

Mirosław CHUDEK

Jan ZYCH

ROZKŁAD OSIADAŃ I ODKSZTAŁCEŃ PIONOWYCH W SZYBIE PRZY RÓŻNYCH METODACH EKSPLOATACJI FILARÓW SZYBOWYCH. CZĘŚĆ I

Streszczenie. Wyniki pomiarów uzyskane podczas eksploatacji filarów ochronnych dla szybów są często nieporównywalne ze względu na różny stan techniczny szybów oraz zróżnicowane warunki geologiczno-górnictwo. W niniejszym artykule obliczono rozkład osiadań oraz odkształceń pionowych w szybie, przy różnych metodach eksploatacji filarów szybowych w celu ich porównania. Obliczenia wykonano w oparciu o teorię statystyczno-całkową T.Kochmańskiego. Ze względu na dużą objętość artykuł został podzielony na dwie części.

1. WSTĘP

W wyniku prowadzenia eksploatacji górniczej w filarze ochronnym dla szybu, górotwór a wraz z nim również i szyb podlegają złożonemu procesowi deformacji. Do najważniejszych, podstawowych wskaźników deformacji, odzwierciedlających ten proces, należy zaliczyć: osiadanie, odkształcenie pionowe, przesunięcie poziome, odkształcenie poziome, odchylenie osi szybu od pionu, krzywiznę osi szybu, skręcenia osi szybu i inne.

Z wymienionych wyżej wskaźników deformacji najlepiej poznane i opisane wzorami stosowanych w Polsce teorii ruchów górotworu są: osiadania, odkształcenia pionowe i poziome oraz przesunięcia poziome. Inne wskaźniki deformacji są mniej poznane i z reguły nie są używane przy obliczaniu wpływu projektowanej eksploatacji na szyb.

W niniejszym artykule zostaną obliczone osiadania i odkształcenia pionowe, występujące w szybach przy różnych metodach eksploatacji filarów ochronnych dla szybów.

2. KLASYFIKACJA METOD EKSPLOATACJI FILARÓW OCHRONNYCH DLA SZYBÓW

Podział metod eksploatacji filarów ochronnych dla szybów można przeprowadzić stosując różne kryteria. Poniżej przedstawiony zostanie podział przy uwzględnieniu takich elementów, jak kształtowanie frontów, a przede wszystkim sposób usytuowania oraz kierunku prowadzenia

frontów wybierania. Przy tych kryteriach wyróżnić można cztery grupy rozwiązań, a mianowicie:

1. Metody eksploatacji jednoskrzydłowej
 - a/ jednym frontem,
 - b/ dwoma frontami równoległymi w tym samym kierunku wybierania.
2. Metody eksploatacji dwuskrzydłowej
 - a/ dwoma frontami w kierunku do środka szybu,
 - b/ dwoma frontami od środka szybu na zewnątrz.
3. Metody kompleksowe eksploatacji z zastosowaniem "kostki szybowej"
 - a/ jednym frontem z zastosowaniem kostki szybowej, tzw.metoda polska
 - b/ dwoma równoległymi frontami w tym samym kierunku, z zastosowaniem kostki szybowej o regulowanej podatności.
4. Metody specjalne eksploatacji o kombinowanych układach i kierunkach frontów wybierania
 - a/ z harmonicznym układem frontów,
 - b/ z kołowo-symetrycznym układem frontu,
 - c/ z wachlarzowym układem frontów,
 - d/ z ustępliwym układem frontów.

3. ROZKŁAD OSIADAŃ I ODKSZTAŁCEŃ PIONOWYCH W SZYBIE DLA POSZCZEGÓLNYCH METOD EKSPLOATACJI FILARÓW OCHRONNYCH DLA SZYBÓW

Podstawę zastosowania jednej ze znanych metod eksploatacji filarów ochronnych dla szybów w praktyce stanowią m.in.:

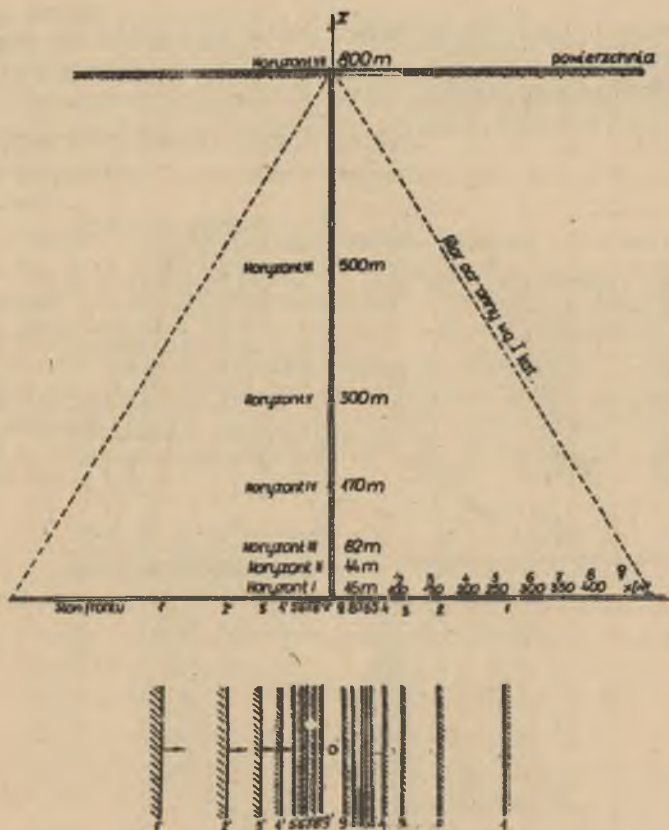
- znajomość rozkładu deformacji, jakie powoduje dana eksploatacja,
- uzyskane praktyczne rezultaty podczas eksploatacji filaru szybowego daną metodą,
- możliwość zastosowania danej metody w konkretnych warunkach geologiczno-górnicznych.

Nie wszystkie z wymienionych metod eksploatacji stosowane były w praktyce. Część z tych metod została opracowana na drodze teoretycznych rozważań, a inne na podstawie wyników praktycznych, uzyskanych podczas eksploatacji filarów szybowych. Podkreślić należy, że w czasie eksploatacji filarów ochronnych dla szybów różny jest zakres prowadzonych pomiarów geodezyjnych wpływu eksploatacji na szyb, jak również eksploatacje te prowadzone są w różnych, często nieporównywalnych warunkach geologiczno-górnicznych. Stąd też istnieją pewne trudności we wzajemnym porównywaniu poszczególnych metod.

W niniejszym artykule przedstawione zostaną osiadania i odkształcenia pionowe w szybie dla różnych metod eksploatacji filarów szybowych.

Obliczenia teoretyczne zostały wykonane w oparciu o teorię statyczno-całkową T.Kochrańskiego [10]. Obliczenia wykonano przy następujących założeniach. Przyjęto siedem horyzontów /poziomów/ oblicze-

niowych, których wysokości nad stropem eksploatowanego pokładu podano w tabelicy 1 oraz przedstawiono na rys.1. Obliczenia przeprowadzono dla pewnych charakterystycznych stanów frontów w stosunku do szybu.



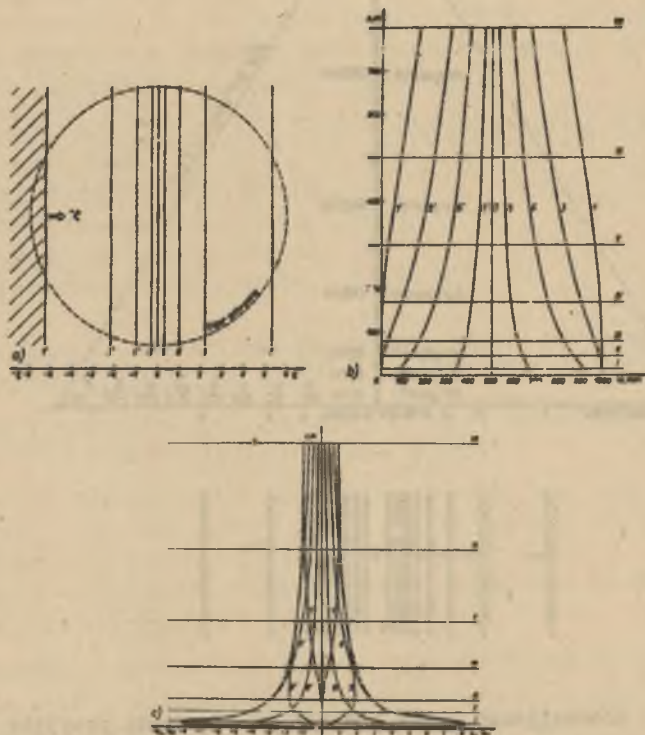
Rys.1. Schematyczny układ frontów oraz poziomy przyjęte do obliczeń wpływów eksploatacji na szczyb przy stosowaniu różnych metod eksploatacji filarów ochronnych dla szybów

