z pierwszym wariantem zamiany okres żywotności każdego zespołu kombajnu jest równy długości pierwszego cyklu remontowego. Jeśli natomiast i-ty $(i = \overline{1,3})$ zespół zamienny kombajnu zostanie poddany $r(r = \overline{1,p})$ remontom kapitalnym, to okres jego żywotności T_i określa się wzorem:

$$T_i = \sum_{r=i}^{p} T_{ri}, \quad (i = \overline{1,3}) \tag{23}$$

gdzie:

T_{ri} - długość r-tego cyklu remontowego, miesiące.

W takim przypadku resursem zespołu zamiennego kombajnu jest sumaryczna przewidywana wielkość wydobycia możliwa do uzyskania w warunkach konkretnej kopalni w ciągu wszystkich cykli remontowych.

Przy wyborze wariantów renowacji technicznie zużytych zespołów kombajnu należy kierować się efektywnością ich wykorzystania w poszczególnych wariantach. Efektywność ekonomiczna wykorzystania poszczególnych zespołów zamiennych kombajnu dla pierwszego wariantu renowacji określa się na podstawie prezentowanej wyżej metodyki, a dla drugiego wariantu na podstawie nierówności:

$$\frac{K^o_{T_{1i}+j} + k_s + K^o_{bi} \cdot T_{1i}+j}{\hat{Q}_{T_{1i}+j}} - \frac{K^o_{T_{1i}} + k_s + K^o_{bi}\, T_{1i}}{\hat{Q}_{T_{1i}}} \leqslant$$

$$\leqslant \frac{W_{pi}K'_i + K_{zd}K'_i + E(W_{pi}K'_i + W_{ri})}{\sum\limits_{k=1}^{T_{1i}} \hat{Q}_k} - \frac{W_{pi}K_i + K_{zd}K_i + E(W_{pi}K_i + W_{ri})}{\sum\limits_{k=0}^{T_{1i}+j} \hat{Q}_k} -$$

$$- \frac{R_{1i}\,(i + E)}{\sum\limits_{k=T_{1i}}^{T_{1i}+j} \hat{Q}_k}, \quad (i = \overline{1,3}) \tag{24}$$

gdzie:

T_{1i} - długość pierwszego cyklu remontowego i-tego zespołu zamiennego kombajnu, miesiące;

j - numer miesiąca użytkowania i-tego zespołu zamiennego w drugim cyklu remontowym;

R_{1i} - koszt pierwszego remontu kapitalnego i-tego zespołu zamiennego, rub.

Czynniki dyskontujące K_2 i K_2 wynoszą

$$K_2' = \frac{12}{T_{1i}}, \tag{25}$$

$$K_2 = \frac{12}{T_{1i}+j}. \tag{26}$$

Wzór (24) umożliwia porównanie efektywności wykorzystania poszczególnych zespołów zamiennych w każdym miesiącu drugiego cyklu remontowego z efektywnością wykorzystania w ostatnim miesiącu pierwszego cyklu remontowego. Jeśli okaże się, że porównywane efekty są równe, to dalsze użytkowanie zespołu zamiennego należy uznać za ekonomicznie nieuzasadnione. Efektywność wykorzystania zespołu zamiennego w każdym miesiącu trzeciego okresu międzyremontowego określa się wzorem

$$\frac{K_1^o + k_s + K_{bi1}^o}{\hat{Q}_1} - \frac{K_{T_{2i}} + k_s + K_{bi}\,T_{2i}}{\hat{Q}_{T_{2i}}} <$$

$$< \frac{W_{pi}K_2' + K_{zd}K_2' + E(W_{pi}K_2' + W_{ri})}{\sum\limits_{k=0}^{T_{1i}} \hat{Q}_k} - \frac{R_{2i}\,(1 + E)}{\sum\limits_{k=T_{1i}+T_{2i}}^{T_{1i}+T_{2i}+1} \hat{Q}_k} -$$

$$- \frac{W_{pi}K_2 + K_{zd}K_3 + E(W_{pi}K_2 + W_{ri})}{\sum\limits_{k=0}^{T_{1i}+T_{2i}+1} \hat{Q}_k} \quad (i = \overline{1,3}) \tag{27}$$

Czynnik dyskontujący K_3 wynosi:

$$K_3 = \frac{12}{T_{1i} + T_{2i} + l}, \tag{28}$$

gdzie:

l - numer miesiąca użytkowania i-tego zespołu zamiennego w trzecim cyklu remontowym;

