

JÓZEF SOJA

**METODA WYZNACZANIA MINIMUM OPLACALNEGO WYBIEGU ŚCIAN
ZMECHANIZOWANYCH NA PODSTAWIE ANALIZY PRACOCHOŃNOŚCI**

Streszczenie: Porównanie pracochłonności ścian wyposażonych w obudowę cierną i ścian z obudową hydrauliczną kroczącą prowadzonych w analogicznych warunkach pozwoliło na otrzymanie praktycznych wzorów dla obliczenia opłacalnego wybiegu ściany zmechanizowanej powyżej, którego zamierzenia pracochłonnej mechanizacji zaczynają być opłacalne.

Zmechanizowanie ścian połączone jest zawsze z wydatkami na transport urządzeń i rozruch ściany oraz demontaż i wytransportowanie urządzeń do innej ściany. Miarą tych wydatków jest liczba dniówek przepracowanych przy transporcie oraz montażu i demontażu maszyn i urządzeń przypadających na 1000 ton wydobywania z pola ścianowego wybieranego daną ścianą zmechanizowaną. Im większy jest stopień mechanizacji ściany tym większa jest liczba dniówek potrzebna na rozruch i likwidację ściany.

O ile wybieg ściany zmechanizowanej jest ograniczony uskokami a przez to krótki należałoby określić taką długość wybiegu ściany od której począwszy opłaca się zmechanizować ścianę np. przy pomocy kombajnu bębnowego i obudowy kroczącej. Wyznaczenie minimalnego wybiegu pól ścianowych jest konieczne, gdyż może zaistnieć taka okoliczność, że wysoka wydajność uzyskana w trakcie normalnego biegu ściany wysokozmechanizowanej może nie skompensować wysokiej pracochłonności z tytułu rozruchu i likwidacji ściany.

Aby obliczyć minimalny nakład dniówek na wybranie danego pola ścianowego o wybiegu L i długości ściany l trzeba znać:

1. Ilość dniówek przepracowanych przy wybieraniu pola ścianowego.
2. Wielkość zasobów pola ścianowego.
3. Zależność pomiędzy ilością przepracowanych dniówek a przynajmniej jednym elementem wpływającym na wielkość zasobów pola ścianowego.

ad 1. Liczbę dniówek oblicza się z norm, normatywów i danych statystycznych.

ad 2. Wielkość zasobów pola ścianowego równa się.

$$Z = 1,3 \cdot m \cdot l \cdot L (1 - sp) \text{ ton} \quad (1)$$

gdzie:

- Z - zasoby pola ścianowego netto w tonach,
 m - grubość pokładu w metrach,
 l - długość ściany w metrach,
 L - wybieg ściany w metrach,
 sp - współczynnik strat węglą,

$$sp = \frac{s}{100}$$

s -- straty w procentach.

ad 3. Zależność funkcyjna między ilością przepracowanych dniówek a zasobami

$$P = \frac{1000}{W} \cdot \frac{dn}{1000 t} \quad (2)$$

gdzie:

- P - pracochłonność wyrażona w ilości przepracowanych dniówek na 1000 t wydobycia (dn/1000 t),
 W - wydajność wyrażona w tonach wydobytego węgla na 1 przepracowaną dniówkę (t/rdn).

Elementy pracochłonności wpływające na minimum opłacalnego wybiegu ścian oraz wyprowadzenie podstawowych zależności

Na minimum opłacalnego wybiegu ściany zmechanizowanej wpływają następujące składniki pracochłonności:

- 1) pracochłonność malejąca z wybiegiem ściany,
- 2) pracochłonność rosnąca z wybiegiem ściany,
- 3) pracochłonność przodkowa.

ad 1. Pracochłonność malejąca z wybiegiem ściany można przedstawić wzorem

$$P_1 = 1000 \cdot \frac{\tau_1}{Z} \text{ dn}/1000 t \quad (3)$$

gdzie:

