ZESZYTY
NAUKOWE
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

GÓRNICTWO

Z. 108
GLIWICE
1981

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 662

HENRYK GIL, ADAM KRZYŻOWSKI, JAN BIAŁEK,
ANDRZEJ JAWORSKI, JÓZEF WĘKLAR

METODA WYBIERANIA FILARÓW SZYBOWYCH UKŁADEM DWÓCH FRONTÓW PROSTOLINIOWYCH

GLIWICE 1981

OPINIODAWCA

Doc. dr hab. inż. Bernard Drzęźla

REDAKTOR NACZELNY WYDAWNICTW UCZELNIANYCH
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Jan Bandrowski

REDAKTOR DZIAŁU

Mirosław Chudek

SEKRETARZ REDAKCJI

Wojciech Mikołajków

OPRACOWANIE REDAKCYJNE

Kazimiera Rymarz

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej
ul. Kujawska 2, 44-100 Gliwice

Nakł. 250+50 Ark. wyd. 2,74 Ark. druk. 3,125 Papier offsetowy kl. III 61x86, 100g
Oddano do druku 7.06 80 Podpis. do druku 28.10.80 Druk ukończ. w marcu 1981
Zam. 818/80 S-24 Cena zł 7,—

Skład, fotokopie, druk i oprawę
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

SPIS TREŚCI

Str.

1. WSTĘP 5
2. ANALIZA DOTYCHCZASOWYCH METOD EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH 6
3. OKREŚLENIE DEFORMACJI GÓROTWORU WZDŁUŻ RURY SZYBOWEJ PRZY CZYNNYCH I ZATRZYMANYCH FRONTACH ŚCIANOWYCH 18
4. METODĄ EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH UKŁADEM DWÓCH RÓWNOLEGŁYCH FRONTÓW PROSTOLINIOWYCH 22
5. DOBÓR OPTYMALNEGO USYTUOWANIA DWÓCH RÓWNOLEGŁYCH FRONTÓW PROSTOLINIOWYCH PRZY EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH 24
   5.1. Dobór optymalnego usytuowania frontów ścianowych przy wybieraniu filara w pokładzie przecinającym rurę szybową 35
   5.2. Dobór optymalnego usytuowania frontów ścianowych w przypadku, gdy wybierany pokład zalega poniżej rząpia szybu 37
6. OCENA MOŻLIWOŚCI WYBIERANIA FILARA SZYBOWEGO JEDNYM PROSTOLINIOWYM FRONTEM ŚCIANOWYM W PRZYPADKU, GDY SZYB NIE PRZECINA POKŁADU 42
7. UWAGI KOŃCOWE 45
8. LITERATURA 47

1. WSTĘP

Problem ochrony szybów jako wyrobisk o podstawowym znaczeniu dla ruchu zakładu górniczego stwarza coraz poważniejsze trudności w miarę schodzenia z eksploatacją na duże głębokości, lokalizowania szybów w górotworze zawodnionym oraz w miarę wzrostu koncentracji wydobycia na zewnątrz filarów ochronnych.

Zwiększenie głębokości wybierania powoduje konieczność projektowania filarów ochronnych o dużych wymiarach, które wiążąc poważne ilości zasobów w zasadzie nie chronią z całkowitą skutecznością obudowy szybu wraz z jej osprzętem.

Zaradzić temu może albo projektowanie i stosowanie specjalnych metod zabezpieczania wyposażenia rury szybowej oraz dostatecznie wytrzymałej i podatnej obudowy, bądź projektowanie filarów szybowych o tak dużych wymiarach, by wpływy pochodzące od wybierania poza nimi na szyb były minimalne.

Obydwa sposoby są trudne do wykonania - pierwszy ze względów techniczno-ekonomicznych, a drugi wiążąc poważne ilości zasobów w sposób zasadniczy ogranicza obszar górniczy przewidziany do eksploatacji. Nie zawsze wydaje się celowe pozostawianie filarów szybowych aż do momentu ukończenia eksploatacji w obszarze poza nimi, gdyż i tak skutecznie nie chronią one obudowy rury szybowej, zwłaszcza gdy wykonana jest ona w górotworze zawodnionym i będąc sztywną znajduje się w obszarze oddziaływania odkształceń wywołanych eksploatacją zewnętrzną przy dużym wpływie ciśnienie hydrostatycznego.

Należy zatem rozważać możliwość ochrony szybu bez konieczności pozostawiania filara ochronnego na czas wybierania obszaru poza nim ze względu nie tylko na uwięzione zasoby, ale także ze względu na fakt niedostatecznej ochrony filarem od wpływów eksploatacji zewnętrznej. W przypadku projektowania eksploatacji dla nowych zakładów górniczych i wykonywania wyrobisk szybowych w górotworze nienaruszonym należy opracować taką eksploatację, by z jednej strony w sposób dostateczny minimalizowała deformacje, a z drugiej, nie stwarzając dużych trudności ruchowych,prowadziła do czystego i w miarę szybkiego wybrania filara bez konieczności zatrzymania funkcji szybu.

Postulat ten w dużym stopniu może spełnić metoda wybierania filara szybowego układem dwóch frontów prostoliniowych z kompensacją odkształceń bez wykonywania kostki przyszybowej. Metoda ta jest przedmiotem niniejszego opracowania.

2. ANALIZA DOTYCHCZASOWYCH METOD EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH

Klasyfikację dotychczasowych metod eksploatacji filarów szybowych można przeprowadzić ze względu na sposoby lokalizacji i kierunki prowadzenia frontów wybierania. Za autorami pracy [5] wyróżnić można 4 grupy metod eksploatacji filarów szybowych:

I. Metoda eksploatacji jednoskrzydłowej w dwu wariantach:
- jednym frontem od granicy filara ochronnego poprzez szyb do przeciwległej granicy filara
- dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku wybierania z lokalizacją jednego frontu na granicy filara i drugiego przy szybie.

II. Metoda eksploatacji dwuskrzydłowej w dwu wariantach:
- dwoma frontami zlokalizowanymi przy szybie w kierunku do przeciwległych granic filara
- dwoma frontami zlokalizowanymi na przeciwległych granicach filara w kierunku do szybu.

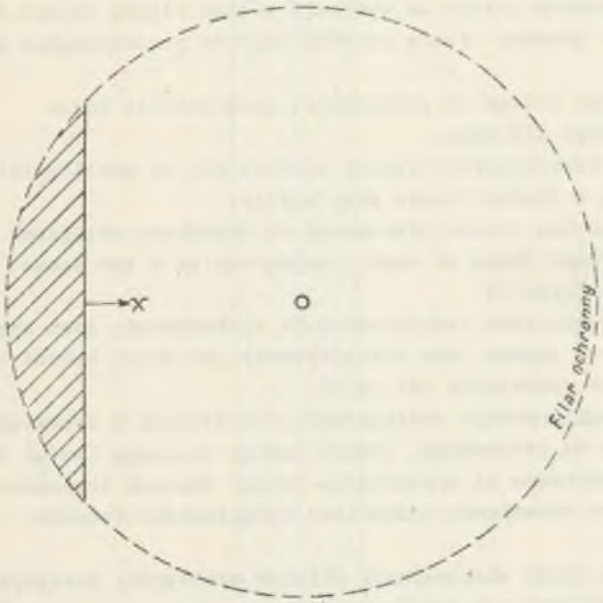
III. Metoda eksploatacji z wybieraniem kostki szybowej w wariantach:
- polska metoda bezpiecznej eksploatacji filarów szybowych z zastosowaniem kostki szybowej
- metoda wybierania dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku z zastosowaniem kostki szybowej o regulowanej podatności.

IV. Metody specjalne:
- metoda eksploatacji z harmonicznym układem wybierania
- metoda eksploatacji układem kołowo-symetrycznym frontów wybierania
- metoda eksploatacji z wachlarzowym układem frontów wybierania.

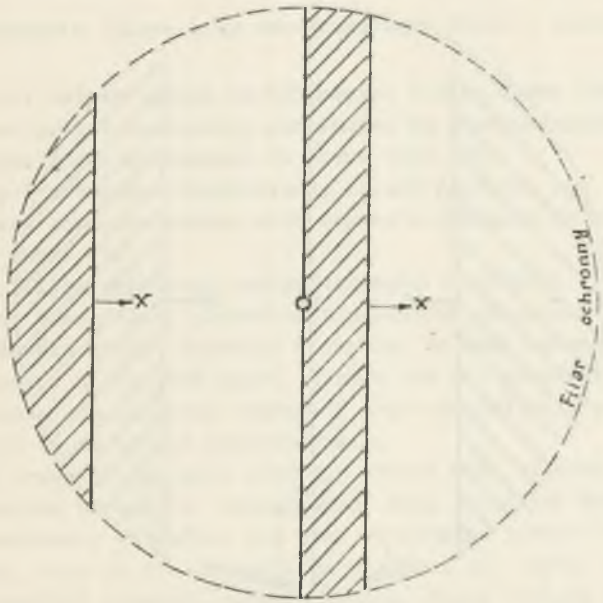
Większość z wyżej wymienionych metod jest stosowana w praktyce. Zostały one opracowane na drodze rozwiązań teoretycznych i wyników praktycznych uzyskanych podczas eksploatacji filarów szybowych.

Zmienność warunków górniczo-geologicznych zalegania pokładów w filarach ochronnych jak również różny zakres prowadzonych pomiarów geodezyjnych w rurach szybowych nie pozwalają na dokładną analizę porównawczą poszczególnych metod wybierania filarów szybowych. W celu zaprojektowania optymalnej metody eksploatacji filara szybowego należy każdorazowo dla konkretnych warunków górniczo-geologicznych przeanalizować wszystkie wskaźniki deformacji górotworu, które mogą mieć wpływ na ciągłą funkcjonalność szybu.

Krótką charakterystykę poszczególnych metod eksploatacji filarów ochronnych dla szybów rozpoczniemy od najprostszej technicznie, tj. jednoskrzydłowej metody w dwóch wariantach:



Rys. 1. Eksploatacja jednym frontem od granic filara szybu



Rys. 2. Eksploatacja dwoma frontami od brzegu filara ochronnego i od środka szybu

Wariant pierwszy polega na wybraniu całego filara jednym frontem prostoliniowym od granicy filara poprzez szyb do przeciwległej granicy filara (rys. 1).

Wariant drugi polega na prowadzeniu eksploatacji dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku.

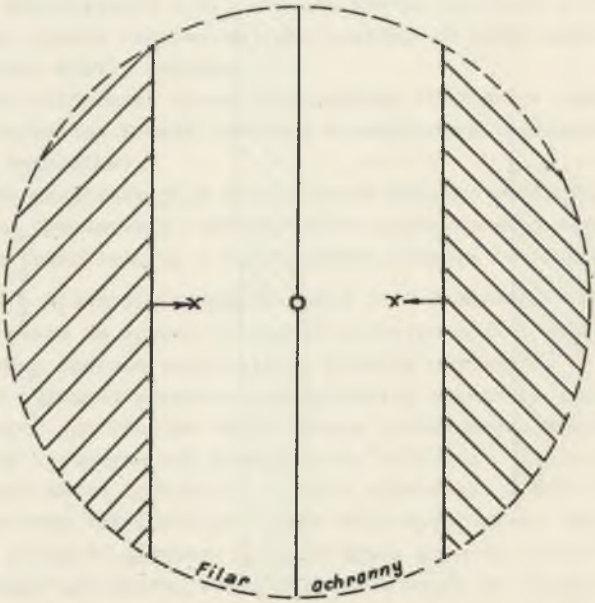
Pierwszy z wymienionych frontów zakłada się na granicy filara, a drugi usytuowuje się w środku filara przy szybie.

Po zbliżeniu się frontu pierwszego na określoną odległość od szybu uruchamia się front drugi od szybu, prowadząc go w tym samym kierunku co front pierwszy (rys. 2).

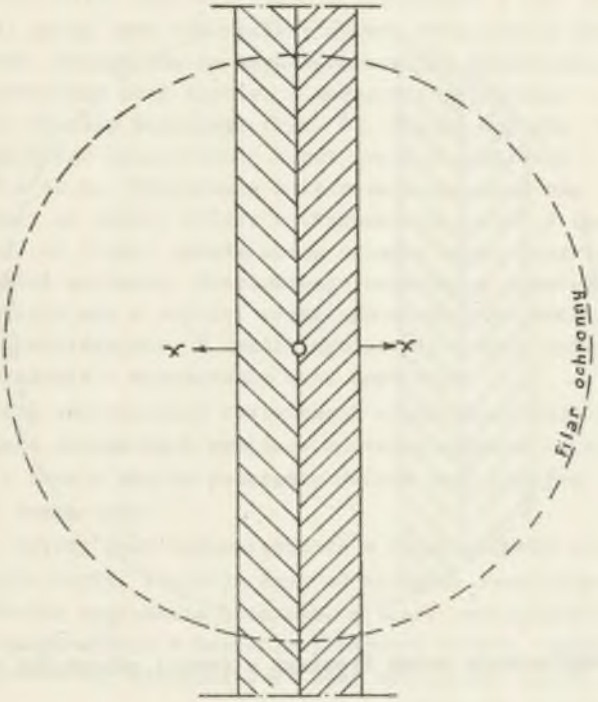
Prostszy ze względów technicznych do zastosowania jest wariant pierwszy, powoduje on jednak duże odkształcenia górotworu wzdłuż rury szybowej oraz maksymalne wychylenie osi szybu.

Wariant drugi powoduje zmniejszenie odkształceń i wychyleń rury szybowej w stosunku do pierwszego, jednak wymaga większej ilości robót przygotowawczych i nakładów na wyposażenie ścian. Znaczne trudności w tym wariancie stwarza określenie optymalnej ustępliwości frontów i ich postępów.

Druga grupa metod eksploatacji filarów szybowych, polegająca na dwuskrzydłowym wybieraniu w dwóch wariantach, w warunkach polskich w zasadzie nie znalazła szerszego zastosowania.



Rys. 3. Metoda eksploatacji filarów szybowych dwoma frontami do środka szybu



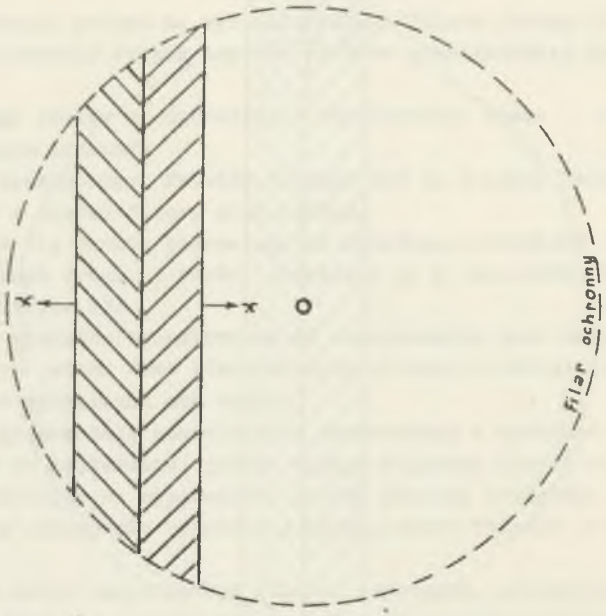
Rys. 4. Wybieranie filara przy dwuskrzydłowym froncie eksploatacyjnym

Wariant 1 tej metody polega na wybieraniu filara dwoma frontami prostoliniowymi równoległymi do siebie, założonymi na przeciwległych granicach filara i postępującymi w kierunku do szybu (rys. 3).

