

ANTONI KOT

ZASTOSOWANIE METODY [pVV] MINIMUM DLA OBLICZENIA
PARAMETRÓW "a", b, r₀ TEORII T. KOCHMAŃSKIEGO ORAZ
PRZESUNIĘCIA TEORETYCZNEGO BRZEGU EKSPLOATACJI

Streszczenie. W pracy podano dwa przykłady praktycznego zastosowania metody [pVV] minimum do obliczenia parametrów "a", b, r₀ teorii T. Kochmańskiego na podstawie wyników pomiarów niwelacyjnych. W drugim przykładzie rozszerzono metodę [pVV] minimum na obliczenie teoretycznego przesunięcia brzegu eksploatacji.

1. Wstęp

Podana w pracy [1] metoda wyznaczenia parametrów "a", b, r₀ została wyprowadzona na drodze teoretycznych rozważań, założeń i obliczeń.

W niniejszej pracy będą przedstawiane dwa przykłady obliczenia parametrów "a", b, r₀ teorii T. Kochmańskiego na podstawie wyników pomiarów niwelacyjnych, metodą [pVV] minimum. W drugim przykładzie metodę [pVV] minimum rozszerzono dodatkowo na obliczenia wielkości przesunięcia teoretycznego brzegu eksploatacji (krawędzi eksploatacji). Wszelkie obliczenia oparte są na wyprowadzonych w pracy [1] równaniach, oraz ujętych tam wnioskach.

W pracy [1] dla wyznaczenia parametrów "a", b, r₀ z wyników pomiarów osiadań przyjęto za wagi obserwacji liczby proporcjonalne do pierwszej lub drugiej potęgi osiadań nie motywując to w sposób ścisły.

Parametr "a" wyznaczony ze wzoru:

$$a = \frac{w_p}{g \cdot \varphi}, \quad (1)$$

gdzie:

w_p - pomierzona wartość osiadań

g - grubość pokładu

φ - wartość funkcji osiadań T. Kochmańskiego

Błąd określenia wartości parametru "a" wynosi:

$$\Delta a = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{g \cdot \varphi}\right)^2 \cdot \Delta w_p^2 + \left(\frac{w_p}{g^2 \cdot \varphi}\right)^2 \cdot \Delta g^2 + \left(\frac{w_p}{g \cdot \varphi^2}\right)^2 \cdot \Delta \varphi^2} \quad (2)$$

lub w przybliżeniu zakładając: $w_p = a \cdot g \cdot \varphi$

$$m_a = \pm a \sqrt{\frac{1}{w^2} \cdot m_w^2 + \frac{1}{g^2} \cdot m_g^2 + \frac{1}{\varphi^2} \cdot m_\varphi^2} \quad (3)$$

Błąd procentowy wyznaczenia parametru "a"

$$\frac{m_a}{a} \cdot 100\% = \pm 100 \sqrt{\frac{1}{w^2} \cdot m_w^2 + \frac{1}{g^2} \cdot m_g^2 + \frac{1}{\varphi^2} \cdot m_\varphi^2} \quad (4)$$

Zakładając:

$$m_w = \pm 5 \text{ mm dla niwelacji technicznej}$$

$$\text{lub } \pm 2 \text{ mm dla niwelacji precyzyjnej}$$

$$m_g = \pm 0,05 \text{ m}$$

$$m_\varphi = \pm 2 \text{ przy zastosowaniu grafikonów}$$

oraz najczęściej spotykane wartości:

$$w = 1,6 \text{ m} \quad g = 2,0 \text{ m} \quad \varphi = 600$$

$$m_a = \pm a \cdot \sqrt{\frac{1}{1600^2} \cdot 5^2 + \frac{1}{2^2} \cdot \frac{5^2}{100^2} + \frac{1}{600^2} \cdot 2^2}$$

wtedy:

$$m_a = \pm 0,02 a.$$

Wynika z tego, że możliwe jest obliczenie parametru "a" z błędem około 1% a przy dużej ilości punktów jeszcze mniejszym.

Dla obliczenia parametru "a" z większej ilości punktów obserwacyjnych należy założyć dla nich pewne wagi.

