ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1972

Seria: GÓRNICTWO z. 52 Nr kol. 332

Jan Zych

NOWE METODY EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH

Streszczenie: W artykule podano nową oryginalną metodę eksploatacji filarów ochronnych szybowych, która powoduje teoretycznie zerowanie się odkształceń względnych pionowych wzdłuż całej rury szybowej tzn. od stropu pokładu do powierzchni. Metoda ta polega na zastosowaniu do eksploatacji filarów szybowych frontu eksploatacyjnego w kształcie wycinka koła o odpowiednio dobranym promieniu r. Przez zastosowanie trzech względnie czterech frontów eksploatacyjnych odpowiednio rozmieszczonych względem siebie uzyskuje się zerowanie wszystkich wskaźników deformacji wzdłuż całej rury szybowej.

I. Wstęp

Analizując dotychczasowe metody eksploatacji filarów szybowych można wyróżnić trzy zasadnicze metody:

1. eksploatację dwoma frontami prowadzonymi od środka szybu do granic jego filaru,
2. eksploatację jednym frontem od granicy filaru przez szyb do przeciwległego krańca filaru,
3. eksploatację przeciwstawną, do której to metody można zaliczyć opracowaną i zastosowaną po raz pierwszy w Polsce eksploatację z tzw. "kostką szybową".

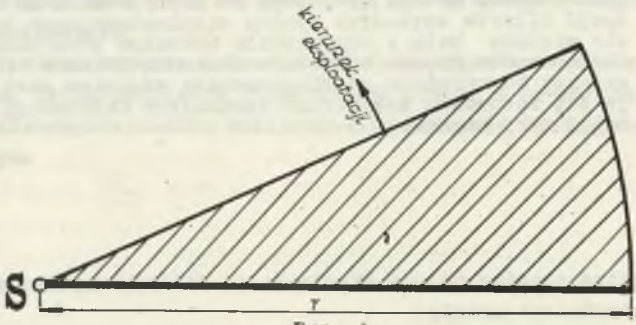
Pierwsza metoda eksploatacji powoduje przede wszystkim powstawanie w szybie wzmożonych pionowych odkształceń rozciągających, a metoda druga - wzmożonych odkształceń ściskających. Prócz tego druga metoda powoduje wychylenie szybu. Za najlepszą dotychczas należy uznać metodę trzecią, zapewniającą stabilne położenie rury szybowej oraz powodującą tylko niewielkie pionowe odkształcenia.

Wymienione metody w łatwych warunkach geologicznych mogą powodować nieznaczne uszkodzenia szybów, możliwe do usunięcia i niegroźne dla obiektu.

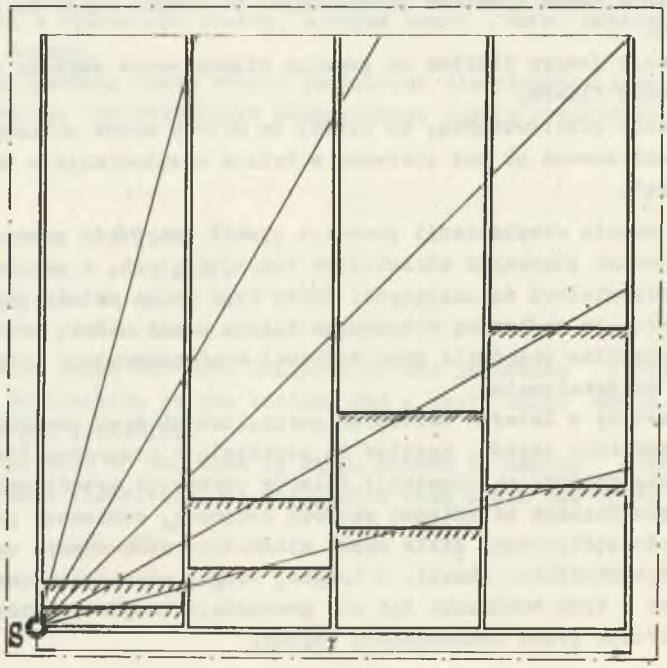
Inaczej zagadnienie eksploatacji filarów szybowych przedstawia się w górotworze zawodnionym ze sztywną obudową betonową, zwłaszcza przy dużym ciśnieniu hydrostatycznym, gdzie nawet nieznaczne uszkodzenia szybu mogą spowodować katastrofalne skutki. Z drugiej strony nieeksploatowanie filarów szybowych w tych warunkach też nie gwarantuje bezpieczeństwa i nie chroni całkowicie przed uszkodzeniem szybów.

Zastosowanie trzeciej metody, tzn. z kostką szybową, do eksploatacji filarów przy sztywnej obudowie betonowej szybu nie daje rezultatów, gdyż nawet przy tej metodzie występujące odkształcenia pionowe są o wiele za duże i w tych warunkach niedopuszczalne.

