

Tadeusz GIZA
Marek JASZCZUK
Piotr SOBOTA

METODYKA OKREŚLANIA STATECZNOŚCI ŚCIANOWYCH KOMBAJNÓW WĘGLOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono dwa algorytmy postępowania przy określaniu stateczności kombajnów ścianowych. Podano model obciążenia kombajnu, określono momenty ustalające i wywracające dla przyjętych krawędzi wyrotu. W drugim sposobie sprawdzania stateczności określa się położenie wypadkowej reakcji prostopadłych do płaszczyzn podparcia w stosunku do konturu podparcia kombajnu.

1. WSTĘP

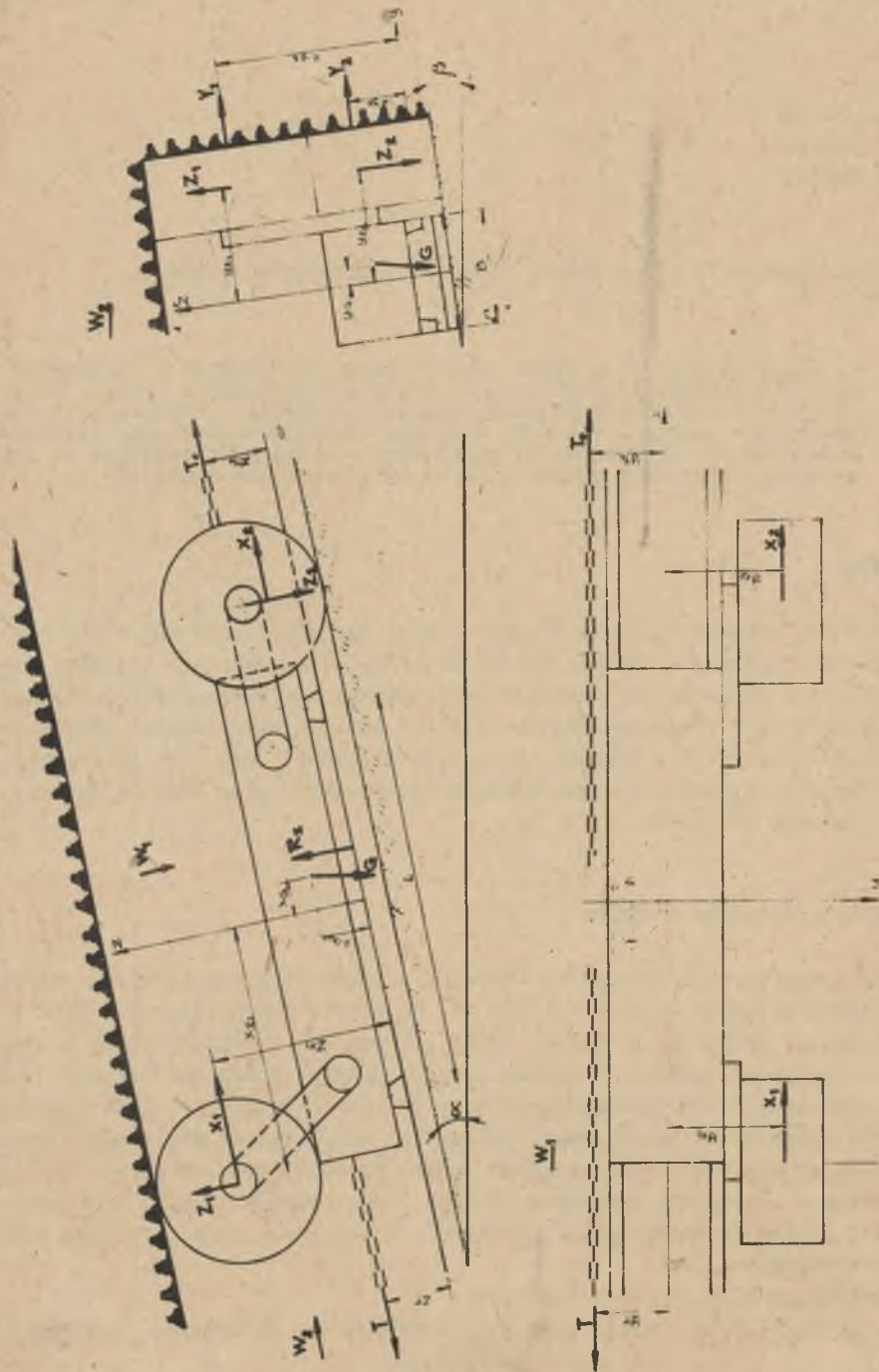
Ścianowy kombajn węglowy w czasie pracy powinien znajdować się w równowadze pod wpływem działania sił zewnętrznych oraz własnego ciężaru. Jeżeli warunki równowagi nie są spełnione (moment wywracający jest większy od ustalającego) równowagę należy zapewnić poprzez zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń. W przypadku tym należy wyznaczyć, jak duże jest obciążenie prowadnic zapewniających stateczność kombajnu przy jego najbardziej niekorzystnym obciążeniu.