Przyjmując we wzorze (1) $g = \text{const.}$, wtedy:

$$m_a = \pm \sqrt{\frac{1}{w^2} \cdot m_w^2 + \frac{1}{\varphi^2} \cdot m_\varphi^2} \quad (5)$$

Oznaczmy stosunek błędu spowodowanego błędem niwelacji do błędu spowodowanego błędem określenia wartości funkcji przez k:

$$k = \frac{\frac{1}{w^2} \cdot m_w^2}{\frac{1}{\varphi^2} \cdot m_\varphi^2} \quad (6)$$

Stąd:

$$m_a = \pm a \frac{m_w}{w} \sqrt{(1+k)}. \quad (7)$$

Wagi przyjmuje się zgodnie ze wzorem:

$$P_1 : P_2 = m_{a_2}^2 : m_{a_1}^2 \quad (8)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{m_{a_2}}{m_{a_1}}\right)^2 \quad (9)$$

Ze wzoru (9) wynika, że należy przyjmować za wagi obserwacje liczby proporcjonalne do kwadratów osiadań. Ponieważ jednak istnieje pewien stały błąd spowodowany zmienną grubością pokładu przyjęcia za wagi obserwacji liczb proporcjonalnych do pierwszej potęgi osiadań nie jest bezpodstawne.

Rozważania te potwierdzają założenia przyjęte w pracy [1]. Zgodnie ze wzorem (3) oraz z intuicją należałoby w przypadku materiałów obserwacyjnych niwelacji precyzyjnej przyjmować za wagi obserwacji liczby proporcjonalne do osiadań a dla niwelacji technicznej - liczby proporcjonalne do kwadratu osiadań.

2. Wyznaczenie parametrów "a", b, r_0 dla rejonu filara ochronnego szybu "Szymon" kopalni "Halenba"

Eksploatacja w obrębie filara ochronnego prowadzona była w pokładzie 405, w warstwie pierwszej, zalegającym na głębokości 320-370 m, systemem ścianowym, poprzecznym, z podsadzką hydrauliczną.

W nadległym górotworze przeważały łupki ilaste i piaszczyste nad warstwami piaskowca. Grubość pokładu karbonu średnio 300 m. Wyznaczania parametrów "a", b, r_0 było stosunkowo trudne, bo należało uwzględnić:

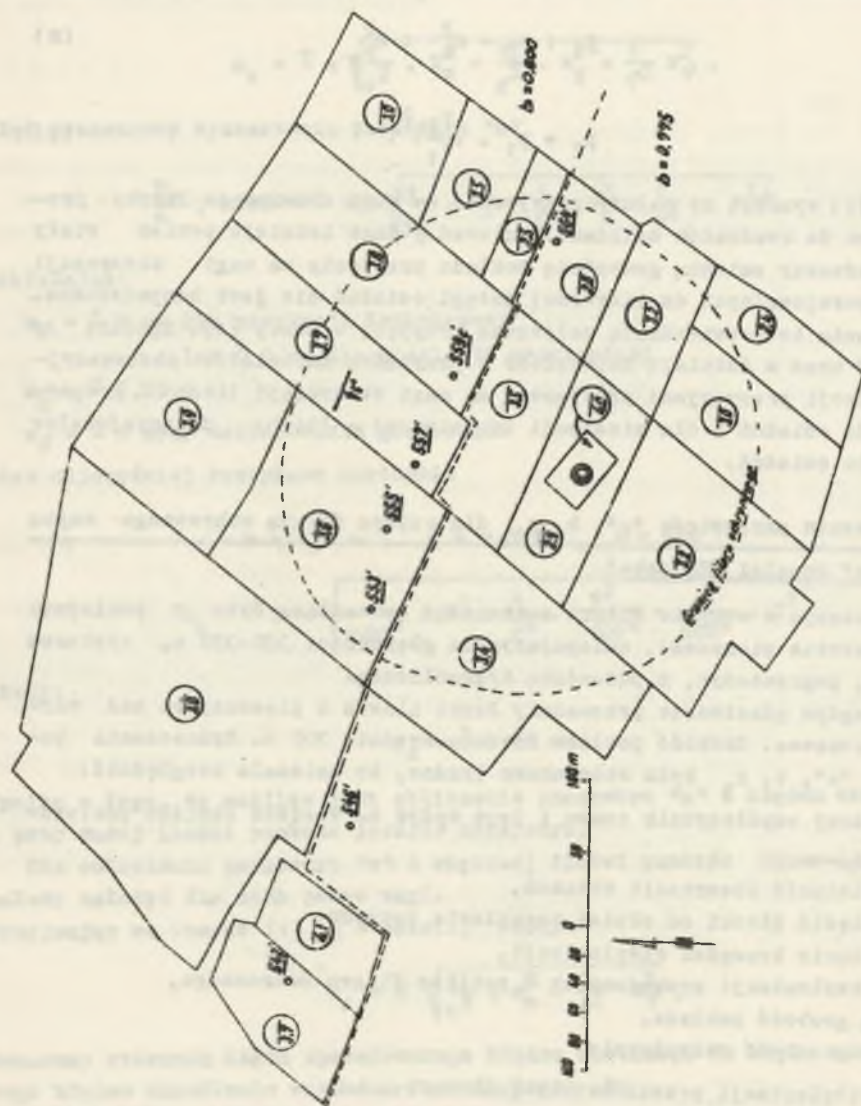
- przybliżony współczynnik osazu i jego wpływ na wartość obniżek powierzchni,
- niekompletność obserwacji obniżek,
- przesunięcie niecki na skutek nachylenia pokładu,
- przesunięcie krawędzi eksploatacji,
- wpływ eksploatacji prowadzonych w pobliżu filara ochronnego,
- zmienną grubość pokładu,
- różną staranność podsadzania.