Prowadzone przez autora badania nad opracowaniem bezpiecznej metody eksploatacji filarów szybowych doprowadziły do powstania sposobów eksploatacji, które powodują teoretycznie zerowanie się odkształceń pionowych wzdłuż całej długości rury szybowej. Przez zastosowanie odpowiednich wariantów proponowanej eksploatacji można też uzyskać zerowanie się innych wskaźników deformacji, takich jak odkształcenia poziome, krzywizny pionowe, przesunięcia poziome, nachylenia również wzdłuż całej długości rury szybowej.



Rys. 1

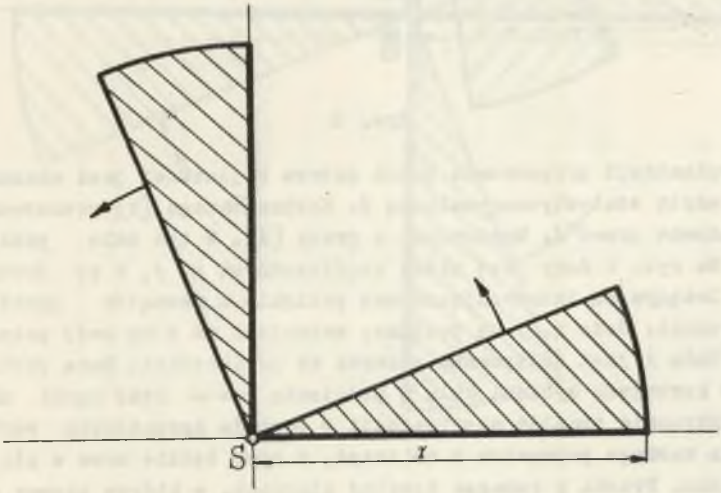


Rys. 2

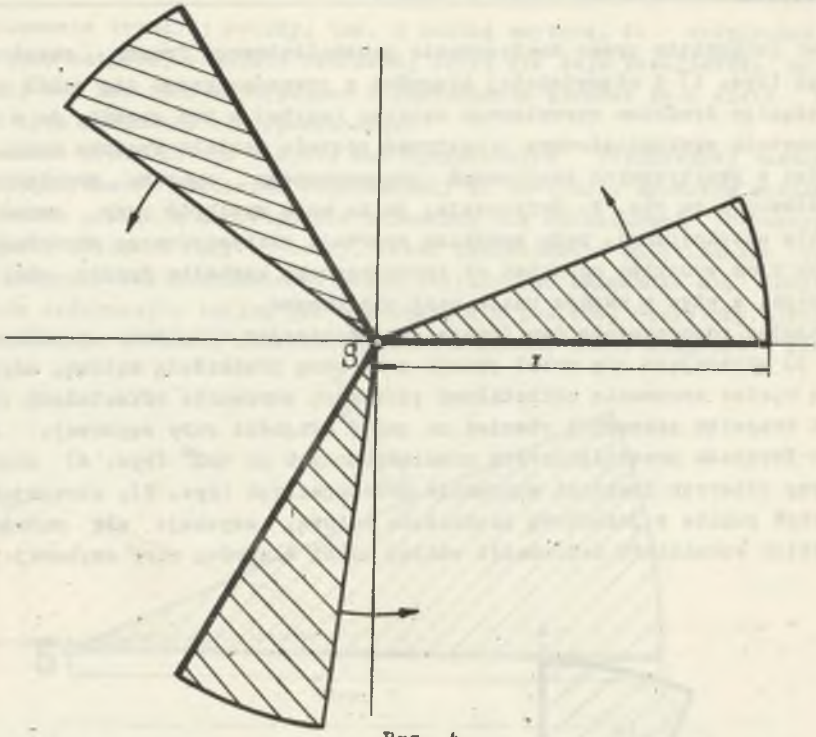
Cel ten osiągnięto przez zastosowanie prostoliniowego frontu eksploatacyjnego (rys. 1) o odpowiedniej długości r przesuwającego się wokół punktu, będącego środkiem chronionego obiektu (szybu) w ten sposób, że w każdym momencie wyeksploatowana przestrzeń posiada kształt wycinka koła.

Jedno z praktycznych zastosowań proponowanego sposobu eksploatacji przedstawiono na rys. 2. Deformacje, jakie mogą wystąpić przy omawianym sposobie eksploatacji, będą wynikiem rozrzutu statystycznego zachodzących zjawisk oraz wynikiem odstępst od teoretycznego kształtu frontu eksploatacyjnego, a więc w każdym razie będą nieznaczne.