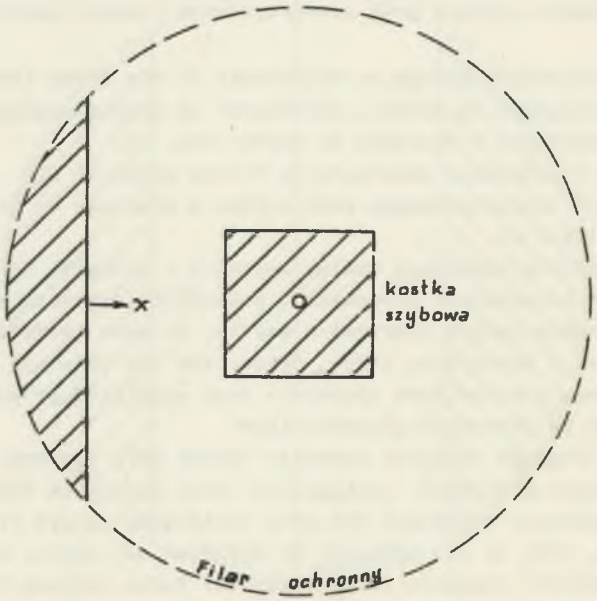
W wariancie 2 natomiast eksploatację filara prowadzi się dwoma równoległymi frontami zlokalizowanymi przy szybie w kierunku do przeciwległych granic filara (rys. 4).

Wybieranie filara szybowego według wariantu 1 prowadzi do powstania znacznych wartości odkształceń pionowych i poziomych (dwukrotnie większych niż przy wybieraniu jednym frontem) w szybie, co może spowodować duże uszkodzenia obudowy i uzbrojenia szybu. Sposób ten nie powoduje wychylenia osi szybu, jednak stwarza duże trudności przy eksploatacji pokładów tąpiących i leżących na znacznych głębokościach.

Stosowanie drugiego wariantu powoduje wzdłuż rury szybowej powstanie dużych odkształceń pionowych rozciągających oraz poziomych ściskających(teoretycznie dwukrotnie większych niż przy wybieraniu jednym frontem). Wariant ten więc, mimo że nie prowadzi do wychyleń osi szybu, może w poważnym stopniu zakłócić ciągłość ruchu w szybie. Pewną odmianą wariantu drugiego jest eksploatacja dwoma frontami nie od środka szybu, a z pewnej odległości od szybu (rys. 5). Eksploatacja taka powoduje mniejsze odkształcenia pionowe rozciągające, ale za to występuje wychylanie osi szybu.



Rys. 5. Eksploatacja dwoma frontami w pewnej odległości od szybu

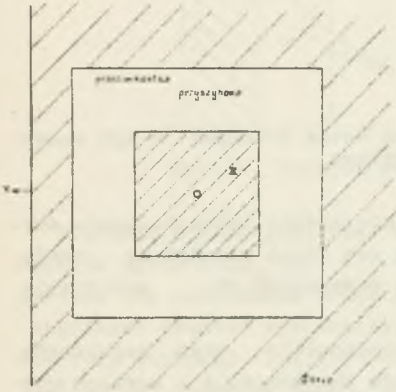


Rys. 6. Metoda polska eksploatacji filarów szybowych z kostką szybową

Kolejną grupę metod stanowią sposoby wybierania z tzw. kostką szybową. Pierwszą z tej grupy jest tzw. polska metoda bezpiecznej eksploatacji filarów szybowych. Polega ona na zsynchronizowanym wybieraniu tzw. kostki szybowej bezpośrednio przy szybie, a następnie pozostałej części filara prostoliniowym frontem ścianowym (rys. 6). Kostka szybowa jest to część pokładu zalegającego bezpośrednio wokół szybu o wymiarach średnio 40 x 40 m lub 30 x 40 m. Wybieranie w filarze rozpoczyna się frontem ścianowym, począwszy od granic filara w kierunku do szybu. Z chwilą gdy wpływy eksploatacji od frontu zasadniczego osiągną szyb, przystępuje się do wybierania kostki szybowej. Eksploatacja zasadnicza powoduje odkształcenia pionowe ściskające w szybie, natomiast eksploatacja kostki powoduje odkształcenia rozciągające. W czasie wybierania kostki wykonuje się zabezpieczenia uzbrojenia i wyposażenia rury szybowej.

Dla uzyskania odpowiedniej kompensacji odkształceń najistotniejszą sprawą jest dobranie optymalnych wymiarów kostki i momentu jej wybierania. Wymiary kostki ustala się na podstawie danych empirycznych lub opracowanych wzorów i nomogramów.

Zaletą tej metody jest zabezpieczenie w dużym stopniu stabilności pionowego położenia szybu, izolacja szyb od wyrobisk eksploatacyjnych, zmniejszająca ewentualne zagrożenie pożarowe, a także zmniejszenie bezpośrednich wpływów eksploatacji w momencie przejścia frontu zasadniczego przez szyb. Kłopotliwe w tej metodzie jest samo wybieranie kostki, ustalenie jej optymalnych wymiarów i momentu rozpoczęcia jej eksploatacji.



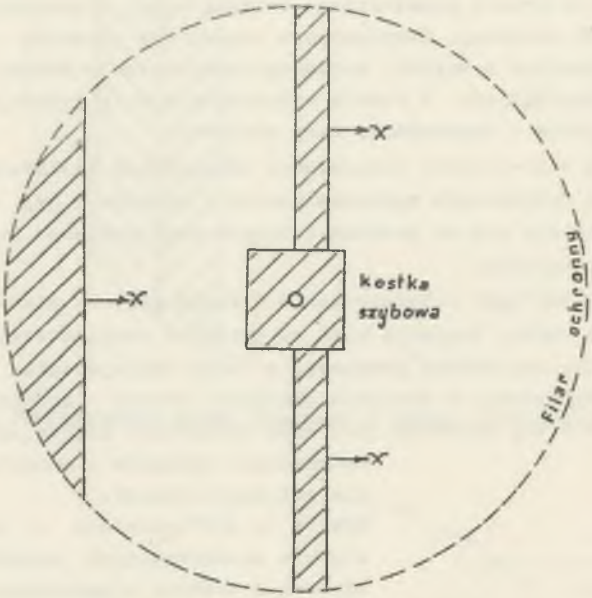
Rys. 7. Metoda eksploatacji filara przyszybowego z przeciwkostką

Metoda ta nie ogranicza w dostatecznym stopniu niekorzystnych wpływów na rurę szybową w trakcie przechodzenia frontu ścianowego przez szyb.

W celu ograniczenia powyższych niekorzystnych wpływów zaproponowano metodę eksploatacji filarów szybowych z przeciwkostką (rys. 7). Polega ona na pozostawieniu wokół kostki pasa calizny węglowej, którego wybranie prowadzi się dopiero po określonym oddaleniu się prostoliniowego frontu ścianowego od szybu. Zastosowanie oprócz kostki szybowej tzw. przeciwkostki opóźnia proces osiadania stropu nad pokładem w chwili, gdy front wybierania przechodzi przez szyb. Metoda ta jednak nie znalazła szerszego praktycznego zastosowania ze względu na trudności natury technicznej.

Trudności wyżej wymienionych metod w pewnym stopniu usuwa rozwiązanie z zastosowaniem kostki szybowej o regulowanej podatności, znane pod nazwą: metoda eksploatacji dwoma frontami z kostką szybową o regulowanej podatności.

Wybieranie filara tą metodą rozpoczyna się frontem zasadniczym, prowadzonym od jego granicy w kierunku szybu (rys. 8). Równocześnie z eksplo-



Rys. 8. Metoda eksploatacji filarów szybowych dwoma frontami w tym samym kierunku z kostką szybową

atacją filara frontem zasadniczym, wykonuje się główne zabezpieczenie szybu, jego urządzeń oraz wyposażenia. Z chwilą gdy front zasadniczy znajdzie się w odpowiedniej odległości od szybu, rozpoczyna się wybieranie kostki szybowej.

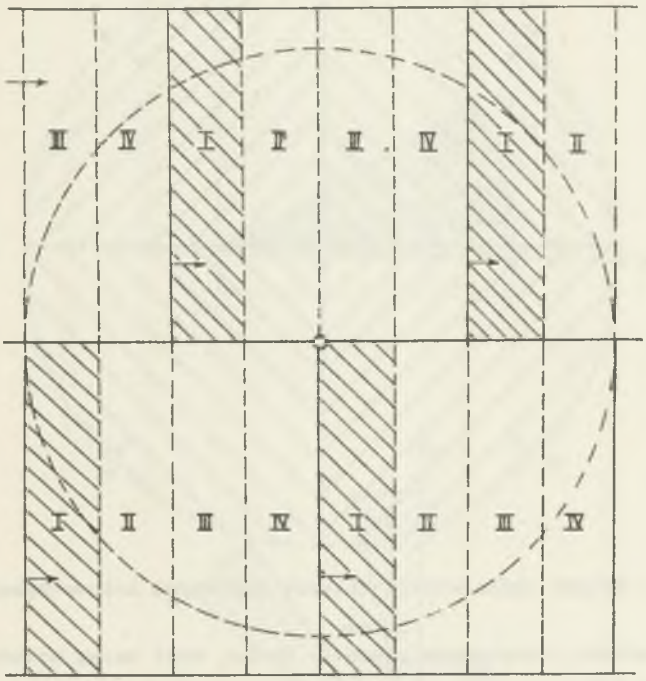
Kostka ta charakteryzuje się określoną podpornością oraz regulowaną podatnością i pozwala na prowadzenie w filarze eksploatacji z zawałem stropu. W odpowiednim momencie po ukończeniu wybierania kostki przystępuje się do wybierania drugim równoległym frontem, postępując od szybu do przeciwległej granicy filara.

W momencie tym prowadzone jest wybieranie dwoma równoległymi frontami,tj. zasadniczym i usytuowanym przy kostce, które należy między sobą koordynować i odpowiednio ustalać ich postępy.

Regulowanie podatności kostki prowadzi się poprzez odpowiednie kierowanie stropem przy jej wybieraniu.

Metoda ta w znacznym stopniu minimalizuje odkształcenia pionowe i poziome w rurze szybowej. Pozwala także na eksploatację filarów szybowych z zastosowaniem podsadzki suchej lub zawału stropu. Wymaga ona jednak dalszego udoskonalenia metod regulowania podatności kostki.

Ostatnią grupę z wymienionych metod stanowią metody specjalne.

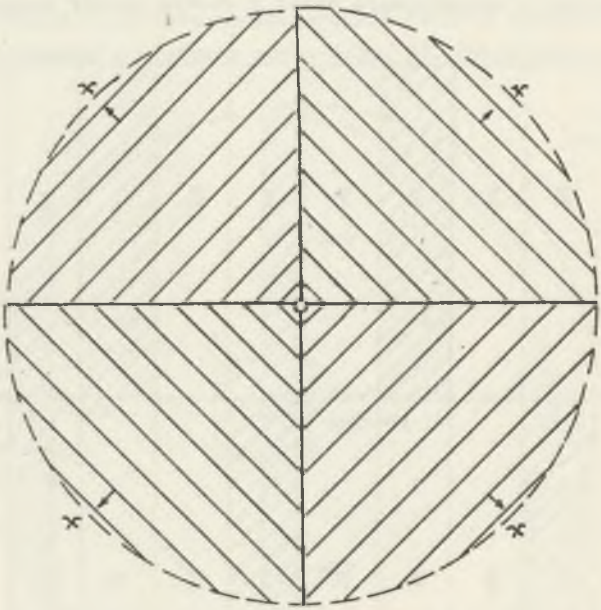


Rys. 9. Eksploatacja pokładów metodą harmoniczną

Pierwszą z nich jest tzw. metoda eksploatacji z harmonicznym układem frontów wybierania (rys. 9).
Została ona opracowana przez Lehmana. Polega na planowym usytuowaniu poszczególnych frontów wybierania, które wpływają na równomierne obniżenie się rury szybowej. Nie jest ona stosowana w górnictwie polskim z uwagi na znaczną jej pracochłonność, duże trudności przy eksploatacji pokładów zalegających na dużych głębokościach oraz w pokładach tąpiących.

Drugą metodą z tej grupy jest metoda eksploatacji układem kołowo-symetrycznym frontów wybierania (rys. 10).
Polega ona na prowadzeniu wybierania symetrycznymi frontami w czterech kierunkach, rozpoczynając wybieranie od szybu do granic filara lub odwrotnie. Przy wybieraniu od szybu do granic filara ujawniają się wzdłuż rury szybowej pionowe odkształcenia rozciągające oraz poziome ściskające. Zmia-

na znaku powyższych odkształceń następuje przy prowadzeniu wybierania w kierunku przeciwnym, tzn. od granic filara do szybu. Nie jest ona stosowana w górnictwie polskim.



Rys. 10. Metoda eksploatacji filarów szybowych kołowo-symetryczna

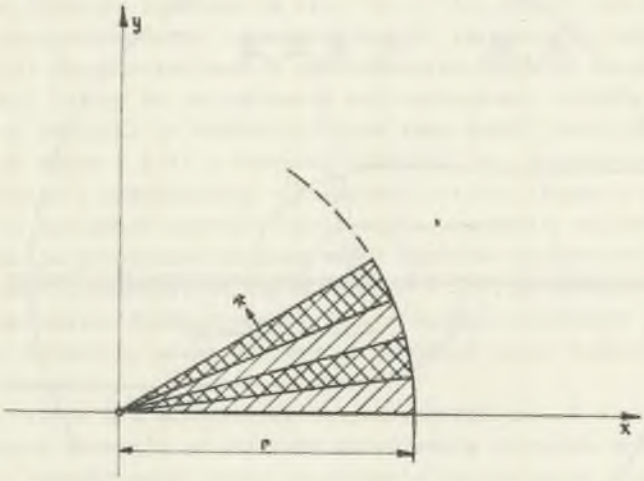
Kolejna metoda, opracowana przez J. Zycha, nosi nazwę metody wachlarzowej (rys. 11).

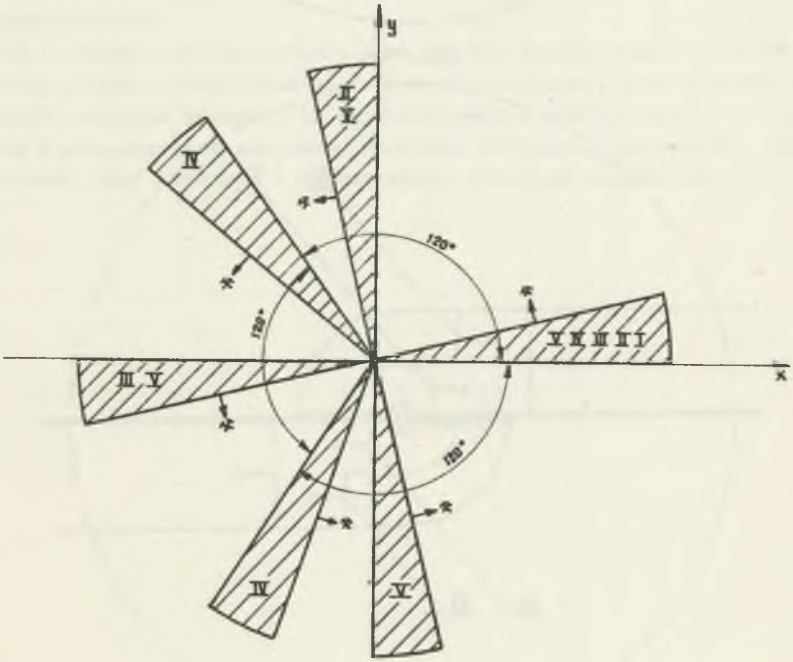
Wybieranie filara tą metodą polega na zastosowaniu frontów eksploatacji o odpowiednim kształcie i długości, tak by w każdym etapie wybrana powierzchnia miała kształt wycinka koła z wierzchołkiem w środku szybu.

Metoda eksploatacji wachlarzowej została opracowana w pięciu wariantach. Poszczególne warianty eksploatacji różnią się między sobą ilością czynnych równocześnie frontów wybierania.