Schemat eksploatacji przedstawiony jest na rys. 1.

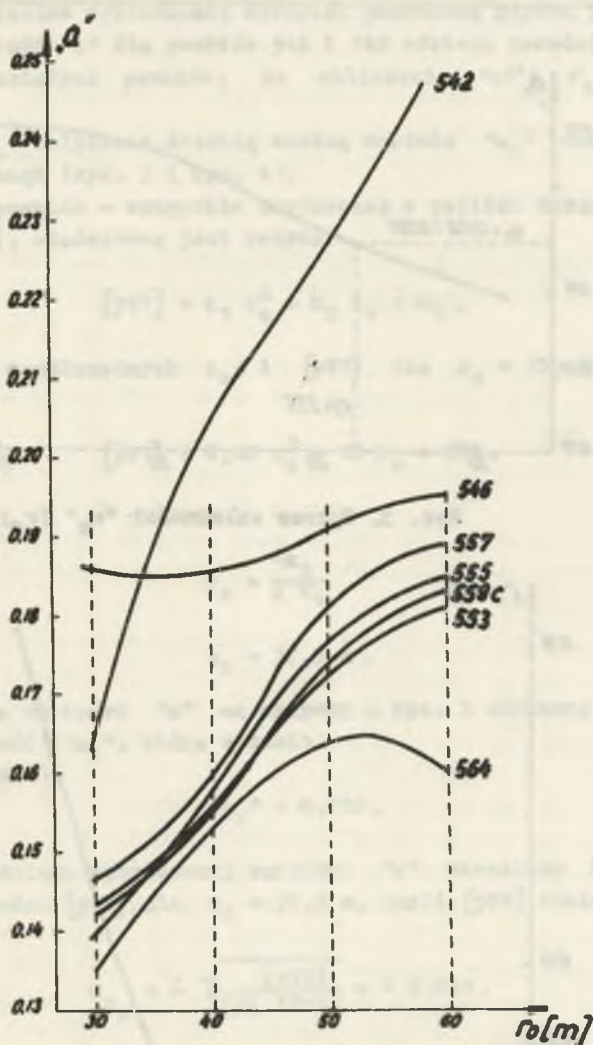
Ponieważ w rejonie tym nie wykształciła się pełna niecka osiadania, istniały podstawy po temu, aby zastosować metodę [pVV] minimum.

Z analizy przydatności wyników obserwacji geodezyjnych przyjęto do obliczeń wartości osiadań punktów 542, 546, 557, 555, 5590, 553 i 564.