2. MODEL OBCIĄŻENIA KOMBAJNU

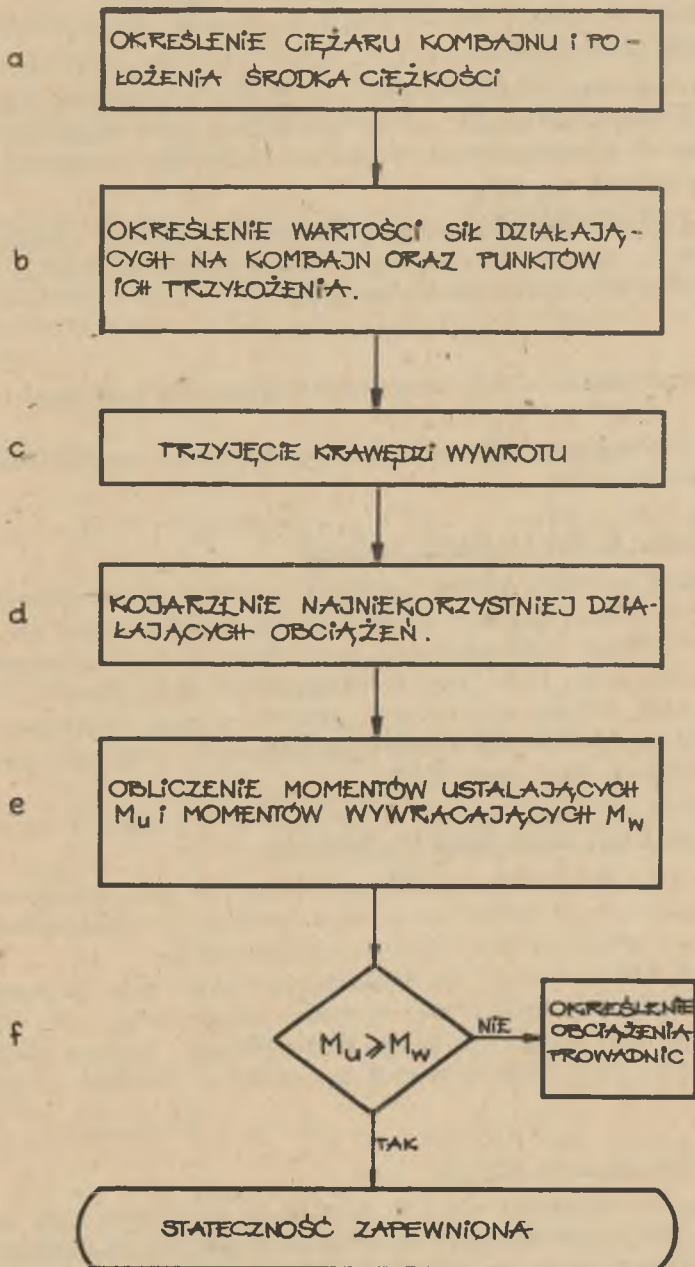
Dla wyznaczenia stateczności kombajnu ścianowego można przyjąć model obciążenia pokazany na rys. 1. Oś Ox , Oy układu współrzędnych leżą w płaszczyźnie podparcia kombajnu. Oś Ox pokrywa się z osią wzdłużną kombajnu, natomiast oś Oy dzieli rozstaw płóc na połowy. Przyjęcie takiego układu współrzędnych uwarunkowane jest tym, że krawędzie wyrotu leżą w płaszczyźnie wyznaczonej przez punkty podparcia. Rozpatrujemy stateczność kombajnu ścianowego przy następujących założeniach: maszyna znajduje się w wyrobisku o nachyleniu podłużnym (kąt α) i poprzecznym (kąt β) oraz porusza się ruchem jednostajnym ($V_p = \text{const}$), w związku z czym nie występują siły bezwładności.

