ZESZYTY
NAUKOWE
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

GÓRNICTWO

Z. 77
GLIWICE
1977

SPIS TREŚCI

		Str.
1.	WSTĘP	3
2.	ROZWÓJ BADAŃ NAD WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA GÓROTWÓR I POWIERZCHNIĘ	8
3.	WPŁYW EKSPLOATACJI POZAFILAROWEJ NA OBIEKTY CHRONIONE FILARAMI	10
3.1.	Wpływ eksploatacji pozafilarowej na obiekty położone na powierzchni oraz na szyby w Zagłębiu Górnośląskim na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych	10
3.2.	Wpływ eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów ochronnych dla szybów na przykładzie zagłębi ZSRR	11
3.3.	Obliczenie teoretyczne wpływu eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów szybowych na powierzchnię i szyb	14
4.	ZAŁOŻENIA DO METODY BEZFILAROWEJ EKSPLOATACJI ZŁÓŻ	23
4.1.	Metody i zasady minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej dla obiektów na powierzchni	24
4.1.1.	Czynniki naturalne	24
4.1.2.	Czynniki górniczo-techniczne	27
4.1.3.	Ocena wpływu poszczególnych czynników na wielkość deformacji	38
4.2.	Metody i zasady minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej przy wybieraniu złoża w rejonie szybów	40
4.2.1.	Analiza poszczególnych metod eksploatacji filarów szybowych	44
4.2.2.	Podsumowanie wyników przeprowadzonej analizy	72
4.3.	Konstrukcja obudów szybowych, podszybi oraz głównych wyrobisk korytarzowych zezwalająca na prowadzenie eksploatacji w filarach ochronnych	74
4.3.1.	Lokalizacja szybów i podszybi dla warunków wpływów eksploatacji	74
4.3.2.	Założenia do konstrukcji i wybór obudów szybowych, wlotów podszybi i wyrobisk korytarzowych	75
4.3.3.	Opracowanie specjalnych metod ochrony i utrzymania głównych wyrobisk korytarzowych	86
4.4.	Metody skutecznego odwadniania górotworu z rejonu szybów celem umożliwienia bezfilarowej eksploatacji złoża	88
4.4.1.	Odwadnianie górotworu wokół szybów istniejących	88
4.4.2.	Odwadnianie górotworu wokół projektowanych szybów	92
4.5.	Zabezpieczenie obiektów powierzchniowych na zwiększone wpływy eksploatacji górniczej	92
4.5.1.	Metody zabezpieczeń	93
4.5.2.	Wymagania stawiane materiałom i konstrukcjom obiektów lokalizowanych na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej	95
5.	ZALECENIA I WNIOSKI	96
5.1.	W zakresie eksploatacji pod obiektami powierzchniowymi	96
5.2.	W zakresie eksploatacji złoża w rejonie szybów	97
5.3.	W zakresie przystosowania konstrukcji obudów szybowych i podszybi do bezfilarowego wybierania złoża	98
5.4.	W zakresie odwadniania górotworu w rejonie szybów celem umożliwienia eksploatacji bezfilarowej	98
5.5.	W zakresie zabezpieczenia obiektów powierzchniowych na wpływy eksploatacji górniczej	99
LITERATURA		100

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 501

MARCIN BORECKI
MIROSŁAW CHUDEK
JAN ZYCH
KAZIMIERZ PODGÓRSKI
ZENON SZCZEPANIAK

PODSTAWY ANALITYCZNE I GÓRNICZO-TECHNICZNE BEZFILAROWEGO WYBIERANIA ZŁOŻA PRZY ZAŁOŻENIU MINIMALIZACJI WPŁYWÓW NA OBIEKTY CHRONIONE W GÓROTWORZE I NA POWIERZCHNI W WARUNKACH GŁĘBOKICH KOPALŃ

GLIWICE 1977

REDAKTOR NACZELNY WYDAWNICTW UCZELNIANYCH
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Jan Bandrowski

REDAKTOR DZIAŁU

Mirosław Chudek

SEKRETARZ REDAKCJI

Jan Znamirowski

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej

Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej
Gliwice, ul. Kujawska 2

Nakł. 200+101 Ark. wyd. 8,01 Ark. druk 7 Papier offsetowy kl. III, 70x100, 70 g
Oddano do druku 6.10.1976 Podpis. do druku 29.01.1977 Druk ukończ. w marcu 1977
Zam. 1145/76 N-25 Cena zł 20.—

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

1. WSTĘP

Wpływ oddziaływania podziemnej eksploatacji złoża na obiekty położone w górotworze i na powierzchni stanowi przedmiot wieloletnich obserwacji, badań i studiów teoretycznych, tak w zakresie poznania mechanizmu samego zjawiska przemieszczeń górotworu naruszonego wybieraniem złoża, jak również poznania charakteru oddziaływania przemieszczeń na obiekty chronione oraz przeciwdziałania ujemnym skutkom tych wpływów.

W celu zabezpieczenia szczególnie ważnych obiektów przed wpływami eksploatacji złoża zastosowano w praktyce górniczej filary ochronne, które w swym pierwotnym znaczeniu nie podlegały eksploatacji. W związku z tym,że filary ochronne, zwłaszcza przy intensywnej eksploatacji zewnętrznej nie okazały się skuteczną ochroną dla obiektów chronionych, a względy ekonomiczne nie pozwalały na znaczne ich powiększanie, pojawiały się już na początku obecnego stulecia pierwsze poglądy zwracające uwagę na gospodarczą celowość eksploatacji filarów ochronnych.

Zagadnienie eksploatacji filarów ochronnych, głównie szybowych,nabrało dużego znaczenia zwłaszcza w europejskim górnictwie węgla kamiennego w rejonach Nadrenii i Westfalii oraz w Zagłębiu Śląsko-Dąbrowskim. Problem ten stawał się aktualnym zwłaszcza ze względów ekonomicznych. Filary ochronne bowiem obejmowały coraz większe zasoby złoża i niejednokrotnie zajmowały znaczną część obszaru górniczego kopalni. W tej sytuacji wyłoniła się uzasadniona gospodarcza konieczność eksploatacji tych filarów przy odpowiednim dodatkowym zabezpieczaniu chronionych obiektów.

Opracowanie efektywnych, ekonomicznie uzasadnionych metod wybierania filarów ochronnych pod różnymi obiektami na powierzchni i w górotworze stało się jednym z głównych zadań budownictwa górniczego szeregu krajów górniczych.

W górnictwie polskim w filarach ochronnych znajduje się ok.25% zasobów węgla kamiennego oraz 33% zasobów rud metali z tym, że w poszczególnych kopalniach zasoby uwięzione w filarach ochronnych stanowią od 16% do 76% zasobów bilansowych.

Wydobycie węgla kamiennego z filarów ochronnych wykazuje znaczną dynamikę wzrostu, uzyskując w ostatnich latach wielkość 40-42% ogólnego wydobycia przy znacznym jego rocznym przyroście.

Wielkość wydobycia z filarów ochronnych w latach 1970-74 z rozbiciem na poszczególne grupy filarów ochronnych obrazuje tablica 1.

TABLICA 1

Rodzaj filarów ochronnych	Grupa filarów	Wydobycie mln ton w roku				
		1970	1971	1972	1973	1974
Szybowe	I	2,0	2,5	1,6	2,1	3,4
Zakładów przemysł.	II	3,5	4,6	4,8	5,4	6,2
Miast i osiedli	III	32,5	34,5	35,3	36,0	39,3
Innych obiektów (dróg, kolei, rzek, itp.)	IV	18,9	18,5	19,7	20,8	19,4
R a z e m	I-IV	56,9	60,1	61,4	54,3	68,4
% wydobycie z filarów ochronnych w stosunku do wydobycia całkowitego	I-IV	40,8	40,2	41,0	41,3	42,2

Jak wynika z tablicy 1 utrzymuje się stała dynamika wzrostu wydobycia z filarów ochronnych, zwłaszcza z filarów ochronnych dla miast i osiedli oraz dla zakładów przemysłowych. Najmniej wydobywa się obecnie z filarów ochronnych dla szybów, których zasoby stanowią ok. 25% całości zasobów uwięzionych we wszystkich filarach ochronnych. Z powyższego wynika, że w zwiększeniu wydobycia z filarów ochronnych dla szybów tkwią duże możliwości dalszego zwiększenia ogólnego wydobycia węgla.

TABLICA 2

Rodzaj filarów ochronnych	Grupa	Sposób kierowania stropem			R a z e m		
		na zawał tys.zł	z podsadzką hydraul. tys.ton	z podsadzką suchą tys.ton	tys. ton	% w stosunku do całk. wydob.	% udz. wydob. z fil. ochron.
Filary szybowe	I	1.145	2.169	87	401	2.1	5.0
Filary zakł. przem.	II	935	5.062	267	6.264	3.9	9.1
Filary miast i osiedli	III	16.154	21.733	1.417	39.304	24.2	57.5
Filary innych obiektów	IV	11.953	6.758	701	19.413	12.0	28.4
R a z e m	I-IV	30.187	35.722	2.472	68.381	42.2	100
Procentowy udział sposobu kierowania stropem w filarach ochronnych	I-IV	44.0	52.4	3.6	100		

W tablicy 2 przedstawiono na przykładzie 1974 r. zakres stosowania poszczególnych sposobów kierowania stropem przy wybieraniu filarów ochronnych. Dominującym systemem kierowania stropem przy wybieraniu filarów ochronnych (tablica 2) jest system z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej, którego udział w całkowitym wydobyciu z filarów ochronnych wynosi 52,4%. Na przestrzeni ostatnich lat obserwujemy ciągły wzrost wydobycia z filarów z zastosowaniem systemu z zawałem stropu.

Wynika to m.in. z doskonalenia metod prognozowania wpływów eksploatacji górniczej oraz metod minimalizacji deformacji górotworu i powierzchni na drodze kształtowania frontów eksploatacyjnych.

Rozważając problem eksploatacji filarów ochronnych należy podkreślić, że pozostawienie filarów ochronnych nie tylko powoduje stratę już rozpoznanego górniczo-złoża, ale w wielu przypadkach utrudnia prawidłowe rozwinięcie robót górniczych, zwiększając ilość robót przygotowawczych,wydłużając drogi transportu itd. oraz powoduje, co jest bardzo istotne dla większych głębokości eksploatacji, zwiększenie zagrożeń górniczych w wyniku wytwarzających się koncentracji naprężeń. Określenie warunków, przy których uzasadniona jest eksploatacja filarów ochronnych ze względów górniczych i ekonomicznych oraz opracowanie metod i sposobów takiej eksploatacji stanowi bardzo ważne zadanie dla nauki i praktyki górniczej. Na konieczność i możliwość eksploatacji węgla i filarów ochronnych w Polsce zwracają już uwagę Kondratowicz [55] i Czeczott [40].

Pierwsze eksploatacje w filarach ochronnych dla szybów podjęto w polskim górnictwie w latach czterdziestych, przy czym były to eksploatacje doświadczalne wnoszące już jednak aspekty skoordynowanego układu frontów wybierania zaprojektowanego wg zasad teorii B. Balsa. Eksploatacje te prowadzone były układem frontów symetryczno-kołowym względem osi szybu.

W czasie eksploatacji notowano jednak dość znaczne, czasem niszczące uszkodzenia obudowy i urządzeń szybowych. Ten stan rzeczy nie sprzyjał gromadzeniu potrzebnych doświadczeń oraz pełnemu rozeznaniu procesu deformacji rury szybowej pod wpływem eksploatacji. Utrudniało to lub wręcz uniemożliwiało projektowanie i wdrażanie eksploatacji w filarach szybowych.

Ogólnie można stwierdzić, że eksploatację filarów ochronnych dla obiektów powierzchniowych rozpoczęto wcześniej jako łatwiejszą technicznie do opanowania. Pierwsze próby podjęto w latach dwudziestych. Eksploatację w filarach ochronnych dla obiektów powierzchniowych prowadzi się obecnie z powodzeniem w wielu filarach dla czułych obiektów, choćby wymienić tutaj: Hutę Pokój, Hutę Batory, Zakłady Urządzeń Technicznych "Zgoda", Hutę Bobrek, miasto Bytom, Katowice, Wałbrzych itp.

Eksploatacja filarów ochronnych dla szybów jest znacznie trudniejsza, gdyż wymaga minimalizacji deformacji na dużej przestrzeni w górotworze i na powierzchni, jak również odpowiednio przystosowanych rozwiązań obudowy szybów i wyrobisk przyszybowych. Dla kompleksowego opracowania tych zagadnień, tak w zakresie badań jak i przemysłowego wdrożenia, powołana zosta-

ła w ramach MGiE w 1961 roku Komisja Filarów Szybowych, działająca pod przewodnictwem Prof. M. Boreckiego.

W wyniku kilkuletnich prac Komisji działającej w zespołach roboczych złożonych z doświadczonych praktyków i pracowników naukowych opracowano podstawy teoretyczne prognozowania wpływów eksploatacji, metody wybierania, jak metoda z kostką przyszybową zapewniająca dużą kompensację wpływów eksploatacji oraz skuteczne w działaniu zabezpieczenia obudowy i urządzeń szybowych. Opracowane rozwiązania wdrożono z powodzeniem w szeregu kopalniach.

W roku 1970 dla ujednolicenia sposobu sporządzania projektów eksploatacji złóż węgla w filarach ochronnych dla szybów, jak również projektowania sposobów zabezpieczenia obudowy i urządzeń szybowych wprowadzone zostały ramowe wytyczne opracowane przez GIG w ramach wspomnianej Komisji.

Pierwsze eksperymentalne eksploatacje w filarach ochronnych czynnych szybów dały pozytywne wyniki i stały się podstawą do eksploatacji filarów szybowych w coraz trudniejszych warunkach.

Jak wspomniano wyżej, nie można rozpatrywać problemu wybierania filarów ochronnych jedynie z ekonomicznego punktu widzenia, bez zwrócenia uwagi na racjonalną gospodarkę złożem oraz na koncentrację naprężeń wytwarzających się w górotworze w wyniku pozostawienia filarów. Zjawisko koncentracji naprężeń posiada zasadniczy wpływ na utrzymanie wyrobisk górniczych oraz na bezpieczeństwo pracy górnika. Zjawiska te będą szczególnie niekorzystnie występować przy eksploatacji złóż na większych głębokościach, przekraczających 700-800 m w górotworze o średnich i niskich parametrach wytrzymałościowych. Takimi parametrami cechuje się górotwór w Rybnickim Okręgu Węglowym i Lubelskim Okręgu Węglowym. Wielu badaczy rozważa problem bezfilarowej eksploatacji nie uwzględniając tych dodatkowych czynników.