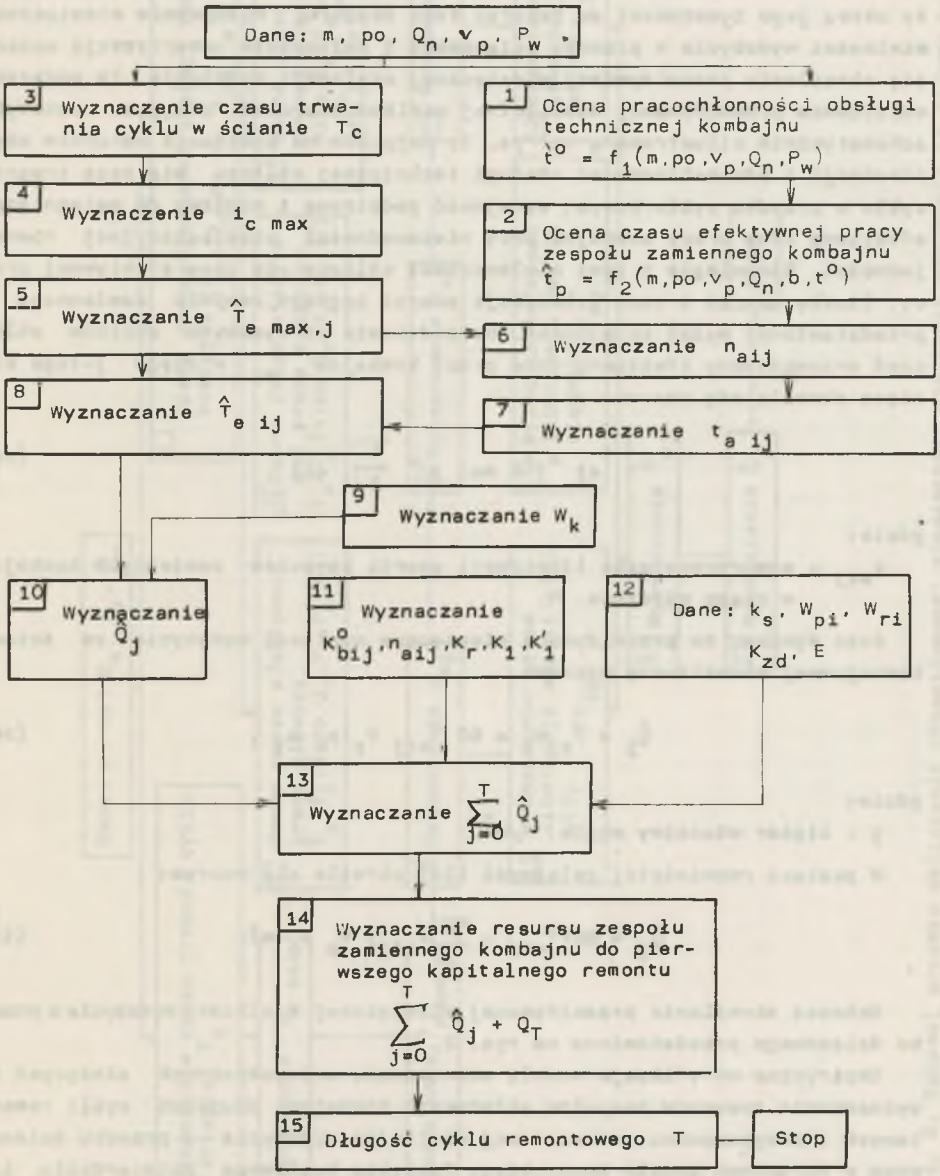
T_{2i} - długość drugiego cyklu remontowego i-tego zespołu zamiennego kombajnu, miesiące;

R_{2i} - koszt drugiego remontu kapitalnego i-tego zespołu zamiennego, rub.

Dalsze rozważania przeprowadza się analogicznie, jak w drugim cyklu remontowym. Schemat procesu obliczania długości cykli remontowych i resursów poszczególnych zespołów zamiennych przedstawiono na rys. 1.

Z analizy tego schematu wynika, że najpierw dla konkretnych warunków za pomocą dobranego modelu oblicza się ekonomicznie uzasadnioną pracochłonność obsługi technicznej. Następnie dla tych samych warunków i ekonomicznie uzasadnionej pracochłonności określa się efektywny czas pracy zespołu między dwoma kolejnymi zamianami. Jednocześnie z tymi wielkościami wyznacza się możliwy do osiągnięcia efektywny czas pracy i wydajność kombajnu. Na podstawie otrzymanych wyników określa się przewidywaną liczbę awarii, czas likwidacji tych awarii, przewidywany możliwy do osiągnięcia efektywny czas pracy zespołu zamiennego i przewidywaną wielkość wydobycia możliwą do uzyskania w tym czasie. Przewidywaną wielkość wydobycia narastająco ustala się najpierw dla pierwszego miesiąca pracy zespołu zamiennego kombajnu, tj. przyjmuje się, że wielkość ta jest równa zeru.