Obciążenie kombajnu stanowią siły:

$X_{1,2}$; $Z_{1,2}$; $Y_{1,2}$ - uogólnione siły skrawania i ładowania, działające na organy urabiające,



Rys. 1. Model ogólny obciążenia kombajnu ścianowego



Rys. 2. Algorytm postępowania przy określaniu stateczności kombajnu poprzez obliczenie momentów ustalających M_u i wywracających M_w

- T - napięcie w gałęzi roboczej łańcucha pociągowego,
 T_0 - napięcie w gałęzi biernej łańcucha pociągowego,
 G - ciężar kombajnu.

Położenie wszystkich sił w stosunku do układu odniesienia opisane jest przez odpowiednie współrzędne x_1, y_1, z_1 . Siła R_Z jest wypadkową reakcją prostopadłych do płaszczyzny Oxy w punktach podparcia kombajnu, której współrzędne wynoszą x_{R_Z} i y_{R_Z} .

Zwrot siły Z_1 odpowiada pracy podsiębiernej organu roboczego, a **zwrot** siły Z_2 pracy nadsiębiernej organu urabiającego. Zwroty sił X_1, X_2 są przeciwne do kierunku ruchu kombajnu.

3. ALGORYTM POSTĘPOWANIA PRZY OKREŚLENIU STATECZNOŚCI KOMBAJNU

Algorytm postępowania przy określaniu stateczności kombajnu przedstawiono na rys. 2.

a. Określenie środka ciężkości kombajnu

Aby określić położenie środka ciężkości kombajnu należy dokonać podziału kombajnu na proste elementy, których środki ciężkości mogą być stosunkowo łatwo określone. Najkorzystniej jest przyjąć jako takie elementy poszczególne podzespoły, które jako bloki montowane są na sianach, np. ciągnik hydrauliczny, silniki elektryczne, głowice, organy urabiające. Znalezienie środka ciężkości można dokonać analitycznie, względnie graficznie za pomocą wieloboku sznurowego [1].

b. Określenie sił działających na kombajn

Należy przyjąć maksymalne wartości sił także i w tych przypadkach, jeżeli działają one przez krótki okres czasu. Punkty ich przyłożenia, kierunki i zwroty, przyjmuje się najbardziej niekorzystne.

Do obliczeń można przyjąć siły wynikające z układu noży na organie urabiającym, uwzględniając najtrudniej urabiany rodzaj skały, do skrawania której może być zastosowany [2, 3, 4]. Można również przyjąć maksymalne siły wynikające z mocy zainstalowanych na kombajnie silników elektrycznych [3, 4].

c. Określenie krawędzi wywrotu

Należy określić krawędzie wywrotu, w stosunku do których będą liczone momenty wywracające i ustalające. Każda krawędź wywrotu przechodzi przez dwa punkty podparcia kombajnu, leżące wzdłuż osi wzdłużnej, względnie poprzecznej kombajnu. Wszystkie krawędzie wywrotu I-II, II-III, III-IV, I-IV tworzą jednocześnie kontur podparcia kombajnu ścianowego.