Wspomnieć również należy, że w ostatnich latach pojawiają się tendencje do znacznego zmniejszenia wymiarów filarów ochronnych, zwłaszcza dla szybów [79] przy projektowaniu eksploatacji na większych głębokościach. Tendencje te wynikają z przeceniania dodatniego wpływu dużych głębokości na wielkość deformacji górotworu, a zwłaszcza powierzchni, jak również niedoceniania sumowania się wpływów. Wnioski w kierunku zmniejszania wymiarów filarów ochronnych w miarę wzrostu głębokości podejmowane są na podstawie teoretycznych rozważań bazujących na wynikach obserwacji geodezyjnych rejestrujących wpływy eksploatacji górniczej prowadzonych na głębokościach rzędu 200-400 m. Prognozy wskaźników deformacji są ekstrapolowane na większe głębokości. Wytworzony w ten sposób obraz kształtowania się deformacji prowadzi do wniosków nieuzasadnionych rzeczywistymi obserwacjami.

Problem wpływu eksploatacji górniczej prowadzonej na dużych głębokościach wymaga dalszych badań oraz teoretycznych rozważań. Istnieją już jednak dość liczne obserwacje geodezyjne, które wskazują dostatecznie przekonywująco na duży zasięg eksploatacji prowadzonej na większych głębokościach.

Znane są przypadki, przytaczane w literaturze zagranicznej i polskiej, gdzie ograniczenie filarów ochronnych było przyczyną znacznych szkód obiektów chronionych, a szczególnie szybów.

W świetle dotychczasowych doświadczeń i teoretycznych rozważań przy uwzględnieniu strony gospodarczej, racjonalnej gospodarki złożem oraz bezpieczeństwa robót górniczych, może okazać się w pełni uzasadniona jedynie metoda eksploatacji złoża bez utrzymywania filarów ochronnych przy zastosowaniu rozwiązań umożliwiających minimalizację wpływów na obiekty w górotworze i na powierzchni terenu górniczego.

2. ROZWÓJ BADAŃ NAD WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA GÓROTWÓR I POWIERZCHNIĘ

Naruszenie robotami górniczymi pierwotnej równowagi górotworu powoduje jego deformację przejawiającą się w postaci pionowych i poziomych przemieszczeń warstw górotworu. Eksploatacja górnicza powoduje zatem deformacje powierzchni, a wraz z nią deformacje obiektów na powierzchni, przy czym wielkość tych deformacji zależy od wielu czynników.

Zagadnienie analitycznego określania wpływu eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię posiada długą historię i jest tematem szeregu opracowań.

Pierwsze teoretyczne rozwiązania wyjaśniające proces powstawania deformacji odnoszą się do początków ubiegłego wieku. W 1838 r. Toilliez wysunął hipotezę, że wpływy eksploatacji górniczej tzn. pękanie warstw górotworu przenosi się po płaszczyznach prostopadłych do pokładu. Nieco później Gonot [44] rozwinął tę hipotezę. Zagadnieniem tym zajmowali się również Von Sparre [84] i A. Schultz [77].

Jednym z badaczy, który podjął również tę problematykę był belgijski inżynier Dumont [41], który w 1871 r. rozwinął teorię Gonota. Obszerne badania eksperymentalne w drugiej połowie XIX wieku przeprowadził Fayol. Z tego okresu należy wymienić prace R. Hausse, Goodwina, Rziha, Thiriarta i innych.

W okresie międzywojennym powstały tzw. teorie całkowe, które zakładały, że osiadanie w określonym punkcie wyraża się przez pewną całkę powierzchniową obliczaną po obszarze będącym rzutem wyeksploatowanej powierzchni na płaszczyznę poziomą. Dużą rolę odegrały tutaj prace niemieckich autorów, jak Keinhorsta [47, 48] i R. Balsa [3, 4], Fläschenträgera [82], Beyera, Sanna i innych. Powstają również teorie oparte o wyniki badań traktujące górotwór jako ośrodek ciągły. Z niemieckich autorów należy tutaj wymienić prace Eckardta, Kortena, Goldreicha, z angielskich Barryiego, Kinga i innych.

Badania nad wpływem eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię prowadzone były również w Rosji. Ze starszych prac należy wymienić prace Leontowskiego [61] i Protodiakonowa. Z nowych badań radzieckich wymienić należy prace Kozakowskiego [46] i Awierszyna [1, 2].

W Polsce po roku 1945 nastąpił silny rozwój badań nad wpływem eksploatacji na górotwór i powierzchnię [14, 15, 49, 50, 52, 42, 6, 63, 76, 57, 39]. Badania te miały na celu z jednej strony umożliwienie przewidywania wpływów projektowanej eksploatacji górniczej, a z drugiej stosowanie odpowiedniej profilaktyki górniczej i budowlanej.

Powstało wówczas szereg metod obliczeniowych - ruchów górotworu. Można je podzielić na:

- deterministyczne,
- empiryczne (statystyczne).

T. Kochmański, który zapoczątkował powstanie metod statystycznych uważał, że górotwór jest ośrodkiem tak skomplikowanym, iż przyjęcie wyidealizowanego modelu matematycznego opartego na założeniach deterministycznych nie zawsze prowadzi do zamierzonego celu. Ścisłe wzory musiałyby zawierać cały szereg parametrów charakteryzujących różne własności górotworu.Określenie tych parametrów napotyka na trudności, stosuje się więc odpowiednie uproszczenia lub wyznacza niektóre parametry z pomiarów.

Metody deterministyczne stają się wówczas metodami empirycznymi. Przy odpowiednim doborze parametrów dokładność obu grup metod obliczeniowych jest stosunkowo duża. Do metod empiryczno-statystycznych należą metody T. Kochmańskiego, Budryka-Knothego, Z. Kowalczyka i innych. Natomiast do metod deterministycznych należą opracowania A. Sałustowicza, J. Litwiniszyna i innych.

Metody stosowane do przewidywania ruchów górotworu sprowadzają się do pewnych formuł teoretycznych lub empirycznych o określonej liczbie parametrów. Przyjęcie odpowiednio dokładnych wartości tych parametrów decyduje często o sukcesie prognoz deformacji powierzchni i górotworu. Duża liczba parametrów i złożone wzory obliczeniowe znacznie utrudniają korzystanie z danej metody obliczeniowej.

Obliczenia ułatwiają odpowiednie tablice, wykresy i nomogramy (grafikony) jednak dopiero możliwość zastosowania elektronicznej techniki obliczeniowej znacznie ułatwia i przyśpiesza proces obliczeń. Pierwsze próby zastosowania maszyn liczących do obliczania wpływów eksploatacji górniczej przedstawił G. Niederhofer w 1963 r.

W Polsce tymi zagadnieniami zajmują się i posiadają odpowiednie programy do obliczeń: Politechnika Śląska w Gliwicach, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Zakład Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Opracowane programy w znacznym stopniu ułatwiają proces obliczania poszczególnych wskaźników deformacji.

3. WPŁYW EKSPLOATACJI POZAFILAROWEJ NA OBIEKTY CHRONIONE FILARAMI

Znajomość wielkości wpływu eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów ochronnych na obiekty chronione filarami ma bardzo duże znaczenie dla ochrony obiektów tak w górotworze, jak i na powierzchni a także w aspekcie racjonalnej gospodarki złożem. Prawidłowe zaprojektowanie, a później realizacja eksploatacji prowadzonej w filarze ochronnym zależą od wielu czynników geologiczno-górniczych jak również przede wszystkim od stanu technicznego obiektów na powierzchni.

Wpływ eksploatacji pozafilarowej na obiekty na powierzchni można określić najdokładniej w oparciu o przeprowadzone pomiary geodezyjne. Pomiary geodezyjne są w tym przypadku najbardziej wiarygodnym i obiektywnym potwierdzeniem rzeczywistego wpływu eksploatacji górniczej na obiekty.

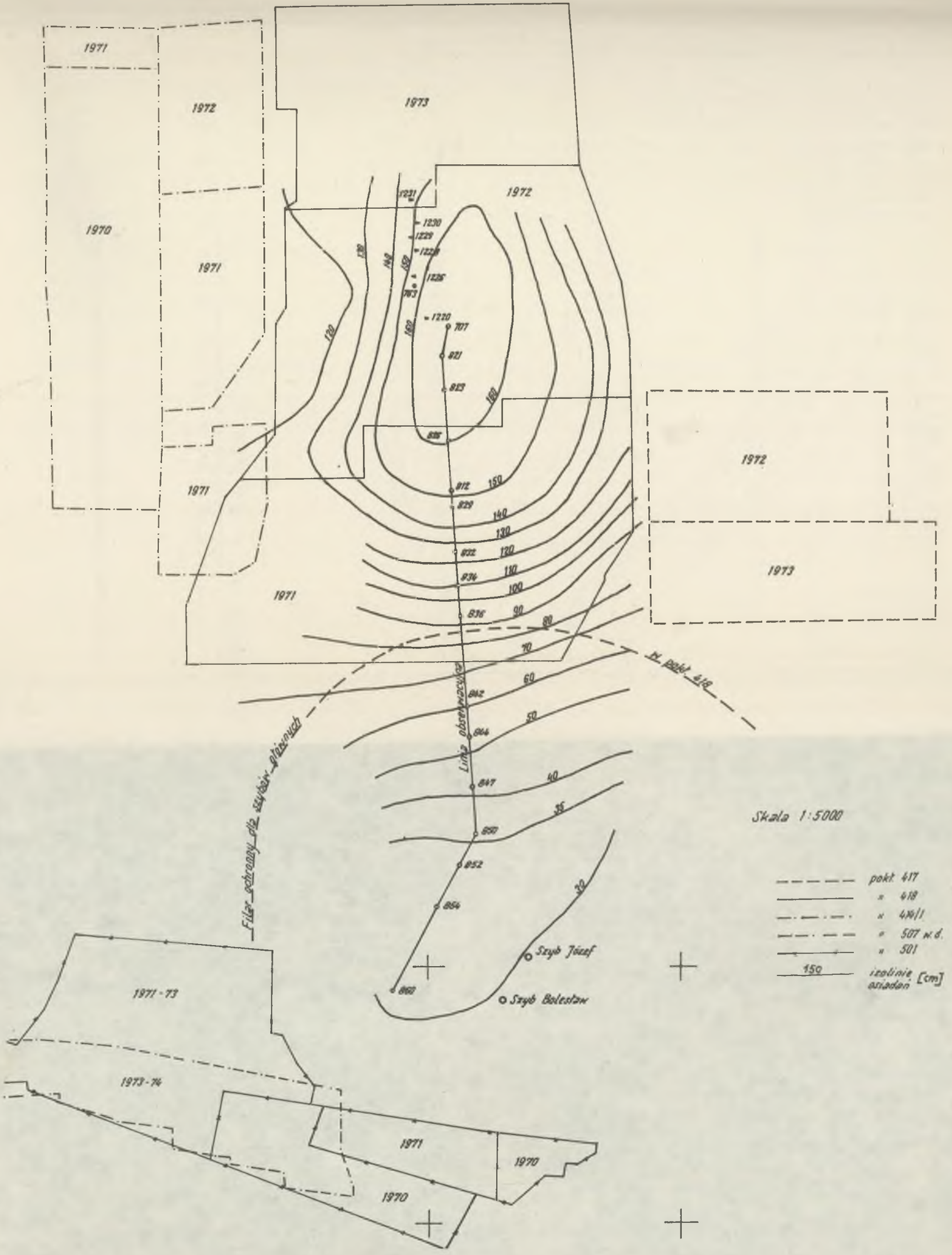
W niniejszym opracowaniu chodzi o wykazanie na konkretnych przykładach jaki jest faktyczny wpływ eksploatacji pozafilarowej na obiekty zlokalizowane w filarze. W przypadku, gdy wpływ ten byłby nieduży tzn. filary spełniałyby swoje zadanie z punktu widzenia ochrony obiektów pozostawałby wówczas tylko problem ekonomiczny związany z ewentualnym odzyskaniem względnie stratą zasobów uwięzionych w danym filarze.

Jeżeli jednak wpływ eksploatacji zewnętrznych byłby tego rzędu, że powodowałby szkody w obiektach chronionych, to wówczas występują dwa problemy jeden związany z ochroną obiektów, a drugi podobnie jak w pierwszym przypadku ekonomiczny.