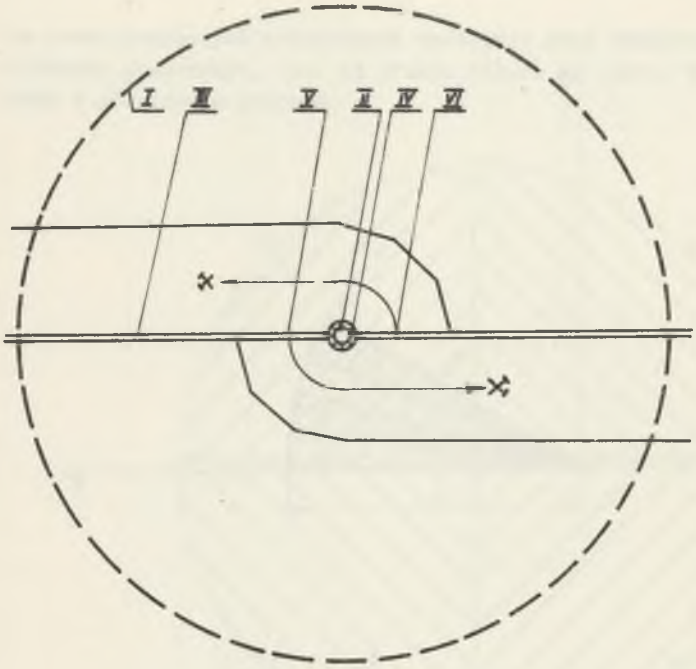
Przy tak prowadzonej eksploatacji można teoretycznie uzyskać zerowanie się odkształceń pionowych wzdłuż rury szybowej oraz równomierne osiadanie.

Na rys. 11 wycinki koła oznaczone tymi samymi cyframi rzymskimi stanowią jeden z pięciu opracowanych wariantów eksploatacji tą metodą. Stosowanie tej metody pozwala eksploatować pokłady w filarach szybowych z podsadzką pneumatyczną, a nawet z zawałem stropu. Stwarza ona jednak duże trudności techniczne, szczególnie przy eksploatacji grubych pokładów oraz w warunkach zagrożenia tąpaniami.

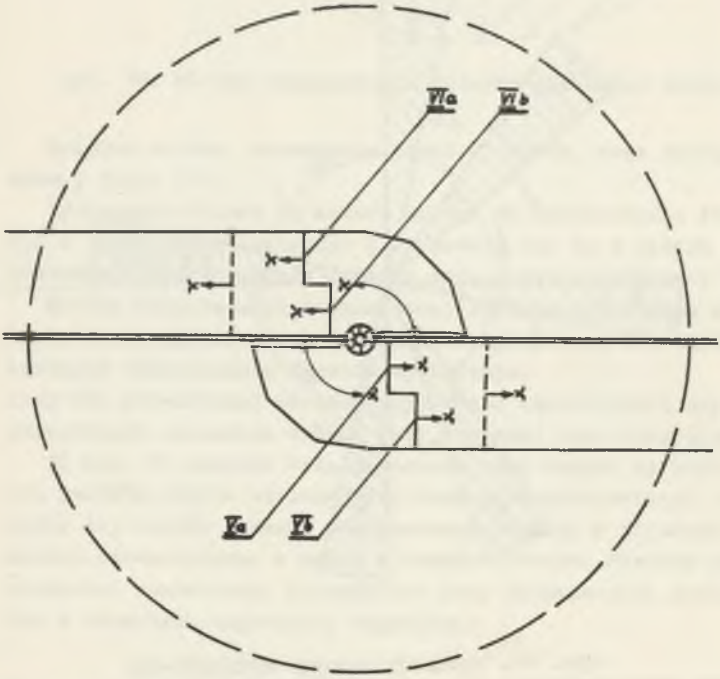




Rys. 11. Warianty metody wachlarzowej
Wycinki koła oznaczone tą samą cyfrą rzymską tworzą dany wariant



Rys. 11a



Rys. 11b

Wreszcie ostatnią z grupy metod specjalnych można wymienić sposób eksploatacji w filarach pokazany na rys. 11a i 11b. Sposób ten ogranicza zakres robót przygotowawczych i okołoszybowych, zapewniając jednocześnie prowadzenie robót eksploatacyjnych z zastosowaniem typowych urządzeń mechanizacji ścian. Polega on na wykonaniu po rozciągłości pokładu chodnika III, w którym obok szybu II po obydwu stronach tego szybu instaluje się wyposażenia dwóch ścian V i VI o dobranej długości. Po skoordynowaniu wybierania tych ścian z eksploatacją w pozostałej części filara i na jego zewnątrz oraz po wykonaniu zabezpieczenia szybu uruchamia się powyższe ściany, prowadząc je początkowo po łuku wokół szybu do momentu aż przejdą w ściany podłużne prowadzone do szybu. Ściany V i VI na pewnym odcinku(rys. 11b) można prowadzić także przesuniętymi wzajemnie częściami o odpowiednio dobranej długości, przez co jeszcze bardziej można kompensować ujemne wpływy eksploatacji.

Powyższa krótka charakterystyka dotychczasowych metod eksploatacji filarów szybowych wskazuje na potrzebę prowadzenia dalszych badań eksperymentalnych i teoretycznych celem opracowania takich metod wybierania filarów, które nie stwarzając dużych trudności technicznych pozwoliłyby na bezpieczną, czystą i szybką eksploatację z zastosowaniem pełnej mechanizacji robót, prowadzących jednocześnie do minimalizacji wpływów na górotwór i rurę szybową.

Podana w niniejszym opracowaniu nowa metoda eksploatacji filarów ochronnych dla szybów, opracowana na drodze teoretycznej, może w dużym stopniu spełnić powyższe wymogi. Dla zaprojektowania eksploatacji w filarze tą metodą konieczna jest znajomość rozkładu deformacji górotworu wzdłuż rury szybowej przy czynnych i zatrzymanych frontach ścianowych.

3. OKREŚLENIE DEFORMACJI WZDŁUŻ RURY SZYBOWEJ PRZY CZYNNYCH I ZATRZYMANYCH FRONTACH ŚCIANOWYCH

Podstawę przeprowadzonych rozważań dały wzory uzyskane w pracy [15] na gruncie reologii. Górotwór traktuje się jako nieściśliwy, izotropowy, jednorodny i liniowy ośrodek o modelu "Standart". Zakładając płaski stan odkształceń w cytowanej pracy podano między innymi rozkład przemieszczeń, odkształceń oraz nachyleń dla półpłaszczyzny przy przemieszczeniowych warunkach na jej brzegu. Założono, że przemieszczenia poziome stropu są równe 0, a prędkość przemieszczeń pionowych nad przestrzenią wybraną jest proporcjonalna do różnicy między stanem końcowym osiadań, a stanem aktualnym.

W przypadku, gdy na krawędzi rozpoczęcia eksploatacji (lub w przypadku ewentualnego zatrzymania frontu) następuje ścięcie skał stropowych do wielkości osiadania końcowego W_o, wielkość przemieszczeń pionowych $W_{(x,0,t)}$ punktów stropu podają wzory:

$$W(x,0,t) = \begin{cases} W_o\left[1-e^{-\frac{\beta}{V}(Vt-x)}\right]\left[H(x)-H(x-Vt)\right] & \text{dla} \quad 0 \leqslant t \leqslant T \\ W_o\left[1-e^{-\frac{\beta}{V}(Vt-x)}\right]\left[H(x)-H(x-VT)\right] & \text{dla} \quad t > T \end{cases}$$

W rozważanym przypadku prostokątny układ współrzędnych przyjęto tak, że oś x biegnąca wzdłuż stropu, skierowana jest zgodnie z kierunkiem przesuwania się frontu, a jej początek mieści się w punkcie rozpoczęcia eksploatacji. Natomiast oś z jest skierowana pionowo w górę. W przedstawionym powyżej warunku brzegowym oznaczono:

- V - stała prędkość postępu frontu eksploatacyjnego,
- β - współczynnik charakteryzujący prędkość osiadania stropu,
- t - czas liczony od chwili rozpoczęcia eksploatacji,
- T - czas liczony do momentu zatrzymania frontu,
- $H(x)$ - funkcja progowa Heaviside'a

$$H_{(x)} = \begin{cases} 1 & \text{dla} \quad x \geqslant 0 \\ 0 & \text{dla} \quad x < 0 \end{cases}$$

Przy powyższych założeniach przemieszczenia pionowe W, przemieszczenia poziome U, odkształcenia poziome εx i pionowe εz oraz nachylenia pionowe $\partial U/\partial z$ określają wzory:

a) dla frontu czynnego

$$W_{(x,z,t)} = \frac{W_o}{\pi}\Bigg\{\operatorname{arc\,tg}\frac{Vt-x}{z} + \operatorname{arc\,tg}\frac{x}{z} + (1-e^{-\beta t})\frac{xz}{x^2+z^2} - \operatorname{Re}\Big[\Big(\frac{\beta}{V}z-i\Big)\cdot$$

$$\cdot\, e^{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]}\, E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]\Big\}\Big] + \tag{1}$$

$$+\, e^{-\beta t}\operatorname{Re}\Big[\Big(\frac{\beta}{V}z-i\Big)\, e^{\frac{\beta}{V}(x-iz)}\, E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x-iz)\Big\}\Big]\Bigg\}$$

$$U_{(x,z,t)} = \frac{W_o z}{\pi}\Bigg\{(1-e^{-\beta t})\frac{z}{x^2+z^2} -$$

$$-\frac{\beta}{V}\operatorname{Jm}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]\Big\}\Big] +$$

$$-\frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\operatorname{Jm}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big]\Bigg\} \tag{2}$$

$$\varepsilon x_{(x,z,t)} = -\varepsilon z_{(x,z,t)} = \frac{W_o z}{\pi}\Bigg\{\frac{2xz}{(x^2+z^2)^2}(1-e^{-\beta t}) -$$

$$-\frac{\frac{\beta}{V}z}{(Vt-x)^2+z^2} + \frac{\frac{\beta}{V}z}{x^2+z^2}e^{-\beta t} +$$

$$+\frac{\beta^2}{V^2}\operatorname{Jm}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}(Vt-x)+iz}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]\Big\}\Big] + \tag{3}$$

$$+\frac{\beta^2}{V^2}e^{-\beta t}\operatorname{Jm}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big]\Bigg\}$$

$$\frac{\partial U}{\partial z}(x,z,t) = \frac{W_o}{\pi}\Bigg\{-(1-e^{-\beta t})\frac{z}{x^2+z^2} +$$

$$+\frac{\beta}{V}\operatorname{Jm}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]\Big\}\Big] +$$

$$+\frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\operatorname{Jm}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big] + z\Big[(1-e^{-\beta t})\frac{z^2-x^2}{(x^2+z^2)^2} +$$

$$-\frac{\beta^2}{V^2}\operatorname{Re}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(Vt-x)+iz]\Big\}\Big] - \frac{\beta}{V}\frac{Vt-x}{(Vt-x)^2+z^2} + \tag{4}$$

$$+\frac{\beta^2}{V^2}e^{-\beta t}\operatorname{Re}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big] - \frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\frac{x}{x^2+z^2}\Big]\Bigg\}$$

b) dla frontu zatrzymanego

$$W(x,z,t) = \frac{W_o}{\pi}\Bigg\{\operatorname{arctg}\frac{VT-x}{z} + \operatorname{arctg}\frac{x}{z} + \left[1 - e^{-\beta(t-T)}\right]\frac{z(VT-x)}{z^2 + (VT-x)^2} + \tag{5}$$

$$+ \frac{xz}{x^2+z^2}(1-e^{-\beta t}) - e^{-\beta(t-T)}\,\mathrm{Re}\Big[\Big(\frac{\beta}{V}z-i\Big)e^{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]\Big\}\Big] +$$

$$+ e^{-\beta t}\,\mathrm{Re}\Big[\Big(\frac{\beta}{V}z-i\Big)e^{\frac{\beta}{V}(x-iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x-iz)\Big\}\Big]\Bigg\}$$

$$U(x,z,t) = \frac{W_o z}{\pi}\Bigg\{(1-e^{-\beta t})\frac{z}{x^2+z^2} - \left[1-e^{-\beta(t-T)}\right]\frac{z}{z^2+(VT-x)^2} - \frac{\beta}{V}e^{-\beta(t-T)}\cdot \tag{6}$$

$$\cdot\,\mathrm{Jm}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]\Big\}\Big] - \frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\,\mathrm{Jm}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big]\Bigg\}$$

$$\varepsilon_x(x,z,t) = -\varepsilon_z(x,z,t) = \frac{W_o z}{\pi}\Bigg\{\frac{2(VT-x)z}{\left[z^2+(VT-x)^2\right]^2} + \frac{2xz}{(x^2+z^2)^2}(1-e^{-\beta t}) + \frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\frac{z}{x^2+z^2} +$$

$$+ \frac{\beta}{V}e^{-\beta(t-T)}\frac{z}{(VT-x)^2+z^2} + \frac{\beta^2}{V^2}e^{-\beta t}\,\mathrm{Jm}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big] + \tag{7}$$

$$+ \frac{\beta^2}{V^2}e^{-\beta(t-T)}\,\mathrm{Jm}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]\Big\}\Big]\Bigg\}$$

$$\frac{\partial U}{\partial z}(x,z,t) = \frac{W_o}{\pi}\Bigg\{\frac{z}{z^2+(VT-x)^2}\left[1-e^{-\beta(t-T)}\right] - \frac{z}{x^2+z^2}(1-e^{-\beta t}) +$$

$$+ \frac{\beta}{V}e^{-\beta(t-T)}\,\mathrm{Jm}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]\Big\}\Big] +$$

$$+ \frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\,\mathrm{Jm}\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big] + z\Bigg[-\left[1-e^{-\beta(t-T)}\right]\frac{z^2+(VT-x)^2}{\left[(VT-x)^2+z^2\right]^2} +$$

$$+ (1-e^{-\beta t})\frac{z^2-x^2}{(x^2+z^2)^2} - \frac{\beta}{V}e^{-\beta t}\frac{x}{x^2+z^2} - \frac{\beta}{V}e^{-\beta(t-T)}\frac{XT-x}{(VT-x)^2+z^2} + \tag{8}$$

$$- \frac{\beta^2}{V^2}e^{-\beta(t-T)}\,\mathrm{Re}\Big[e^{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]}E_1\Big\{-\frac{\beta}{V}[(VT-x)+iz]\Big\}\Big] +$$

$$+ \frac{\beta^2}{V^2}e^{-\beta t}\,\mathrm{R}_e\Big[e^{\frac{\beta}{V}(x+iz)}E_1\Big\{\frac{\beta}{V}(x+iz)\Big\}\Big]\Bigg\}$$

W powyższych wzorach symbole Re i Im oznaczają odpowiednio część rzeczywistą i urojoną wyrażenia zespolonego.
$E_1(p)$ jest stabilizowaną funkcją wykładniczą całkową zmiennej zespolonej, określoną wzorem:

$$E_1(p) = \int_z^{\infty} \frac{e^{-s}}{s} ds \qquad (|\arg z| \leq \pi)$$

lub szeregiem:

$$E_1(p) = -\gamma - \ln z - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n z^n}{n\, n!},$$

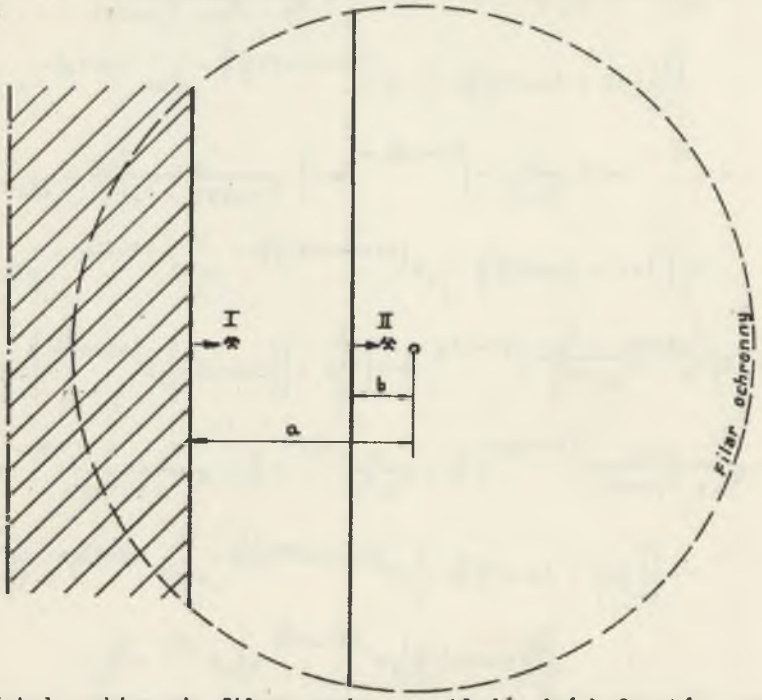
gdzie

γ - stała Eulera.