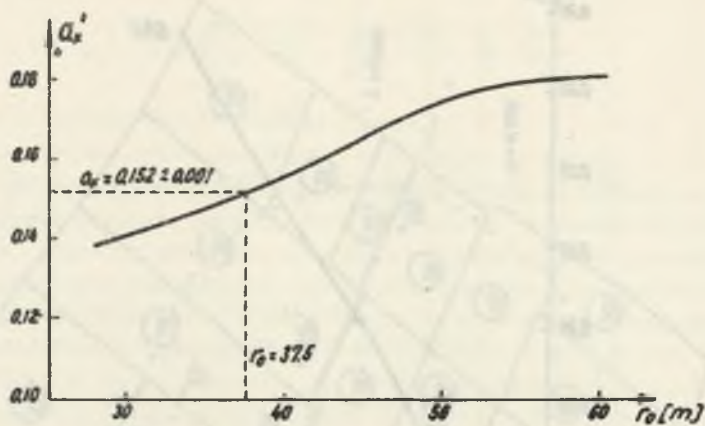
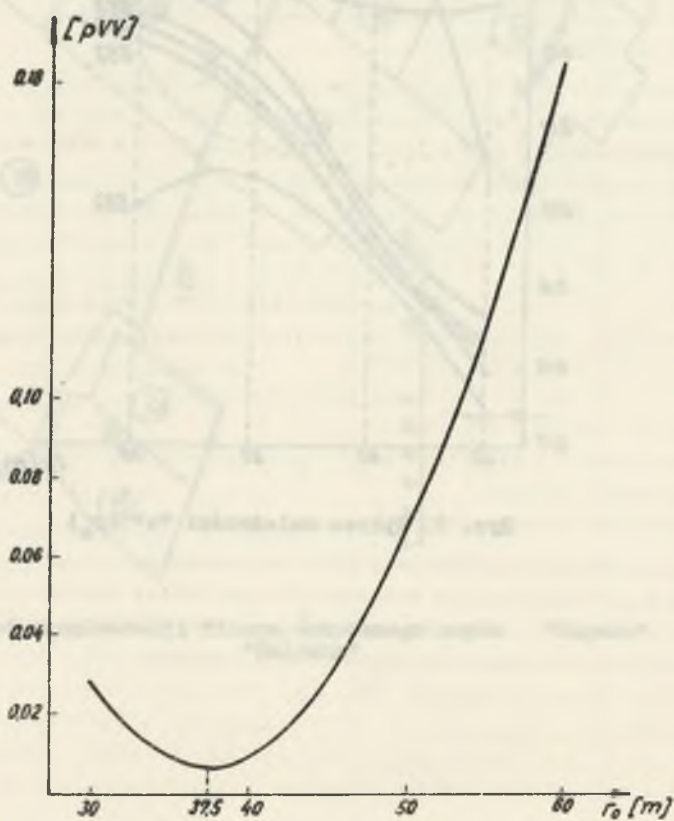
Dla obliczonych b = 0,800 i 0,775 oraz r_0 = 30, 40, 50, 60 m obliczono wartości $g \cdot q^2$ dla każdego r_0 . Znając osiadania pomierzone w_p , obliczono dla każdego punktu wartości "a" i przedstawiono na wykresie (rys. 2).



Rys. 1. Schemat eksploatacji filara ochronnego szybu "Szymon" kopalni "Halemba"



Rys. 2. Wykres zależności "a" (r_0)

Rys. 3. Wykres zależności " a_x' " (r_0)Rys. 4. Wykres $[pVV] = f(r_0)$

Z wykresu tego wynika, że dla eksploatacji poza granicą filara ochronnego dbałość o szkodliwe wypełnianie wyrobisk podsadzką płyną jest mniejsza. Ponieważ wartość "a" dla punktów 546 i 542 odbiega zasadniczo od wartości "a" dla pozostałych punktów, do obliczenia "a" i r_0 ich nie uwzględniono.

Dla każdego r_0 obliczono średnią ważoną wartość "a_x" oraz [pVV] i pokazano na wykresach (rys. 3 i rys. 4).

Przy tym doborze punktów - wszystkie usytuowane w pobliżu dna niecki - jak wykazała praca [1], właściwsza jest krzywa

$$[pVV] = k_1 r_0^2 + k_2 r_0 + k_3. \quad (10)$$

Podstawiając pary współrzędnych r_0 i [pVV] dla $r_0 = 30, 40, 50$ m otrzymujemy:

$$[pVV] = 0,40 r_0^2 - 30 r_0 + 570.$$

Stąd:

$$r_0 = \frac{-k_2}{2k_1} \quad (11)$$

$$r_0 = 37,5 \text{ m.}$$

W celu wyznaczenia wartości "a" na krzywej z rys. 3 oddzielamy dla obliczonego r_0 wartość "a_x", która wynosi:

$$"a_x" = 0,152.$$

Wartość błędu średniego wyznaczonej wartości "a" określimy korzystając z obliczonej wartości [pVV] dla $r_0 = 37,5$ m, czyli [pVV] minimum

$$m_{a_x} = \pm \sqrt{\frac{[pVV]}{[p] (n-1)}} = \pm 0,001. \quad (12)$$

Obliczenia były wykonane przy założeniu stałego "a" dla całej eksploatacji.

Rozpatrując wykres na rys. 2 i plan eksploatacji (rys. 1) oraz kierując się faktem, że na punkty wewnątrz filara partie zewnętrzne nie mają dużego wpływu, zaś na punkty leżące na zewnątrz filaru wpływ eksploatacji wewnątrz filara jest większy; ostatecznie przyjęto:

- 1) dla partii północnej filara $b = 0,800$,
dla partii południowej filara $b = 0,775$,
- 2) dla powierzchni $r_0 = 37,5$ m,

- 3) dla eksploatacji wewnątrz filara $"a" = 0,15$
 4) dla eksploatacji na zewnątrz filara $"a" = 0,20$.