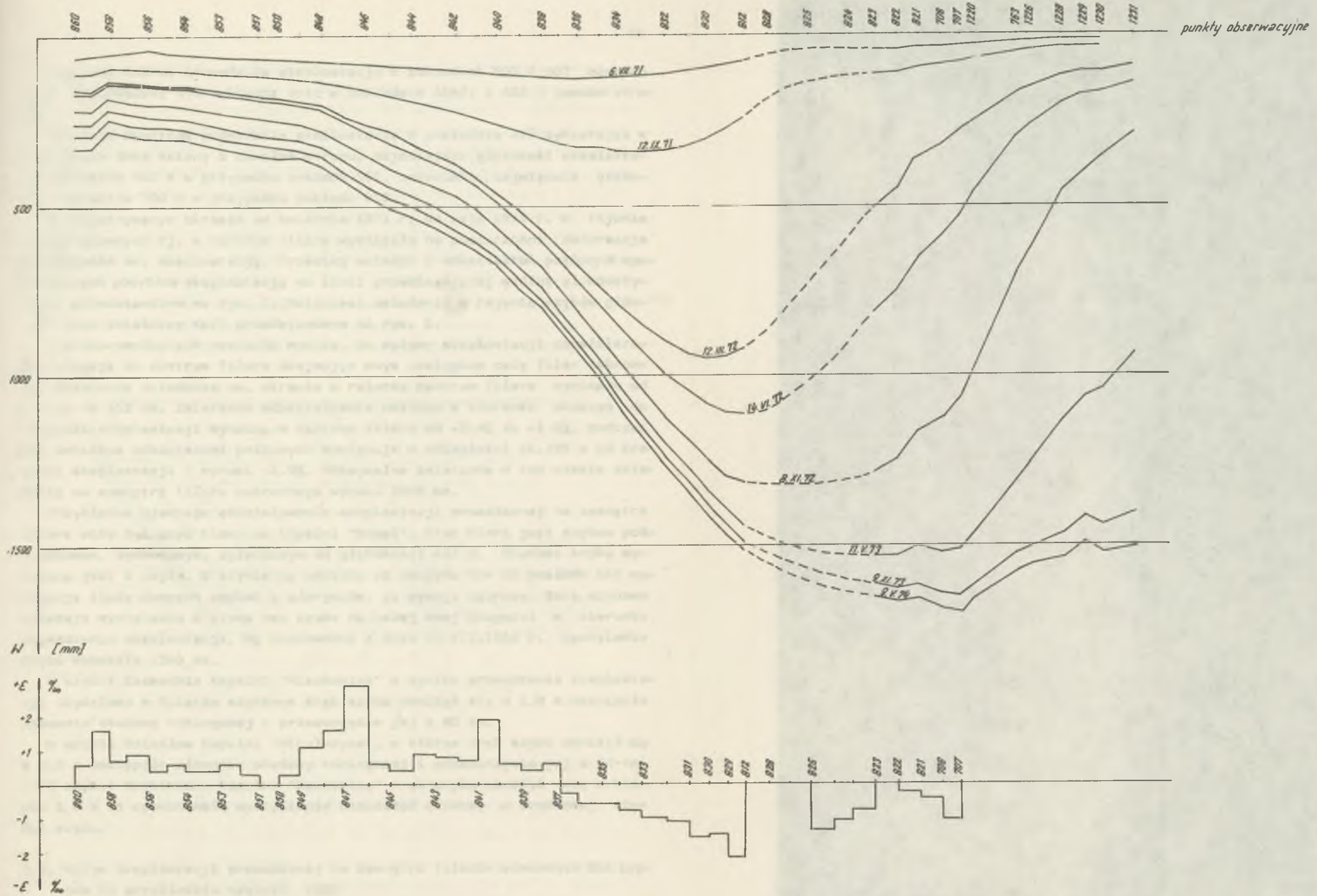
Na podstawie wielu wyników obserwacji geodezyjnych można stwierdzić, że filary ochronne przy intensywnej eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów względnie przy zbyt małych filarach (naruszonych eksploatacją górniczą) nie chronią skutecznie obiektów od uszkodzeń. W pojedynczych przypadkach utrzymywanie filarów ochronnych zwłaszcza o małych wymiarach może być przyczyną występowania nawet większych uszkodzeń, niż przy pełnym wybraniu złoża w filarze ochronnym. Poniżej podane zostaną niektóre przykłady wpływu eksploatacji pozafilarowej względnie prowadzonej częściowo w filarze na obiekty filaru, ze szczególnym uwzględnieniem eksploatacji prowadzonej na dużych głębokościach.

3.1. Wpływ eksploatacji pozafilarowej na obiekty położone na powierzchni oraz na szyby w Zagłębiu Górnośląskim na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych

W rejonie na zewnątrz filaru ochronnego dla szybów głównych (Józef, Bolesław) kopalni Bobrek w latach 1971-1974 prowadziły eksploatację kopalnie Bobrek i Dymitrow (rys. 1).



Rys. 1. Zakres dokonanej eksploatacji górniczej na zewnątrz filara ochronnego dla szybów głównych kop. B wraz z izoliniami osiadań na powierzchni



Rys. 2. Osiadania i odkształcenia poziome wzdłuż linii obserwacyjnej na ul. Konstytucji w Karbiu

Kopalnia Bobrek prowadziła eksploatację w pokładach 501 i 507 warstwa dolna z podsadzką hydrauliczną oraz w pokładach 414/1 i 418 z zawałem stropu.

Kopalnia Dymitrow prowadziła eksploatację w pokładzie 417 wybierając w tym czasie dwie ściany z zawałem stropu. Najmniejsza głębokość eksploatacji wynosiła 300 m w przypadku pokładu 501, natomiast największa głębokość wynosiła 700 m w przypadku pokładu 418.

W rozpatrywanym okresie od kwietnia 1971 r. do maja 1974 r. w rejonie szybów głównych tj. w centrum filaru wystąpiły na powierzchni deformacje spowodowane ww. eksploatacją. Przebieg osiadań i odkształceń poziomych spowodowanych powyższą eksploatacją na linii przebiegającej wzdłuż ul.Konstytucji przedstawiono na rys. 2. Natomiast osiadania w rejonie szybów głównych oraz dzielnicy Karb przedstawiono na rys. 1.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że wpływy eksploatacji pozafilarowej sięgają do centrum filara obejmując swym zasięgiem cały filar ochronny. Zmierzone osiadanie ww. okresie w rejonie centrum filara wyniosły od 234 mm do 313 mm. Zmierzone odkształcenia poziome w kierunku ukośnym do krawędzi eksploatacji wynoszą w centrum filaru od +0,4% do +1,6%, podczas gdy maksimum odkształceń poziomych występuje w odległości ok.185 m od krawędzi eksploatacji i wynosi +2,9%. Maksymalne zmierzone w tym czasie osiadanie na zewnątrz filaru ochronnego wynosi 1668 mm.

Przykładem ujemnego oddziaływania eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filaru może być szyb Klara na kopalni "Wawel". Szyb Klara jest szybem podsadzkowym, wydechowym, zgłębionym do głębokości 433 m. Obudowa szybu wykonana jest z cegły. W szybie na odcinku od pokładu 504 do pokładu 510 występują ślady dawnych spękań i odprysków, co wymaga naprawy. Rura szybowa wykazuje wychylenia z pionu osi szybu na całej swej długości w kierunku prowadzenia eksploatacji. Wg pionowania z dnia 19.VII.1964 r. wychylenie szybu wynosiło 1565 mm.

W szybie Zachodnim Kopalni "Miechowice" w wyniku prowadzenia eksploatacji częściowo w filarze szybowym zrąb szybu obniżył się o 1,8 m,nastąpiło złamanie obudowy tubingowej i przesunięcie jej o 40 cm.

W szybie Bolesław Kopalni "Mikulczyce", w którym zrąb szybu obniżył się o 1,5 m nastąpiło złamanie obudowy tubingowej i przesunięcie jej o 30 cm.

W szybie Kościuszko kopalni "Rokitnica" zrąb szybu obniżył się o blisko 2,0 m co spowodowało wystąpienie uszkodzeń obudowy w środkowej części szybu.

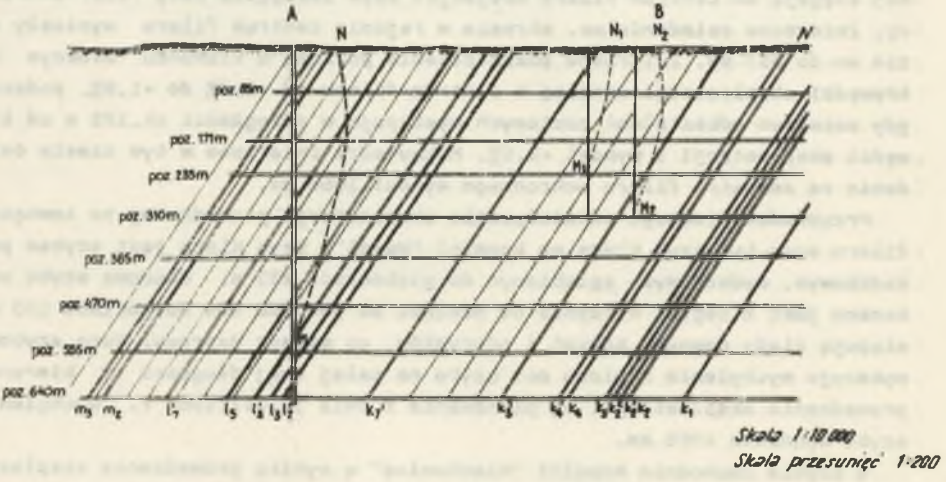
3.2. Wpływ eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów ochronnych dla szybów na przykładzie zagłębi ZSRR

W pracy [56] M. Korotkow przeanalizował 28 przykładów uszkodzonych szybów. Po szczegółowej analizie okazało się, że główną przyczyną takiego stanu rzeczy było prowadzenie eksploatacji blisko rur szybowych po podjęciu decyzji o zmniejszeniu wymiarów filarów ochronnych dla tych szybów.

Wpływy eksploatacji ujawniły się szczególnie intensywnie w górnych odcinkach szybów obejmując niejednokrotnie bardzo duże odcinki szybów. Przy zrębach szybów pomierzono dość duże obniżenia. Uszkodzenia szybów występowały w postaci spękań obudów szybowych, łuszczenia się i odspajania całych części obudowy do szybów. Z przeprowadzonej analizy wynika również, że szyby uległy wychyleniu i skrzywieniu, przy czym wychylenia o wartości poniżej 1 m wystąpiły w 72%, wychylenia o wartości 1 m do 2 m w 24% oraz wychylenia o wartości ponad 2 m w 4%.

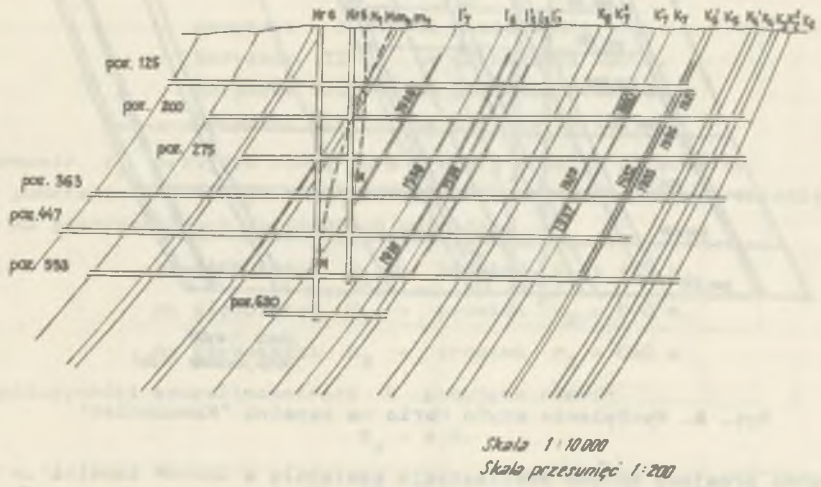
Obniżeniom i wychyleniom towarzyszyło wzmożone ciśnienie, w wyniku którego szyby zostały znacznie uszkodzone. Poniżej zostaną podane niektóre przykłady:

- wychylenia szybu kopalni "Kaczegarka" pokazane zostało na rys.3. W szybie wystąpiły spękania obudowy murowej na głębokości 290, 460, 540 i 580 m. Części naruszonej obudowy miały powierzchnię po ok. 25 m^2,

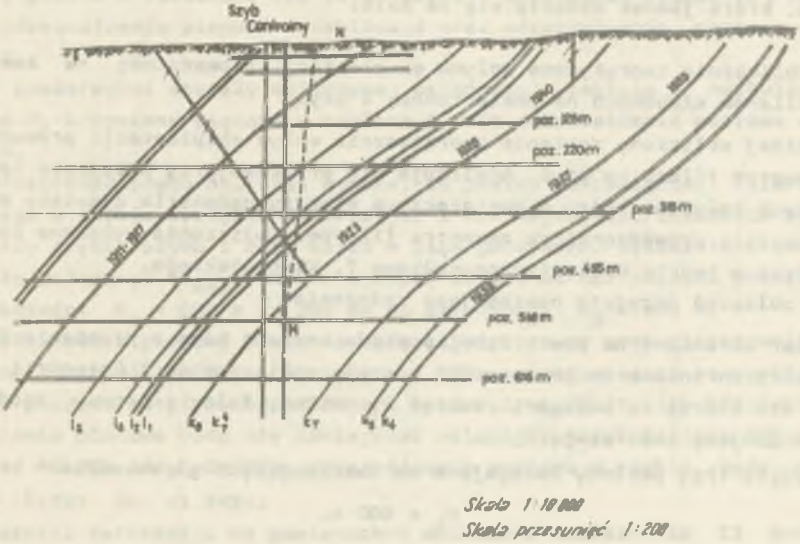


Rys. 3. Wychylenia szybu kopalni "Koczegarka"

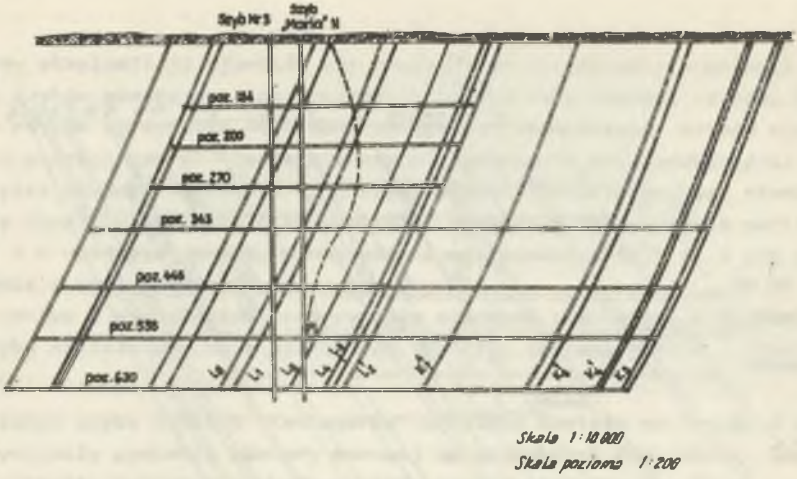
- wychylenie szybów 5 i 6 kopalni im. Lenina pokazano na rys. 4, w szybie nr 6 na głębokości 363 m od powierzchni pojawiły się szczeliny. Oddzielone tymi szczelinami części obudowy miały powierzchnię do 103 m^2,
- wychylenie szybu na kopalni im. Dzierżyńskiego pokazano na rys. 5,
- wychylenie szybu Maria na kopalni "Komsomolec" pokazano na rys.6.Na odcinku od 345 m do 445 m pojawiły się deformacje w formie spękań oraz odspojeń obudowy. W późniejszym okresie analogiczne deformacje powstały na głębokościach 278 m, 370 m, 380 m.



Rys. 4. Wychylenie szybu kopalni Nr 5-6 im.Lenina



Rys. 5. Wychylenie szybu kopalni im. Dzierżyńskiego



Rys. 6. Wychylenie szybu Maria na kopalni "Komsomolec"

Podobne przejawy wpływu eksploatacji wystąpiły w innych kopalniach Donieckiego Zagłębia i tak poziome przesunięcie zrębu szybu na kopalni nr 4 osiągnęło 1800 mm, na kopalni nr 3 - 800 mm, na kopalni nr 9-9 bis. - 500 mm do 700 mm i na kopalni Centralna - 840 mm. Na tej ostatniej na poziomie 220 m poziome przesunięcie osiągnęło 510 mm i na poziomie 315 m - 710 mm.

We wszystkich tych przypadkach były pozostawione filary ochronne dla szybów, które jednak okazały się za małe.