Odległości frontów od szybu, we współrzędnych bezwymiarowych oraz współrzędnych x dla przyjętej wartości parametru r_0 , podano w tabelicy 2. Poszczególne fronty przed szczybem /odległości ujemne/ ponumerowano od 1 do 9, natomiast za szczybem od 9 do 1. Wyniki obliczeń dla poszczególnych metod eksploatacji filarów szybowych i wybranych stanów frontów przedstawiono graficznie na odpowiednich wykresach. Wszystkie obliczenia wykonano przy założeniu $w_{max} = 1,0$ m.

3.1. Metody eksploatacji jednoskrzydłowej

Metoda eksploatacji jednym frontem polega na prowadzeniu eksploatacji od granicy filaru poprzez szyb do przeciwległej granicy filaru /rys.2a/.

Dla określenia wpływu tej eksploatacji na szyb obliczono osiadania oraz odkształcenia pionowe dla kilku stanów frontu, przy założeniach przedstawionych powyżej. Wyniki obliczeń osiadań i odkształceń pionowych, jakie mogą wystąpić w szybie, przedstawiono graficznie na rys. 2b i c.



Rys.2. Metoda eksploatacji jednym frontem od granicy filaru poprzez szyb do przeciwległej granicy

a/ schemat eksploatacji, b/ wykresy osiadań dla przyjętych stanów frontów, c/ wykresy odkształceń pionowych dla przyjętych stanów frontów;

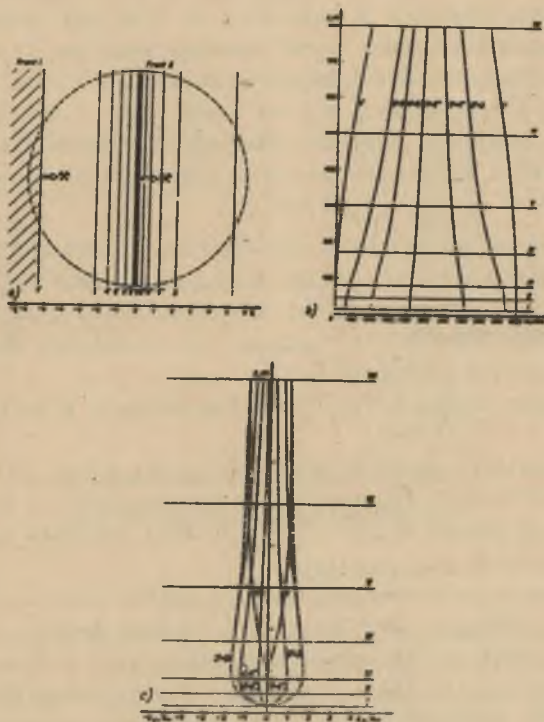
Przy metodzie tej, przy zbliżaniu się frontu do szybu, występują w szybie odkształcenia pionowe ściskające oraz odkształcenia poziome rozciągające. Równocześnie szyb ulega wychyleniu w kierunku zbliżającego się frontu eksploatacji. W szybie występują maksymalne wartości odkształceń pionowych i poziomych, przy czym odkształcenia te postępują od zrębu szybu w głąb górotworu.

Po przejściu frontu wybierania przez szyb następuje zmiana znaku odkształceń a więc występują odkształcenia pionowe rozciągające oraz odkształcenia poziome ściskające, postępujące od stropu pokładu ku powierzchni. Zmniejsza się wychylenie szybu, które uzyskuje swoje maksimum w czasie przechodzenia frontu przez szyb.

Obliczone teoretycznie maksymalne odkształcenie pionowe na wysokości ok. 16 m nad stropem pokładu przy założeniu $w_{\max} = 1,0$ m wynosi $\epsilon_{z \max} = + 8,1$ ‰. Wartości te należy uznać za duże i niekorzystnie wpływające na stan obudowy szybu.

Metoda eksploatacji przedstawiona powyżej nie jest w Polsce w zasadzie stosowana.