4. METODA EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH UKŁADEM DWÓCH RÓWNOLEGŁYCH FRONTÓW PROSTOLINIOWYCH

Proponowana metoda wybierania poziomo lub przy niewielkim nachyleniu zalegającego pokładu w filarze szybowym polega na przejściu przez filar układem dwóch ścianowych frontów prostoliniowych równoległych do siebie i wchodzących na szyb bez uprzedniego wybierania tzw. kostki przyszybowej.

Metoda ta ma na celu doprowadzić do kompensacji wskaźników deformacji pochodzących od wybrania przy zapewnieniu czystego i szybkiego wyeksploatowania filara szybowego poprzez odpowiednie usytuowanie dwóch prostoliniowych, równoległych i prowadzonych w tym samym kierunku frontów wybierania. W tym celu należy założyć oba fronty po jednej stronie filara szybowego, przy czym pierwszy z nich, tzw. front I, zbliżać się będzie do osi szybu ze stałą prędkością z dużej odległości i wchodzi w pewnym momencie w filar lub ewentualnie rozpoczyna się na obrysie filara, a front II jest przygotowany do ruchu w stosunkowo bliskiej odległości "b" od osi szybu (rys. 12).



Rys. 12. Metoda wybierania filara szybowego układem dwóch frontów prostoliniowych

W miarę zbliżania się do osi szybu frontu I o odpowiednio dużym wybiegu wzrastają w otoczeniu osi szybu deformacje ściskające. Dla ich skompensowania w pewnej chwili, gdy front I znajdzie się w odległości "a" przed szybem, w odległości "b" również przed szybem należy uruchomić front II równoległy do frontu I i przesuwający się z taką samą prędkością.

Założono, że spowodowane wybieraniem odkształcenia górotworu są sumą algebraiczną odkształceń pochodzących od frontów I i II. Front II powinien być założony w określonej, stosunkowo bliskiej odległości "b" od osi szybu, by zbliżając się do szybu nie spowodował zbyt dużych ściskań (małe wybranie) i jak najszybciej (po przejściu przez szyb lub pod rząpiem szybu) wywołał deformacje rozciągające dla skompensowania ściskań wywołanych przez zbliżający się w kierunku rury szybowej front I.

Właściwy dobór odległości wyżej podanych frontów określać należy dla konkretnych warunków górniczo-geologicznych na podstawie przeprowadzonych obliczeń spodziewanych wielkości deformacji górotworu pochodzących od projektowanej eksploatacji w oparciu o podane w niniejszym opracowaniu wzory analityczne traktujące górotwór jako ośrodek reologiczny.

5. DOBÓR OPTYMALNEGO USYTUOWANIA DWÓCH RÓWNOLEGŁYCH FRONTÓW PROSTOLINIOWYCH PRZY EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH

W oparciu o wzory analityczne podane w punkcie 4 niniejszego opracowania przeprowadzono obliczenia na maszynie cyfrowej spodziewanych wielkości wskaźników deformacji górotworu wzdłuż rury szybowej przy wybieraniu filara proponowaną metodą.
Obliczenia wykonano dla średnich warunków górniczo-geologicznych GOP przyjmując następujące dane:

Wo = - 1.0 (m)
β = 10.0 (1/rok)
V = 500.0 (m/rok) - średnia prędkość ścian z podsadzką hydrauliczną
VT = 500.0 (m) - wybieg frontu I nachodzącego na szyb z dalszej odległości.

W celu szczegółowego zobrazowania przebiegu deformacji górotworu wzdłuż rury szybowej przy wybieraniu filara metodą podaną w punkcie 3 pokazano na rys. 13 chwilowe położenia frontów, dla których na rys. 14 - 24 zilustrowano kompensację odkształceń pionowych, przyjmując je jako najważniejszy wskaźnik decydujący o uszkodzeniu szybu.

Rysunki 14 - 24 przedstawiają wartości odkształceń pionowych wywołanych kolejno pierwszym i drugim frontem ścianowym oraz sumą tych odkształceń dla kolejnych położeń frontów.
Krzywe oznaczone numerami rzymskimi od I do XI z indeksem prim przedstawiają odkształcenia pochodzące od frontu pierwszego, natomiast krzywe oznaczone numerami od I do XI z indeksem bis przedstawiają odkształcenia pochodzące od frontu drugiego. Rys. 14 przedstawia sytuację kiedy front I, zbliżający się do szybu z dużej odległości, znajduje się 70 m przed szybem. W tej fazie wybierania w rurze szybowej wystąpią tylko odkształcenia pionowe, ściskające, natomiast eksploatacja drugim frontem jeszcze nie została rozpoczęta. Z chwilą przekroczenia przez front I odległości 70 m od szybu w omawianym powyżej szczegółowo przykładzie uruchomiony zostaje w odległości 30 m przed osią szybu front II, równoległy do pierwszego i przesuwający się w tym samym kierunku. Do momentu kiedy front drugi znajdzie się w odległości 10 m za osią szybu, sumarycznie odkształcenia pionowe pochodzące od obydwu frontów są jeszcze ściskające, co obrazują rys. 15 - 18.

Od tej chwili front I osiąga wyjściowe położenie frontu II i dalsza eksploatacja odbywa się tylko frontem II, przy czym w dalszej analizie front

I traktowany jest jako zatrzymany (w odległości 30 m przed szybem).W trakcie dalszej eksploatacji frontem II rosną sumaryczne odkształcenia pionowe (rozciągające) wzdłuż osi rury szybowej, by osiągnąć maksimum w chwili, gdy front II znajdzie się w odległości 60 m za osią szybu, co obrazuje rys. 22. W dalszej fazie eksploatacji następuje zmniejszenie się pionowych odkształceń rozciągających (rys. 23 i 24). Należy zaznaczyć, że we wszystkich fazach eksploatacji proponowaną metodą sumaryczne odkształcenia pionowe ściskające nie przekraczają wartości pochodzących od pojedynczych frontów, natomiast sumaryczne pionowe odkształcenia (rozciągające) są zawsze mniejsze od odkształceń pionowych rozciągających, wywołanych frontem II.

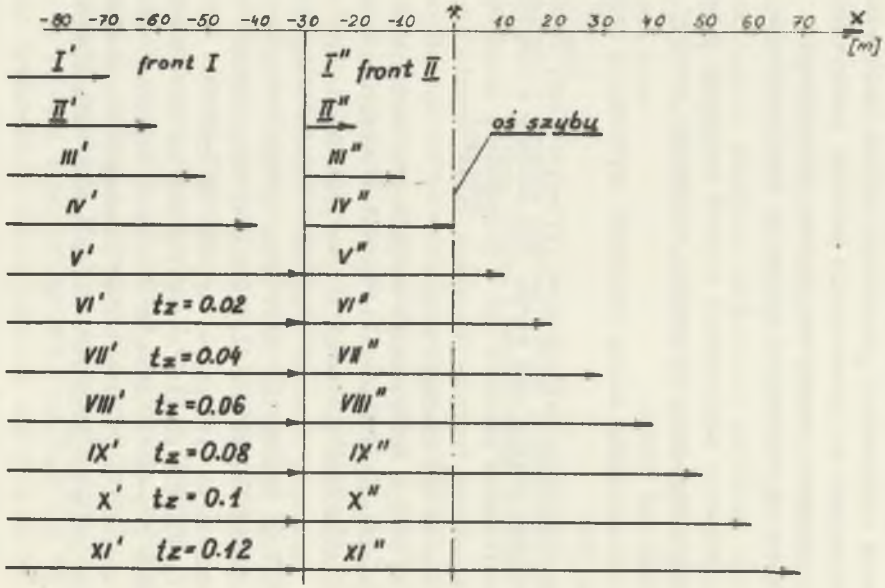
W omawianej metodzie eksploatacji filarów szybowych najważniejszą rzeczą jest ustalenie wzajemnej optymalnej odległości frontów względem siebie oraz względem osi szybu.
W tym celu przeanalizowano szereg wariantów usytuowania frontów przedstawionych na rys. 25.

Warianty te różnią się usytuowaniem (odległościami) frontów wybierania I i II względem siebie oraz szybu. Dla każdego z rozpatrywanych wariantów przeanalizowano podobnie jak w przykładzie przedstawionym powyżej dla chwilowych położeń frontów ścianowych kształtowanie się rozkładów odkształceń pod kątem ich minimalizacji.

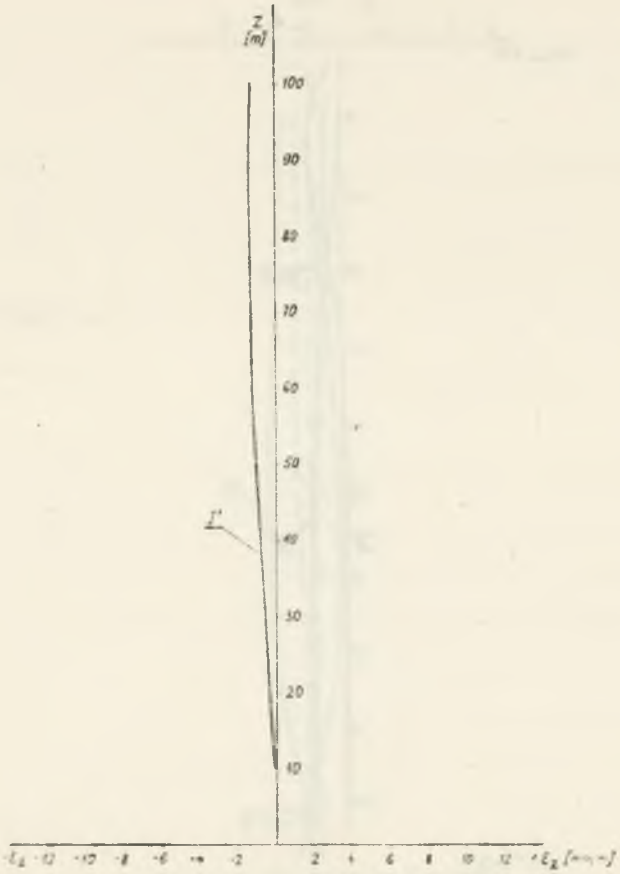
Następnie w każdym analizowanym wariancie ze wszystkich położeń chwilowych wybrano maksymalne sumaryczne wartości odkształceń pionowych wzdłuż rury szybowej, uzyskując tym samym krzywe pokazane na rys. 26 i 27.

Krzywe te, oznaczone numerami arabskimi, przedstawiają rozkłady maksymalnych odkształceń pionowych, jakie mogą wystąpić w poszczególnych punktach obliczeniowych wzdłuż osi rury szybowej odpowiednio dla wariantów wybierania oznaczonych tymi samymi cyframi na rys. 25.

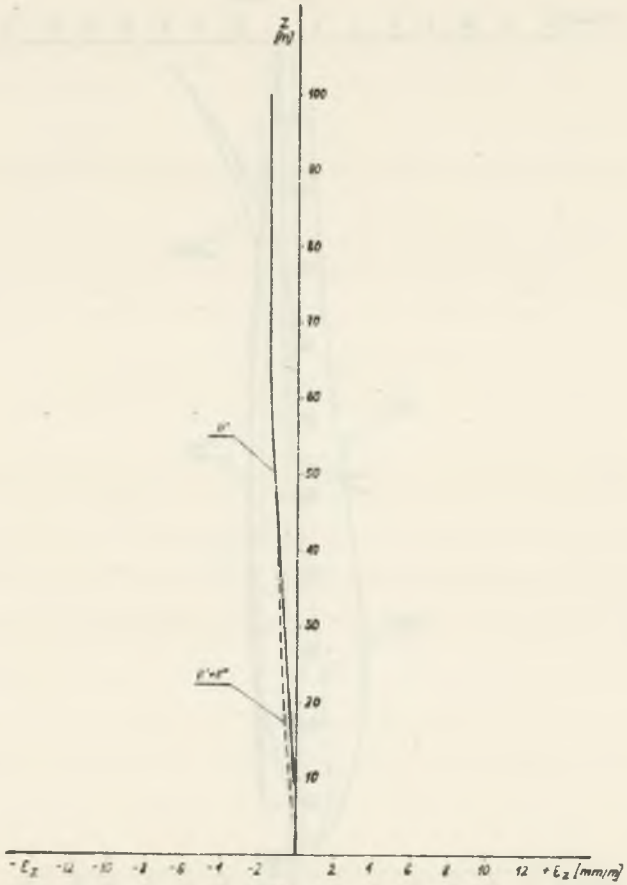
W dalszej kolejności analizy stanowiły one podstawę do wyboru optymalnego usytuowania frontów ścianowych w filarze względem siebie i osi szybu pod kątem minimalizacji odkształceń pionowych dla przypadków wybierania w pokładzie przecinającym rurę szybową bądź zalegającym poniżej rząpia szybu.