3.3. Obliczenie teoretyczne wpływu eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów szybowych na powierzchnię i szyb

Poniżej obliczony zostanie teoretycznie wpływ eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filaru na szyb. Analizuje się przykład przy przyjęciu upraszczających założeń, który w dostatecznym stopniu naświetla zjawisko wpływu eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów. Obliczenia wykonane zostały w oparciu o teorię statystyczno-całkową T. Kochmańskiego.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- obszar chroniony na powierzchni posiada kształt koła o promieniu 200 m,
- obiekty chronione na powierzchni zostały zaliczone do I kategorii ochrony, dla której to kategorii został wyznaczony filar ochronny zgodnie z obowiązującą instrukcją,
- przyjęto trzy pokłady zalegające na następujących głębokościach

$$H_1 = 600 \text{ m},$$

$$H_2 = 750 \text{ m},$$

$$H_3 = 900 \text{ m},$$

przy czym każdy z nich wywołuje osiadanie o wartości maksymalnej równej W_{max} = 1,0 m,

- punkty obliczeniowe w szybie przyjęto na następujących horyzontach:

  horyzont I - na powierzchni,
  horyzont II - na głębokości 100 m,
  horyzont III - na głębokości 200 m,
  horyzont IV - na głębokości 300 m,

- parametr r_o przyjęto równy 50 m i stały w całym górotworze,
- na podstawie instrukcji o wyznaczaniu filarów ochronnych promienie filara na poszczególnych horyzontach wynoszą:

  na głębokości H_1 - promień r_1 = 475 m,
  na głębokości H_2 - promień r_2 = 570 m,
  na głębokości H_3 - promień r_3 = 660 m,

- współczynniki szczelinowatości S przyjęto równe:

  $S_x = 4,0$,
  $S_z = 1,5$,

- na powierzchni przyjęto 13 punktów obliczeniowych rozmieszczonych na rysunku 7,
- na powierzchni przyjęto układ współrzędnych x, y.

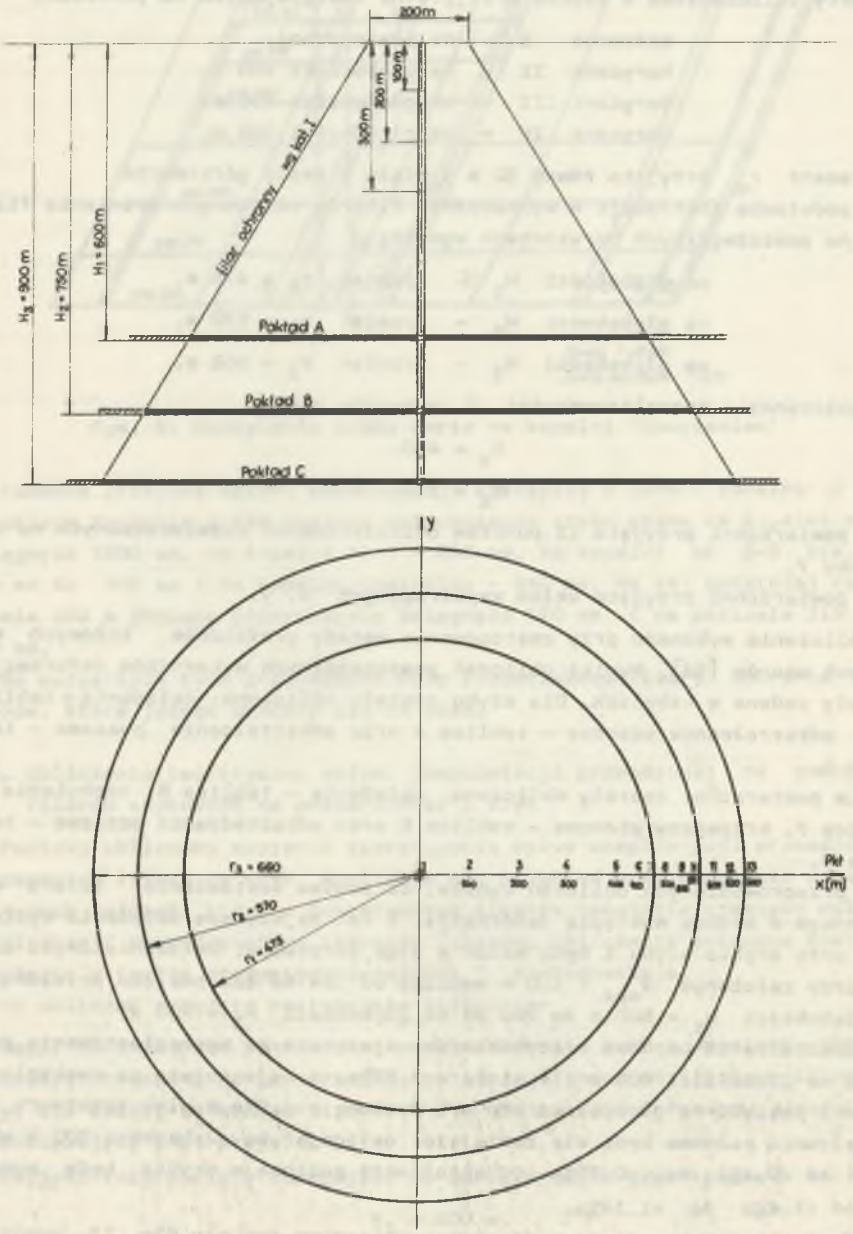
Obliczenia wykonano przy zastosowaniu metody grafikonów kołowych wg znanych wzorów [54]. Wyniki obliczeń poszczególnych wskaźników deformacji zostały podane w tabelach. Dla szybu zostały obliczone: osiadania - tablica 3, odkształcenia pionowe - tablica 4 oraz odkształcenia poziome - tablica 5.

Dla powierzchni zostały obliczone: osiadania - tablica 6, nachylenie - tablica 7, krzywizny pionowe - tablica 8 oraz odkształcenia poziome - tablica 9.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że pomimo zostawienia filaru ochronnego w szybie wystąpią deformacje. I tak największe osiadania występują przy zrębie szybu i będą maleć w głąb górotworu. Osiadania zrębu szybu, przy założonym W_{max} = 1,0 m wyniosą od 184 mm dla pokładu położonego na głębokości H_1 = 600 m do 269 mm na głębokości H_3 = 900 m.

Odkształcenia pionowe w szybie będą największe po wyeksploatowaniu pokładu na głębokości 600 m i wyniosą - 1,07‰, a najmniejsze po wyeksploatowaniu pokładu na głębokości 900 m i wyniosą - 1,0‰.W głąb górotworu odkształcenia pionowe będą się zmniejszać osiągając na głębokości 300 m wartości od -0,4‰ do -0,75‰. Odkształcenia poziome w szybie będą wynosić od +1,4‰ do +1,34‰.

Wskaźniki deformacji na powierzchni obliczone zostały dla 13 punktów rozmieszczonych na rys. 7.



Rys. 7. Schemat do obliczania wpływu eksploatacji zewnętrznej na szyb i obiekty na powierzchni

Obniżenie szybu - w mm

TABLICA 3

Horyzont	Osiadanie pod wpływem wyeksploatowania pokładu		
	A	B	C
I	184	223	269
II	121	161	218
III	58	99	154
IV	18	50	91

Odkształcenia pionowe szybu - ε_z ‰

TABLICA 4

Horyzont	Odkształcenia pionowe pod wpływem wyeksploatowania pokładu		
	A	B	C
I	-1,07	-1,02	-0,98
II	-1,00	-0,98	-9,00
III	-0,74	-0,85	-0,94
IV	-0,40	-0,62	-0,75

Odkształcenia poziome w szybie w kierunku x - ε_x ‰

TABLICA 5

Horyzont	Odkształcenia poziome pod wpływem wyeksploatowania pokładu		
	A	B	C
I	+1,42	+1,36	+1,30
II	+1,32	+1,32	+1,34
III	+0,98	+1,13	+1,25
IV	+0,53	+0,83	+1,00

Obniżenia na powierzchni - w mm

TABLICA 6

Nr pkt	Osiadania pod wpływem wyeksploatowania pokładu		
	A	B	C
1	184	223	269
2	201	236	280
3	240	263	301
4	316	309	332
5	453	385	381
6	552	438	413
7	624	470	432
8	688	506	453
9	747	561	486
10	798	637	524
11	833	698	560
12	861	739	595
13	884	775	653

Nachylenie na powierzchni w kierunku x - T_x ‰

TABLICA 7

Nr pkt	Naczylenie pod wpływem pokładu		
	A	B	C
1	-0,00	-0,00	-0,00
2	-0,24	-0,16	-0,11
3	-0,55	-0,35	-0,24
4	-1,02	-0,60	-0,39
5	-1,82	-0,96	-0,60
6	-2,37	-1,22	-0,73
7	-2,51	-1,37	-0,80
8	-2,16	-1,54	-0,88
9	-1,66	-1,80	-1,02
10	-1,28	-1,97	-1,17
11	-1,03	-1,68	-1,31
12	-0,84	-1,39	-1,47
13	-0,78	-1,76	-1,55

Krzywizny pionowe w kierunkach xy - 10^{-3} . K km^{-1}

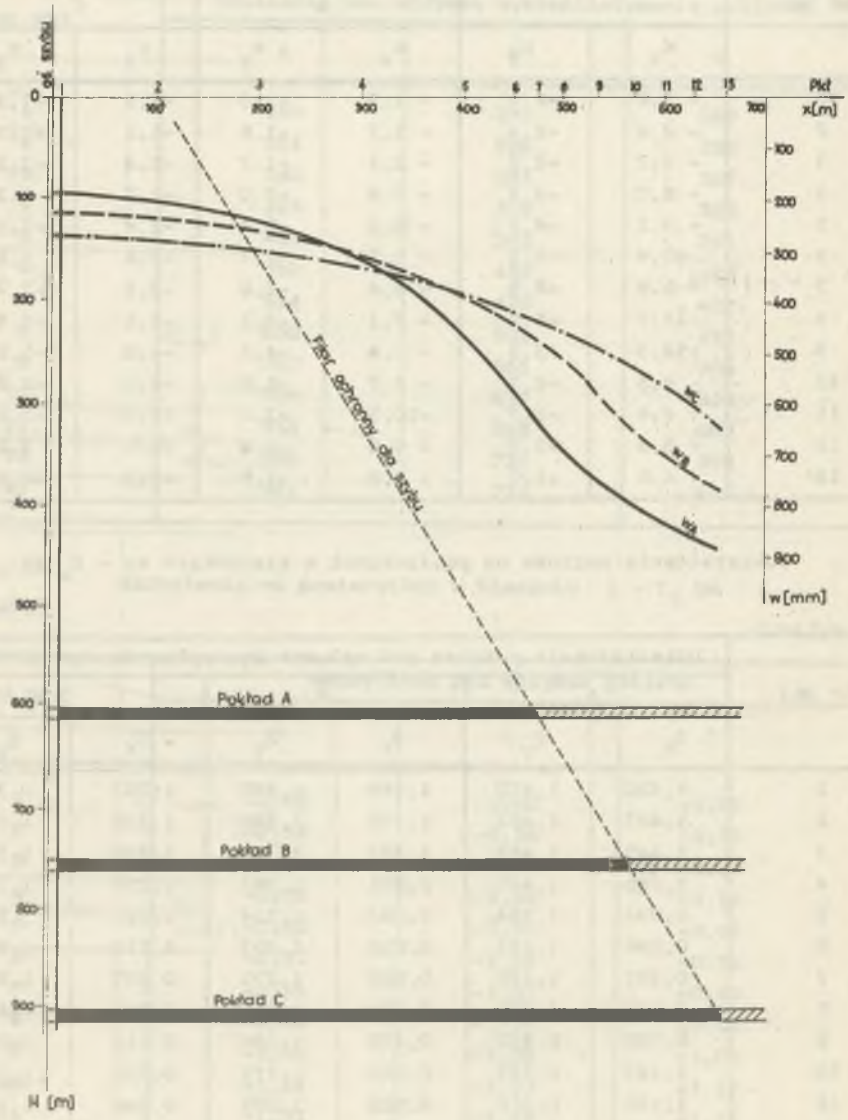
TABLICA 8

Nr pkt	Krzywizny pod wpływem wyeksploatowania pokładu					
	A		B		C	
	K_x	K_y	K_x	K_y	K_x	K_y
1	- 2,2	-2,2	- 1,5	-1,5	-1,1	-1,1
2	- 2,6	-2,4	- 1,7	-1,6	-1,1	-1,1
3	- 3,7	-2,7	- 2,1	-1,7	-1,4	-1,2
4	- 6,0	-3,4	- 2,9	-2,0	-1,7	-1,3
5	- 0,1	-4,5	- 4,5	-2,4	-2,4	-1,5
6	-10,4	-6,5	- 5,7	-2,7	-2,6	1,6
7	- 6,9	-8,5	- 6,4	-3,0	-3,1	-1,7
8	-15,7	-5,2	- 7,1	-3,3	-3,5	-1,8
9	+12,3	-3,3	- 7,4	-4,1	-4,0	-1,9
10	+ 9,3	-2,3	- 4,7	-5,8	-4,6	-2,2
11	+ 7,4	-1,7	+10,5	-3,4	-5,0	-2,5
12	+ 5,8	-1,3	+ 8,6	-2,4	-4,9	3.0
13	+ 4,6	-1,0	+ 7,0	-1,8	-3,3	-4,1