Stosując równocześnie dwa fronty eksploatacyjne wzajemnie prostopadłe (rys. 3) obracające się wokół punktu z tą samą prędkością kątową, uzyskuje się oprócz zerowania odkształceń pionowych zerowanie odkształceń poziomych i krzywizn pionowych również na całej długości rury szybowej. Przy trzech frontach prostoliniowych rozmieszczonych co 120° (rys. 4) względnie przy czterech frontach wzajemnie prostopadłych (rys. 5), obracających się wokół punktu z jednakową prędkością kątową, uzyskuje się zerowanie wszystkich wskaźników deformacji wzdłuż całej długości rury szybowej.

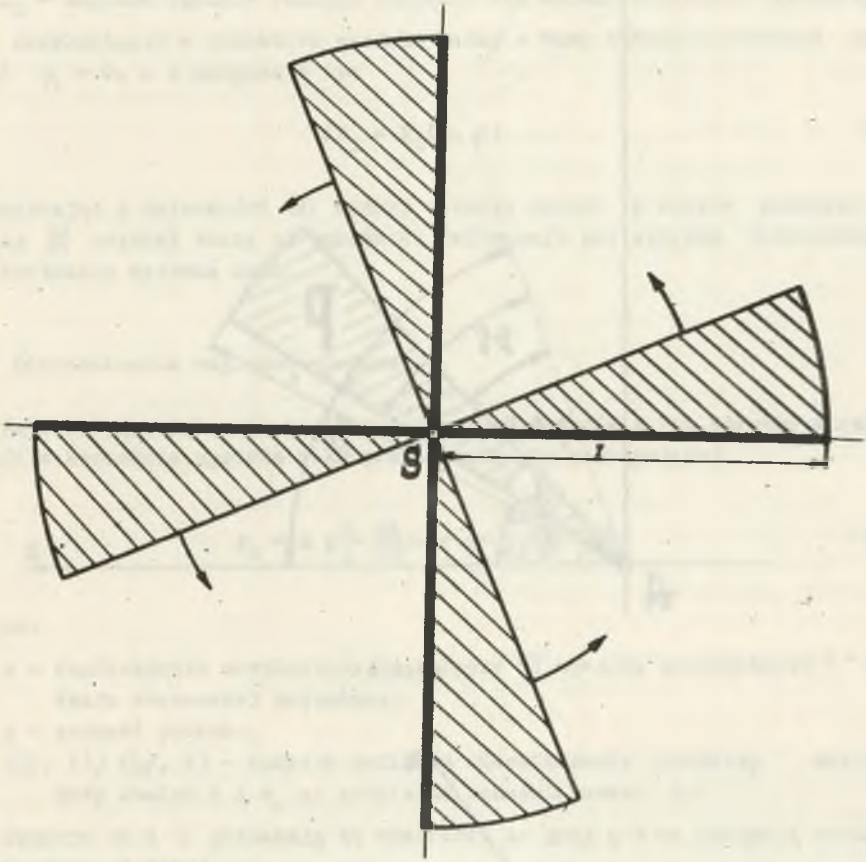


Rys. 3

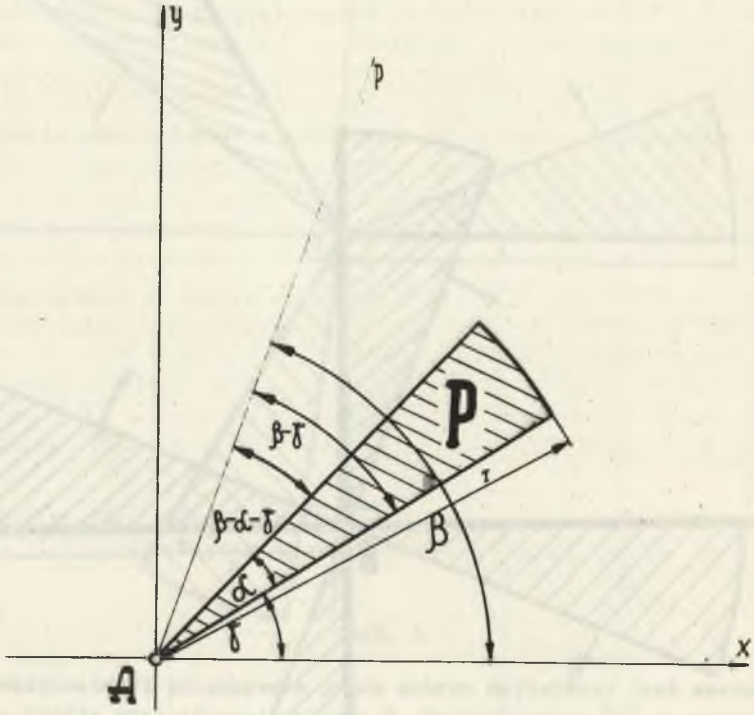


Rys. 4

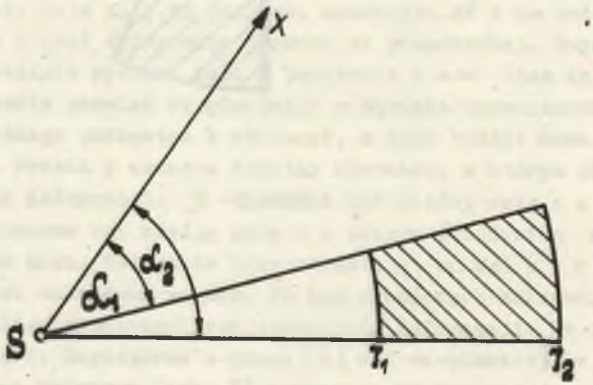
Metody eksploatacji proponowane przez autora najłatwiej jest uzasadnić w oparciu o teorię statystyczno-całkową T. Kochmańskiego [1] poszerzoną o wzory wyprowadzone przez J. Magdziorza w pracy [2]. W tym celu posłużmy się rys. 6. Na rys. 6 dany jest układ współrzędnych x, y, z ze środkiem w punkcie A, leżącym na interesującym nas poziomie z wewnątrz górotworu lub na powierzchni. Osie x, y są poziome, natomiast oś z ma swój początek w stropie pokładu i jest skierowana pionowo do powierzchni. Dana jest eksploatacja P w kształcie wycinka koła o promieniu $r = \infty$ oraz kącie środkowym α. Praktycznie promień eksploatacji r posiada ograniczoną wartość i można go dla każdego parametru b obliczyć, o czym będzie mowa w niniejszym opracowaniu. Prosta p oznacza dowolny kierunek, w którym chcemy obliczyć dany wskaźnik deformacji. β - oznacza kąt między osią x a danym kierunkiem p. γ - oznacza kąt między osią x a prawym promieniem ograniczającym dany wycinek koła. Wszystkie kąty wzrastają od osi x w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Po tak zrobionych założeniach można przystąpić do analizy poszczególnych wskaźników deformacji. We wzorach wyprowadzonych przez J. Magdziorza w pracy [2] dla eksploatacji w kształcie wycinka pierścienia kołowego (rys. 7) występuje zawsze przyrost funkcji