Metoda eksploatacji dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku [1] polega na tym, że eksploatację rozpoczyna się jednym frontem na granicy filaru i prowadzi w kierunku szybu, natomiast drugi front rozpoczyna się od środka szybu i prowadzi się do przeciwległego brzegu filaru /rys.3a/. Zasadniczym problemem przy tej metodzie jest dobór momentu rozpoczęcia eksploatacji drugim frontem oraz ustalenie odpowiednich postępów frontów eksploatacyjnych. Wzajemne usytuowanie frontów oraz ich postęp określa się na podstawie obliczeń teoretycznych.



Rys.3. Metoda eksploatacji dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku
 a/ schemat eksploatacji, b/ wykresy osiadań dla przyjętych stanów frontów, c/ wykresy odkształceń pionowych dla przyjętych stanów frontów

Obliczenia wykonano dla kilku stanów frontu, a wyniki obliczeń przedstawiono graficznie na rys. 3b i c. Jak wynika z wykresów, w początkowym okresie w szybie występować będą odkształcenia pionowe ściskające oraz odkształcenia poziome rozciągające. Maksymalne wartości odkształceń pionowych wynoszą $\xi_z \max = -1,7\%$. Przy dalszym postępie frontów wybierania wystąpią w szybie odkształcenia pionowe, rozciągające oraz odkształcenia ściskające, których bezwzględne maksymalne wartości będą takie same, jak w początkowym okresie eksploatacji.

Przykładem zastosowania przedstawionej metody w praktyce może być prowadzona od 1969 r. eksploatacja w filarze ochronnym dla szybów głównych kopalni "Barbara Chorzów" [12], a także w filarze jednego z szybów kopalni "Generał Zawadzki".

3.2. Metody eksploatacji dwuskrzydłowej

Metoda eksploatacji dwoma frontami w kierunku do szybu polega na równoczesnym prowadzeniu eksploatacji dwoma równoległymi frontami od granic filaru w kierunku od środka szybu rys. 4a. Przy metodzie tej występuje symetria eksploatacji względem szybu.

Wyniki obliczeń wielkości deformacji w szybie oraz ich graficzną interpretację przedstawiono na rys. 4b i c. Przy tej metodzie postępy frontów wybierania w kierunku szybu powoduje powstawanie w szybie dużych odkształceń pionowych ściskających oraz odkształceń poziomych rozciągających, przesuwających się od zrębu szybu w głąb górotworu i osiagających maksymalne wartości dwukrotnie większe niż przy jednym froncie wybierania. Maksymalne wartości odkształceń pionowych wynoszą $\xi_z \max = -16,2\%$, przy $w_{\max} = 1,0$ m.

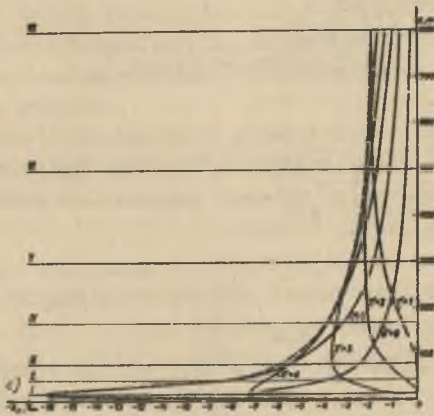
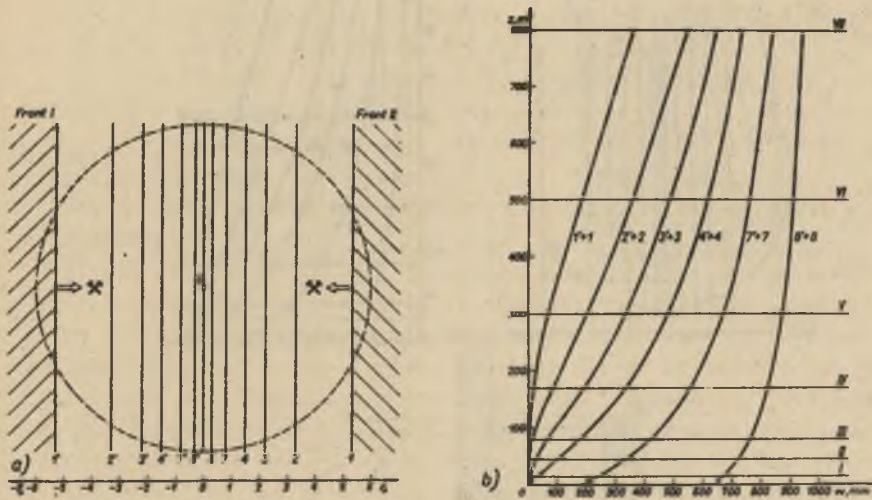
Występujące tu duże odkształcenia pionowe mogą powodować w szybie znaczne uszkodzenia zarówno obudowy, jak i uzbrojenia szybu.