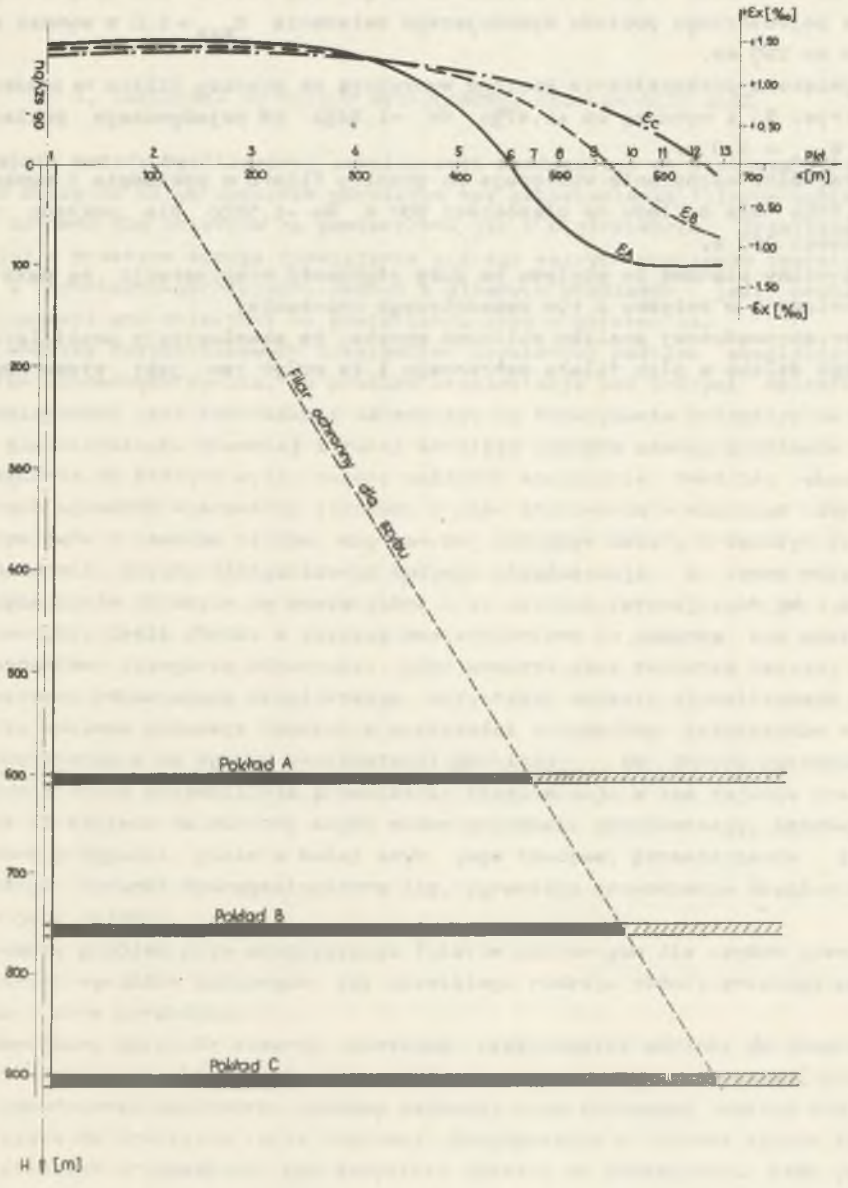
Odkształcenia poziome na powierzchni w kierunkach xy - ε_p ‰

TABLICA 9

Nr pkt	Odkształcenia poziome pod wpływem wyeksploatowania pokładu					
	A		B		C	
	ε_x	ε_y	ε_x	ε_y	ε_x	ε_y
1	1,420	1,420	1,359	1,359	1,303	1,303
2	1,463	1,463	1,389	1,389	1,328	1,328
3	1,445	1,469	1,377	1,396	1,316	1,340
4	1,285	1,445	1,291	1,383	1,254	1,322
5	0,694	1,354	1,057	1,334	1,125	1,297
6	0,086	1,254	0,836	1,297	1,015	1,293
7	0,301	1,186	0,688	1,273	0,947	1,254
8	0,676	1,070	0,504	1,242	0,861	1,242
9	0,990	0,922	0,178	1,186	0,719	1,211
10	1,143	0,781	0,221	1,119	0,535	1,180
11	1,186	0,676	0,528	1,039	0,344	1,143
12	1,180	0,578	0,731	0,959	0,116	1,107
13	1,143	0,485	0,879	0,861	0,147	1,057



Rys. 8. Osiadanie powierzchni pod wpływem eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filara szybowego



Rys. 9. Odkształcenia poziome na powierzchni pod wpływem eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filara szybowego

Osiadanie dla poszczególnych punktów podano w tablicy 6 oraz przedstawiono na wykresach (rys. 8). Osiadanie na granicy filaru pod wpływem wybrania pojedynczego pokładu wywołującego osiadanie $W_{max} = 1,0$ m wynosi od 200 mm do 280 mm.

Największe odkształcenia poziome występują na granicy filaru na powierzchni (rys. 9) i wynoszą od +1,47‰ do +1,34‰ od pojedynczego pokładu przy $W_{max} = 1,0$ m.

Maksymalne nachylenie występuje na granicy filaru w pokładzie i wynosi od -2,51‰ dla pokładu na głębokości 600 m do -1,55‰ dla pokładu na głębokości 900 m.

Krzywizny pionowe ze względu na dużą głębokość eksploatacji są małe i nie posiadają w związku z tym zasadniczego znaczenia.

Z przeprowadzonej analizy obliczeń wynika, że eksploatacja pozafilarowa sięga daleko w głąb filaru ochronnego i że wpływ ten jest stosunkowo duży.

4. ZAŁOŻENIA DO METODY BEZFILAROWEJ EKSPLOATACJI ZŁÓŻ

Istota metody bezfilarowej eksploatacji złóż polega na planowym wybieraniu złoża na całym obszarze górniczym bez pozostawiania filarów ochronnych zarówno dla obiektów na powierzchni jak i w górotworze. Zrealizowanie jej w praktyce wymaga rozwiązania szeregu waznych problemów teoretycznych i techniczno-górniczych. Jednym z głównych problemów jest problem eksploatacji pod obiektami na powierzchni oraz w gorotworze.

Z analizy dotychczasowych doświadczeń uzyskanych podczas eksploatacji filarów ochronnych wynika, że problem eksploatacji pod czułymi obiektami na powierzchni jest technicznie łatwiejszy do rozwiązania zwłaszcza na dużych głębokościach. Niemniej i tutaj istnieje jeszcze szereg problemów do rozwiązania, do których m.in. należy zaliczyć stosowanie bardziej ekonomicznych sposobów kierowania stropem, a więc stosowanie w większym zakresie systemów z zawałem stropu. Aby ten cel osiągnąć należy w dalszym ciągu doskonalić metody minimalizacji wpływów eksploatacji. a także metody zabezpieczenia obiektów na powierzchni i to zarówno istniejących jak i projektowanych. Jeśli chodzi o obiekty powierzchniowe to powinny one posiadać jednakową kategorię odporności, gdyż wówczas jest znacznie łatwiej zaprojektować odpowiednią eksploatację. Dotychczas obiekty zlokalizowane na terenie zakładu głównego kopalni w większości przypadków praktycznie nie są zabezpieczone na wpływy eksploatacji górniczej, co bardzo ogranicza względnie wręcz uniemożliwia prowadzenie eksploatacji w tym rejonie pomimo, że ze względu na ochronę szybu można prowadzić eksploatację. Istnieją też inne przypadki, gdzie z kolei szyb, jego obudowa, przeznaczenie, lokalizacja, warunki hydrogeologiczne itp. ogranicza prowadzenie eksploatacji w jego rejonie.

Poważny problem przy eksploatacji filarów ochronnych dla szybów stanowi ochrona wyrobisk poziomych, jak wszelkiego rodzaju komory, przekopy, podszybia i inne wyrobiska.

Zawodniony górotwór stwarza dodatkowe, niekorzystne warunki do eksploatacji w rejonie szybów. Ażeby ten problem rozwiązać należy rozwiązać problem odwadniania górotworu, obudowy szybowej oraz opracować metody minimalizujące deformacje w rurze szybowej. Eksploatacja w rejonie szybów będzie w takich przypadkach, gdy wszystkie obiekty na powierzchni, szyb jak i inne obiekty w górotworze będą odpowiednio do tej eksploatacji przystosowane, a więc zabezpieczone na prognozowane wpływy eksploatacji górniczej.

Z przedstawionej krótkiej analizy wynika, że dla realizacji metody bezfilarowej eksploatacji złóż, koniecznym jest prowadzenie badań naukowych i doświadczeń w następujących problemach:

1. Opracowanie metod i zasad minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię.
2. Opracowanie konstrukcji obudów szybowych i wyrobisk przyszybowych przystosowanych na wpływy eksploatacji górniczej.
3. Opracowanie specjalnych metod ochrony i utrzymania głównych wyrobisk korytarzowych.
4. Opracowanie skutecznych metod odwodnienia górotworu z rejonu szybów celem umożliwienia eksploatacji filarów szybowych.
5. Opracowanie efektywnych metod zabezpieczenia obiektów na powierzchni na zwiększone wpływy eksploatacji górniczej.

W każdym z powyższych problemów dokonano wszechstronnej analizy dotychczasowych poglądów i rozwiązań oraz przedstawiono propozycje rozwiązań i kierunki niezbędnych badań w najbliższej przyszłości.

4.1. Metody i zasady minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej dla obiektów na powierzchni

Naruszenie robotami górniczymi pierwotnej równowagi górotworu powoduje przemieszczenie warstw górotworu i powierzchni. Wyróżnia się przy tym składowe pionowe (osiadania) i poziome (przesunięcia) tych przemieszczeń.Przemieszczenie górotworu powoduje deformacje obiektów znajdujących się w górotworze i na powierzchni, przy czym wielkość tych deformacji zależy od wielu czynników.

Podstawowe czynniki wpływające na wartości i rozkłady deformacji górotworu i powierzchni terenu w procesie przemieszczeń poeksploatacyjnych można podzielić na następujące grupy:

- czynniki naturalne,
- czynniki górniczo-techniczne.

4.1.1. Czynniki naturalne

Do najważniejszych czynników naturalnych wpływających na proces przemieszczeń górotworu i powierzchni należą:

- budowa górotworu nad wybieranym pokładem,
- głębokość zalegania pokładu,
- występujące dyslokacje tektoniczne,
- nachylenie pokładu.

Budowa górotworu nad wybieranym pokładem posiada w procesie deformacji górotworu i powierzchni duże znaczenie. Nie jest obojętne w procesie deformacji czy w budowie geologicznej warstw górotworu biorą udział tylko warstwy karbonu czy też nad karbonem zalegają warstwy triasu czy wreszcie

trzeciorzędu i czwartorzędu. Poza tym własności fizykochemiczne poszczególnych warstw w górotworze odgrywają dużą rolę.

Skały plastyczne charakteryzują się tym, że nawet przy dużych odkształceniach nie pękają, podczas gdy skały kruche po przekroczeniu granicy sprężystości ulegają spękaniu. Skały plastyczne zalegające nad eksploatowanym pokładem ulegają silnemu ugięciu i łagodnie osiadają na podłożu (podsadzce), przez co niecka obniżeniowa wykazuje stromo wykształcone skrzydła i stosunkowo niewielki zasięg. Skały sztywne (grube ławy piaskowca) łamią się dużymi płytami, niejednokrotnie zawał taki połączony jest z silnymi wstrząsami. Skrzydła niecki są łagodne, a niecka obniżeniowa rozprzestrzenia się na znaczne odległości.

Wpływ własności fizykomechanicznych górotworu wyraża się odpowiednimi parametrami liczbowymi. Im średnia zwięzłość górotworu jest większa, tym większy parametr odzwierciedlający te cechy.

Duże znaczenie w procesie deformacji górotworu, zwłaszcza przy eksploatacji filarów szybowych, posiada stopień zawodnienia górotworu. Odwodnienie górotworu połączone z sufozją może spowodować w górotworze i na powierzchni deformacje niejednokrotnie większe, niż w wyniku samej tylko eksploatacji.

Zasadniczy wpływ na wielkość deformacji i prędkość ich ujawniania się na powierzchni posiada grubość nadkładu, a szczególnie warstw młodszych. Jak wykazały badania przeprowadzone przez Instytut Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej [73] w ROW-wie stosunek grubości warstw karbońskich zalegających nad eksploatowanym pokładem do grubości nadkładu ma kapitalne znaczenie w procesie deformacji górotworu. Im stosunek warstw karbońskich do warstw nadkładu złożonych z warstw trzeciorzędowych i czwartorzędowych jest mniejszy, tym większe są deformacje na powierzchni.

Wpływ na wielkość deformacji górotworu posiada stopień jego zruszenia pod wpływem zjawisk naturalnych, jak: szczelinowatość, kliważ, łupliwość, występowanie płaszczyzn o osłabionej wytrzymałości i inne, a także stopień zruszenia górotworu przez wcześniejsze eksploatacje.

Głębokość zalegania pokładu. Wpływ głębokości jest jednym z najbardziej istotnych w procesie deformacji górotworu i powierzchni. Dla interesujących nas deformacji o charakterze ciągłym wpływ głębokości można wyrazić w następujący sposób: w miarę zwiększania się głębokości eksploatacji (przy zachowaniu pozostałych czynników bez zmiany) obserwuje się zmniejszanie wartości maksymalnych wskaźników deformacji, przy równoczesnym zwiększaniu się zasięgu wpływów eksploatacji górniczej.

Z głębokością eksploatacji wiąże się pojęcie bezpiecznej głębokości eksploatacji. Badania na ten temat prowadzone były w wielu krajach. Początkowo pod tym pojęciem rozumiano taką najmniejszą głębokość (Dumont, Sieciński, Klenczar), poniżej której eksploatacja nie powoduje w ogóle żadnych skutków na powierzchni. B. Krupiński i A. Lisowski bezpieczną głębo-

kość określali w odniesieniu do dopuszczalnej dla określonego obiektu granicznej wartości poziomych odkształceń właściwych. Instrukcja wyznaczania filarów ochronnych w obszarach górniczych Zagłębia Górnośląskiego i Dolnośląskiego podaje zależność pomiędzy wielkością odkształcenia poziomego,głębokością eksploatacji i przewidywanym maksymalnym osiadaniem. W tym celu zostały opracowane odpowiednie wzory i nomogramy [67].

Reasumując, pod pojęciem bezpiecznej głębokości eksploatacji należy rozumieć taką głębokość,poniżej której wybieranie złoża wywołuje na powierzchni deformacje mniejsze lub równe dopuszczalnym jakie mogą przejąć chronione obiekty. Należy zaznaczyć, że wszystkie teoretyczne rozważania i wzory odnoszą się do określenia bezpiecznej głębokości dla jednego pokładu. W przypadku zalegania kilku pokładów wyznaczenie bezpiecznej głębokości jest zagadnieniem bardzo złożonym.

Wydaje się jednak na podstawie wstępnych badań przeprowadzonych w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni, że niektórzy autorzy przeceniają łagodzący wpływ dużej głębokości.Głębokości bezpiecznej nie można bowiem rozpatrywać jako głębokości bezwzględnej. Znane wzory na bezpieczną głębokość nie uwzględniają w dostatecznym stopniu własności górotworu, jego budowy i stanu. Bez uwzględnienia tych czynników,a także innych, jak m.in. szybkości postępu frontu, kształt frontu,wielkość pola eksploatacyjnego nie sposób jest określić bezpieczną głębokość eksploatacji.