Sumując przewidywaną wielkość wydobycia z przodku ścianowego od pierwszego miesiąca otrzymuje się łączne wydobycie przypadające na koniec kolejnych miesięcy pracy zespołu zamiennego kombajnu. W związku z powyższym ekonomicznie uzasadnioną pracochłonność i czas pracy pomiędzy remontami zespołowymi, na których opiera się rachunek przewidywanej wielkości wydobycia ustala się również za okres kolejnych miesięcy narastająco. Równocześnie z obliczaniem przewidywanej wielkości wydobycia określa się koszty obsługi technicznej i remontów bieżących kombajnu. Efektywność ekonomiczną wykorzystania zespołu zamiennego wyznacza się również za okres kolejnych miesięcy do momentu otrzymania równości prawej i lewej strony wzoru (27). Ostatni miesiąc, kiedy następuje zrównanie efektu ekonomicznego z dodatkowymi nakładami wyznacza graniczną długość każdego cyklu remontowego, a wielkość wydobycia narastająco na koniec tego miesiąca jest ekonomicznie uzasadnionym resursem tego zespołu. Całkowita wartość resursu poszczególnych zespołów zamiennych kombajnu służy nie tylko dla potrzeb właściwej realizacji odnowy i wykorzystania wyposażenia technicznego, ale pozwala również na zastosowanie ścisłego sposobu obliczania stawek amortyzacyjnych i kosztów eksploatacji, a także umożliwia wyznaczenie niezbędnych liczności zespołów zapasowych.



Rys. 1. Schemat procesu obliczania resursu zespołu zamiennego kombajnu i długości pierwszego cyklu remontowego

4. Prognozowanie miesięcznej wielkości wydobycia ze ściany kombajnowej i stawek amortyzacyjnych

Kwota amortyzacji zespołu zamiennego kombajnu równa się stosunkowi wartości początkowej zespołu i łącznych nakładów na remonty kapitalne za cały okres jego żywotności do resursu tego zespołu. Planowanie miesięcznej wielkości wydobycia z przodku ścianowego i naliczanie amortyzacji opiera się określeniu przewidywanej miesięcznej wielkości wydobycia. Za podstawę obliczania przewidywanej miesięcznej wielkości urobku przyjęto metodykę schematycznie zilustrowaną na rys. 1. Najpierw na podstawie warunków eksploatacji i pracochłonności obsługi technicznej oblicza się czas trwania cyklu w przodku wybierkowym, wydajność godzinową i możliwy do osiągnięcia efektywny czas pracy kombajnu przy niezawodności eksploatacyjnej równej jedności. Równolegle z tymi wielkościami oblicza się czas efektywnej pracy, liczbę awarii i czas likwidacji awarii każdego zespołu zamiennego w przedstawionej wyżej kolejności. Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń przewidywany efektywny czas pracy kombajnu T_{ej} w ciągu j-tego miesiąca określa się wzorem:

$$\hat{T}_{ej} = T_{e\,max\,j} - \sum_i t_{aij}, \tag{29}$$

gdzie:

t_{aij} - sumaryczny czas likwidacji awarii zespołów zamiennych kombajnu w ciągu miesiąca, h.

Stąd wynika, że przewidywana miesięczna wielkość wydobycia ze ściany kombajnowej określa się wzorem:

$$\hat{Q}_j = \hat{T}_{ej} W_k = 60\, \hat{T}_{eij}\, V_p\, p_o\, m_\gamma, \tag{30}$$

gdzie:

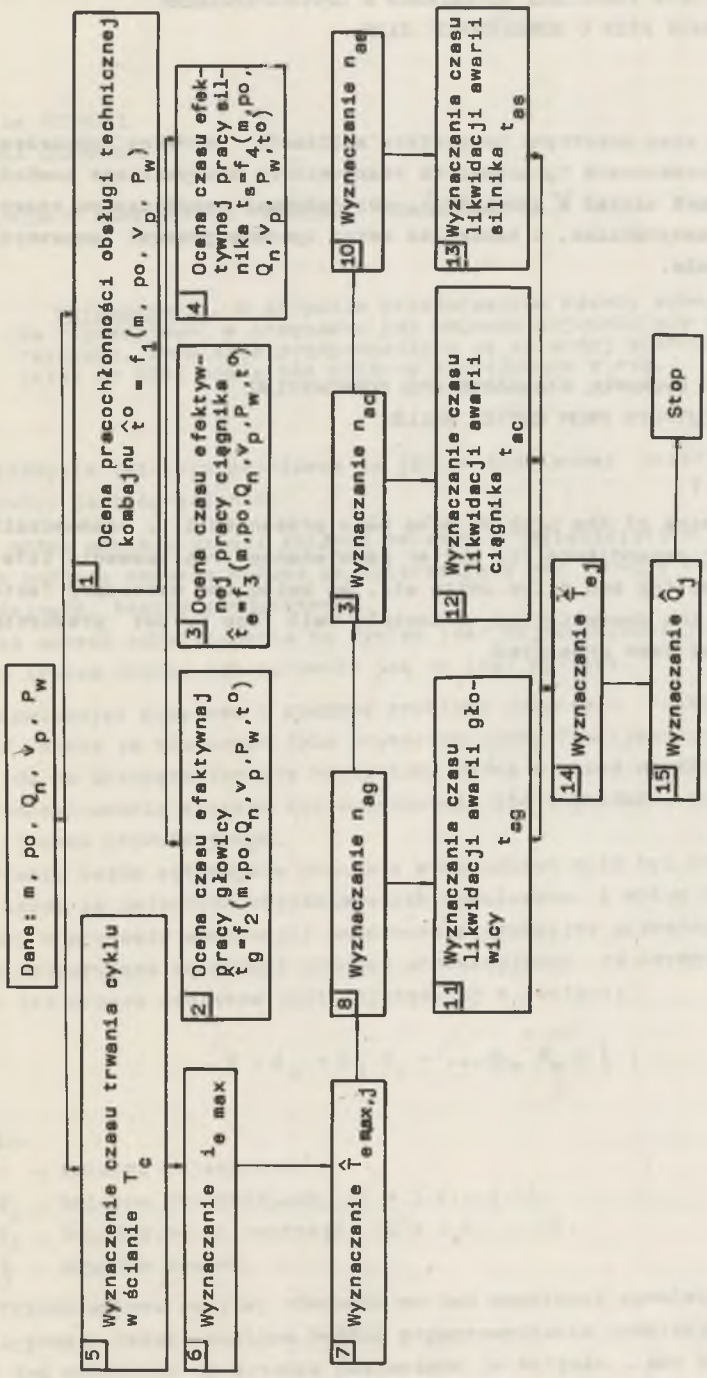
γ - ciężar właściwy węgla, T/m^3.

W postaci rozwiniętej zależność (30) określa się wzorem:

$$\hat{Q}_j = 60(\hat{T}_{eij} - \sum_i t_{aij})\, V_p\, p_o\, m\gamma. \tag{31}$$

Schemat określania przewidywanej miesięcznej wielkości wydobycia z przodku ścianowego przedstawiono na rys. 2.

Empiryczna weryfikacja modeli ekonomiczno-matematycznych służących do wyznaczania resursów zespołów składowych kombajnu, długości cykli remontowych i prognozowania miesięcznej wielkości wydobycia z przodku ścianowego w warunkach kopalń Donieckiego Zagłębia Węglowego potwierdziła ich adekwatność do potrzeb rzeczywistości eksploatacyjnej.



Rys. 2. Schemat procesu obliczania przewidywanej miesięcznej wielkości wydobycia ze ściany kombajnowej

МЕТОДИКА РАСЧЁТА РЕМОНТНЫХ НОРМАТИВОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСЯЧНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ С КОМБАЙНОВОЙ ЛАВЫ

Р е з ю м е

В докладе даны некоторые результаты в области методики определения экономически обоснованной трудоёмкости технического обслуживания комбайна (режущей, подающей частей и двигателя), составляющих необходимую величину для определения амортизации, а также дан метод прогнозирования месячной добычи угля на комбайн.

METHODICS OF OVERHAUL STANDARDS AND FORECASTING OF MONTHLY OUTPUTS FROM CUTTER WALLS

S u m m a r y

Some aspects of the problem have been presented i.e. economically justified labor expenditure for cutter maintenance, replacements life as for the head, hauling and drive units etc. as being the necessary factors for calculating the depreciation. A monthly wall face output predicting method has also been presented.