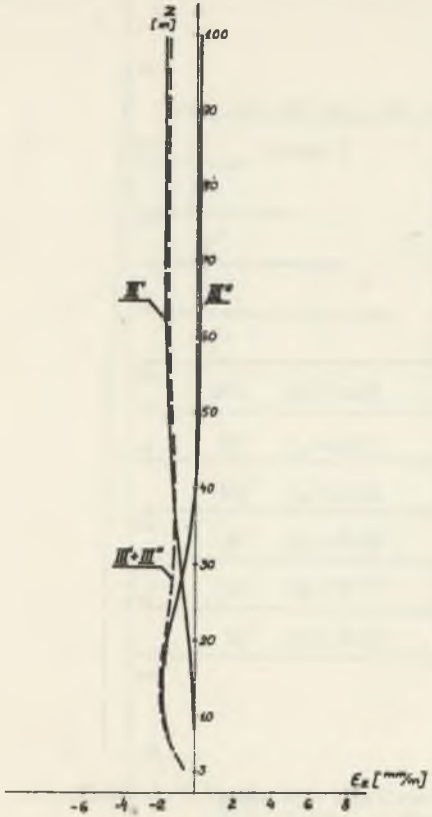
Rys. 13. Chwilowe położenia frontów ścianowych dla jdnego z przyjętych wariantów wybierania


z [m]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
I'
-2
2
4
6
8
10
12

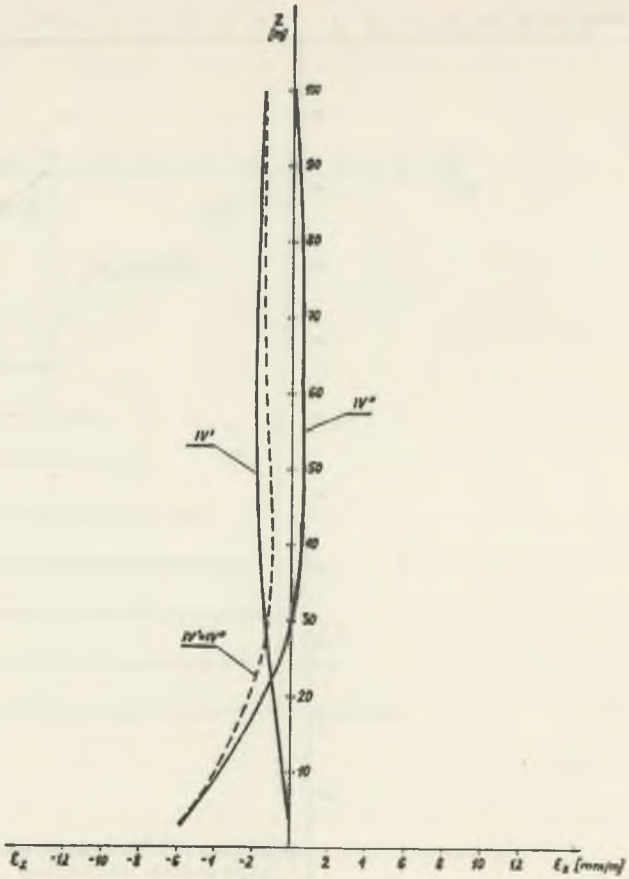
Rys. 14


z [m]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
II'
II'+II''
-2
2
4
6
8
10
12
+ε_z [mm/m]

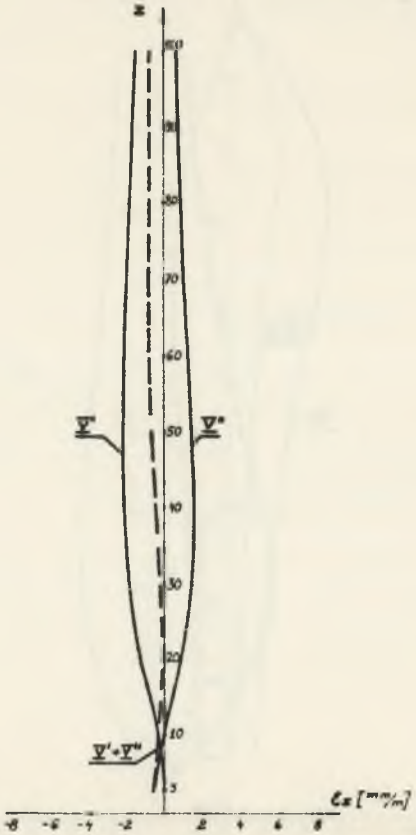
Rys. 15


z [m]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
II'
II''
III'+III''
ε_x [mm/m]
-6
-4
-2
2
4
6
8

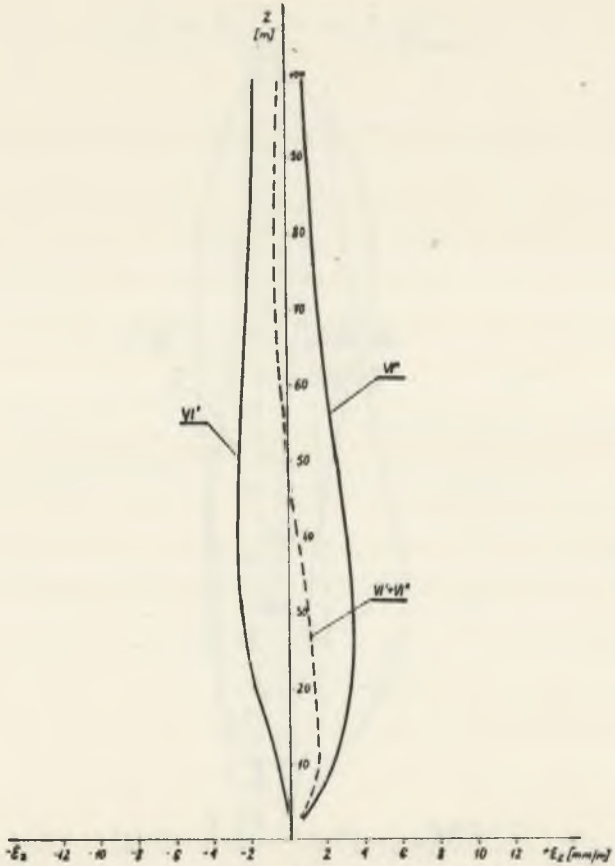
Rys. 16


z [m]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
IV'
IV''
IV'+IV''
ε_x
-12
-10
-8
-6
-4
-2
2
4
6
8
10
12
ε_x [mm/m]

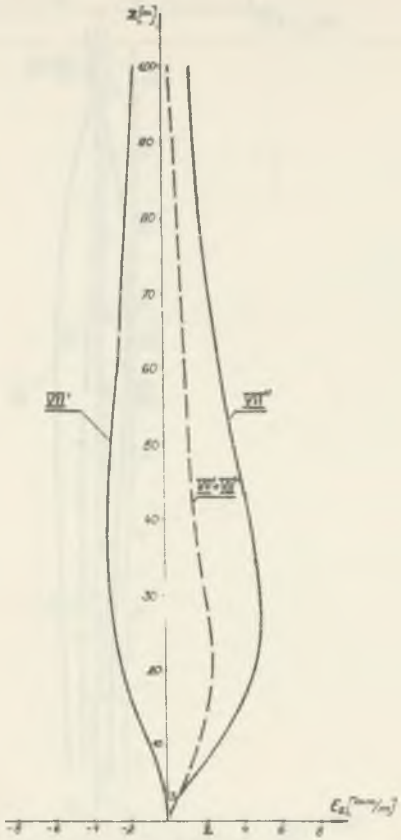
Rys. 17



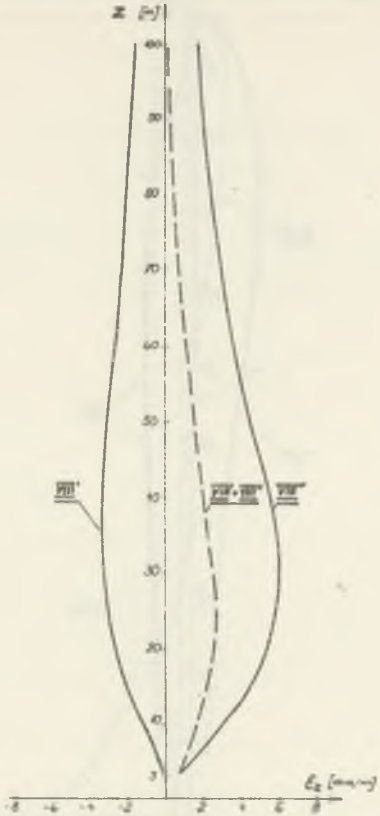
Rys. 18



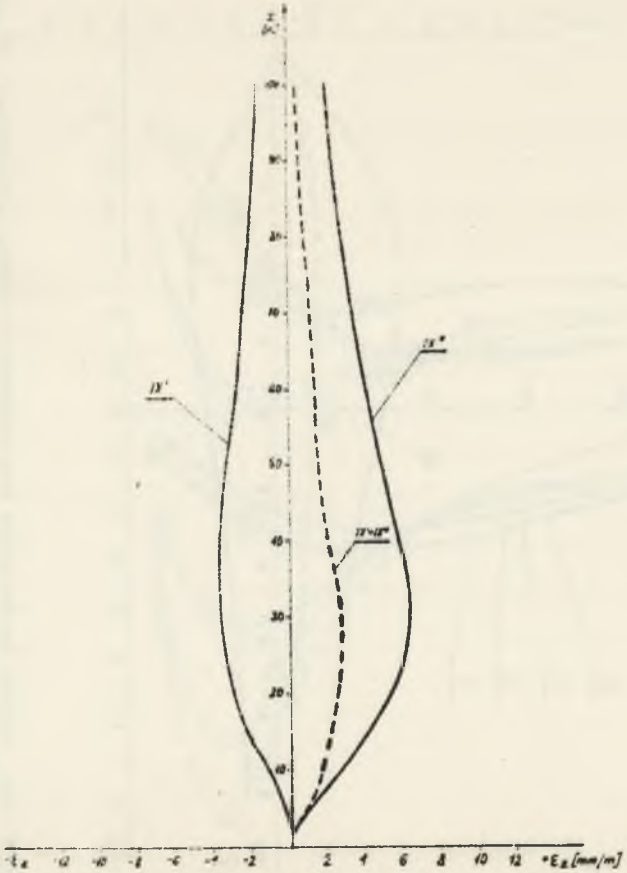
Rys. 19



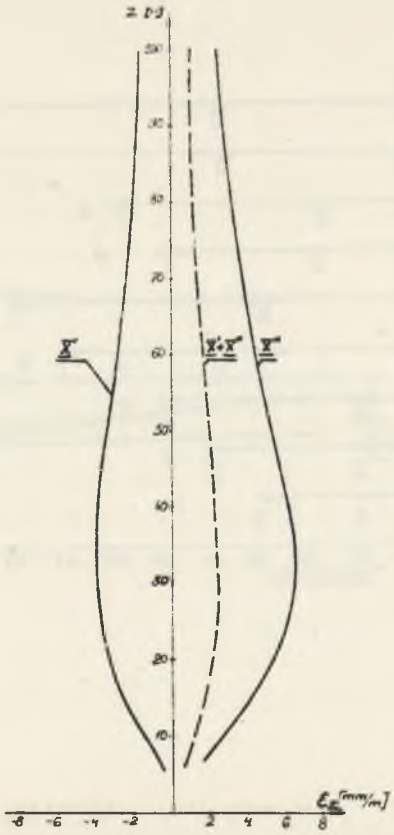
Rys. 20



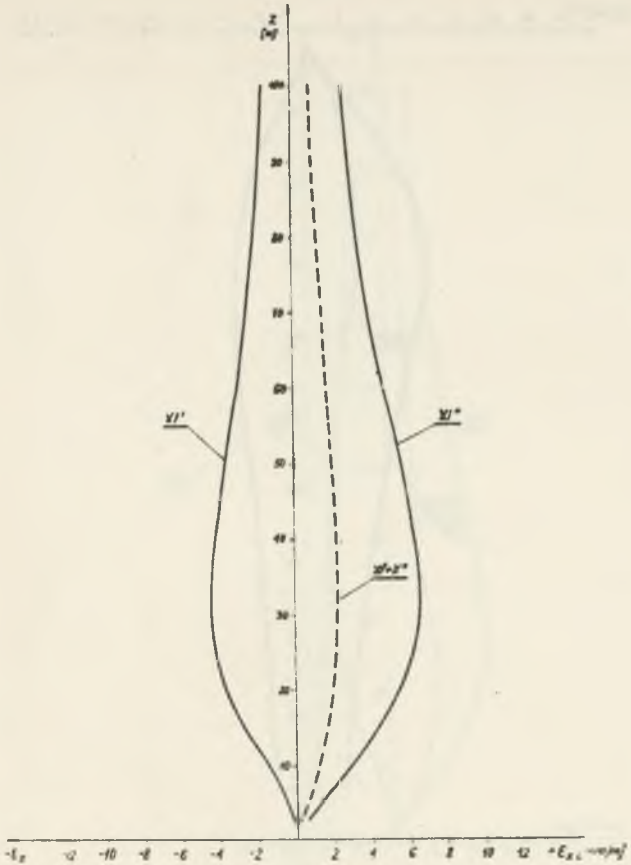
Rys. 21


z [cm]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
-12 -10 -8 -6 -4 -2 2 4 6 8 10 12 +ε_z [mm/m]

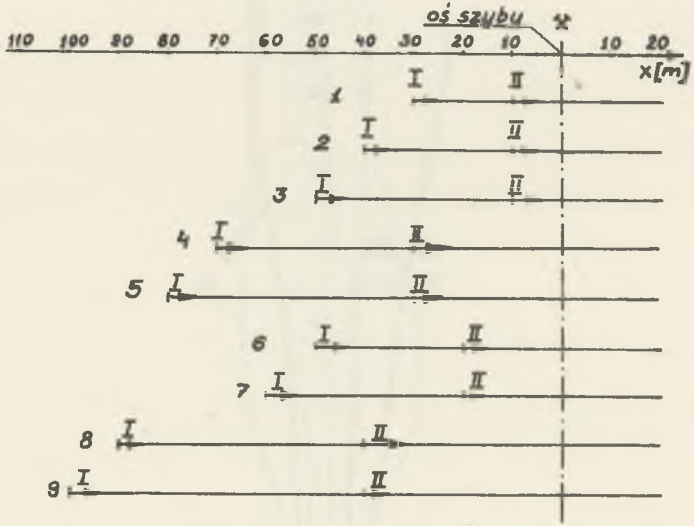
Rys. 22


z [cm]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
-8 -6 -4 -2 2 4 6 8
ε_z [mm/m]