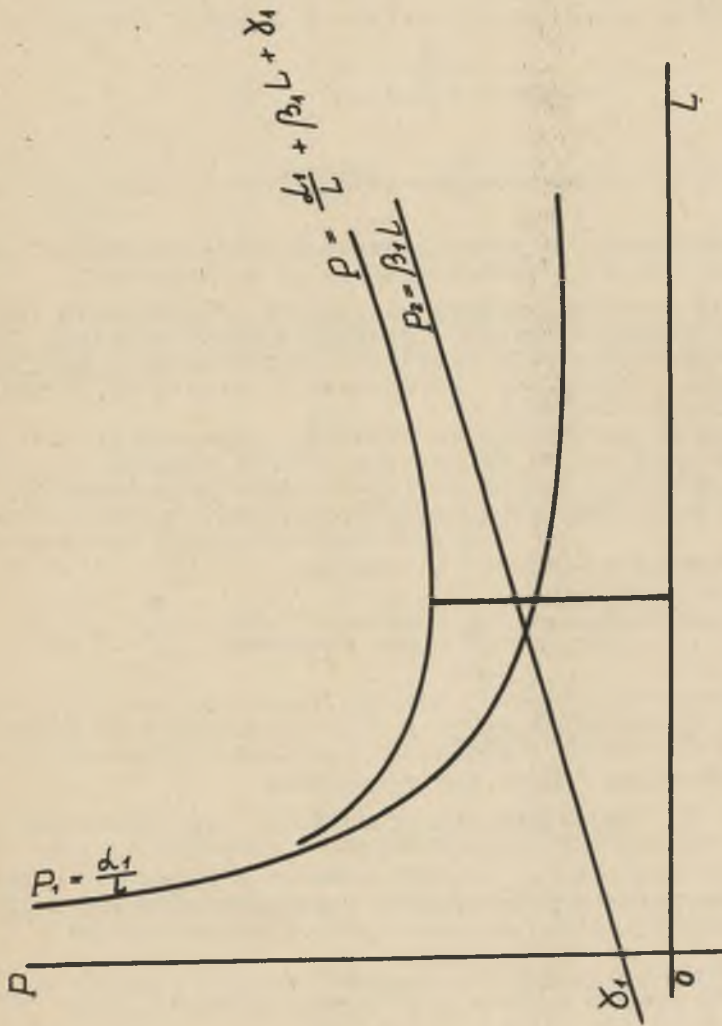
- P_1 - pracochłonność wynikająca z rozruchu i likwidacji ściany dn/1000 t,
 Z - wielkość zasobów pola ścianowego,
 τ - suma dniówek rozruchu i likwidacji ściany,

stąd

$$P_1 = \frac{1000 \cdot \tau_1}{1,3 \cdot m \cdot l \cdot L \cdot (1 - sp)} \text{ dn}/1000 t \quad (4)$$

oznaczając

$$\alpha = \frac{1000\tau_1}{1,3 \cdot (1 - sp)}$$



Wykresiny sposób wyznaczenia optymalnego wybiegu ścian.

$$\sqrt{\frac{d_1}{\beta_1}}$$

otrzymuje się

$$P_1 = \frac{\alpha}{1 \cdot L \cdot m} \text{ dniówek/1000 t} \quad (5)$$

ponieważ suma dniówek τ_1 jest niezależna od wybiegu L można uprościć wzór

$$\frac{\alpha}{1 \cdot m} = \alpha_1 \quad (6)$$

stąd

$$P_1 = \frac{\alpha_1}{L} \frac{\text{dniówek}}{1000 \text{ t}} \quad (7)$$

Z wzoru ostatecznego na pracochłonności malejącą ściany wynika, że maleje ona ze wzrostem wybiegu L wg hiperboli

ad 2. O ile nakłady dniówek na rozruch i likwidację ściany są dla danej ściany stałe to z długością wybiegu ściany rosną dniówki przepracowane przy obsłudze i konserwacji ciągów taśmowych, utrzymaniu chodników przyścianowych oraz przy transporcie materiałów do ściany.

Przeciętna długość chodnika ściany prowadzonej od pola względnie do pola wynosi $\frac{L}{2}$ metrów. Jeżeli długość 1 ciągu taśmowego wynosi l_{ct} metrów to ilość ciągów przeciętna dla całego okresu biegu ściany wynosi $\frac{L}{2 \cdot l_{ct}}$ ciągów.