Obliczone wartości parametrów należałoby jeszcze skorygować z pomiarami przesunięć, wykonywanymi w tym rejonie. Zostanie to wykonane po dokładnym wyznaczeniu współczynnika osazu dla tego górotworu, względnie po wytworzeniu się niecki statycznej.

3. Wyznaczenie parametrów "a", b, r_0 dla górotworu na pograniczu dzielnic Wirek-Koehłowice oraz obliczenie przesunięcia "d" krawędzi eksploatacji.

Wyniki obserwacji z tego rejonu lepiej nadawały się do analizy i obliczenia "a", b, r_0 niż wyniki pomiarów z filara ochronnego szybu "Szymon" W tym przypadku mamy:

- prawie poziomy eksploatawany pokład o nachyleniu $3-5^\circ$ o prawie jednakowej grubości,
- pomiary przed, w czasie i po eksploatacji pokładu pod linią obserwacyjną, która założona została wzdłuż rozciągłości pokładu prostopadle do frontu wybierania.

To, że nie musimy tutaj uwzględnić wiele nieznanymi nam dokładnie czynników, pozwoliło nam na założenie dodatkowego oślu w analizie wyników obserwacji - jednocześnie z obliczeniami parametrów "a", b, r_0 metodą [pVV] minimum - wyznaczyć wartość teoretycznego przesunięcia krawędzi eksploatacji "d".

Górotwór nad eksploataowanym pokładem 402 zbudowany jest z utworów karbońskich o przewodzie łupków ilastych i piaszczystych nad piaskowcami oraz utworów czwartorzędowych ilów, glin, piasków o łącznej grubości ok. 50 m.

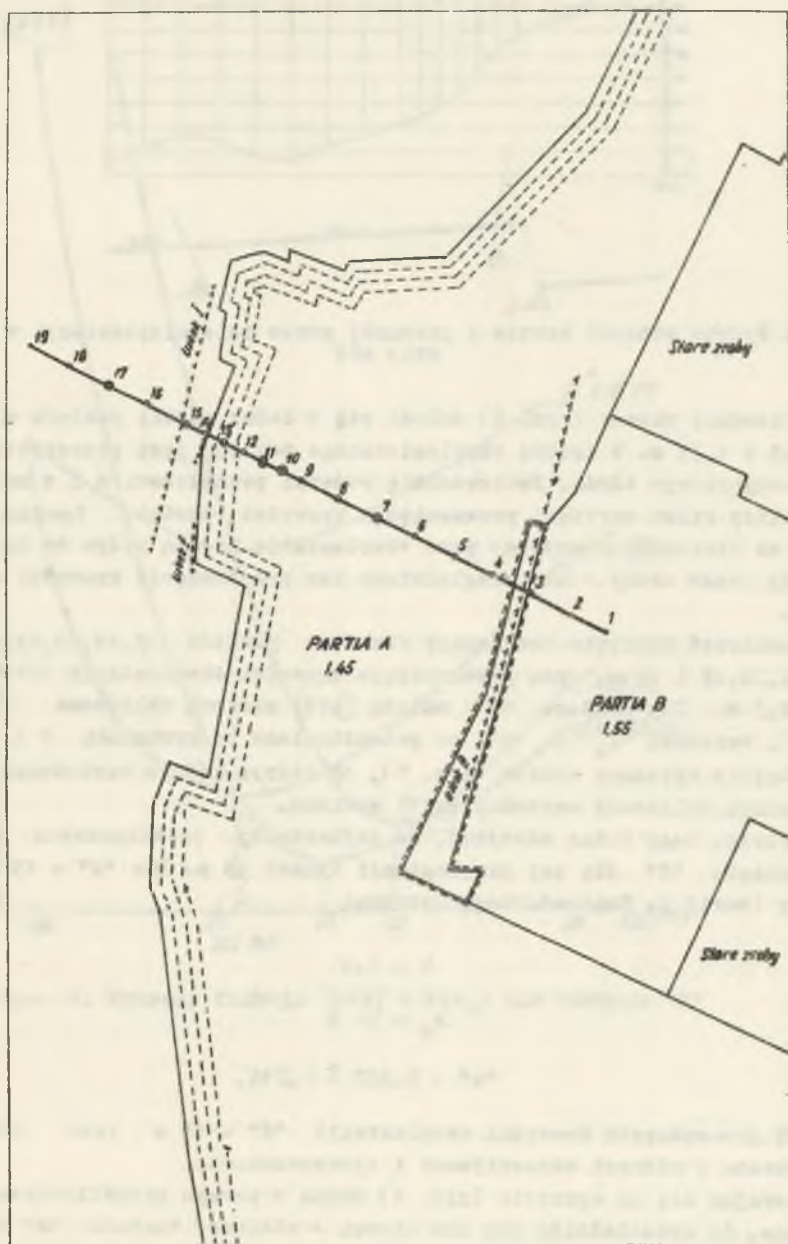
Pokład 402 o grubości 1,45-1,55 m zalega na głębokości ok. 130 m. W obszarze linii obserwacyjnej występują dwa uskoki, których wpływ nie uwzględnił się na wynikach osiadań. W części wschodniej eksploatawanego pokładu zostawiono resztkę, która częściowo uniemożliwiła obliczenie współczynnika eksploatacyjnego z wykształconego dna niecki. Wykres obniżeń terenu oraz przekrój przez pole eksploatacji w pokładzie 402 obrazuje rys. 6.