d. Kojarzenie obciążeń

W przypadku gdy nie jest wiadome, jakie połączenie równocześnie działających obciążeń będzie najbardziej niekorzystne dla wybranych krawędzi wywrotu, obliczenia należy przeprowadzić tyle razy, ile jest możliwych wariantów skojarzenia obciążeń i wybrać przypadek najmniej korzystny.

e. Obliczenie momentów ustalających M_u i wywracających M_w

Moment ustalający, będący funkcją ciężaru kombajnu i położenia jego środka ciężkości oraz moment wywracający, będący funkcją pozostałych sił działających na kombajn i ich położenia, liczymy względem tej samej krawędzi wywrotu.

Krawędź wywrotu I-II

$$M_u = G \cos\alpha \cos\beta \cdot \left(\frac{B}{2} - y_G\right)$$

$$M_w = -G \cos\alpha \sin\beta \cdot z_G - Z_1 \left(y_{Z_1} - \frac{B}{2}\right) + Z_2 \left(y_{Z_2} - \frac{B}{2}\right) + Y_1 z_{Y_1} + Y_2 z_{Y_2}$$

Krawędź wywrotu II-III

$$M_u = G \cos\alpha \cos\beta \left(\frac{L}{2} - x_G\right)$$

$$M_w = -G \sin\alpha z_G + Z_1 \left(\frac{L}{2} + x_{Z_1}\right) + Z_2 \left(x_{Z_2} - \frac{L}{2}\right) + X_1 z_{X_1} + X_2 z_{X_2} - T_{z_T} + T_{oz_{T_0}}$$

Krawędź wywrotu III-IV

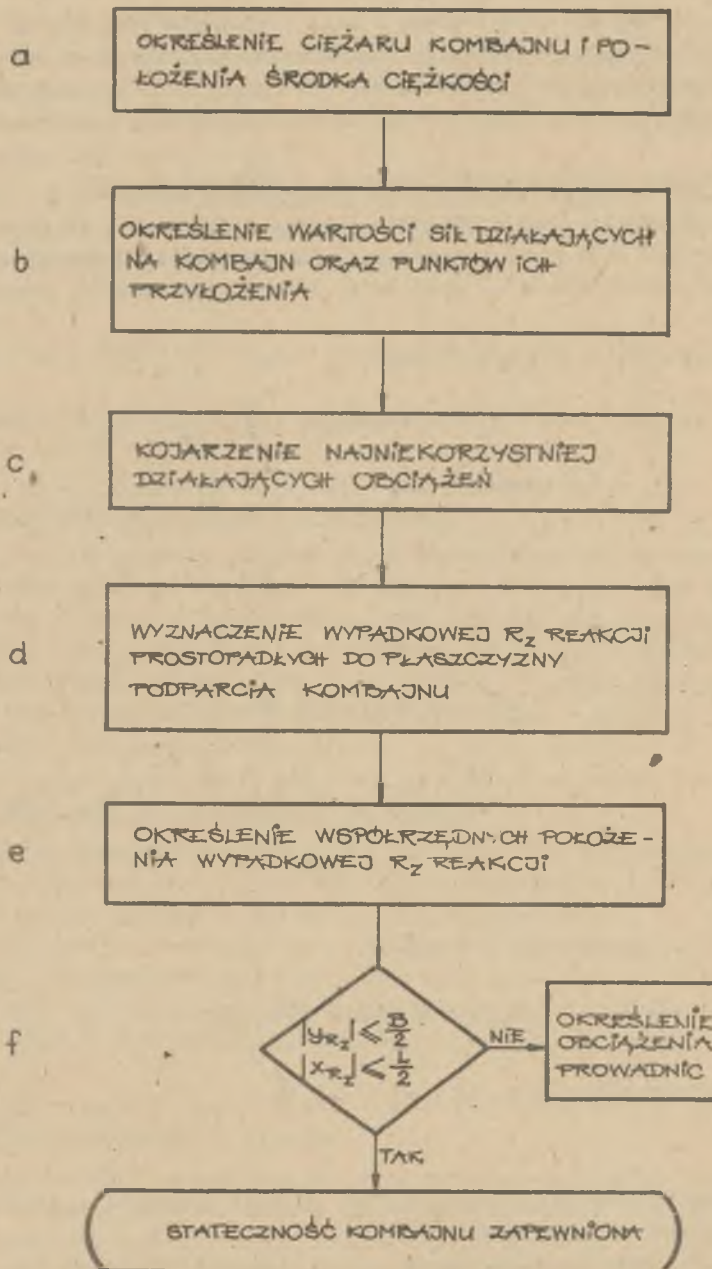
$$M_u = G \cos\alpha \cos\beta \left(\frac{B}{2} + y_G\right)$$