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7

radialnej, właściwej dla danej deformacji, oznaczony ogólnie przez ΔR_1 i obliczany wg wzoru

$$\Delta R_1 = R_1(\varrho_2, b) - R_1(\varrho_1, b) \tag{1}$$

R_1 - nazwana ogólnie funkcja radialna dla danego wskaźnika deformacji. Dla eksploatacji w kształcie wycinka koła, a taką będziemy rozważać promień $\varrho_1 = 0$, a w związku z tym

$$\Delta R_1 = R_1(b, \varrho) \tag{2}$$

Korzystając z zależności [2] możemy w łatwy sposób z wzorów podanych w pracy [2] uzyskać wzory na wskaźniki deformacji pod wpływem eksploatacji w kształcie wycinka koła.

II. Odkształcenia względne pionowe

Wzór na odkształcenie względne pionowe w punkcie A pod wpływem eksploatacji w kształcie wycinka koła przedstawia się następująco:

$$\varepsilon_z = a\, g\left[-\frac{db}{dz}\chi + \frac{1}{r_0}\frac{dr_0}{dz}\chi'\right]\frac{\alpha}{2\pi}, \tag{3}$$

gdzie:

a - współczynnik eksploatacyjny zależny od sposobu eksploatacji i rodzaju stosowanej podsadzki,

g - grubość pokładu,

$\chi(\varrho, b)$, $\chi'(\varrho, b)$ - funkcje radialne odkształcenia pionowego zależne przy stałym b i r_0 od promienia bezwymiarowego ϱ.

Funkcje χ i χ' posiadają tę własność, że przy $\varrho = \infty$ osiągają wartość równo zero, a więc:

$$\chi(b,\infty) = \chi_\infty = 0 \quad \text{i} \quad \chi'(b,\infty) = \chi'_\infty = 0 \tag{4}$$

dla każdego parametru b

ϱ - promień bezwymiarowy obliczamy wg wzoru

$$\varrho_1 = \frac{r_1}{r_0} \tag{5}$$

r - promień eksploatacji podany w metrach,

$r_o = r_o(z, H)$ - parametr teorii, tzw. parametr poziomego oddziaływania zależny przede wszystkim od składu litologicznego górotworu,

$b = b(z)$ - parametr teorii zależny od pionowej odległości z od stropu pokładu do rozpatrywanego horyzontu, obliczany wg wzoru:

$$b = \frac{5 - 1,12 \log z}{1 + 0,672 \log z}. \tag{6}$$

Na podstawie wielu badań [3] udało się ustalić, że parametr b zależy tylko od z, a nie zależy od H i z. Dla powierzchni mamy więc $z = H$.