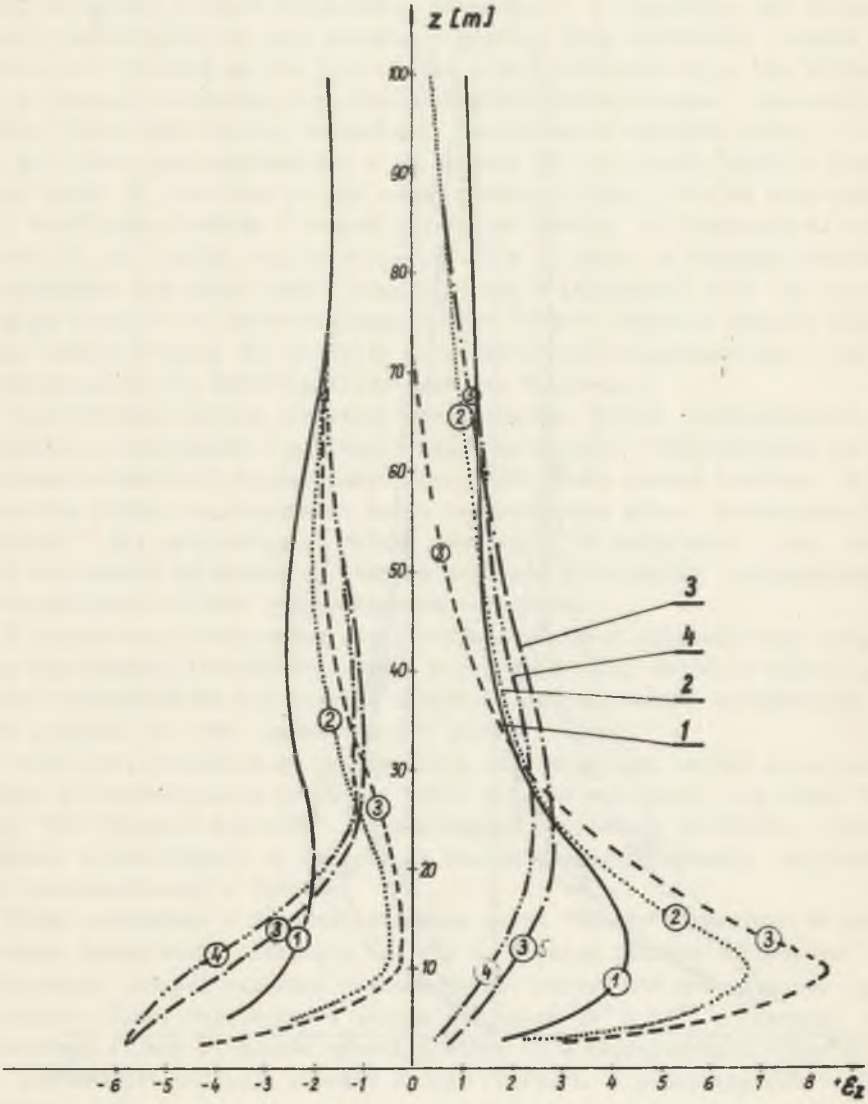
Rys. 23



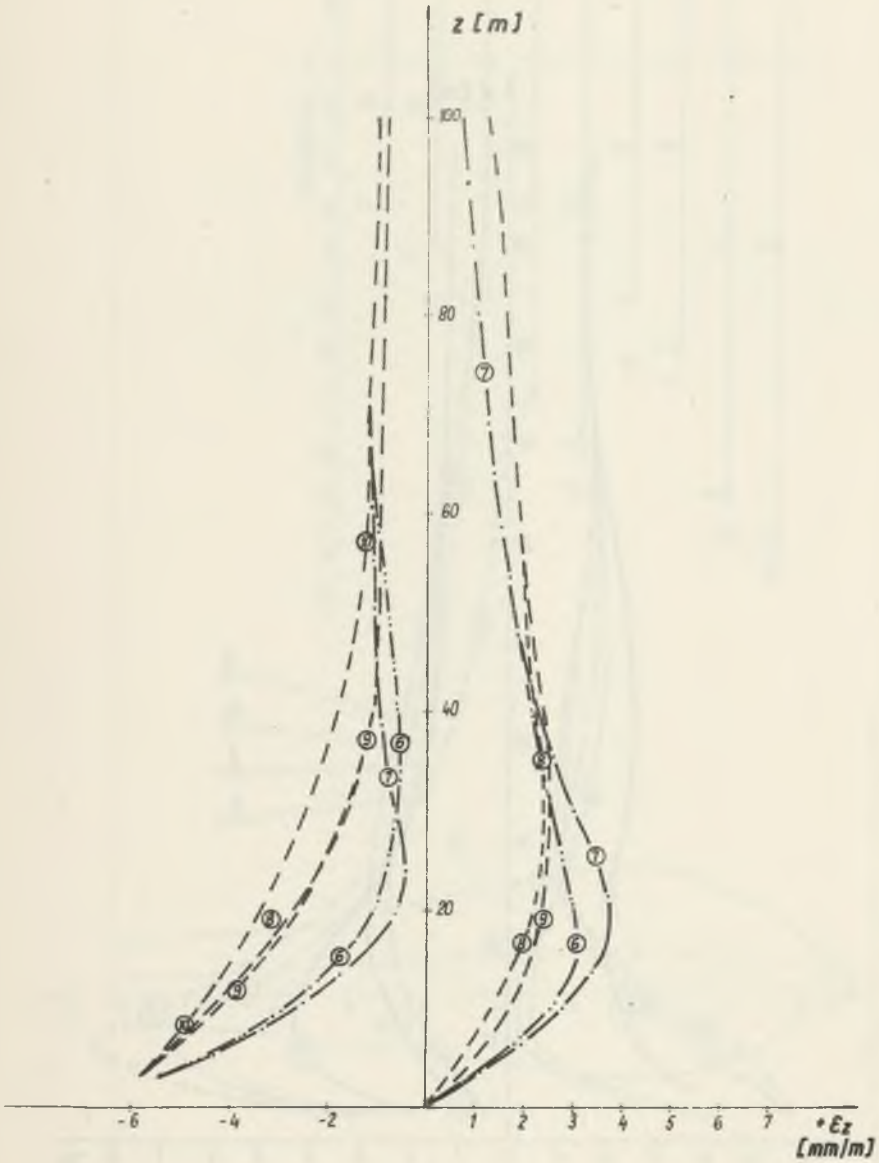
Rys. 24


oś szybu
x
110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 10 20
x[m]
1
2
3
4
5
6
7
8
9
I
II

Rys. 25



Rys. 26. Maksymalne wartości sumarycznych odkształceń wzdłuż rury szybowej z chwilowych położeń frontów dla przyjętych wariantów eksploatacji filara szybowego



Rys. 27. Maksymalne wartości sumarycznych odkształceń pionowych wzdłuż rury szybowej z chwilowych położeń frontów dla przyjętych wariantów eksploatacji filara szybowego

5.1. Dobór optymalnego usytuowania frontów ścianowych przy wybieraniu filara w pokładzie przecinającym rurę szybową

Z przebiegu krzywych przedstawionych na rys. 26 i 27 wynika, że najbardziej korzystny rozkład odkształceń pionowych - w przypadku, gdy eksploatowany pokład przecina rurę szybową - wystąpi przy wybieraniu według wariantu nr 4 (krzywa nr 4). Wariant ten przedstawia sytuację, gdy wybieranie w filarze rozpoczyna się długim prostoliniowym frontem ścianowym z obrysu filara lub dalszej odległości, postępując w kierunku szybu. Z chwilą, gdy front ten znajdzie się w odległości 70 m od szybu, zostaje uruchomiony front II, założony po tej samej stronie filara, 30 m od rury szybowej. Wybieranie frontem I odbywa się, aż do chwili, gdy osiągnie on zroby frontu II, tj. zbliży się na odległość 30 m od szybu. W momencie tym front II przejdzie już przez szyb i znajdując się w odległości 10 m za nim postępuje dalej aż do przeciwległego obrysu filara. Powyższy wariant wybierania został dobrany dla średnich warunków górniczo-geologicznych, charakterystycznych dla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Przedstawiona metoda nie eliminuje wpływów z tytułu oddziaływania odkształceń ściskających w pierwszej fazie wybierania. Odkształcenia te nie są jednak większe od występujących przy wybieraniu jednym frontem, a ich szkodliwe wpływy są stosunkowo łatwe do opanowania przez przecięcie rury szybowej i jej upodatnienie. Należy zaznaczyć, że wychylenia osi szybu przy wybieraniu tą metodą są również mniejsze od wychyleń występujących przy wybieraniu filara jednym frontem ścianowym.

W specyficznych warunkach górniczo-geologicznych optymalizację wzajemnego usytuowania frontów ścianowych w przedstawionej metodzie należy prowadzić indywidualnie dla każdego przypadku, co za pomocą opracowanego w ITEZ programu na EMC można dokonać szybko i łatwo.

Przykładem praktycznego zastosowania przedstawionej metody była eksploatacja przeprowadzona w pokładzie 510 w filarze ochronnym dla szybu "Walery" KWK "Generał Zawadzki". Optymalizacji wzajemnego położenia frontów dokonano indywidualnie ze względu na potrzebę przeprowadzenia eksploatacji wielowarstwowej w filarze.

Złoże zalegające w filarze ochronnym szybu "Walery" ogranicza od wschodu uskok Koszelewski o zrzucie ok. 200 m. W samym filarze szybowym nie stwierdzono żadnych zaburzeń tektonicznych. Pokład 510 wykształcony jest w rejonie filara regularnie i zalega pod kątem 10° - 12° w kierunku południowym, a jego miąższość wynosi średnio 10 m. Bezpośrednio w sąsiedztwie pokładu 510 zalegają warstwy łupków ilastych i piaszczystych oraz piaskowca.

Wcześniejsza eksploatacja pozafilarowa na warstwy systemem ścianowym poprzecznym z podsadzką hydrauliczną nie spowodowała naruszenia granic filaru.

Szyb "Walery" jest peryferyjnym szybem wentylacyjno-podsadzkowym o pierwotnej głębokości 168 m, przekroju kołowym o średnicy 4,55 m w obudowie z cegły klinkierowej i betonu lanego o grubości 0,6÷1,0 m. Szyb wyposażony jest w urządzenie klatkowe, przedział drabinowy i zsuwnię spiralną. W szybie znajdują się rurociągi podsadzkowe, rurociąg wodny i p.poż., rurociąg sprężonego powietrza, a także kable elektryczne i telefoniczne.

We wrześniu 1973 r. przystąpiono do wybierania filara szybowego w pokładzie 510 proponowaną w pracy metodą, szerokim prostoliniowym frontem od granic filaru w kierunku północnym systemem ścianowym, poprzecznym z podsadzką hydrauliczną.

Pokład w obrębie filara eksploatowano warstwami, przy czym warstwę I na miąższość 4 - 4,5 m, warstwę II na miąższość 3 - 3,5 m, a warstwę III na miąższość 3 m.

Po wybraniu I warstwy szerokim frontem dwoma ścianami podsadzkowymi ww. metodą przystąpiono do wybierania waratwy II (lipiec 1974), a po zakończeniu robót eksploatacyjnych w tej warstwie (kwiecień 1975 r.) przystąpiono do wybierania warstwy III w analogicznym układzie frontów.

W każdym z tych warstw eksploatację prowadzono w ten sposób, że gdy front ścianowy I znajdował się 60 m przed osią szybu z uprzednio wykonanego chodnika podścianowego, w odległości 15 m przed szybem ruszył front ścianowy II.

Gdy front I dotarł do miejsca rozpoczęcia frontu II (15 m przed szybem), eksploatacja podobnie jak w fazie pierwszej (początkowe 60 m wybrania ścian frontu I) znów odbywała się jednym frontem aż do przeciwległego, północnego końca filaru.

Długi prostoliniowy front eksploatacji realizowano przez dwie ściany podzielone pochylnią centralną biegnącą obok szybu. Średni postęp frontów eksploatacyjnych był jednakowy i wynosił średnio 20 - 30 m/msc.

W celu określenia prognozowanych wielkości deformacji rury szybowej wywołanych wybieraniem kolejno I i II warstwy w pokładzie 510 proponowaną metodą przeprowadzono obliczenia, przyjmując:

W_{o1} = 0,54 m (I warstwa)
W_{o2} = 0,42 m (II warstwa)
V = 400 m/rok
$\beta = 5 \frac{1}{rok}$
Vt = 250 m.

Wyniki obliczeń wykazały, że maksymalne wartości wskaźników deformacji przy wybieraniu filara dla szybu "Walery" ww. metodą nie przekroczą wielkości dopuszczalnych dla drugiej kategorii ochrony zarówno w rurze szybowej, jak i na powierzchni terenu.

W celu stwierdzenia rzeczywistych wpływów eksploatacji górniczej w filarze ochronnym szybu "Walery" założono na powierzchni i wewnątrz rury szybowej sieć punktów obserwacyjnych.

Na powierzchni założono dwie linie obserwacyjne przecinające się w pobliżu szybu, o kierunkach odpowiadających upadowi i rozciągłości wybieranego pokładu 510 oraz kilkadziesiąt punktów rozproszonych. W obudowie szybu zainstalowano 20 punktów usytuowanych na pięciu poziomach obserwacyjnych - od zrębu szybu do poziomu sztucznego rząpia + 195,6 m npm.

Systematyczne pomiary geodezyjne prowadzone po wybraniu II warstwy pokładu 510 zarówno na powierzchni, jak i w szybie wykazały dużą regularność procesu osiadania górotworu. Wskaźniki deformacji terenu i rury szybowej były minimalne i nie przekroczyły wielkości ustalonych dla II kategorii ochrony, do jakiej zalicza się szyb i urządzenia towarzyszące na powierzchni.

Prowadzone obserwacje kształtowania się odkształceń i nachyleń w rurze szybowej wykazały, że istniała dobra korelacja między kolejnymi fazami wybierania i związanymi z nimi odkształceniami i wychyleniami szybu.

Prowadzone obserwacje obudowy i osprzętu szybu oraz zabudowań i urządzeń na powierzchni wykazały tylko minimalne spękania obudowy szybu w obrębie wybieranego pokładu 510.

Z powyższego wynika, że spodziewane deformacje rury szybowej i powierzchni terenu, powstałe w wyniku eksploatacji filara szybowego podaną metodą, wykazały dużą zgodność z rzeczywistymi deformacjami.

5.2. Dobór optymalnego usytuowania frontów ścianowych w przypadku, gdy wybierany pokład zalega poniżej rząpia szybu

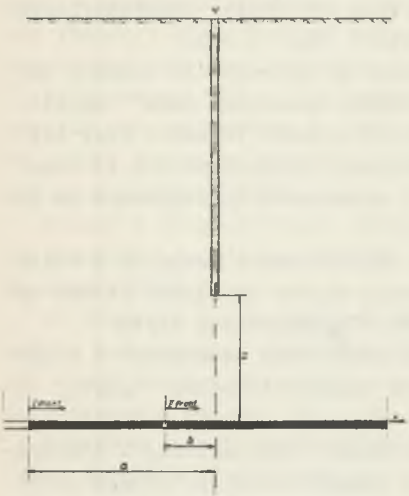
W przypadku projektowania eksploatacji w filarze poniżej rząpia szybu (rys. 28) wykresy 26 i 27 - przy uwzględnieniu pionowej odległości szybu od wybieranego pokładu - mogą stanowić podstawę do wyboru optymalnego usytuowania frontów ścianowych względem siebie i osi szybu.

I tak dla przykładu, jeśli wybierany pokład w filarze znajdował się będzie w odległości 50 m pod rząpiem szybu, to z rys. 26 i 27 wynika,że najbardziej korzystny będzie wariant, który obrazuje krzywa 3.

Wariant ten przedstawia sytuację, gdy wybieranie w filarze rozpoczyna się długim prostoliniowym frontem ścianowym z obrysu filara lub dalszej odległości, postępując w kierunku osi szybu. Z chwilą, gdy front ten znajdzie się w odległości 50 m od osi szybu, zostaje uruchomiony front II, założony po tej samej stronie filara 10 m od osi szybu.
Wybieranie frontem I odbywa się, aż do chwili, gdy osiągnie on zroby frontu II, tj. zbliży się na odłegłość 10 m od osi szybu.W momencie tym front II przejdzie już pod szybem i znajdując się w odległości 10 m za jego osią postępuje dalej, aż do przeciwległego obrysu filara.

Natomiast w przypadku, gdy wybierany pokład zalega w odległości 20 m pod rząpiem szybu, najbardziej optymalny byłby wariant 4 (rys. 26), tj. z

chwilą, gdy front I znajdzie się w odległości 70 m przed osią szybu, należy uruchomić front II założony w odległości 30 m od osi szybu.



Rys. 28

Analizując wykresy 26 i 27 należy stwierdzić, że biorąc pod uwagę odkształcenia pionowe rozciągające w przedziale od 0 do 30 m najmniejszewartości daje wariant 4, natomiast w odległości powyżej 30 m od pokładu najmniejsze wartości uzyskuje się przy wariancie 3.

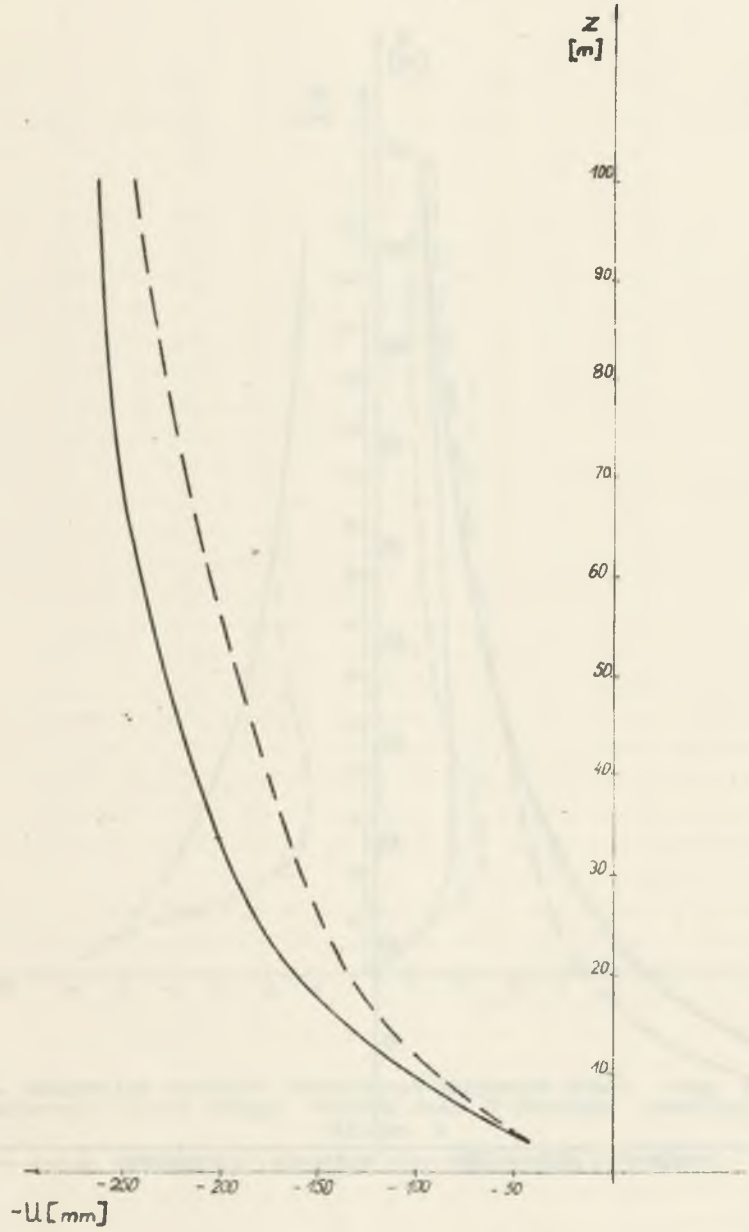
Biorąc natomiast pod uwagę odkształcenia pionowe ściskające z wykresów tych wynika, że najmniejsze wartości w przedziale od 0 - 30 m daje wariant 3, a powyżej tego przedziału wariant 6. W konkluzji należy stwierdzić, że wykresy 26 i 27 mogą posłużyć do doboru optymalnego wariantu eksploatacji filara szybowego w zależności od pionowej odległości rząpia szybu od wybieranego pokładu zarówno ze względu na odkształcenia pionowe ściskające, jak i rozciągające.