Parametr b obliczono ze wzoru $b = 2,69 - 0,75 \lg H$

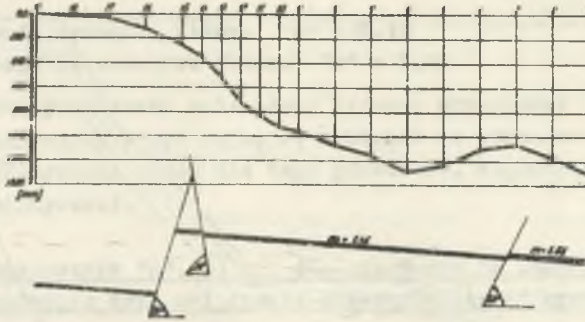
$$b = 1,1.$$

Sposób jednoczesnego wyznaczenia "a", r_0 i "d" oparto na metodzie [pVV] minimum, podobnie jak samo obliczenie "a" i r_0 .

Założono, że najbardziej prawdopodobna będzie ta wartość przesunięcia "d" krawędzi eksploatacji, dla której błąd wyznaczenia parametru "a" metodą [pVV] minimum będzie najmniejszy.



Rys. 5. Schemat eksploatacji pokładu 402



Rys. 6. Wykres obniżeń terenu i przekrój przez pole eksploatacji w pokładzie 402

Analizowany obszar (rys. 5) składa się z dwóch partii pokładu o grubości 1,45 i 1,55 m. W środku eksploatowanego pokładu jest pozostawiona reszta niewybranego złoża. Powierzchnię resztki powiększono o 3 m na podstawie analizy kilku wartości przesunięcia krawędzi resztki. Ponieważ na wschód od linii obserwacyjnej poza eksploatacją mającą wpływ na tę linię istnieją stare zroby – nie uwzględniono tam przesunięcia krawędzi eksploatacji.

Do obliczeń przyjęto obserwacje obniżeń punktów 17,15,13,11,10,8,7, $r_0 = 20,30,40$ i 50 m oraz przesunięcie krawędzi eksploatacji "d" = 0; 7,5; 15; 22,5 m. Dla każdego "d" metodą [pVV] minimum obliczono [pVV] = $f(x_0)$, wartości x_0 i "a" co przedstawiono na rysunkach 7 i 8.

Następnie wykonano wykres (rys. 9), na którym różnym wartościom "d" odpowiadają obliczone wartości [pVV] minimum.

Z wykresu tego można odczytać, że najbardziej prawdopodobna wartość przesunięcia "d" dla tej eksploatacji wynosi 15 m. Dla "d" = 15 m parametry teorii T. Kochmańskiego wynoszą:

$$b = 1,1$$

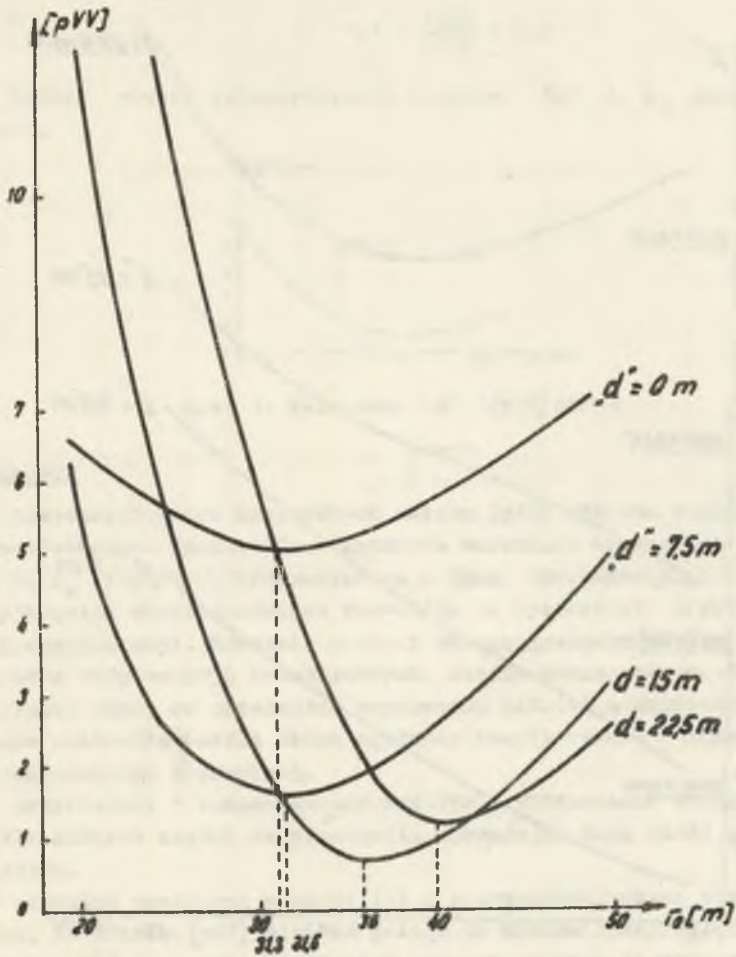
$$r_0 = 36 \text{ m}$$

$$"a" = 0,832 \pm 0,016.$$

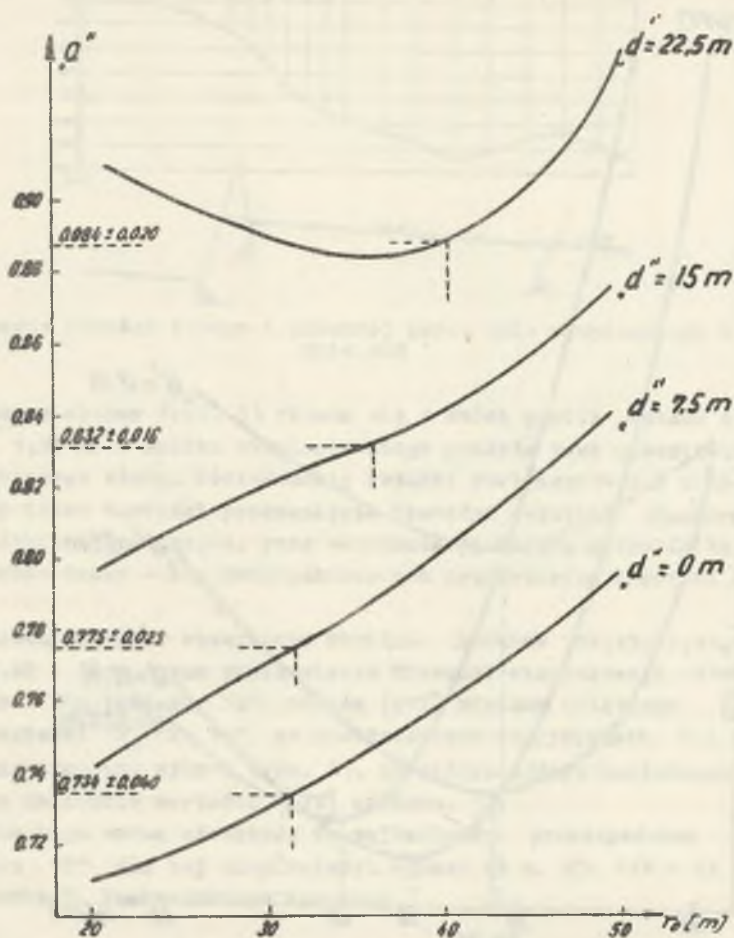
Wartość przesunięcia krawędzi eksploatacji "d" = 15 m jest zgodna z przyjmowaną w różnych ekspertyzach i opracowaniach.

Opierając się na wykresie (rys. 6) można z pewnym przybliżeniem – zakładając, że wykształciło się dno niecki – obliczyć wartość "a" ze wzoru:

$$"a" = \frac{W_{\max}}{g} \quad (13)$$



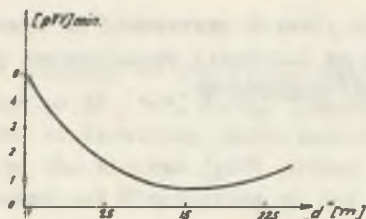
Rys. 7. Wykresy funkcji $[pVV] = f(r_0)$ dla różnych "d"



Rys. 8. Wykresy zależności "a" (r_0) dla różnych "d"

$$"a" = \frac{1200}{1500} = 0,8$$

- co byłoby pewnym potwierdzeniem obliczeń "a" i r_0 metody [pVV] minimum.