α - kąt środkowy wycinka koła,

$\frac{db}{dz}$ - pochodna obliczana dotychczas dla powierzchni na podstawie empirycznego wzoru

$$\frac{db}{dz} = \frac{-o}{H}, \tag{7}$$

natomiast dla górotworu według wzoru B. Dżegniuka [4],

o - wartość zależna od sposobu eksploatacji i rodzaju stosowanej podsadzki.

Prowadzone w Katedrze Geodezji i Ochrony Powierzchni badania nad ustaleniem jednolitego wzoru na parametr b dla powierzchni i górotworu wzór (6) doprowadziły do powstania jednego wzoru na wartość pochodnej $\frac{db}{dz}$, którą obliczamy z (6) wg wzoru

$$\frac{db}{dz} = -\frac{1}{z} \frac{1,95}{(1 + 0,672 \log z)^2} \tag{8}$$

Poza tym została wprowadzona tzw. funkcja szczelinowatości s ustalona na podstawie wielu obserwacji geodezyjnych oraz badań nad zjawiskiem wpływu eksploatacji górniczej na górotwór. Funkcja ta po raz pierwszy została wprowadzona przez T. Kochmańskiego w pracy [5]. Współczynnik szczelinowatości zależy od wielu czynników, jak np.: sposobu eksploatacji, rodzaju podsadzki, głębokości eksploatacji i jest inny dla ruchów poziomych s_p, a inny dla ruchów pionowych s_z. Dla ruchów pionowych s_z jest niewiele większy od jedności, natomiast dla ruchów poziomych s_p bywa nawet kilka razy większy od s_z. W dotychczasowych wzorach na $\frac{db}{dz}$ funkcja szczelinowatości była uwzględniana empirycznie. W związku z tym mamy:

$$s_z \frac{db}{dz} = \frac{-o}{H} \quad \text{- dla powierzchni} \tag{9}$$

oraz

$$s_z \frac{db}{dz} = \frac{db}{dz}^{x)} \quad \text{- dla górotworu,} \tag{10}$$

gdzie:

$\frac{db}{dz}$ – wartość pochodnej obliczona z wzoru (8)

$\frac{db}{dz}^{x)}$ – odpowiada wzorom B. Dżegniuka.

Występująca we wzorze (3) pochodna $\frac{dr_o}{dz}$ zależy od przebiegu parametru r_o w górotworze. Dotychczas przyjmowana jest zmienność parametru r_o podana przez B. Dżegniuka w pracy [4].

Zdaniem autora po założeniu zmienności parametru b według wzoru (6) oraz wprowadzeniu do wzorów współczynnika szczelinowatości nie jest konieczne przyjmowanie zmniejszania parametrów r_o w górotworze. Nie jest wykluczone, że parametr r_o w górotworze może być nawet większy niż na powierzchni, co potwierdzają wstępne prace autora jak i inne prace, jak np. [8] i [9]. Powyższą hipotezę, jak dotąd dyskusyjną, potwierdza również fakt, że zwięzłość skał rośnie wraz z głębokością [7] i nie wydaje się słuszny pogląd, aby parametr r_o, który od tej związłości zależy, malał w górotworze.

Uwzględniając powyższe, możemy napisać wzór na odkształcenie względne pionowe pod wpływem eksploatacji w kształcie wycinka koła o promieniu $r = \infty$.

$$\varepsilon_z = a\, g\left[- s_z \frac{db}{dz} \chi_\infty + \frac{1}{r_o} \frac{dr_o}{dz} \chi'_\infty\right]\frac{\alpha}{2\pi} \tag{11}$$

a stąd na podstawie wzoru (4) mamy:

$$\varepsilon_z = 0 \tag{12}$$

niezależnie od wartości kąta α i wysokości z nad stropem pokładu. Z powyższego wynika, że w tym przypadku jedynym warunkiem zerowania się odkształceń względnych pionowych na całej długości rury szybowej jest prowadzenie eksploatacji w kształcie wycinka koła o promieniu r równym teoretycznie nieskończoności, praktycznie, posiadającym ograniczoną wartość. Promień ten możemy obliczyć z wzoru

$$r_H = \varrho_H \cdot r_{oH}, \tag{13}$$

gdzie:

r_H – promień praktycznego zasięgu eksploatacji dla powierzchni

$_H$ – promień bezwymiarowy zasięgu eksploatacji dla powierzchni, przy którym praktycznie wartości funkcji χ' i χ są równe zero.