Dyslokacje tektoniczne. Przebieg deformacji wewnątrz górotworu i na powierzchni terenu może ulec poważnemu odchyleniu od wartości przeciętnie spotykanych w strefach uskokowych. Na wielkość i rozkład deformacji w strefach uskokowych wpływa przede wszystkim charakter i wielkość szczelin uskokowych, rodzaj materiału wypełniającego te szczeliny, wysokość i kierunek zrzutu uskoku, a przede wszystkim kąt nachylenia płaszczyzny zrzutu. Na podstawie wielu badań przeprowadzonych przede wszystkim w Głównym Instytucie Górnictwa, należy stwierdzić, że im większy kąt nachylenia płaszczyzny zrzutu, tym większe prawdopodobieństwo ujawnienia się ujemnego wpływu uskoku na powierzchni.

Ważne jest tutaj czy kierunek eksploatacji stwarza możliwość rozwarcia się szczeliny uskokowej, czy też będzie powodował jej zaciśnięcie, a tym samym zwiększy względnie zmniejszy możliwość wzajemnego przesunięcia się warstw.

Najbardziej skutecznym środkiem, który nie dopuszcza w zasadzie do ujawniania się na powierzchni ujemnego wpływu uskoku jest prowadzenie eksploatacji równoważnej po obydwu stronach uskoku, przy czym kierunek postępu frontu eksploatacyjnego powinien być równoległy do uskoku.

Nachylenie pokładu. Pokłady poziome i nieznacznie nachylone wykazują duże podobieństwo rozkładów deformacji, natomiast przy nachyleniach większych od ok. 10^{o} obserwuje się przemieszczenia krzywych rozkładu deformacji w stronę nachylenia pokładu i brak ich symetrii w części po wnosie i nachyleniu.

Przy kącie przekraczającym 10^{o} należy dokonać, celem dokładniejszego zlokalizowania miejsca występowania maksymalnych wartości wskaźników, tzw. odrzutownie wpływów, obliczyć dewiację liniową w kierunku upadu pokładu. Wielkość tę można obliczyć ze wzoru

$$v = Hśr \cdot tg(n \cdot \alpha),$$

gdzie:

Hśr - średnia głębokość tej części pokładu, nad którą na powierzchni terenu ma wystąpić strefa działania maksymalnej wartości danego wskaźnika deformacji przy poziomo zalegającym pokładzie,

n - parametr, którego wartość zawarta jest na ogół w granicach n = = 0,4-0.7,

α - kąt nachylenia pokładu.

Jeśli pochyło zalegający górotwór karboński jest przykryty grubszym nadkładem skał młodszych (o grubości h) to dla obliczenia dewiacji liniowej należy stosować wzór:

$$V = \frac{Hśr - h}{Hśr} \; tg(n \cdot \alpha).$$

Parametr n występujący w powyższych wzorach zależy od wielu czynników. Zostały wyprowadzone odpowiednie zależności, które w konkretnych warunkach można stosować do bardziej precyzyjnych obliczeń.

Zagadnienia te ujmują m.in. prace Ochaba, Szpetkowskiego, Batkiewicza, Skinderowicza i innych.

4.1.2. Czynniki górniczo-techniczne

Czynniki górniczo-techniczne możemy w odpowiednim zakresie zmieniać w zależności od potrzeb podyktowanych warunkami wybierania, względnie ochroną obiektów w górotworze i na powierzchni.

Do czynników tych należą:

- grubość wybieranego pokładu (warstwy),
- system eksploatacji,
- wielkość pola eksploatacji,
- prędkość postępu frontu eksploatacyjnego,
- kierunek prowadzenia eksploatacji,
- ilość wybieranych pokładów (intensywność eksploatacji),
- porządek wybierania złoża,
- kształt frontu eksploatacyjnego.

Grubość wybieranego pokładu. Wielkość wskaźników deformacji zależy od grubości wybieranego pokładu lub warstwy. Wpływ ten przy danym systemie

eksploatacji i niezmiennych innych czynnikach jest w przybliżeniu proporcjonalny do grubości wybieranego pokładu. W celu ograniczenia wpływu grubsze pokłady dzieli się na warstwy i stosuje podsadzanie przestrzeni wybranej.

System eksploatacji. Wpływ systemu eksploatacji na wielkość deformacji wyraża się przy pomocy odpowiedniego dla danego systemu współczynnika a. Przy eksploatacji złóż pod obiektami na powierzchni w zależności od odporności tych obiektów na szkody górnicze oraz w zależności od warunków geologiczno-górniczych zalegania złoża stosuje się:

- systemy częściowego wybierania złoża, tzw. pasami,
- systemy całkowitego wybierania złoża z zastosowaniem podsadzki lub w szczególnych przypadkach zawału stropu.

Przy wyborze systemu eksploatacji oprócz ochrony obiektów na powierzchni powinny wchodzić w grę i inne elementy, jak odprężenie górotworu, bezpieczeństwo, ekonomika itp. Nie zawsze bowiem system eksploatacji dający najmniejsze deformacje na powierzchni może się okazać najlepszy w danych warunkach, o wyborze danego systemu eksploatacji powinno decydować więc szereg czynników.

Najmniejsze deformacje na powierzchni wywołuje system częściowego wybierania złoża z zastosowaniem podsadzki utwardzonej.W przypadku stosowania podsadzki hydraulicznej przy częściowym wybieraniu złoża współczynnik osiadania nie przekracza z reguły 0,05.

Systemy częściowego wybierania złoże wywołują wprawdzie małe deformacje na powierzchni z drugiej jednak strony są nieekonomiczne, a także powodują wytwarzania się w górotworze zwiększonych naprężań,które mogą stanowić poważne źródłe zagrożenia, szczególnie na większych głębokościach eksploatacji.

Coraz lepsze poznanie procesu powstawania deformacji na powierzchni oraz względy geotechniczne i ekonomiczne spowodowały powszechne stosowanie systemu eksploatacji całkowitego wybierania złoża. Przy eksploatacji złóż na większych głębokościach szczególne znaczenie ze względu na odprężenie górotworu mają systemy wybierania złoża z zawałem stropu. Stosowanie tych systemów stało się możliwe dzięki opracowaniu metod minimalizacji deformacji.

Wielkość pola eksploatacji. Wielkość eksploatacyjnego pola posiada istotny wpływ na wielkość i rozkład poszczególnych wskaźników deformacji. Wielkość pola eksploatacyjnego jest wielkością względną zależną od głębokości i przede wszystkim od budowy geologicznej górotworu.Ta sama wielkość pola w jednych warunkach może wywołać niewielkie deformacje, przy innej głębokości i innych własnościach warstw górotworu może wywołać deformacje maksymalne. W obliczeniach teoretycznych nieregularne kształty pól eksploatacyjnych można w przybliżeniu zamienić na figury proste jak np. koło, wycinek koła, prostokąt, kwadrat, pasek nieskończony czy nieskończona półpłaszczyzna, dla których to figur zostały wyprowadzone odpowiednie

wzory. Wiadomo, że przy eksploatacji kołowo-symetrycznej istnieje pewien promień koła, przy którym występują na powierzchni maksymalne odkształcenia. W miarę zwiększania promienia eksploatacji odkształcenia te maleją. Przy tzw. nieskończonym pasku odkształcenia poziome ściskające mogą być dwukrotnie większe niż przy tzw. nieskończonej półpłaszczyźnie. Projektując więc eksploatację należy pamiętać, że przy pewnych wymiarach figur występują maksymalne deformacje i tak rozmieszczać pola eksploatacyjne,aby w przypadku przejściowego występowania zwiększonych deformacji występowały one w miarę możliwości w rejonach, gdzie nie ma obiektów,względnie występują obiekty najbardziej odporne na wpływy eksploatacji górniczej.

Prędkość postępu frontu eksploatacyjnego. Zagadnienie wpływu prędkości postępu frontu eksploatacyjnego na wielkość deformacji górotworu i powierzchni jest tematem szeregu opracowań [51, 9, 83] i dotychczas nie ma jednoznacznych wniosków odnośnie wpływu prędkości postępu frontu na wielkość deformacji. Rozważania teoretyczne oraz dokonane deformacje wskazują na zmniejszanie się deformacji w miarę wzrostu prędkości wybierania. Niektórzy autorzy podają odpowiednie wzory określające wpływ prędkości na zmniejszenie deformacji powierzchni.

Obserwacje i pomiary wykonane w ostatnich latach w szeregu kopalniach [69] wskazują, że ze wzrostem postępu frontu następuje zwiększony przyrost wskaźników deformacji w czasie, co może mieć niekorzystny wpływ na ochronę obiektów na powierzchni. Wyjaśnienie tego zjawiska wymaga dalszych badań. Jak wskazują przeprowadzone obserwacje duże znaczenie w tych przypadkach ma budowa geologiczna górotworu.

Generalnie można stwierdzić, że prędkość wybierania w różnych warunkach geologicznych może mieć różne przejawy na wielkość deformacji, przy tym istotną rolę w tym procesie odgrywa również czynnik czasu.

Kierunek postępu frontu eksploatacyjnego ma niejednokrotnie zasadnicze znaczenie dla ochrony obiektów. Przy zbliżaniu się dwóch frontów do siebie następuje sumowanie się deformacji tego samego znaku.Kierunek postępu frontu jest w wielu przypadkach podyktowany warunkami geologicznymi (upad pokładu, rozciągłość) niemniej jednak można tak dobrać ogólny postęp frontu, aby ograniczał, a nie zwiększał deformacje na powierzchni.Kierunek postępu frontu eksploatacyjnego powinien być dobierany zawsze z uwzględnieniem aktualnego stanu obiektów chronionych i dobierany powinien być tak, aby wywołał możliwie deformacje przeciwnego znaku.

Kierunek postępu frontu jest ważny szczególnie przy eksploatacji pod czułymi obiektami, przy eksploatacji w rejonie uskoków itp.

Ilość wybieranych pokładów jest bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na deformacje powierzchni. Przykładowo przy wybieraniu kilku pokładów i doprowadzeniu eksploatacji do jednej w przybliżeniu linii obserwuje się znaczny wzrost deformacji powierzchni wskutek sumowania się wpływów eksploatacji poszczególnych pokładów. W związku z tym krawędzie eksploatacyj

ne w kilku pokładach powinny być rozsunięte na taką odległość, aby następowała kompensacja odkształceń, a nie ich sumowanie.

Odległość frontów wg teorii T. Kochmańskiego powinna wynosić

$$X = (\xi_{1m} + \xi_{2m})\, r_o.$$

gdzie:

ξ_{1m}, ξ_{2m} - odległość bezwymiarowa od krawędzi eksploatacji, przy której występuje maksimum odkształceń poziomych dla danej głębokości eksploatacji,

r_o - parametr teorii T. Kochmańskiego.

Według teorii Budryk-Knothe odległość między frontami powinna wynosić:

$$X = 0{,}4(r_1 + r_2),$$

gdzie:

r_1, r_2 - promienie zasięgu wpływów głównych.

Kolejne eksploatacje kilku pokładów powodują zruszenie górotworu i zmianę jego właściwości mechanicznych, a tym samym parametrów teorii, o czym należy pamiętać przy projektowaniu eksploatacji w kilku pokładach.

W górotworze niezruszonym wartość współczynnika "a" jest mniejsza niż w górotworze, w którym przeprowadzone były wcześniej eksploatacje nadległych pokładów. W tym przypadku górotwór jest zruszony i ponowna eksploatacja powoduje tzw. zjawisko reaktywacji przejawiające się w zwiększeniu współczynnika osiadania "a".

Czyste wybieranie złoża - bez pozostawiania jakichkolwiek wysp resztek pokładu i filarów oporowych przy chodnikach i innych wyrobiskach stanowi ważny czynnik przy eksploatacji pod obiektami chronionymi, jak również jest niezmiernie ważne ze względu na możliwości wytwarzania się stref o zwiększonej koncentracji naprężeń w górotworze. W zasadzie eksploatacja powinna być prowadzona w sposób zapewniający ciągłe i równomierne osiadanie górotworu.

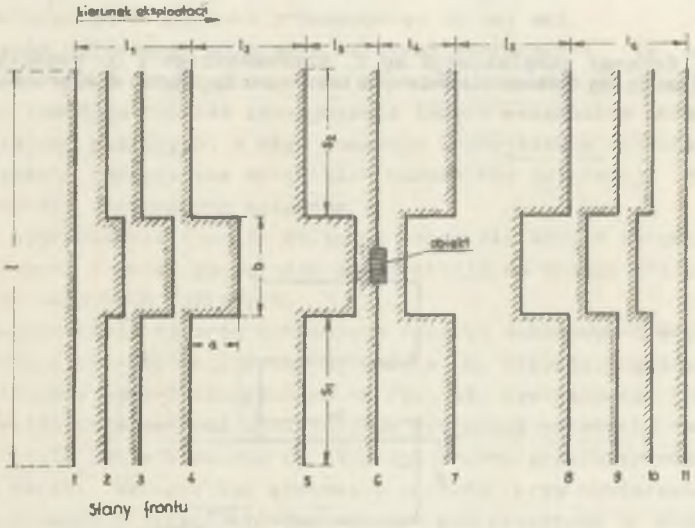
Najczęściej spotykany sposób prowadzenia eksploatacji pod chronionymi obiektami, polegający na dzieleniu grubszych pokładów na warstwy i wybieranie ich ścianami z podsadzką hydrauliczną odpowiada wspomnianym warunkom, z tym jednak zastrzeżeniem, że pole eksploatacyjne zostanie właściwie zaprojektowane i rozcięte.

Na mniejszych głębokościach, mimo stosowania niejednokrotnie odmiennych zasad (nieczyste wybieranie złoża), unikano na ogół wstrząsów i tąpań. Na większych głębokościach każde odchylenie od powyższych zasad będzie powodować koncentrację naprężeń, zwiększone ciśnienia, wstrząsy i niejednokrotnie tąpania.

Kształt frontu eksploatacyjnego. Prowadzone od szeregu lat badania wykazują, że wielkość deformacji górotworu i powierzchni zależy nie tylko od wyżej wymienionych czynników, ale przede wszystkim zależy również od kształtu frontu eksploatacyjnego (układu frontów). Zagadnienie kształtowania frontu eksploatacyjnego stanowi jedno z głównych zagadnień w dziedzinie minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej.