Sposób wybierania dwoma frontami od środka szybu może powodować również zagrożenia w pokładzie tąpącym oraz trudności utrzymania wyrobisk na większych głębokościach.

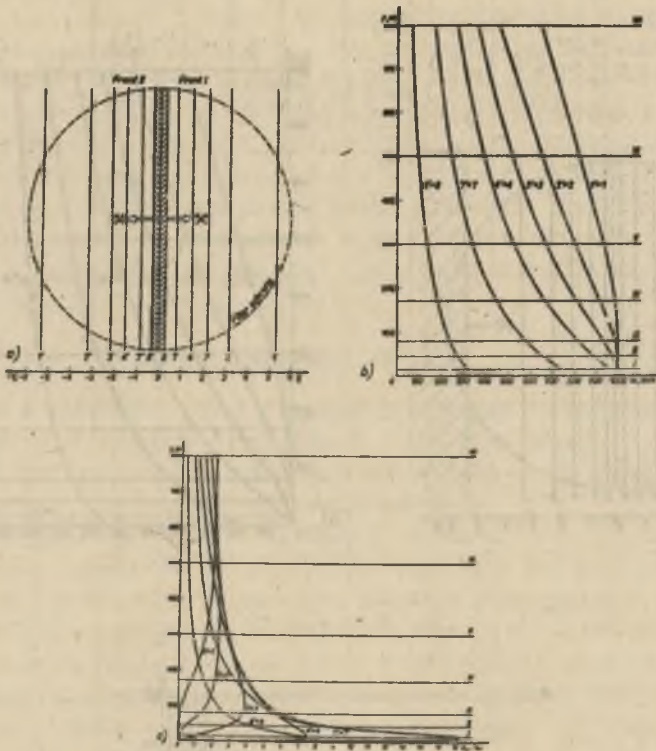
Z tych względów metoda ta nie jest w zasadzie w polskim górnictwie stosowana.

Metoda eksploatacji dwoma frontami od środka szybu [1] polega na prowadzeniu eksploatacji dwoma równoległymi frontami od środka szybu do przeciwległych granic filaru /rys. 5a/. Przy metodzie tej występuje symetria eksploatacji względem szybu.

Wyniki obliczeń wielkości deformacji w szybie oraz ich graficzną interpretację przedstawiono na rys. 5b i c. Przy metodzie tej w szybie występują duże odkształcenia pionowe rozciągające. W miarę postępu frontu odkształcenia pionowe w szybie wzrastają, osiagając przy pewnej szerokości frontu wartość maksymalną na danym horyzoncie. Równocześnie ze wzrostem wybranej przestrzeni maksimum odkształceń poziomych przesuwają się ku powierzchni.



Rys.4. Metoda eksploatacji dwoma frontami w kierunku do szybu
 a/ schemat eksploatacji, b/ wykresy osiadań dla przyjętych
 stanów frontów, c/ wykresy odkształceń pionowych dla
 przyjętych stanów frontów



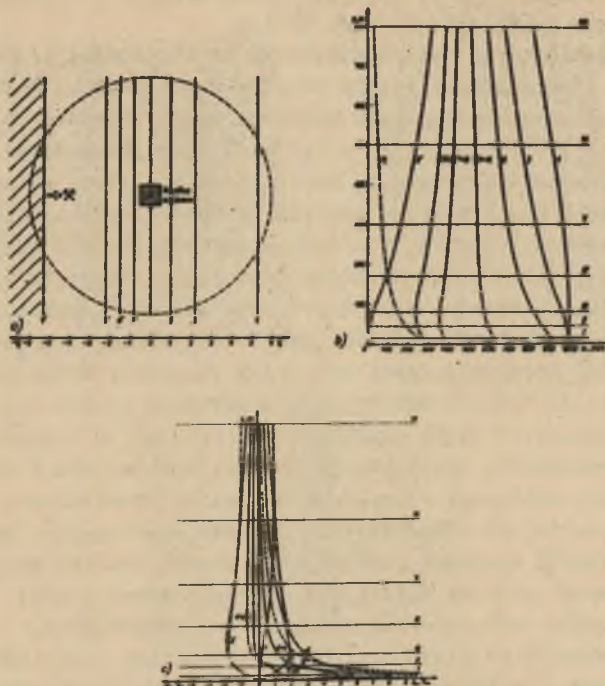
Rys.5. Metoda eksploatacji dwoma frontami od środka szybu
 a/ schemat eksploatacji, b/ wykresy osiadań dla przyjętych stanów frontów, c/ wykresy odkształceń pionowych dla przyjętych stanów frontów