III. Odkształcenia względne poziome

Wzór na odkształcenia względne poziome w punkcie A w dowolnym kierunku p, pod wpływem eksploatacji w kształcie wycinka koła przedstawia się następująco:

$$\varepsilon_p = - a\ g\ s_p \frac{db}{dz}\left[\frac{\mu'}{2\pi}\Delta(\alpha + \frac{1}{2}\sin 2\alpha) - \frac{\mu''}{2\pi}\Delta\alpha\right] +$$

$$+ \frac{ag}{r_o}\frac{dr_o}{dz}\left[\frac{\nu'}{2\pi}\Delta(\alpha + \frac{1}{2}\sin 2\alpha) - \frac{\nu''}{2\pi}\Delta\alpha\right], \qquad (14)$$

gdzie:

μ', μ'', ν', ν'' – funkcje radialne odkształcenia poziomego, zależne przy stałym b i r_o od promienia bezwymiarowego ϱ.

Funkcje te posiadają tę własność, że przy wartości promienia bezwymiarowego $\varrho = \infty$ osiągają swe maksymalne wartości, przy czym

$$\mu'(b,\infty) = \mu''(b,\infty) = \mu_{max} \qquad (15)$$

oraz

$$\nu'(b,\infty) = \nu''(b,\infty) = \nu_{max} \qquad (15a)$$

Maksymalna wartość funkcji μ_{max} jest dla każdego parametru b inna, natomiast wartość funkcji ν_{max} jest dla każdego parametru b stała i wynosi 1000.

Uwzględniając powyższe, wzór (14) dla wycinka koła o promieniu $r = \infty$ przybierze postać

$$\varepsilon_p = (- a\ g\ s_p \frac{db}{dz}\frac{\mu_{max}}{2\pi} + \frac{ag}{r_o}\frac{dr_o}{dz}\frac{\nu_{max}}{2\pi})\ \frac{1}{2}\Delta \sin 2\alpha \qquad (16)$$

Przyjmując oznaczenia jak na rys. 6 funkcję kątową K_ε można przedstawić przy pomocy wzoru:

$$K_\varepsilon = \frac{1}{2}\Delta \sin 2\alpha = \frac{1}{2}\left[\sin(2\beta - 2\gamma) - \sin(2\beta - 2\alpha - 2\gamma)\right] \qquad (17)$$

albo inaczej:

$$K_\varepsilon = \sin\alpha \cos(2\beta - \alpha - 2\gamma) \qquad (18)$$

Oznaczając przez

$$C_\varepsilon = a\, g\left(- s_p \frac{db}{dz} \frac{u_{max}}{2\pi} + \frac{1}{r_o} \frac{dr_o}{dz} \frac{v'_{max}}{2\pi}\right) \tag{19}$$

otrzymamy końcowy wzór na odkształcenie względne poziome w dowolnym kierunku pod wpływem eksploatacji w kształcie wycinka koła o promieniu $r = \infty$

$$\varepsilon_p = C_\varepsilon \sin\alpha \cos(2\beta - \alpha - 2\gamma) \tag{20}$$

albo krócej:

$$\varepsilon_p = C_\varepsilon K_\varepsilon \tag{21}$$

Opierając się na zasadzie superpozycji można napisać ogólny wzór na odkształcenie względne poziome w dowolnym kierunku p pod wpływem eksploatacji n wycinków koła, każdy o kącie środkowym α i promieniu $r = \infty$.

$$\varepsilon_p = C_\varepsilon \sin\alpha \sum_{k=1}^{n} \cos(2\beta - \alpha - 2\gamma_k) \tag{22}$$

Ponieważ dla danych parametrów b i r_o wartość C_ε jest stała, zatem wartość odkształcenia w danym kierunku zależy tylko od funkcji kątowej K_ε. Funkcja K_ε nie zależy od wysokości z nad stropem zatem jej rozkład jest taki sam dla każdej dowolne wysokości z.

Przeprowadźmy poniżej analizę funkcji K_ε. Ze względu na skrócony charakter niniejszego opracowania ograniczono się jedynie do podania tylko pewnych rozwiązań, przy których wartość funkcji $K_\varepsilon = 0$.

Z wzoru (22) wynika, że funkcja $K_\varepsilon = 0$, a zatem i odkształcenia poziome $\varepsilon_p = 0$, gdy są spełnione warunki

$$\sin\alpha = 0 \tag{23}$$

lub

$$\sum_{k=1}^{n} \cos(2\beta - \alpha - 2\gamma_k) = 0 \tag{24}$$

Z warunku (23) mamy, że gdy $\alpha = \pi \cdot l$, gdzie $l = 1,2$, wówczas $K_\varepsilon = 0$ niezależnie od kątów β i γ_k.