$$M_w = G \cos\alpha \sin\beta z_G + Z_1 \left(\frac{B}{2} + y_{Z_1}\right) - Z_2 \left(\frac{B}{2} + y_{Z_2}\right) - Y_1 z_{Y_1} - Y_2 z_{Y_2}$$

Dla przyjętego układu sił niecelowe jest liczenie momentów, ustalającego i wywracającego, względem krawędzi I-IV.

Obliczenia momentów ustalających i wywracających dokonujemy dla przypadku:

- 1) pracy w pokładzie nachylonym $\alpha \neq 0$, $\beta \neq 0$,
- 2) pracy w pokładzie poziomym $\alpha = 0$, $\beta = 0$.



Rys. 3. Algorytm postępowania przy określaniu stateczności kombajnu poprzez wyznaczenie współrzędnych położenia wypadkowej R_Z .

f. Porównanie momentów ustalających i wywracających

Jeżeli we wszystkich przypadkach moment ustalający jest większy od wywracającego, wówczas stateczność kombajnu jest zapewniona. Gdy tak nie jest prowadnice kombajnu są dodatkowo obciążone. Obciążenie to oblicza się z zależności:

$$F_1 = \frac{M_w - M_u}{B} \quad \text{dla krawędzi wywrotu I-II i III-IV,}$$

$$F_2 = \frac{M_w - M_u}{L} \quad \text{dla krawędzi wywrotu II-III i I-IV.}$$

Siły te mogą obciążać jedną lub dwie prowadnice w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego prowadzenia kombajnu po przerośniku.

Istnieje również drugi sposób sprawdzenia stateczności kombajnu, dla którego algorytm postępowania przedstawiono na rys. 3. Pierwsze trzy kroki związane z ustaleniem obciążenia kombajnu są identyczne, jak w poprzednim podanym sposobie (odpowiednio a, b, d).

g. Wyznaczenie wypadkowej reakcji prostopadłych do płaszczyzny podparcia

Większość współczesnych kombajnów ścianowych porusza się po przerośniku, opierając się na nim na czterech podporach. Ze względu na to, że podpory są sztywne w ogólnym przypadku w danej chwili maszyna urabiająca będzie opierała się o przerośnik tylko trzema podporami, a czwarta nie będzie się kontaktowała z przerośnikiem. W zależności od położenia wypadkowej występują różne warianty podparcia kombajnu o przerośnik.

Przyjęcie trzech punktów podparcia kombajnu na przerośniku stanowi, że układ jest statycznie wyznaczalny. Wypadkową reakcji prostopadłych do płaszczyzny podparcia wyznaczamy z sumy rzutów sił na oś Oz

$$R_z = G \cos\alpha \cos\beta - Z_1 + Z_2.$$

h. Wyznaczenie współrzędnych wypadkowej

Dla wyznaczonej wartości wypadkowej R_z reakcji prostopadłych do płaszczyzny podparcia wyznaczamy współrzędne punktu jej przyłożenia. Korzystamy z warunków równowagi momentów wszystkich sił liczonych względem osi Ox i Oy .