Czas biegu ściany o wybiegu L wynosi

$$t_b = \frac{L}{p_{sc}} \text{ dni roboczych}$$

gdzie:

p_{sc} - postęp ściany m/dobę,

t_b - czas biegu ściany dni roboczych.

Jeżeli przez τ_2 oznaczymy liczbę dniówek przepracowanych w ciągu doby przy jednym ciągu taśmowym o długości l_{ct} , to całkowita liczba dniówek τ_{2d} przepracowanych w okresie wybrania jednej ściany o wybiegu L metrów i postępie dobowym p_{sc} m/dobę wyniesie:

$$\tau_{2d} = \tau_2 \frac{L}{2 \cdot l_{ct}} \cdot \frac{L}{p_{sc}} = \frac{\tau_2 \cdot L^2}{2 \cdot l_{ct} \cdot p_{sc}} \text{ dniówek} \quad (8)$$

Dla określonych warunków liczba dniówek przypadająca na utrzymanie 1 metra chodnika wynosi

$$\frac{\tau_3}{l_{ut}} \text{ dniówek}$$

Liczba dniówek potrzebna do utrzymania średniej długości chodnika w ciągu doby wynosi

$$\frac{\tau_3}{l_{ut}} \cdot \frac{L}{2} \text{ dniówek/dobę}$$

Cza utrzymania chodnika w okresie biegu ściany wynosi

$$\frac{L \psi}{p_{sc}} \cdot \text{dni kalendarzowych}$$

gdzie:

ψ - stosunek ilości dni kalendarzowych do ilości dni roboczych

$$\psi = \frac{30}{25} = 1,2$$

Ponieważ po ukończeniu ściany chodnik zostaje utrzymany dla ściany następnej w związku z tym całkowity czas utrzymania chodnika wyniesie

$$2 \cdot \frac{L \psi}{p_{sc}} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot L}{p_{sc}} \text{ dni}$$

wobec powyższego liczba dniówek przepracowanych przy utrzymaniu chodników przyścianowych wyniesie

$$\tau_{3d} = \frac{\tau_3}{l_{ut}} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{2 \cdot 1,2 L}{p_{sc}} = \frac{1,2 \cdot L^2 \tau_3}{l_{ut} p_{sc}} \text{ dni} \quad (9)$$

Jeżeli założymy istnienie związku funkcyjnego pomiędzy liczbą dniówek przy transporcie w ciągu doby a długością chodnika wówczas korzystając z analogii otrzymamy

$$\tau_{4d} = \frac{\tau_4 \cdot L^2}{2 l_{tt} \cdot p_{sc}} \text{ dniówek} \quad (10)$$

gdzie:

τ_4 - liczba dniówek przy transporcie materiałów chodnikiem przypadających w ciągu doby na odcinek trasy o długości l_{tt}

τ_{4d} - całkowita liczba dniówek przy transporcie w okresie prowadzenia ściany,

l_{tt} - długość odcinka trasy transportu na który przypada τ_4 dniówek w ciągu doby (l_{tt} w metrach).

Całkowita liczba dniówek przepracowanych przy odstawie, utrzymaniu chodników i transporcie materiałów będzie równa:

$$\begin{aligned} \tau_{5d} &= \tau_{2d} + \tau_{3d} + \tau_{4d} & (11) \\ &= \frac{\tau_2 L^2}{2 l_{ct} p_{śc}} + \frac{\tau_3 \cdot L^2 \cdot 1,2}{l_{ut} \cdot p_{sc}} + \frac{\tau_4 L^2}{2 l_{tt} p_{sc}} = \\ &= \frac{L^2}{2 p_{śc}} \cdot \left(\frac{\tau_2}{l_{ct}} + \frac{2,4 \cdot \tau_3}{l_{ut}} + \frac{\tau_4}{l_{tt}} \right) \text{ dniówek} \end{aligned}$$