Na rys. 29 pokazano przykładowo rozkład maksymalnych wychyleń szybu przy wybieraniu filara jednym frontem ścianowym oraz wariantem 4 metody wybierania filara dwoma równoległymi frontami ścianowymi.

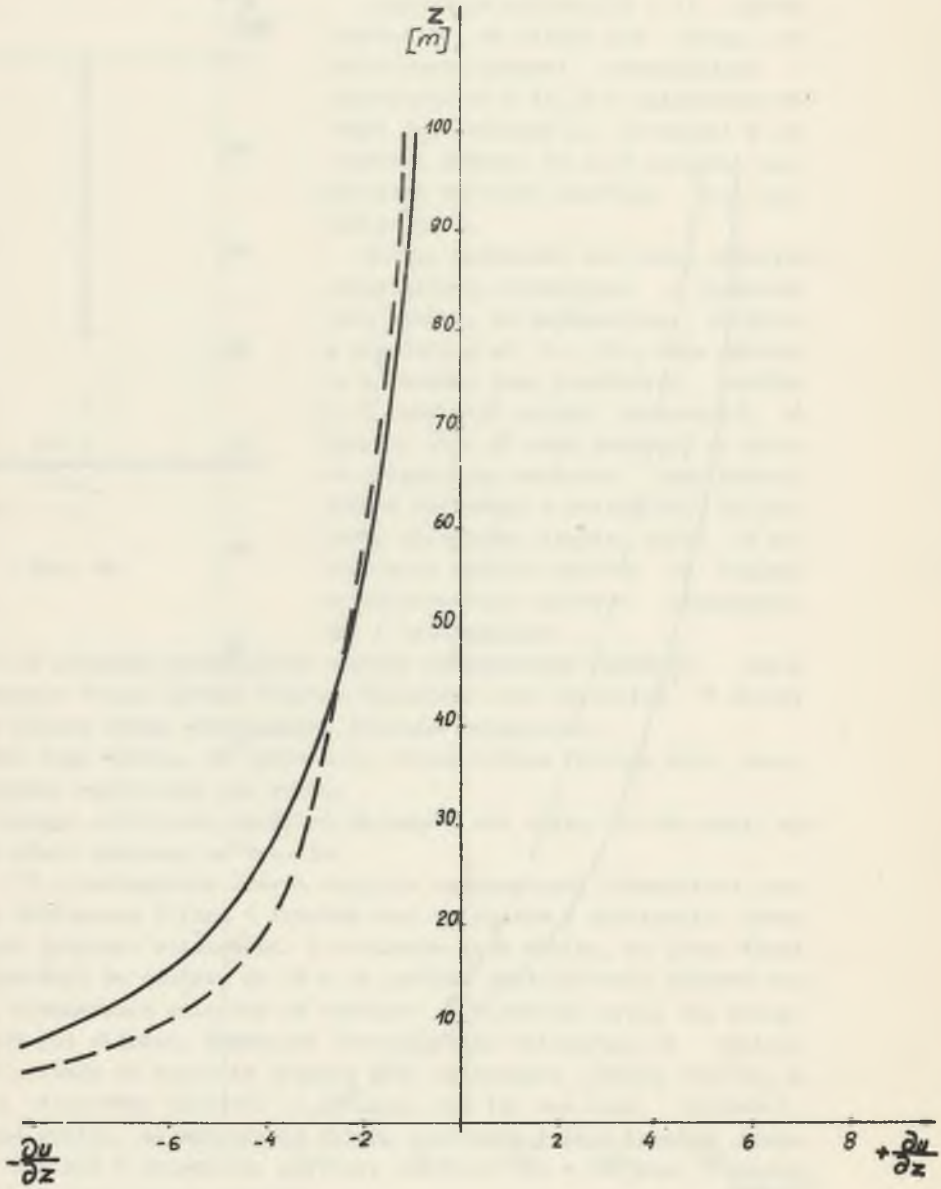
Z wykresu tego wynika, że wybieranie filara jednym frontem daje nieznacznie większe wychylenia osi szybu.

Analogicznego porównania nachyleń pionowych osi szybu dla obu wyżej wymienionych metod dokonano na rys. 30.

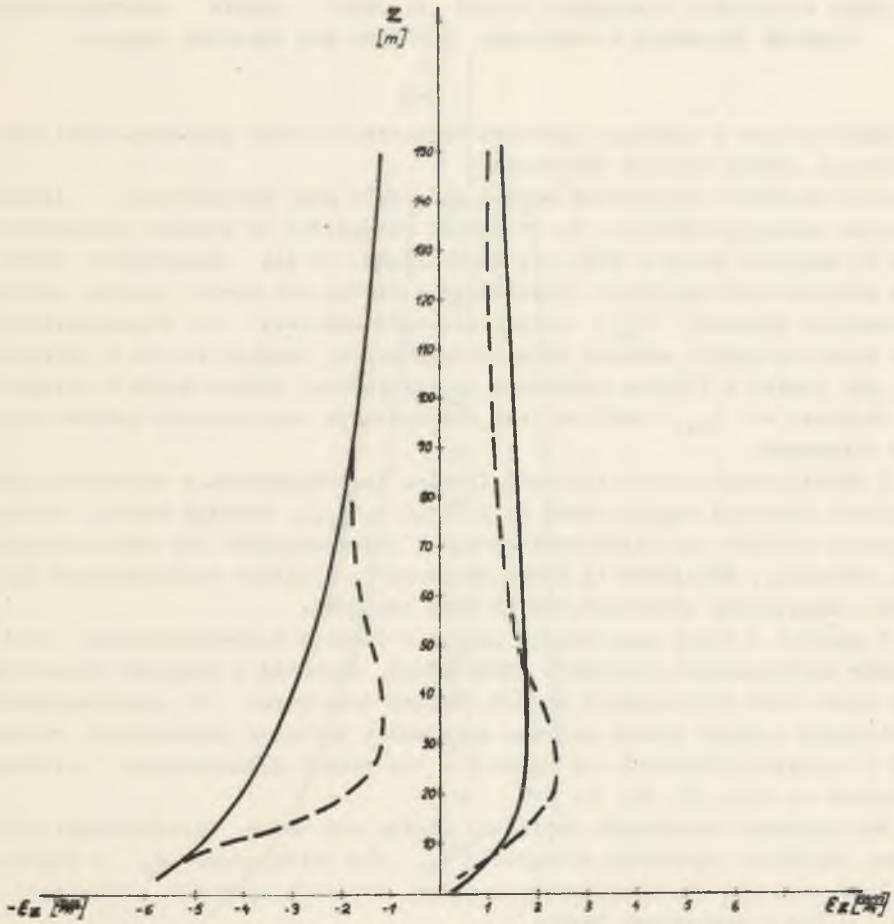
Na rys. 31 przedstawiono krzywe rozkładu maksymalnych odkształceń pionowych dla wybierania filara 1 frontem oraz wariantem 4 wybierania dwoma równoległymi frontami ścianowymi. Z rozkładów tych wynika, że jeden front ścianowy powoduje na odcinku do 40 m od pokładu odkształcenia pionowe rozciągające, nieznacznie mniejsze od wariantu 4, natomiast wyżej tej odległości są one już większe. Natomiast odkształcenia ściskające na odcinku do 70 m od pokładu są znacznie większe przy wybieraniu jednym frontem, a powyżej tej odległości wartości te osiągają już ten sam rząd wielkości. Z powyższego wynika, że wybieranie filara szybowego jednym frontem ścianowym jest możliwe w przypadku, gdy szyb znajduje się w znacznej odległości pionowej od wybieranego pokładu.



Rys. 29. Rozkład przemieszczeń poziomych wzdłuż rury szybowej
—— wybieranie filara 1 frontem -----wybieranie filara 2 równoległymi frontami



Rys. 30. Rozkład nachyleń osi szybu (pionowych)
—— wybieranie filara 1 frontem - - - - - wybieranie filara 2 równoległymi frontami



Rys. 31. Maksymalne wartości odkształceń pionowych wokół rury szybowej przy wybieraniu filara jednym frontem oraz 2 frontami równoległymi wariantem 4

——— wybieranie 1 frontem ---- wybieranie 2 frontami

6. OCENA MOŻLIWOŚCI WYBIERANIA FILARA SZYBOWEGO JEDNYM PROSTOLINIOWYM FRONTEM ŚCIANOWYM W PRZYPADKU, GDY SZYB NIE PRZECINA POKŁADU

Najprostszym w praktyce sposobem wybierania filara szybowego jest eksploatacja jednym frontem ścianowym.
Analiza rozkładu odkształceń wzdłuż osi szybu przy eksploatacji jednym frontem wskazuje wyraźnie, że od pewnej odległości od pokładu odkształcenia te znacznie maleją. Może się więc okazać, że dla określonych warunków górniczo-geologicznych odkształcenia wzdłuż osi szybu powyżej pewnej odległości pionowej (Z_{kr}) od pokładu będą mniejsze od dopuszczalnych dla danej kategorii ochrony obiektów szybowych. Oznacza to, że w przypadku, gdy pokład w filarze ochronnym zalega poniżej rząpia szybu w odległości większej od Z_{kr}, możliwa jest eksploatacja tego pokładu jednym frontem ścianowym.

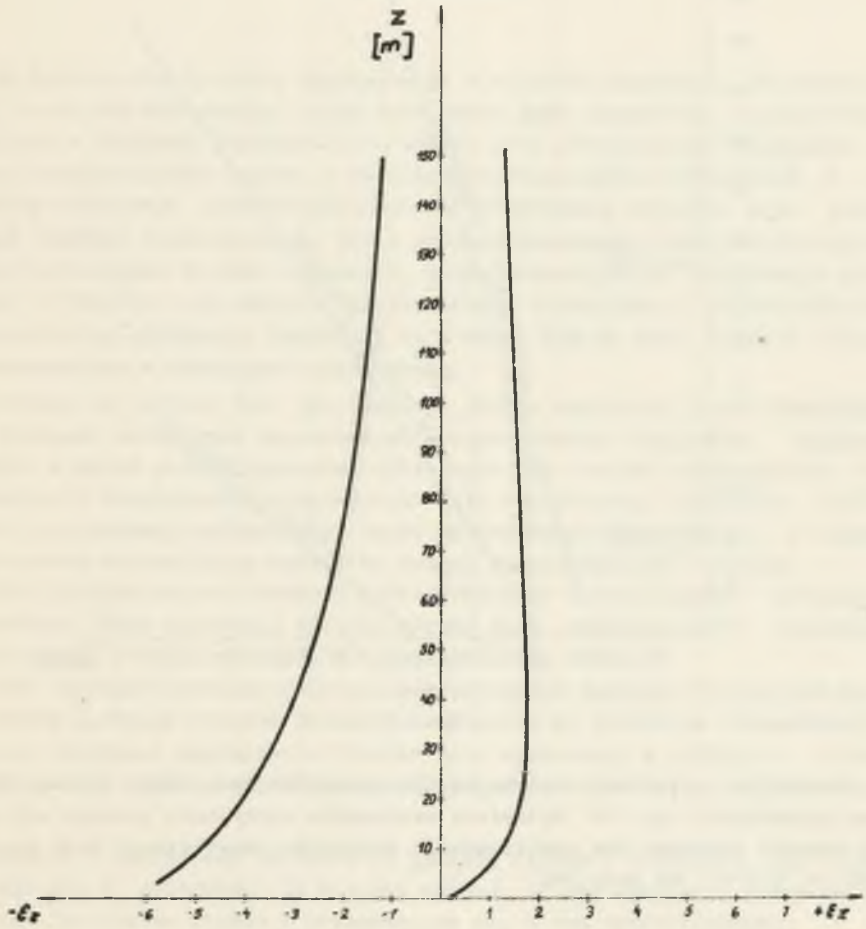
Z praktycznego punktu widzenia istotne jest wyznaczenie minimalnej odległości pionowej rząpia szybu od pokładu (Z_{kr}), powyżej której odkształcenia pionowe nie przekroczą wartości dopuszczalnych dla danej kategorii ochronnej. Odległość tę można wyznaczyć z rozkładu spodziewanych wielkości odkształceń pionowych wzdłuż rury szybowej.

W oparciu o wzory analityczne podane w punkcie 3 przeprowadzono obliczenia spodziewanych wielkości odkształceń, wychyleń i nachyleń pionowych osi szybu przy eksploatacji jednym frontem ścianowym. Z poszczególnych chwilowych położeń frontu wybrano maksymalne wartości odkształceń, wychyleń i nachyleń pionowych osi szybu i w ten sposób skonstruowano wykresy pokazane na rys. 29, 30, 31, 32.

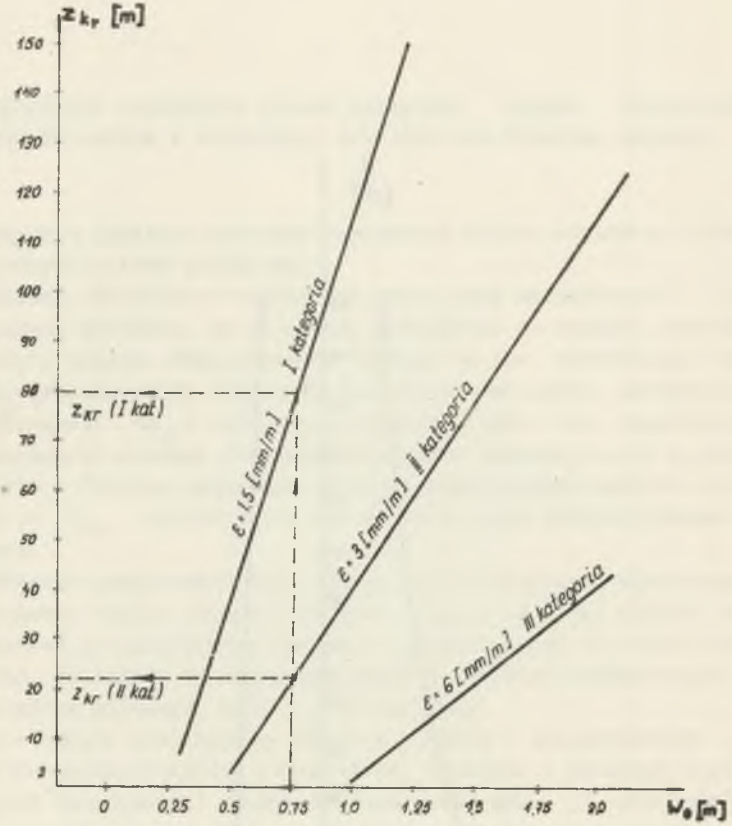
Na podstawie powyższych obliczeń, biorąc pod uwagę odkształcenia pionowe, określono minimalną odległość Z_{kr} dla określonego w_o i dopuszczalnej wartości odkształcenia pionowego. Wielkość tę można wyznaczyć z rys. 33 lub z poniższego wzoru:

$$Z_{kr} = \frac{229,5\ W_o\ (m)}{\varepsilon_z\ (mm/m)} - 38. \qquad (m)$$

Jeśli więc pionowa odległość rząpia szybu od pokładu będzie większa od wyznaczonej odległości krytycznej dla danych warunków, to możliwa jest eksploatacja filara szybowego jednym prostoliniowym frontem ścianowym.