Maksymalna wartość odkształceń poziomych rozciągających wynosi
 $\epsilon_{z \max} = + 16,2 \%$, przy $w_{\max} = 1,0$ m.

Metoda ta w polskim górnictwie jest bardzo rzadko stosowana. Przykładem tej metody może być eksploatacja w filarze szybu "Jan".

3.3. Metody kompleksowe eksploatacji z zastosowaniem "kostki szybowej"

Polska metoda eksploatacji z kostką szybową [2,3,4,6,7,8] polega na tym, że eksploatację rozpoczyna się frontem zasadniczym od granicy filaru poprzez szyb do przeciwległej granicy filaru /rys.6a/. Z chwilą, gdy pierwsze wpływy eksploatacji frontem zasadniczym dochodzą do szybu, rozpoczyna się eksploatację kostki szybowej.



Rys.6. Polska metoda eksploatacji z kostką szybową
 a/ schemat eksploatacji, b/ wykresy osiadań dla przyjętych stanów frontów, c/ wykresy odkształceń pionowych dla przyjętych stanów frontów,

Stanowi ona część eksploatowanego pokładu zalegającego bezpośrednio wokół szybu.

Wybieranie kostki szybowej ma na celu:

- uzyskanie wstępnych odkształceń pionowych rozciągających w szybie w celu uzyskania częściowej kompensacji odkształceń pionowych ściskających, wywołanych eksploatacją frontem zasadniczym,
- odizolowanie szybu od wyrobisk eksploatacyjnych ze względu na ewentualne zagrożenie pożarowe,
- niedopuszczenie do zaistnienia niebezpiecznych, bezpośrednich wpływów eksploatacji w morencie przejścia frontu zasadniczego przez szyb,
- utrzymanie stałego frontu eksploatacji w momencie przechodzenia frontu zasadniczego przez szyb.

Dla metody eksploatacji z kostką szybową wykonano obliczenia wskaźników deformacji dla różnych stanów frontów. Wymiary kostki przyjęto 50 x 50 cm, co odpowiada wymiarowi 1,0 x 1,0 we współrzędnych bezwymiarowych, przy przyjętym w założeniach parametrze r_D .

Wyniki obliczeń dla przyjętych stanów frontów i kostki szybowej przedstawiono graficznie na rys. 6b i c.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że eksploatacja kostki szybowej wywołuje w szybie odkształcenia pionowe rozciągające. Maksymalne odkształcenia pionowe pod wpływem wybrania kostki szybowej może wynieść $\epsilon_{z \max} = +9,8\%$ przy $w_{\max} = 1,0$ m. W rzeczywistości odkształcenia pionowe, wywołane eksploatacją kostki szybowej, będą mniejsze, gdyż w obliczeniach dla kostki ze względu na uproszczenie obliczeń nie uwzględniano tzw. obrzeża, o które należy pomniejszyć rozpatrywaną eksploatację [9]. Również wykonane zabezpieczenia szybu wpływają na zmniejszenie się deformacji w szybie pod wpływem eksploatacji kostki. Wielkość tych odkształceń zależy przede wszystkim od wymiarów kostki szybowej [13] oraz od jakości wykonanej podsadzki w kostce.

Eksploatacja frontem zasadniczym wywołuje w szybie odkształcenia pionowe ściskające, które postępują od zrębu szybu w głąb górotworu. W wyniku prowadzenia eksploatacji frontem zasadniczym i wybrania kostki szybowej następuje w szybie kompensacja odkształceń pionowych. Ze względu na to, że odkształcenia pionowe rozciągające wywołane eksploatacją kostki szybowej postępują od stropu pokładu ku powierzchni, a odkształcenia pionowe ściskające od powierzchni w głąb górotworu następuje tylko częściowa kompensacja tych odkształceń.