Pracochłonność rosnąca z wybiegiem ściany L wynikająca z przepracowanych robotników dniówek J_{5d} wyniesie

$$P_2 = 1000 \cdot \frac{\tau_{5d}}{2} \text{ dniówek/1000 t} \quad (12)$$

Wstawiając odpowiednio otrzymamy

$$\begin{aligned} P_2 &= 1000 \frac{\frac{L^2}{2 p_{śc}} \cdot \left(\frac{\tau_2}{l_{ct}} + \frac{2,4 \tau_3}{l_{ut}} + \frac{\tau_4}{l_{tt}} \right)}{2 \cdot 1,3 \cdot m \cdot l \cdot L (1 - sp)} = & (13) \\ &= \frac{1000 \frac{\tau_2}{l_{ct}} + \frac{2,4 \cdot \tau_3}{l_{ut}} + \frac{\tau_4}{l_{tt}} \cdot L}{2 \cdot 1,3 \cdot m \cdot l \cdot p_{śc} (1 - sp)} \end{aligned}$$

O ile przez β nazwiemy

$$\beta = \frac{1000 \cdot \left(\frac{\tau_2}{l_{ct}} + \frac{2,4 \cdot \tau_3}{l_{ut}} + \frac{\tau_4}{l_{tt}} \right)}{2 \cdot 1,3 (1 - sp)}$$

to

$$P_2 = \frac{\beta \cdot L}{m \cdot l \cdot p_{śc}} \text{ dn/1000 t} \quad (14)$$

$$P_2 = \beta_1 \cdot L \text{ dn/1000 t} \quad (15)$$

gdzie:

$$\beta_1 = \frac{\beta}{m \cdot l \cdot p_{śc}}$$

Z wzoru (15) wynika, że pracochłonność robót pozaprzodkowych wzrasta z wybiegiem ściany L .

ad 3. Pracochłonność przodkowa jest odwrotnością wydajności przodkowej

$$P_3 = \frac{1000}{W_{pr}} \text{ dn}/1000 \text{ T} \quad (16)$$

gdzie:

P_3 - pracochłonność przodkowa dn/1000 T,
 W_{pr} - średnia wydajność przodkowa w okresie normalnego biegu ściany.

Wydajność W_{pr} obejmuje, dniówki, przy których dzięki mechanizacji nastąpił wzrost wydajności pracy, a więc dniówki przy urabianiu i ładowaniu węgla przy rabowaniu i przekładce przenośnika, przy wykonywaniu obudowy i przy wykonywaniu wnętrza kombajnowych. Ponadto należy ująć dniówki przy wykonaniu pasów podsadzkowych. Powyższa liczba dniówek nie jest zależna od długości wybiegu ściany. Miernikiem wydajności węglowej jest norma, zależna od wysokości ściany oraz czasu pracy. Czas pracy zależy od odległości od szybu zjazdowego a nie ma związku funkcyjnego z wybiegiem ściany. Wobec tego i norma nie ma związku z wybiegiem ściany. Stąd wynika że i wydajność przodkowa nie ma związku z wybiegiem ściany. Wydajność W_{pr} jest funkcją wysokości i długości ściany.

$$\text{Zakładając, że } \frac{1000}{W_{pr}} = \gamma_1 \quad (17)$$

pracochłonność przodkowa

$$P_3 = \gamma_1 \text{ dn}/1000 \text{ t} \quad (18)$$

W ten sposób wyprowadzono wzory na wszystkie 3 typy pracochłonności P_1, P_2, P_3 . Wielkość tych pracochłonności jest zależna od sposobu mechanizacji, wybiegu i długości i wysokości ścian. Miarą tych pracochłonności są współczynniki $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$, które obliczamy wzorami (7,15,18).