$$M_{1y} = 0$$

$$X_1 z_{x_1} + X_2 z_{x_2} + Z_1 x_{z_1} + Z_2 x_{z_2} - T_{z_T} + T_{z_{T_0}} +$$

$$+ G \cos\alpha \cos\beta x_G - G \sin\alpha \cdot z_G - R_z x_{R_z} = 0$$

$$M_{1x} = 0$$

$$Y_1 z_{Y_1} + Y_2 z_{Y_2} - Z_1 y_{Z_1} + Z_2 y_{Z_2} + G \cos \alpha \cos \beta y_G + \\ + G \cos \alpha \sin \beta z_G - R_z y_{R_z} = 0,$$

stąd

$$x_{R_z} = \frac{X_1 z_{X_1} + X_2 z_{X_2} + Z_1 x_{Z_1} + Z_2 x_{Z_2} - T_{z_T} + T_{o_{z_T o}}}{G \cos \alpha \cos \beta - Z_1 + Z_2} +$$

$$+ \frac{G \cos \alpha \cos \beta \cdot x_G - G \sin \alpha \cdot z_G}{G \cos \alpha \cos \beta - Z_1 + Z_2}$$

$$y_{R_z} = \frac{Y_1 z_{Y_1} + Y_2 z_{Y_2} - Z_1 y_{Z_1} + Z_2 y_{Z_2} + G \cos \alpha \cos \beta \cdot y_G}{G \cos \alpha \cos \beta - Z_1 + Z_2} +$$

$$- \frac{G \cos \alpha \sin \beta z_G}{G \cos \alpha \cos \beta - Z_1 + Z_2}.$$

Po wyznaczeniu współrzędnych określających położenie wypadkowej R_z reakcji prostopadłych do płaszczyzny podparcia, należy sprawdzić, czy wypadkowa R_z leży wewnątrz konturu podparcia wyznaczonego przez punkty podparcia I, II, III, IV.

Porównujemy wyznaczone wartości x_{R_z} i y_{R_z} z wartościami $\frac{B}{2}$ i $\frac{L}{2}$. Aby stateczność była zapewniona, muszą być spełnione oba warunki

$$|x_{R_z}| \leq \frac{L}{2} \quad \text{oraz} \quad |y_{R_z}| \leq \frac{B}{2}.$$

ZAKOŃCZENIE

W celu zapewnienia stateczności pracy kombajnów ścianowych, w przypadku gdy nie zapewnia tego jego siła ciężkości, stosuje się różnego typu prowadzenia. Chcąc wyznaczyć obciążenie prowadnic, należy wyznaczyć reakcje w punktach podparcia kombajnu dla wszystkich możliwych dla danego położenia wypadkowej reakcji wariantów podparcia kombajnu. Dodatkowe obciążenie prowadnic, zwiększa opory ruchu maszyny.

LITERATURA

- [1] Leyko J.: Mechanika ogólna, PWN, Warszawa 1974.
- [2] Opoliski T.: Urabianie calizny węglowej narzędziami skrawającymi "Śląsk" 1965.
- [3] Gornyje mašiny i kompleksy pod obščej redakcej prof. A.W. Topčijewa, "Niedra" Moskwa 1971.
- [4] Metodika raščeta sił riezanijsza, podači i raschodujemoj mošnosti. OST 24.070.03, 1968.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ УГОЛЬНЫХ КОМБАЙНОВ
ДЛЯ РАБОТЫ В ЛАВАХ

Р е з ю м е

В статье приводятся два алгоритма и способы действия при определении устойчивости комбайнов для работы в лавах. Дается модель нагрузки комбайна, определены определяющие и опрокидывающие моменты для принятых граней опрокидывания. Во втором способе проверки устойчивости определяется положение равнодействующей реакции перпендикулярных к плоскостям поддержания относительно контура поддержки комбайна.

THE METHOD FOR DETERMINING THE STABILITY OF THE DRUM SHEARER

S u m m a r y

The paper contains two algorithms of proceeding for determining the stability of the drum shearer. A model for fixing and overturning for the accepted edge of dump are determined. The other method for checking the stability defines the position of random reaction of perpendiculars to support planes with regard to combine support contour.