Rys. 9. Zależność "d" ([pVV] min.)

4. Wnioski

W powyższych dwóch przypadkach metoda [pVV] minimum znalazła praktyczne zastosowanie. Umożliwiła w trudnych warunkach wyznaczenie parametrów "a", b, r_0 teorii T. Kochmańskiego z dużą dokładnością. Dodatkowo w sprzyjających okolicznościach pozwoliła na wyznaczenie przesunięcia krawędzi eksploatacji. Równania postaci matematycznych $[pVV] = f(r_0)$, wyprowadzone z eksploatacji teoretycznych, bardzo dobrze odpowiadały przypadkom praktycznym, co potwierdza poprawność założeń i obliczeń, a równocześnie podkreśla bardzo dobrą zgodność teorii ruchów górotworu punktów T. Kochmańskiego z praktyką.

W przykładzie 1 zaobserwowano możliwość wyznaczania wartości parametru "a" dla różnych części eksploatacji, zakładając dużą ilość punktów obserwacyjnych.

Z rozważań zawartych w pracy [1] i z przeprowadzonych powyżej obliczeń wynika, że metoda [pVV] minimum polega na minimalizacji błędu wyznaczenia parametru "a" na podstawie obniżek szeregu punktów obserwacyjnych. Parametr "a" jest więc tym parametrem, którego najbardziej prawdopodobna wartość będzie miernikiem prawidłowego określenia parametrów b i r_0 .

W przypadku wyznaczenia parametru b ze wzoru empirycznego minimum funkcji $[pVV] = f(r_0)$ pozwala nam określić graficznie lub wzorami przybliżonymi, empirycznie wyznaczonymi w pracy [1], właściwą wartość parametru r_0 .

Tą metodą można również wyznaczyć parametry b i r_0 bez korzystania ze wzoru empirycznego na parametr b. Należy wtedy przyjąć założenie, że najlepiej będą dobrane takie parametry b i r_0 , dla których parametr "a" będzie wyznaczony z najmniejszym błędem ($[pVV] = \text{minimum}$). Obliczenia przeprowadza się wówczas w dwóch etapach (podobnie jak przy wyznaczaniu przesunięcia teoretycznego brzegu eksploatacji). W pierwszym etapie sporządzamy wykresy funkcji $[pVV] = f(r_0)$ dla kilku wartości parametru b

i wyznaczamy (graficznie i analitycznie) optymalne x_0 przy założonych b . Następnie sporządzamy, na podstawie otrzymanych wyników, wykres zależności $[pVV]$ minimum = $f(b)$. Minimum tej funkcji określi nam najbardziej prawdopodobną wartość parametru b , następnie parametru x_0 i w końcu parametru "a".

Metodę $[pVV]$ minimum można również zastosować do wyznaczenia parametrów teorii T. Kochmańskiego na podstawie pomierzonych przesunięć punktów obserwacyjnych lub odkształceń względnych.

LITERATURA

- [1] Kot A.: Nowa metoda wyznaczania parametrów teorii ruchów punktów górotworu T. Kochmańskiego. Praca w druku.
- [2] Kochmański T.: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej, PWN W-wa 1956.
- [3] Praca zbiorowa: Wyniki badań wpływów w eksploatacji w filarze ochronnym dla szybu "Szymon" kopalni "Halemba". Komunikat GIG Nr 428. K-oc 1967.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА $[pVV]$ МИНИМУМ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ "a", b, x_0 ТЕОРИИ Т. КОХМАНСКОГО, А ТАКЖЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БЕРЕГА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Резюме

В работе приведены два примера практического применения метода $[pVV]$ минимум для расчёта параметров "a", b, x_0 теории Т. Кохманского на основании результатов нивелировочных измерений. Во втором примере расширено метод $[pVV]$ минимум на расчёты теоретического перемещения берега эксплуатации.

APPLICATION OF [pVV] MINIMUM METHOD FOR THE COMPUTATION
OF "a", b, r_0 PARAMETERS IN T. KOCHMAŃSKI S THEORY AND
DISLOCATION OF THE THEORETICAL EXPLOITATION EDGE

S u m m a r y

In the paper two examples of practical application of minimum [pVV] method for the computation of "a", b, r_0 parameters in T. Kochmański s theory, on the ground of levelling measurements results, have been given. In the second example the minimum [pVV] method has been expanded onto the computations of theoretical dislocation of the exploitation edge.