Równość (24) przedstawmy w innej formie, a mianowicie

$$\cos(2\beta - \alpha \left(\sum_{k=1}^{n} \cos 2\gamma_k + \sin (2\beta - \alpha) \sum_{k=1}^{n} \sin 2\gamma_k = 0 \qquad (25)$$

Z możliwych tutaj rozwiązań interesują nas takie, przy których funkcja $K_\delta = 0$ niezależnie od kątów α i β, tj. w każdym dowolnym momencie eksploatacji i w każdym kierunku.
Na podstawie równania (25) muszą być spełnione warunki

$$\sum_{k=1}^{n} \cos 2\gamma_k = 0 \qquad (26)$$

oraz

$$\sum_{k=1}^{n} \sin 2\gamma_k = 0 \qquad (27)$$

Układ równań (26) i (27) można rozwiązać ogólnie i znaleźć wszystkie możliwe rozwiązania. Mając jednak na względzie możliwość praktycznego zastosowania wniosków wynikających z niniejszych rozwiązań udowodnijmy następujące twierdzenie:

Kąt $\gamma_{\varepsilon 0}$ zawarty między dwoma sąsiednimi wycinkami koła jest stały i spełnia następujący warunek

$$\gamma_{\varepsilon 0} = \frac{\gamma_{\varepsilon k}}{k}, \qquad (28)$$

przy czym

$$0 < \gamma_{\varepsilon k} \leq 2\pi, \qquad (29)$$

gdzie:

$\gamma_{\varepsilon k}$ – kąt zawarty między osią x a k-tym wycinkiem koła dla odkształceń poziomych. W oznaczeniach wprowadzono dodatkowo wskaźnik ε np. $\gamma_{\varepsilon k}$, gdyż twierdzenie to może nie być słuszne dla innych wskaźników deformacji.

Dowód przeprowadźmy przy użyciu liczb zespolonych.

Wstawiając za γ_k wartość z wzoru (28) oraz mnożąc równanie (27) przez $i = \sqrt{-1}$, a następnie dodając stronami równanie (26) i (27) otrzymamy:

$$\sum_{k=1}^{n} (\cos 2k\gamma_{\varepsilon o} + i \sin 2k\gamma_{\varepsilon o}) = 0. \tag{30}$$

Na podstawie wzoru de Moivre'a dla liczb zespolonych mamy:

$$\sum_{k=1}^{n} (\cos\gamma_{\varepsilon o} + i \sin\gamma_{\varepsilon o})^{2k} = 0. \tag{31}$$

Dla prostszego zapisu oznaczamy:

$$z_o = \cos\gamma_{\varepsilon o} + i \sin\gamma_{\varepsilon o} \tag{32}$$

wówczas wzór (31) możemy napisać w formie:

$$\sum_{k=1}^{n} z_o^{2k} = 0. \tag{33}$$

Suma wyrażona przy pomocy wzoru (33) tworzy postęp geometryczny a więc:

$$\sum_{k=1}^{n} z_o^{2k} = z_o^2 (1 + z_o^2 + \ldots + z_o^{2(k-1)} \ldots + z_o^{2(n-1)}) = 0 \tag{34}$$

Sumę n wyrazów postępu geometrycznego obliczamy z wzoru:

$$S_n = z_o^2 \left(\frac{z_o^{2n} - 1}{z_o^2 - 1}\right) = 0 \tag{35}$$

przy czym musi być spełniony warunek

$$z_o^2 \neq 1 \quad \text{a stąd} \quad \gamma_{\varepsilon o} \neq m\pi \tag{36}$$

Na podstawie wzoru (35) mamy:

$$z_o^{2n} = 1, \tag{37}$$

czyli

$$z_0 = \sqrt[2n]{1}. \tag{38}$$

Liczbę 1 możemy wyrazić w następującej postaci:

$$1 = \cos 2l\pi + i \sin 2 l\pi, \tag{39}$$

a stąd

$$z_0 = (\cos 2\pi . l + i \sin 2\pi l)^{\frac{1}{2n}} \tag{40}$$

$$z_0 = \cos \frac{l\pi}{n} + i \sin \frac{l\pi}{n}. \tag{41}$$

Uwzględniając (32) mamy:

$$\gamma_{\varepsilon 0} = \frac{l\pi}{n}. \tag{42}$$

Na podstawie założenia (29) dla n wycinków koła mamy:

$$0 < l \leq 2. \tag{43}$$

Uwzględniając powyższe (43) oraz warunek (36) można stwierdzić, że dla n wycinków koła istnieją dwa niezależne rozwiązania, przy których funkcja $K_\varepsilon = 0$, a zatem i odkształcenia poziome $\varepsilon_p = 0$, a mianowicie gdy:

$$\gamma_{\varepsilon 01} = \frac{\pi}{n} \quad \text{dla} \quad n \geq 2 \tag{44}$$

oraz

$$\gamma_{\varepsilon 02} = \frac{2\pi}{n} \quad \text{dla} \quad n \geq 3. \tag{45}$$

Wynika z tego, że twierdzenie wyrażone przy pomocy wzoru (28) jest słuszne, gdy mamy co najmniej dwa wycinki koła, co więcej otrzymaliśmy wzory na wartość kątów $\gamma_{\varepsilon 0}$, przy których funkcja $K_\varepsilon = 0$.