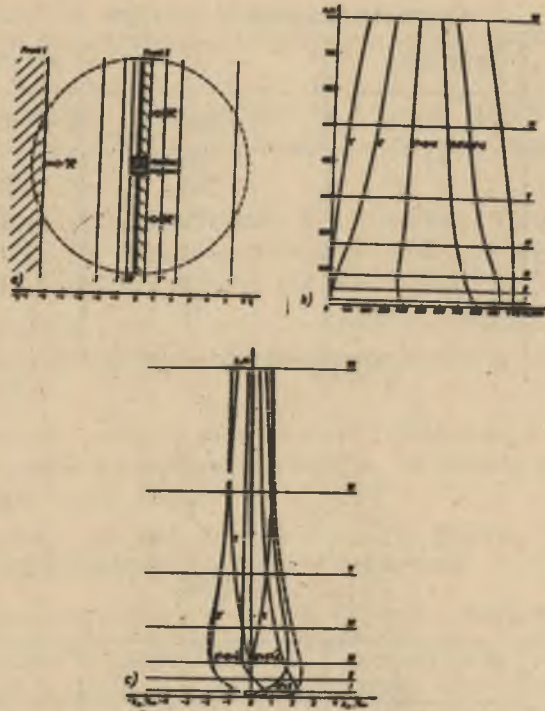
Z przedstawionych wykresów wynika, że największe odkształcenia występują na odcinku szybu bezpośrednio nad stropem pokładu do wysokości maksymalnie 100 m. Najbardziej niekorzystnym momentem przy tej metodzie eksploatacji jest okres przechodzenia frontem zasadniczym przez szyb i gdy front znajduje się bezpośrednio poza szybem. W szybie występują wówczas zwiększone odkształcenia pionowe rozciągające.

Metoda eksploatacji filarów z kostką zdała egzamin w praktyce i przyczyniła się do szerokiego rozwoju eksploatacji filarów ochronnych dla szybów w Polsce.

Metoda eksploatacji dwoma frontami z kostką szybową o regulowanej podatności [5] polega na tym, że eksploatację rozpoczyna się frontem zasadniczym od granicy filaru w kierunku szybu rys. 7a.

Podczas eksploatacji frontem zasadniczym wykonuje się główne zabezpieczenie szybu oraz urządzeń szybowych. Gdy front zasadniczy znajduje się w odpowiedniej odległości od szybu, określonej analitycznie dla projektowanych warunków górniczych przystępuje się do eksploatacji kostki szybowej.

Kostka szybowa w tym przypadku ma specjalne cechy dostosowane do prowadzenia w filarze eksploatacji z zawalaniem stropu. Jest to kostka o określonej podatności oraz regulowanej podatności [11]. Po wybraniu kostki szybowej w odpowiednim momencie uruchomiony zostaje drugi front równoległy do frontu zasadniczego, przesuwający się w tym samym kierunku. Utworzone zostają w ten sposób dwa równoległe fronty skoordynowane ze sobą o ściśle określonym postępie.



Rys.7. Metoda eksploatacji dwoma frontami z kostką szybową o regulowanej podatności
 a/ schemat eksploatacji, b/ wykresy osiadań dla przyjętych stanów frontów, c/ wykresy odkształceń pionowych dla przyjętych stanów frontów

Wyniki obliczeń deformacji w szybie dla tej metody przedstawiono na rys. 7b i c.

Z przedstawionych wykresów wynika, że przy metodzie tej otrzymujemy bardziej korzystny rozkład odkształceń pionowych niż przy metodzie eksploatacji jednym frontem z kostką. Metoda ta została opracowana teoretycznie. Brak jest wyników praktycznych stosowania tej metody.