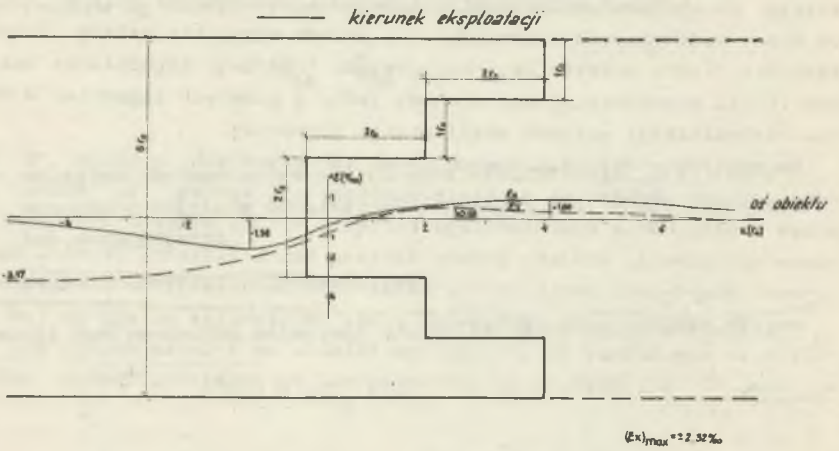
Na podstawie dotychczasowych badań teoretycznych, a także z wyników praktycznych uzyskanych w czasie eksploatacji wynika, że można uzyskać przez zastosowanie odpowiedniego kształtu frontu wydatne zmniejszenie wskaźników deformacji. Poniżej podane zostaną różne kształty frontów eksploatacyjnych powodujące zmniejszenie wskaźników deformacji na powierzchni.

Metoda eksploatacji opracowana przez Batkiewicza polega na tym, że przy zbliżaniu się frontu do chronionego obiektu, we froncie tworzy się wypustkę (rys. 10) i likwiduje ją pod obiektem. Po przejściu frontu pod obiek-

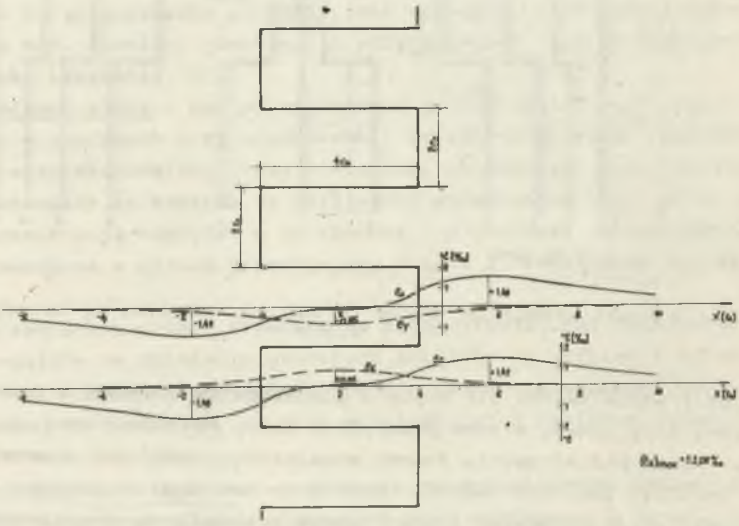


Rys. 10. Schemat eksploatacji pod chronionym obiektem wg metody Wł.Batkiewicza

tem, we froncie tworzy się wnękę o odpowiedniej długości i szerokości, określoną przy pomocy wzorów podanych w pracy [5]. Jest to jedna z pierwszych metod kształtowania frontu eksploatacyjnego. Jak wykazały późniejsze, bardziej dokładne badania, metoda ta powoduje w zasadzie zmniejszanie odkształceń pionowych i stąd lepsze efekty przy jej stosowaniu można uzyskać w przypadku eksploatacji filarów szybowych, co zresztą potwierdziło się w praktyce m.in. w filarze ochronnym ZG Waryński II. Metoda ta dała początek dla rozwoju metod kształtowania frontu eksploatacyjnego.



Rys. 11. Schemat eksploatacji wg T. Kochmańskiego i J. Magdziorza minimalizującej odkształcenia poziome rozciągające w kierunku osi x



Rys. 12. Schemat eksploatacji wg T. Kochmańskiego i J. Magdziorza minimalizującej odkształcenia poziome

Metody opracowane przez T. Kochmańskiego i J. Magdziorza zostały opisane szeroko w pracy [54]. Zostały one, podobnie jak metoda Wł. Batkiewicza, zasadnione teoretycznie w oparciu o teorię statystyczno-całkową T. Kochmańskiego.

W zależności od charakteru obiektu, jego wrażliwości na deformacje oraz od swobody w prowadzeniu eksploatacji, stosuje się różne kształty frontów eksploatacyjnych. I tak np. dla obiektu skupionego - jeżeli dotychczas nie był narażony na odkształcenia poziome najlepszym jest front z wnęką, a później z wypustką eksploatacyjną (odwrotny do metody Wł. Batkiewicza). Jeżeli natomiast mamy filar ochronny dla obiektu skupionego i była prowadzona dotychczas eksploatacja na zewnątrz tego filara wtedy zastosowanie mogą znaleźć fronty o skończonej szerokości, odpowiednio ukształtowane (np. rys. 11). Te kształty frontów mogą mieć również zastosowanie przy eksploatacji pod obiektami wydłużonymi, dla których szczególnie są szkodliwe deformacje w kierunku dłuższej osi obiektu, a mało szkodliwe lub wręcz nieszkodliwe deformacje w kierunku prostopadłym do tej osi.

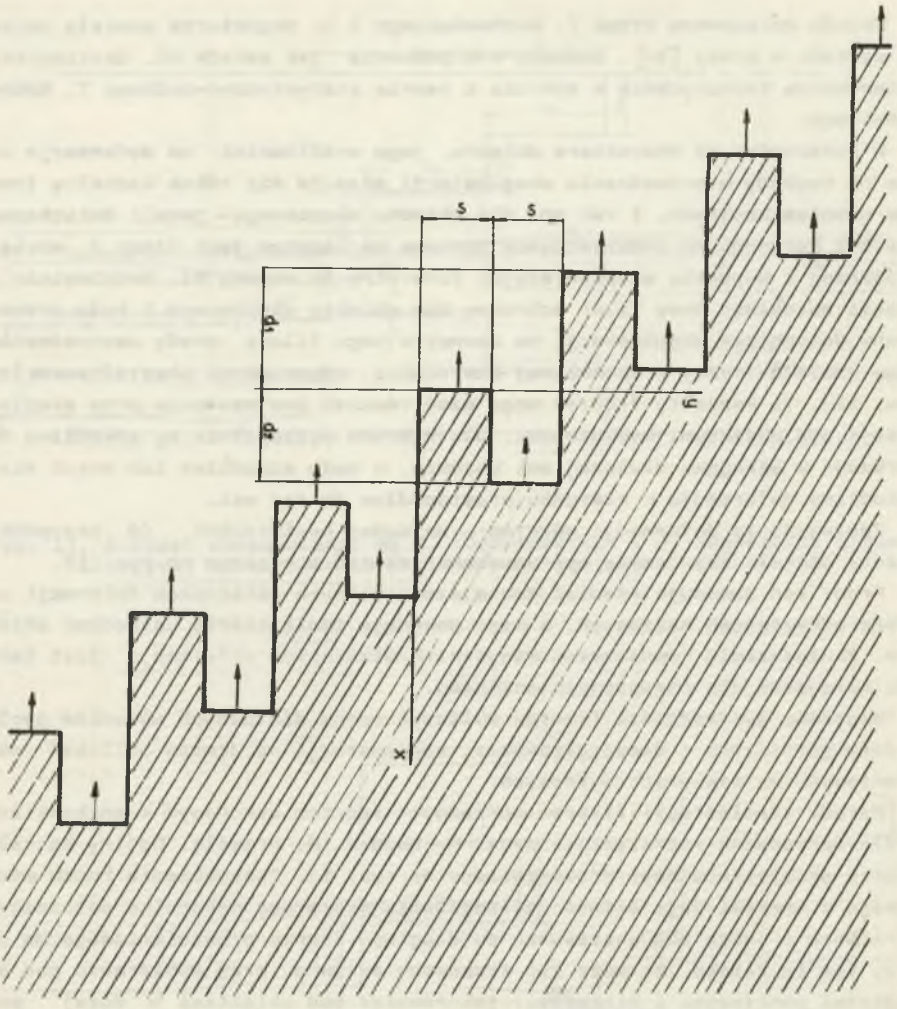
Zmniejszenie deformacji górotworu na dużej powierzchni (w przypadku miast, osiedli itp.) może być uzyskane frontem pokazanym na rys. 12.

Front ten powoduje również zmniejszenie innych wskaźników deformacji oprócz odkształceń poziomych, a więc powoduje zmniejszenie uszkodzeń obiektów. Zmniejszenie równoczesne wszystkich wskaźników deformacji jest bardzo korzystne dla chronionych obiektów.

Wzajemne wyprzedzenie frontów obliczyć można dla danych warunków geologiczno-górniczych i danej głębokości eksploatacji na drodze obliczeń wariantowych na maszynach cyfrowych.

Metoda eksploatacji filarów ochronnych frontem schodowym z wnękami została opracowana teoretycznie przez M. Chudka, B. Drzęźlę. Ogólny kształt frontu eksploatacyjnego przedstawiono na rys. 13. Zastosowanie frontu schodowego z wnękami daje możność zmniejszenia wybranego wskaźnika deformacji górotworu o około 50% w stosunku do długiego frontu prostoliniowego. Ma on przy tym tę zaletę, że może być stosowany zarówno przy wybieraniu pod obiektami punktowymi i nitkowymi, jak również pod obiektami o dużej powierzchni (w przypadku miast i osiedli). Warunkiem uzyskania znacznego zmniejszenia deformacji górotworu, przy eksploatacji omawianym frontem, jest wyznaczenie odpowiednich szerokości s poszczególnych odcinków frontu oraz odpowiednich wyprzedzeń d_1 i d_2 między sąsiednimi odcinkami frontu (rys. 13). Wielkości: s, d_1 i d_2 można wyznaczyć metodą obliczeń wariantowych sporządzając rozkłady deformacji górotworu przy różnych zestawieniach wielkości s, d_2 i d_1.

Wariantem optymalnym będzie oczywiście ten wariant, przy którym występują najmniejsze deformacje górotworu. Obliczenia deformacji górotworu przeprowadza się przy użyciu wzorów odpowiadających eksploatacji w kształcie prostokąta, korzystając przy tym z zasady superpozycji wpływów.



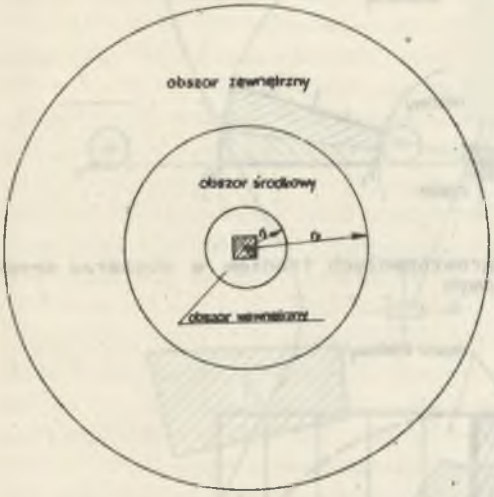
Rys. 13. Schemat eksploatacji frontem ustępliwym wg M. Chudka, B. Drzęźli

W celu prawidłowego wyboru optymalnego wariantu eksploatacji należy jeszcze obliczyć, oprocz wielkości deformacji w kierunkach osi przyjętego układu współrzędnych, wielkość maksymalnego nachylenia profilu niecki, osiadania w danym punkcie oraz wielkości główne krzywizn i odkształceń.

Stosuje się przy tym wzory teorii płaskiego pola skalarnego i stereomechaniki, obliczając uprzednio wielkości skręcenia geodezyjnego i odkształcenia postaciowego.

Metoda "wachlarzowa" dla obiektów powierzchniowych została opracowana teoretycznie przez J. Zycha [87] w oparciu o teorię statystyczno-całkową T. Kochmańskiego. Istota metody "wachlarzowej" dla obiektów powierzchnio-

wych polega na podzieleniu płaszczyzny pokładu wokół chronionego obiektu na ściśle określone obszary oraz zastosowanie w tych obszarach frontów o specjalnym kształcie. Płaszczyznę wokół chronionego obiektu dzielimy na trzy obszary (rys. 14):



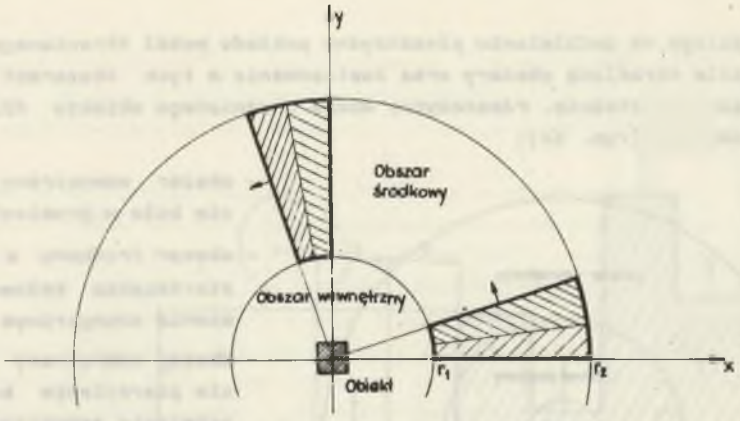
Rys. 14. Podział płaszczyzny wokół chronionego obiektu O na obszary eksploatacyjne wg J. Zycha

- obszar wewnętrzny w kształcie koła o promieniu r_1,
- obszar środkowy w kształcie pierścienia kołowego o promieniu zewnętrznym r_2,
- obszar zewnętrzny w kształcie pierścienia kołowego o promieniu zewnętrznym równym promieniowi zasięgu eksploatacji r_z dla danych warunków.

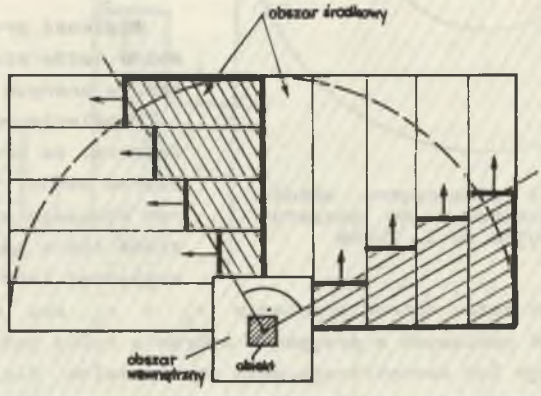
Wielkość promieni r_1 i r_2 można każdorazowo obliczyć przy pomocy znanych wzorów [87].