Należałoby przeprowadzić jeszcze analizę funkcji K_ε dla jednego wycinka koła. Zagadnienie to jest dość obszerne. W związku z tym nie może być w niniejszym opracowaniu przedstawione.

W podobny sposób można wyprowadzić wzory na pozostałe wskaźniki deformacji jak: przesunięcia poziome, krzywizny pionowe oraz nachylenia i znaleźć rozwiązania, przy których te wskaźniki deformacji są równe zero.

Z wzorów na wskaźniki deformacji podanych w pracy [2] wynika, że funkcja kątowa dla krzywizn pionowych $K_{\varkappa}$ powinna być taka sama jak dla odkształceń poziomych K_{ε}, natomiast funkcja kątowa dla nachyleń K_{τ} powinna być taka sama jak dla przesunięć poziomych K_{μ}. Zerowanie się odkształceń poziomych powodować więc będzie równocześnie zerowanie się krzywizn pionowych, natomiast zerowanie się przesunięć poziomych będzie powodować równocześnie zerowanie się nachyleń.

Wnioskiem końcowym jest ten, że istnieje bardzo wiele rozwiązań, przy których teoretycznie wskaźniki deformacji zerują się. Dalsze badania będą szły w kierunku znalezienia możliwie pełnego zestawu takiego zerowania się, tak by w praktyce można było wybrać wariant eksploatacji najdogodniejszy dla praktyki w danych warunkach geologicznych i technicznych.

LITERATURA

1. Kochmański T. - Obliczenie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN 1956 r.
2. Magdziorz J. - Nowe metody obliczenia ruchów górotworu nad eksploatacją górniczą. Ochrona Terenów Górniczych Nr 11. 1970 r.
3. Kochmański T., Magdziorz J. - Neue Methoden der Berechnung von Bewegungen und Verformungen der Tagesoberflasche und des Gebirges als Folge untertägigen Abbaues. Praca oddana do druku w Freiberger Forschungshefte - Marksoheidewesen.
4. Dżegniuk B. - Ochrona wyrobisk górniczych przy pomocy opisu przejścia niecki przez górotwór (nieopublikowana rozprawa doktorska AGH, Kraków 1963 r.).
5. Kochmański T., Zych J., Szuścik W., Tyrała A., Bąk J. - Opinia geologiczno-górniczo-budowlana dla projektowanej eksploatacji pokładów 504 i 501 w filarze ochronnym dla Osiedla Łagiewniki. Praca nieopublikowana 1970 r.
6. Kochmański T., Zych J., Magdziorz J. - Sposób eksploatacji złóż pokładowych przy zastosowaniu ściśle określonego kształtu frontu obudowy. Zgłoszenie patentowe Nr P - 148 145 z dnia 13 maja 1971 r.
7. Borecki M., Kidybiński A. - Warunki geotechniczne eksploatacji węgla z dużych głębokości. Przegląd Górniczy Nr 5 1966 r.
8. Kochmański T., Romanowicz E., Tyrała A. - Analiza eksploatacji w obrębie filaru ochronnego dla szybu w świetle badań geodezyjnych. Komunikat GIG Nr 372 1965 r.
9. Borecki M., Romanowicz E., Szpetkowski St., Tyrała A. - Wyniki badań wpływów eksploatacji w filarze ochronnym dla szybu "Szymon" kopalni "Halemba". Komunikat GIG Nr 428 1967 r.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ЭКСПЛОАТАЦИИ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

Р е з ю м е

В статье представлен новый оригинальный метод эксплоатации предохранительных околоствольных целиков, который теоретически вызывает компенсацию к нулю относительных вертикальных деформаций вдоль всей трубы ствола, то есть, от кровли пласта до поверхности. Этот метод заключается в применении при эксплоатации околоствольных целиков эксплоатационного гофронта в форме сектора круга с соответственно подобранным радиусом r. Применив три или четыре эксплоатационных фронта, расположенных соответственно по отношению друг к другу, получаем компенсацию к нулю всех показателей дефирмаций вдоль всей трубы ствола.

S u m m a r y

The article deals with a new original method of exploiting bottom pillars which theoretically compensates relative perpendicular deformations along the whole shaft (i.e. from the roof of the excaration to the surface) to zero. This method consists in the applikation of an exploitation front in the shape if a circle sector with an adequate radius r. Making use of three or four exploitation fronts, appropriately distributed to one another, a zero compensation of all the deformation coefficients along the whole shaft is reached.