Tablica 1

WYSOKOŚCI HORYZONTÓW PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

Horyzont	z	parametr b
VII	800	0,60
VI	500	0,70
V	300	0,82
IV	170	1,00
III	82	1,25
II	44	1,50
I	16	2,00

Tablica 2

ODLEGŁOŚCI FRONTÓW OD SZYBU PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

Stan frontu	Odległość bezwymiarowa	Odległość - x [m]
1,1	± 5,27	± 263,5
2,2	± 3,24	± 162,0
3,3	± 2,17	± 108,8
4,4	± 1,53	± 76,5
5,5	± 1,15	± 57,5
6,6	± 1,00	± 50,0
7,7	± 0,86	± 43,0
8,8	± 0,30	± 15,0
9,9	± 0,10	± 5,0

LITERATURA

- [1] BALS R.: Abbau von Schachtsicherheitsfeilern. Glückauf 1939 r. nr 12/13.
- [2] BORECKI M., ROMANOWICZ E., SKINDEROWICZ Br.: Metody bezpiecznej eksploatacji w obrębie filarów ochronnych dla szybów. Przegląd Górniczy nr 9 1964 r.
- [3] BORECKI M., ROMANOWICZ E., SZPETKOWSKI S., TYRAŁA A.: Wyniki badań wpływów eksploatacji w filarze ochronnym dla szybu "Szymon" kopalni "Halemba". Komunikat GIG, nr 428 Katowice 1967 r.
- [4] BORECKI M., BYMARSKI W., ROMANOWICZ E., RYCERZ M., TYRAŁA A. : Doświadczenia z eksploatacji w filarze ochronnym szybu. Przegląd Górniczy nr 3 1970r.
- [5] BORECKI M., CHUDEK M., ZYCH J. i inni: Sposób eksploatacji złóż pokładowych w filarach ochronnych dla szybów. Zgłoszenie patentowe P-179642 z dn. 15.IV.75 r.
- [6] CHUDEK M.: Mechanika górotworu. Skrypt Centralny Studiów dla Pracujących. Gliwice 1976, nr 598/20.
- [7] DZĘGNIUK B.: Ochrona wyrobisk górniczych za pomocą opisu przejścia niecki przez górotwór. Praca doktorska. AGH Kraków 1963r.
- [8] DZĘGNIUK B.: Odkształcenia pionowe rury szybowej przy eksploatacji filarów szybowych. Prace Komisji Nauk Technicznych. Kraków 1968r.
- [9] MAGDZIÓRZ J.: Sposób wyznaczania szerokości obrzeża eksploatacyjnego. Zeszyty Naukowe Pol.Śl. Górnictwo z.59 Gliwice 1974 r.
- [10] Praca zbiorowa: Podstawy analityczne i górniczo-techniczne wybierania złóż na dużych głębokościach bez pozostawienia filarów ochronnych. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Pol.Śl. Gliwice 1974r.
- [11] Praca zbiorowa: Optymalne wykorzystanie zasobów węgla kamiennego zalegających w filarze ochronnym szybu IV kopalni "Chwałowice" przy równoczesnej minimalizacji szkód górniczych na powierzchni. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Pol.Śl. Gliwice 1974r.
- [12] ZYCH J.: Eksploatacja filaru ochronnego dla szybów głównych kopalni "Barbara Chorzów" w trudnych warunkach geologiczno-górniczych. Zeszyty Naukowe Pol.Śl. Górnictwo z.59 Gliwice 1974r.
- [13] ZYCH J., KLETA H.: Wpływ parametru r_0 na przebieg deformacji rury szybowej, przy eksploatacji kostki szybowej. Projekty Problemy nr 11 1976r.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕДАНИЙ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В СТВОЛЕ ПРИ РАЗНЫХ МЕТОДАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

Резюме:

Полученные измерения во время эксплуатации околоствольных предохранительных целиков для стволов являются чаще несравнимы из-за разного технического состояния стволов и разных геологическо-горных условий. В настоящей статье даётся вычисление распределения оседаний и вертикальных деформаций в стволе при разных методах эксплуатации околоствольных предохранительных целиков с целью их сравнения. Вычисления произведено на основе статистического интегральной теории Т. Кожманьского.

Из-за большого объёма статью разделено на две части.

SUBSIDENCE AND VERTICAL STRAIN DISTRIBUTIONS IN A SHAFT AT DEFFERENT DRAW METHODS OF BOTTOM PILLARS. PART I

S u m m a r y

Survey results obtained while bottom pillars are drawn often are uncomparable as the shaft states and differentiated geological conditions preclude this. The paper presents subsidence and vertical strain distributions in defferent draw methods for comparison. Calculations have been made basing on the statistic - integral method of T.Kochmański. Because of the scope, the paper has been divided into two parts.