Rys. 32. Maksymalne wartości odkształceń pionowych wzdłuż rury szybowej przy wybieraniu filara 1 frontem



Rys. 33

Maksymalne wychylenia osi szybu dla przypadku wybierania jednym frontem przedstawia rys. 29. Natomiast maksymalne nachylenia pionowe osi szybu zostały pokazane dla analizowanego przypadku eksploatacji przy przyjęciu w_o = 1 m. na rys. 30.

7. UWAGI KOŃCOWE

W trakcie wieloletniej eksploatacji w filarach szybowych opracowano szereg metod ich wybierania. Celem tych metod jest odzyskanie zasobów uwięzionych w filarach ochronnych dla szybów przy równoczesnym utrzymaniu ciągłej funkcjonalności szybu. W świetle dotychczasowych doświadczeń w tym zakresie istnieje uzasadniona potrzeba prowadzenia dalszych prac badawczych zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych nad doskonaleniem metod wybierania filarów szybowych, które minimalizując deformacje górotworu w obrębie rury szybowej byłyby proste techniczne i zapewniały dużą koncentrację wydobycia. Postulaty te w dużej mierze może spełnić metoda przedstawiona w niniejszym opracowaniu.

Istotą tej metody jest eksploatacja filara szybowego dwoma równoległymi frontami ścianowymi usytuowanymi w odpowiedniej odległości względem siebie i szybu bez konieczności wybierania tzw. kostki przyszybowej. Tak prowadzona eksploatacja, zapewniając dużą koncentrację wydobycia, możliwość kompleksowej mechanizacji robót wybierkowych oraz szybkie i czyste wybieranie minimalizuje szkodliwe wpływy eksploatacyjne w szybie.

Przy wybieraniu tą metodą z punktu widzenia minimalizacji deformacji górotworu (rury szybowej) istotną sprawą jest właściwy dobór wzajemnego usytuowania frontów ścianowych względem siebie i szybu.

Dla typowych warunków górniczo-geologicznych Zagłębia Górnośląskiego i średnich postępów frontów ścianowych ustalone na podstawie szczegółowej analizy optymalne usytuowanie frontów przy wybieraniu w pokładzie przecinającym rurę szybową odpowiada następującemu ich położeniu względem szybu:

- front I - zbliża się do szybu od granicy filara i w chwili, gdy znajdzie się w odległości 70 m przed szybem, należy uruchomić front II złożony 30 m przed szybem i przesuwający się w tym samym kierunku.

Dla specyficznych warunków zalegania złoża w obrębie filara szybowego doboru optymalnego usytuowania frontów należy dokonywać każdorazowo indywidualnie tak, by zapewnić maksymalną kompensację szkodliwych wpływów, co przy pomocy opracowanych programów na EMC można dokonać w sposób szybki i łatwy.

Powyższą metodą został wyeksploatowany filar ochronny dla szybu "Walery" KWK "Generał Zawadzki", gdzie przez cały okres wybierania nie doszło do zakłócenia ciągłej pracy szybu.

Przy wybieraniu filarów szybowych w pokładach zalegających poniżej rząpia szybu może się okazać, że eksploatacja prowadzona jednym frontem ścianowym, a nie metodami specjalnymi, nie spowoduje znacznych uszkodzeń szybu, pozwalając na ciągłe i niezakłócone jego funkcjonowanie.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że dla tych warunków wybierania istnieje minimalna odległość pionowa od stropu pokładu, powyżej której wskaźniki deformacji nie przekraczają wartości dopuszczalnych dla określonej kategorii ochrony obiektu szybowego. Jeśli więc rząpie szybu znajduje się powyżej tej odległości od pokładu należy wybierać filar jednym frontem ścianowym. Odległość tę można wyznaczyć z wzoru podanego w rozdziale 6 lub graficznie (rys. 32).

W przypadku, gdy pokład zalega w mniejszej niż wyznaczona odległości pionowej od rząpia szybu proponuje się eksploatację filara szybowego układem dwóch prostoliniowych frontów ścianowych, to jest metodą proponowaną przy eksploatowaniu pokładu przecinającego rurę szybową. W tym przypadku optymalne usytuowanie frontów wyznaczać należy sposobem pokazanym w punkcie 5 opracowania w zależności od pionowej odległości rząpia szybu od wybieranego pokładu.

LITERATURA

[1] BALS R.: Der Abbau von Schachtsicherheitspfeilern Mitt.Markscheider.54 (1943).

[2] BATKIEWICZ W.: Obliczanie wskaźników poeksploatacyjnych deformacji terenu. Wyd. "Śląsk", Katowice 1968.

[3] BIAŁEK J.: Algorytm wyznaczania wskaźników deformacji przestrzennej dynamicznej niecki osiadania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo", z. 87, 1978.

[4] BORECKI M., CHUDEK M.: Mechanika Górotworu. Wyd. "Śląsk", Katowice 1972.

[5] BORECKI M., CHUDEK M., ZYCH J., PODGÓRSKI K., SZCZEPANIAK Z.: Podstawy analityczne i górniczo-techniczne bezfilarowego wybierania złoża przy założeniu minimalizacji wpływów na obiekty chronione w górotworze i na powierzchni w warunkach głębokich kopalń.

[6] CHUDEK M., KOCHMAŃSKI T., ZYCH J.: Sposób eksploatacji złóż pokładowych w filarach ochronnych dla szybów. Patent nr 159265 z dnia 4.XII. 1972.

[7] CHUDEK M., OLASZOWSKI W., DRZĘŹLA B.: Obliczanie deformacji szybu pod wpływem eksploatacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo", z. 48, 1972.

[8] CHUDEK M., SZCZEPANIAK Z., PODGÓRSKI K.: Przemieszczenie górotworu i przebieg ciśnień na obudowę szybu przy eksploatacji pokładów w filarach ochronnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s."Górnictwo", z. 37, 1969.

[9] DRZĘŹLA B.: Badania teoretyczne i modelowe ruchów górotworu przy eksploatacji górniczej. Praca doktorska. Politechnika Śląska,Gliwice 1971.

[10] DRZĘŹLA B.: Informacja o programach dla maszyny cyfrowej do obliczania deformacji górotworu przy eksploatacji górniczej. Przegląd Górniczy, nr 3, 1974.

[11] DRZĘŹLA B.: Podstawy teoretyczne wyznaczania parametrów teorii ruchów górotworu nad eksploatacją górniczą za pomocą maszyny cyfrowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo" z. 88, 1978.

[12] DRZĘŹLA B.: Rozwiązanie pewnego przestrzennego zadania liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z oprogramowaniem. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 588, s. "Górnictwo", z. 91, 1978. (Praca habilitacyjna).

[13] GIL H.: Plane state of strain of visco-elastic body. Ball Acad. Polon sci., ser. Techn. Vol. XI, 1965.

[14] GIL H., KRAJ W.: The distribution of displacements and stresses around a longwall working. Arch. Górn. T. XVII, z. 3, 1972.

[15] GIL H., KRAJ W.: Rozkład naprężeń i przemieszczeń w górotworze w przypadku zatrzymania czynnego frontu eksploatacji. Arch. Górn.T.XIX z.1, 1974.

[16] KNOTHE ST.: Odkształcenia pionowe górotworu przy kołowo-symetrycznym wybieraniu filarów szybowych. Arch. Górn. T. I, z. 2 1956.

[17] KNOTHE ST., LEŚNIAK J.: Wyznaczanie wielkości spodziewanych wpływów eksploatacji w szybowych filarach ochronnych. Arch. Górn. t. XI. z.4 1966.

[18] KNOTHE ST.: Wyznaczanie wpływów eksploatacji w filarach szybowych. I Krajowe Sympozjum na temat: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Katowice 1969.

[19] KOCHMAŃSKI T., MAGDZIORZ J.: Zmniejszenie odkształceń przez kształtowanie frontu eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo" z. 39, Gliwice 1969.

[20] KOWALCZYK Z.: Rozkład odkształceń w szybie spowodowanych eksploatacją filaru szybowego. I Krajowe Sympozjum na temat: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Katowice 1969.

[21] KOWALCZYK Z.: Określenie wpływów eksploatacji górniczej metodą przekrojów pionowych. Wyd. "Śląsk", Katowice 1972.

[22] LITWINISZYN J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. Arch. Górn. i Hutn. T. I. z. 1, 1953.

[23] Praca zbiorowa: Eksploatacja szybowych filarów ochronnych z przecięciem szybu w wyeksploatowanym pokładzie. Górnictwo 3, PWN.Kraków 1965.

[24] SAŁUSTOWICZ A.: Zarys mechaniki górotworu. Wyd. "Śląsk",Katowice 1965.

[25] SCHULTZ A.: Untersuchungen über die Demansionen der Sicherheitspfeiler für den Saarbrucker, Steinkohlenbergen, czt. Zeitschrift für das Berg, 1967.

[26] SKINDEROWICZ B.: Wpływ czasu na kształtowanie się dynamicznych niecek osiadań. Prace GIG. Seria dodatkowa. Katowice 1974.

[27] SZPETKOWSKI S.: Wyznaczanie filarów ochronnych na podstawie dopuszczalnych wielkości deformacji terenu. OTG nr 12, Katowice 1974.

[28] SZPETKOWSKI S.: Wyznaczanie racjonalnych rozmiarów kostek przyszybowych przy eksploatacji pokładów węgla w filarach ochronnych dla szybów. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN. Geodezja 17, Kraków 1974.

[29] TROJANOWSKI K.: Dynamiczne wartości deformacji powierzchni wywołane wpływem podziemnej eksploatacji górniczej. Przegląd Górniczy nr 1, 1967.

[30] WANG T.J., SINGH m.M.: A numerical method for the determination of stresses around underground openings. Proceedings of The First Congres of the International Society of Rock Mechanics, Lisbona 1966.

[31] ZYCH J.: Bezpieczna eksploatacja filarów szybowych, Praca doktorska. Gliwice 1967.

[32] ZYCH J.: Nowe metody eksploatacji filarów szybowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo", z. 52, 1972.

[33] ZYCH J.: Metoda wachlarzowa eksploatacji filarów szybowych.Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo", z. 69, 1976.

[34] ZAJĄC A.: Wpływ czasu na stan naprężenia i odkształcenia ściśliwego górotworu w sąsiedztwie wyrobiska górniczego. Arch. Górn. t. XVI z.1, 1971.

[35] CHUDEK M., ZYCH: Comparative analysis of different shaft pillar working methods taking into account the shaft lining deformation size caused. Projekty Problemy. Budownictwo Węglowe Nr 5, 1978.

[36] MIROSŁAW CHUDEK., JAN ZYCH: Rozkład osiadań i odkształceń pionowych w szybie przy różnych metodach eksploatacji filarów szybowych. Cz. I. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo", z. 96, 1979.

MIROSŁAW CHUDEK, JAN ZYCH: Rozkład osiadań i odkształceń pionowych w szybie przy różnych metodach eksploatacji filarów szybowych. Cz. II. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. "Górnictwo", z. 96, 1979.

"METODA WYBIERANIA FILARÓW SZYBOWYCH UKŁADEM DWÓCH FRONTÓW PROSTOLINIOWYCH"

S t r e s z c z e n i e

W pracy zaproponowano nową metodę eksploatacji w filarach ochronnych dla szybów polegającą na wybieraniu ich układem dwóch równoległych prostoliniowych frontów ścianowych, założonych po jednej stronie szybu, przesuwających się w tym samym kierunku z jednakową prędkością, bez konieczności wykonywania tzw. kostki przyszybowej. Na podstawie szczegółowej analizy dokonano doboru optymalnego usytuowania frontów ścianowych względem siebie i szybu pod kątem minimalizacji szkodliwych wpływów eksploatacyjnych na rurę szybową dla przypadku wybierania w pokładzie przecinającym rurę szybową. Omówiono także sposób doboru optymalnego usytuowania tych frontów przy eksploatacji w/w metodą w pokładzie zalegającym poniżej rząpia szybu oraz przeanalizowano możliwość wybierania filara jednym frontem ścianowym dla takiego przypadku usytuowania pokładu względem szybu.

МЕТОД ВЫЕМКИ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ СИСТЕМОЙ ДВУХ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ФРОНТОВ

Р е з ю м е

В статье предполагается новый метод эксплуатации в педохранительных целиках для стволов, который состоит на выемке их системой двух параллельных прямолинейных фронтов лав, заложенных на одной стороне ствола, пересекающихся в том же самом направлении с одинаковой скоростью, без необходимости выполнения так называемого околоствольного целика ограниченных размеров. На основе подробного анализа произведено подбора лав относительно друг друга и ствола, учитывая минимализацию вредных эксплуатационных влияний на отверстие шахтного ствола в случае выемки в пласте пересекающем отверстие шахтного ствола. Рассматривается тоже способ подбора оптимального размещения этих фронтов при эксплуатации выше намеченным методом в пласте залегающем ниже зумпфа ствола, а также произведено анализ возможности выемки целика одним фронтом лав для такого случая расположения пласта относительно ствола.

THE SHAFT PILLAR RECOVERY BY THE SYSTEM OF THE TWO RECTILINEAR FRONTS

S u m m a r y

The paper suggests a new method of working in the protective shaft pillars which consists in their recovery by the system of the two parallel rectilinear wall fronts mounted on one side of the shaft, moving in the same direction with the constatnt speed, with no need for constructing the so-called "shaft block". After a detailed analysis the optimal position of the wall fronts with respect to each other and the shaft was found. The analysis considered how to minimize the harmful effect of the working on the shaft tube in the case of mining the seam that intersects the shaft tube. The method of optimal position of the two fronts in mining by the above mentioned method in the seam that underlines the sump has been discussed. The possibility of the shaft pillar recovery by one wall front with account of seam position versus the shaft was also analysed.

Cena zł 7,—

WYDAWNICTWA NAUKOWE I DYDAKTYCZNE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ MOŻNA NABYĆ W NASTĘPUJĄCYCH PLACÓWKACH:

44-100 Gliwice — Księgarnia nr 096, ul. Konstytucji 14 b
44-100 Gliwice — Spółdzielnia Studencka, ul. Wrocławska 4 a
40-950 Katowice — Księgarnia nr 015, ul. Żwirki i Wigury 33
40-096 Katowice — Księgarnia nr 005, ul. 3 Maja 12
41-900 Bytom — Księgarnia nr 048, Pl. Kościuszki 10
41-500 Chorzów — Księgarnia nr 063, ul. Wolności 22
41-300 Dąbrowa Górnicza — Księgarnia nr 081, ul. ZBoWiD-u 2
47-400 Racibórz — Księgarnia nr 148, ul. Odrzańska 1
44-200 Rybnik — Księgarnia nr 162, Rynek 1
41-200 Sosnowiec — Księgarnia nr 181, ul. Zwycięstwa 7
41-800 Zabrze — Księgarnia nr 230, ul. Wolności 288
00-901 Warszawa — Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN — Pałac Kultury i Nauki

Wszystkie wydawnictwa naukowe i dydaktyczne zamawiać można poprzez Składnicę Księgarską w Warszawie, ul. Mazowiecka 9.