Wyprowadzenie wzoru na minimum opłacalnego wybiegu ścian

Całkowita pracochłonność jest sumą poszczególnych pracochłonności

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Podstawiając za P_1, P_2, P_3 wyprowadzone poprzednio wzory otrzymamy

$$P = \frac{\alpha_1}{L} + \beta_1 \cdot L + \gamma_1 \text{ dn}/1000 \text{ t} \quad (19)$$

Wzór ten pozwala obliczyć P dla ścian zmechanizowanych i niezmechanizowanych. Jeżeli wszystkim wielkościom za wyjątkiem L we wzorze

$$P = \frac{\alpha_1}{L} + \beta_1 \cdot L + \gamma_1$$

nadamy indeks "a" dla ścian niezmechanizowanych a indeks "b" dla ścian zmechanizowanych to otrzymamy

$$P_a = \frac{\alpha_{1a}}{L} + \beta_{1a} \cdot L + \gamma_{1a} \quad \text{dn/1000 t} \quad (20)$$

$$P_b = \frac{\alpha_{1b}}{L} + \beta_{1b} \cdot L + \gamma_{1b} \quad \text{dn/1000 t} \quad (21)$$

Warunkiem opłacalności jest aby

$$P_b < P_a$$

lub

$$P_a - P_b > 0 \quad (22)$$

po wstawieniu do powyższej nierówności zamiast P_a i P_b prawych stron równań otrzymujemy

$$\frac{\alpha_{1a}}{L} + \beta_{1a} \cdot L + \gamma_{1a} - \frac{\alpha_{1b}}{L} - \beta_{1b} \cdot L - \gamma_{1b} > 0$$

po uporządkowaniu

$$\frac{\alpha_{1a} - \alpha_{1b}}{L} + (\beta_{1a} - \beta_{1b}) \cdot L + \gamma_{1a} - \gamma_{1b} > 0$$

mnożąc obydwie strony nierówności przez L otrzymujemy nierówność drugiego stopnia

$$(\beta_{1a} - \beta_{1b}) \cdot L^2 + (\gamma_{1a} - \gamma_{1b}) \cdot L + \alpha_{1a} - \alpha_{1b} > 0$$

nierówność ma 2 rozwiązania

$$L_{1\min} > - \frac{-(\gamma_{1a} - \gamma_{1b}) + \sqrt{(\gamma_{1a} - \gamma_{1b})^2 - 4 \cdot (\beta_{1a} - \beta_{1b}) \cdot (\alpha_{1a} - \alpha_{1b})}}{2(\beta_{1a} - \beta_{1b})} \quad (23)$$

$$L_{2\min} > - \frac{-(\gamma_{1a} - \gamma_{1b}) - \sqrt{(\gamma_{1a} - \gamma_{1b})^2 - 4 \cdot (\beta_{1a} - \beta_{1b}) \cdot (\alpha_{1a} - \alpha_{1b})}}{2 (\beta_{1a} - \beta_{1b})} \quad (24)$$

Znaczenie praktyczne ma jedynie dodatnią wartość L_{\min} . Zatem podstawowym wzorem dla metody wyznaczania minimum opłacalnego wybiegu ściany jest nierówność L_{\min} , którą można napisać w postaci uproszczonej

$$L_{\min} > \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot ac}}{2a} \quad (25)$$

gdzie:

L_{\min} - minimalny opłacalny wybieg ściany zmechanizowanej, powyżej której zamierzenie w zakresie mechanizacji zaczyna być opłacalne ze względu na pracochłonność (wydajność) związaną z wybieraniem pola ścianowego.

gdzie:

$$b = \gamma_{1a} - \gamma_{1b}$$

$$a = \beta_{1a} - \beta_{1b}$$

$$c = \alpha_{1a} - \alpha_{1b}$$

Wyznaczenie wzoru na optymalny wybieg ścian na podstawie kryterium pracochłonności

Optymalny wybieg ściany może być wyznaczony w sposób przybliżony tj. wykreślnie oraz w sposób ścisły matematycznie. Dla wyznaczenia optymalnego wybiegu ścian zarówno sposobem wykreślnym i algebraicznym wychodzimy, ze wzoru

$$P = \frac{\alpha_1}{L} + \beta_1 L + \gamma_1 \quad \text{dn/1000 t}$$

Wyznaczając dla współczynnika α_1 dla kolejnych wielkości L wartości wyrażenia

$$P_1 = \frac{\alpha_1}{L}$$

wyniki nanosi się na wykres w układzie osi współrzędnych P_1 L uzyskując hiperbolę a następnie po obliczeniu współczynnika β_1 obliczamy dla kolejnych wartości L pracochłonność rosnącą z wybiegiem

$$P_2 = \beta_1 L$$

Otrzymamy na wykresie linię prostą. Sumując rzędne krzywej P_1 i prostej P_2 otrzymuje się krzywą P . Punkt na krzywej P wyznaczający najmniejszą pracochłonność odpowiada optymalnej dłu-

gości wybiegu ściany. Sposób algebraiczny na obliczenie L_0 oparty zostaje na warunku osiągnięcia minimum przez funkcje przedstawiającą zależność pracochłonności od wybiegu ściany dla określonej długości ściany i grubości pokładu i odpowiedniej mechanizacji urabiania. Warunki osiągnięcia minimum pracochłonności są następujące

$$\frac{dP}{dL} = 0 \quad \frac{d^2P}{dL^2} > 0$$

Różniczkując P względem L otrzymujemy

$$\frac{dP}{dL} = -\frac{\alpha_1}{L^2} + \beta_1$$

Zgodnie z warunkiem osiągnięcia minimum otrzymuje się równanie

$$-\frac{\alpha_1}{L} + \beta_1 = 0$$

$$L_0 = \sqrt{\frac{\alpha_1}{\beta_1}} \quad (26)$$

Jest to zasadniczy wzór na optymalną długość wybiegu ściany wyznaczony w oparciu o warunki osiągnięcia minimum pracochłonności.

Wnioski:

- 1) Minimalny opłacalny wybieg ścian z obudową kroczącą jest zależny od specyficznych warunków naturalnych danego pokładu oraz rozwiązań techniczno-organizacyjnych. Największy wpływ na minimum optimum wybiegu w zakresie warunków naturalnych wykazuje - grubość pokładu, urabialność węgla oraz ciśnienie w chodnikach przyścianowych. Do czynników techniczno-organizacyjnych mających najistotniejszy wpływ na długość wybiegu ścian ma rodzaj obudowy w ścianie, typ kombajnu długość ciągów taśmowych oraz rodzaj obudowy chodników przyścianowych.
- 2) Minimalny opłacalny wybieg ścian wysokozmechanizowanych z zastosowaniem kombajnu i obudowy kroczącej będzie tym większy im większy jest nakład dniówek na transport, montaż i demontaż maszyn i urządzeń w polu ścianowym, im mniejsza będzie różnica między wydajnością przodkową w ścianie z obudową kroczącą a w ścianie z obudową stalowo-członową oraz im mniejsza będzie różnica prędkości postępu ściany z obudową kroczącą a ściany z obudową stalowo-członową. W różnych warunkach wartość minimum opłacalnego wybiegu ściany wymaga każdorazowego obliczenia metodą przedstawioną w pracy.
- 3) W kosztach rozruchu i likwidacji ściany główną rolę odgrywają koszty robocizny będące funkcją pracochłonności. Dlatego przyjęcie kryterium minimalnej pracochłonności jako celu analizy jest dla celów ruchowych jak najbardziej uzasadnione.

4) Optymalny wybieg ścian jest liczbą wskazującą przy jakiej długości pola ścianowego liczba dniówek przypadająca na 1000 ton wydobycia z pola ścianowego jest najmniejsza.

Również wybieg optymalny wymaga każdorazowego wyznaczenia stosownie do specyficznych warunków eksploatacji naturalnych i technicznych.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМУМА РЕНТАБЕЛЬНОГО ВОЛЬЕРА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ЛАВЫ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ТРУДОЕМКОСТИ

Р е з ю м е

Сравнение трудоемкости лав оснащенных фрикционными крепями и лав с гидравлической передвижной крепью подвигаемых в аналогических условиях дало возможность получить удобные формулы для расчета рентабельного вольера механизированной лавы, свыше которого намерения трудоемкой механизации становятся рентабельны.

METHOD FOR DETERMINATION OF A PROFITABLE MINIMUM OF THE LIFE OF MECHANIZED FACES ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF LABOUR CONSUMPTION

S u m m a r y

Comparison of labour consumption at faces equipped with friction props to hydraulic self-advancing supports set up under analogous conditions allowed to obtain practical formulae for calculation of a profitable life of mechanized longwall faces above which the aims at labour-consuming mechanization become profitable.