Promienie r_1 i r_2 są tak dobrane, że eksploatacja w obszarze wewnętrznym i zewnętrznym wywołuje odkształcenia poziome równe co do wartości bezwzględnej lecz przeciwnego znaku. Poza tym tak można dobrać promienie r_1 i r_2, aby wielkość uzyskanych odkształceń poziomych w przypadku wybrania tylko jednego z obszarów, tzn. wewnętrznego lub zewnętrznego, była dopuszczalna dla chronionego obiektu. Największe znaczenie dla ochrony obiektu posiada eksploatacja w obszarze środkowym. Z przeprowadzonych w pracy [87] rozważań wynika, że dwa prostopadłe prostoliniowe fronty eksploatacyjne przesuwające się wokół punktu A będącego środkiem chronionego obiektu z tą samą prędkością kątową i w tym samym kierunku tak, że wyeksploatowana przestrzeń tworzy w każdym momencie dwa prostopadłe wycinki pierścienia kołowego (rys.15) powodują zerowanie się w punkcie A odkształceń poziomych. Każde symetryczne rozmieszczenie frontów eksploatacyjnych, począwszy od 3 frontów wzwyż, powoduje również zerowanie się w punkcie A odkształceń poziomych.

Praktyczny przykład realizacji metody "wachlarzowej" dla obiektów powierzchniowych w obszarze środkowym przedstawiono na rys. 16. W korzystnych warunkach powyższa metoda eksploatacji stwarza możliwość eksploatacji, pod czułymi obiektami, systemem z podsadzką pneumatyczną względnie nawet z zawałem stropu w miejsce dotychczasowej eksploatacji z podsadzką hydrauliczną.



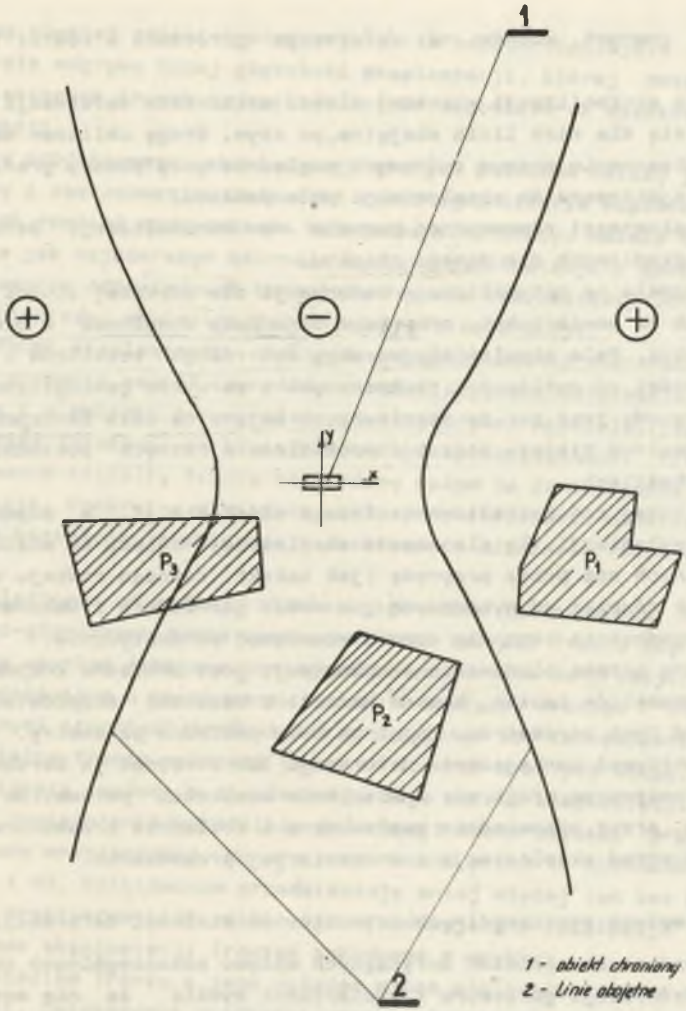
Rys. 15. Schematyczny układ dwóch prostopadłych frontów w obszarze środkowym



Rys. 16. Praktyczny przykład realizacji układu dwóch prostopadłych frontów w obszarze środkowym

Metoda eksploatacji równoważnej została opracowana przez pracowników AGH [53]. Zmniejszenie deformacji nie musi być koniecznie uzyskane przez prowadzenie eksploatacji specjalnym frontem. Może to być celowe rozmieszczenie pól eksploatacyjnych pokładów względnie pokładów nawet nie związanych ze sobą, dających odpowiednie co do wielkości i znaku deformacje w wybranym punkcie na powierzchni.

Zastosowanie metody eksploatacji równoważnej najlepiej zobrazować na przykładzie. Załóżmy, że mamy obiekt na powierzchni, dla którego szczególnie zależy nam na minimalizacji odkształceń poziomych w określonym kierunku względem obiektu. Zakładamy układ współrzędnych Oxy w obiekcie, przy czym oś x skierowujemy w owym interesującym nas kierunku. Względem układu współrzędnych wykreślamy linie obojętne dla odkształceń poziomych (rysunek 17).



Rys. 17. Schemat eksploatacji równoważnej
1 - obiekt, 2 - linie obojętne dla odkształceń poziomych, P_1, P_2, P_3 - pola eksploatacyjne

Linie obojętne dzielą płaszczyznę pokładu na trzy obszary: dwa dodatnie i jeden ujemny. Tak więc każda eksploatacja w obszarze dodatnim powoduje wystąpienie (w kierunku osi x w środku układu współrzędnych) odkształceń poziomych dodatnich - rozciągających, natomiast każda eksploatacja w obszarze ujemnym powoduje wystąpienie odkształceń ujemnych ściskających. Możemy zatem tak projektować eksploatację w obszarach dodatnich (np. pole P_1) i ujemnych (np. pole P_2), aby wpływy wzajemnie się kompensowały (całkowicie lub częściowo). Wielkości pól eksploatacyjnych ustala się

na podstawie znanych wzorów na deformacje górotworu w teorii T. Kochmańskiego.

W przypadku minimalizacji większej ilości wskaźników deformacji górotworu ustala się dla nich linie obojętne, po czym, drogą obliczeń wariantowych przy zastosowaniu maszyn cyfrowych względnie przy pomocy grafikonów, ustala się projektowane do eksploatacji pola pokładu.

Metoda eksploatacji równoważnej pozwala na minimalizację deformacji szczególnie szkodliwych dla danego obiektu.

Ponadto pozwala na optymalizację deformacji dla większej ilości obiektów położonych na powierzchni, przy czym daje dużą dowolność w prowadzeniu eksploatacji. Pola eksploatacyjne mogą być różnych kształtów i wymiarów, w zależności od możliwości technicznych i warunków geologiczno-górniczych. Dużą wygodą jest to, że eksploatacja mająca na celu zmniejszenie deformacji w dowolnym miejscu może być prowadzona w różnych pokładach i na różnych głębokościach.

Mamy więc tutaj nie kształtowanie frontu eksploatacji, a odpowiednie planowanie eksploatacji. To planowanie eksploatacji zależy od wielu czynników narzuconych nam przez przyrodę (jak uskoki, różnego rodzaju zaburzenia itp.), jak również od wykonanych już robót górniczych i dokonanej eksploatacji. Zagadnienia tego nie sposób rozwiązać schematycznie.

Bardzo ważną sprawą planowania eksploatacji jest dokładna znajomość rzeczywistych parametrów teorii, bowiem kształt i wielkość eksploatacji są uzależnione od tych parametrów. Mając za mało dokładne parametry, możemy w ogóle nie otrzymać zmniejszenia deformacji lub otrzymać je bardzo małe. Dlatego też koniecznym staje się znalezienie wielkości parametrów teorii dla górotworu, przez odpowiednio zaplanowane i dokładnie prowadzone pomiary geodezyjne przed eksploatacją i w czasie jej prowadzenia.

4.1.3. Ocena wpływu poszczególnych czynników na wielkość deformacji

Z przeprowadzonych rozważań dotyczących wpływu poszczególnych czynników na wielkość deformacji górotworu i powierzchni wynika, że nie wszystkie czynniki w jednakowym stopniu wpływają na wielkość i rozkład deformacji.

W zasadzie możemy mieć wpływ tylko na czynniki górnicze, chociaż można ograniczyć wpływ niektórych czynników naturalnych jak np. ograniczyć względnie prawie całkowicie wyeliminować ujemny wpływ uskoków na drodze odpowiednio zaprojektowanej eksploatacji.

Dla obliczenia wpływu projektowanej eksploatacji konieczna jest znajomość odpowiednich parametrów, których wartość zależy od budowy geologicznej i własności fizykomechanicznych warstw górotworu. Dokładna więc znajomość budowy geologicznej górotworu i jego własności jest pierwszym czynnikiem, który należy brać pod uwagę przy projektowaniu eksploatacji. Przy projektowaniu eksploatacji w kilku pokładach należy brać pod uwagę zmiany własności górotworu po wybraniu każdego kolejnego pokładu. Wiadomym jest bowiem, że własności fizykomechaniczne skał ulegają zmianie, a tym samym

ulegają również zmianie parametry teorii odzwierciedlające te własności. Dużą rolę odgrywa tutaj głębokość eksploatacji, której zwiększanie przy niezmienionych innych czynnikach wpływa łagodząco na wielkość i rozkład deformacji.

Przy projektowaniu eksploatacji grubych pokładów należy je dzielić na warstwy z zastosowaniem podsadzki celem ograniczenia współczynnika osiadania, jak również podniesienie bezpieczeństwa pracy. Należy dążyć do stosowania w jak najszerszym zakresie systemu eksploatacji z zawałem stropu przy zastosowaniu odpowiednich kształtów frontów eksploatacyjnych pod chronionymi obiektami, minimalizujących wielkość deformacji.

Kierunek eksploatacji, wielkość wyeksploatowanej powierzchni oraz kształt frontu stanowią zespół czynników minimalizujących deformacje wiążących się ze sobą i w związku z tym należy je rozpatrywać wspólnie.Z czynników tych największe znaczenie ma kształt frontu eksploatacyjnego. Przedstawione w opracowaniu kształty frontu mają różny wpływ na zmniejszenie wskaźników deformacji. Konkretne wyniki, uzyskane przy stosowaniu niektórych z wymienionych kształtów, potwierdzają praktycznie słuszność teoretycznych rozważań.

W zależności od rodzaju obiektu, jego stanu technicznego, warunków geologiczno-górniczych można zastosować taki kształt frontu czy układ frontów, aby uzyskać wymagane zmniejszenie wskaźników deformacji.

Przedstawione w opracowaniu metody i kształty frontów charakteryzują się różnymi stopniami trudności w praktycznym ich zastosowaniu.Przy wyborze kształtu frontu wskazane jest ten czynnik brać pod uwagę.

Największą swobodę w eksploatacji daje metoda eksploatacji równoważnej. Znaczne zmniejszenie wskaźników deformacji można uzyskać przy zastosowaniu metody wachlarzowej. Metody proponowane przez T. Kochmańskiego, J.Magdziorza i Wł. Batkiewicza przedstawiają mniej więcej ten sam stopień trudności w praktycznej ich realizacji. Trudniejszą w realizacji może okazać się metoda eksploatacji frontem schodowym z wnękami.

Z kształtem frontu, z jego układem wiąże się ściśle postęp frontu eksploatacji. Zwiększenie prędkości postępu frontu eksploatacji wpływa na pewne zmniejszenie wskaźników deformacji, z drugiej jednak strony zwiększa przyrost deformacji w czasie, co może być niekorzystne z punktu widzenia ochrony obiektów, szczególnie w zakresie ich przystosowania się do zachodzących deformacji. Jak wykazują przeprowadzone obserwacje duże znaczenie ma tutaj budowa geologiczna górotworu. Znane są przypadki ujemnego oddziaływania szybkiego postępu frontu, a to na skutek niemożliwości przystosowania się obiektu w krótkim czasie do dużych przyrostów wskaźników deformacji.

Badania nad wpływem prędkości postępu frontu w różnych warunkach powinny być dalej prowadzone, jak również nad opracowaniem nowych kształtów i układów frontów, bowiem coraz lepsze poznanie wpływu wszystkich czynników na proces powstawania i przenoszenia się deformacji powinien doprowad-

do dalszego doskonalenia metod minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię.

4.2. Metody i zasady minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej przy wybieraniu złoża w rejonie szybów

Problem eksploatacji złoża w rejonie szybów jest zagadnieniem ciągle jeszcze badawczym pomimo wielu doświadczeń praktycznych oraz teoretycznych. Trudność rozwiązania zagadnienia polega przede wszystkim na potrzebie ochrony nie tylko obiektów na powierzchni, jak przy eksploatacji pod obiektami powierzchniowymi, ale również wymaga szczególnej ochrony obiektów zlokalizowanych na dużej przestrzeni w górotworze, jak rura szybowa,wyrobiska przyszybowe oraz czułe na deformacje urządzenia w szybie. Przy tym należy podkreślić duży wpływ na skuteczność ochrony obiektów,warunków hydrogeologicznych, tektoniki złoża oraz nachylenia wybieranych pokładów,obok zagrożeń tego rodzaju jak tąpania i pożary podziemne.

Większość sposobów i metod wybierania filarów zarówno stosowanych w praktyce, jak i spotykanych w literaturze górniczej, nie uwzględnia w dostatecznym stopniu przytoczonych warunków górniczo-geologicznych. Stały wzrost głębokości eksploatacji, często już przekraczającej tzw. głębokość krytyczną określaną granicznymi stanami naprężeniowo-deformacyjnymi, podkreśla tym bardziej potrzebę uwzględnienia zagrożeń górniczych i naturalnych dla uzyskania zarówno niezbędnego stopnia bezpieczeństwa,jak również efektywności ekonomicznej dokonywanej eksploatacji. Większość istniejących rozwiązań uwzględnia raczej dogodne warunki naturalne i górnicze.Przy tym należy podkreślić brak doświadczeń przy większych nachyleniach zalegania złoża.

Klasyfikację metod eksploatacji filarów ochronnych dla szybów dokonujemy uwzględniając przede wszystkim sposoby lokalizacji i kierunki prowadzenia frontów wybierania.

Wyróżnić można 4 grupy rozwiązań:

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 na przeciwległych granicach filara w kierunku do szybu,
   - dwoma frontami zlokalizowanymi przy szybie w kierunku do przeciwległych granic filara.

III. Kompleksowa metoda eksploatacji z wybieraniem "kostki szybowej" w wariantach:
   - polska metoda bezpiecznej eksploatacji filarów szybowych z zastosowaniem kostki szybowej,

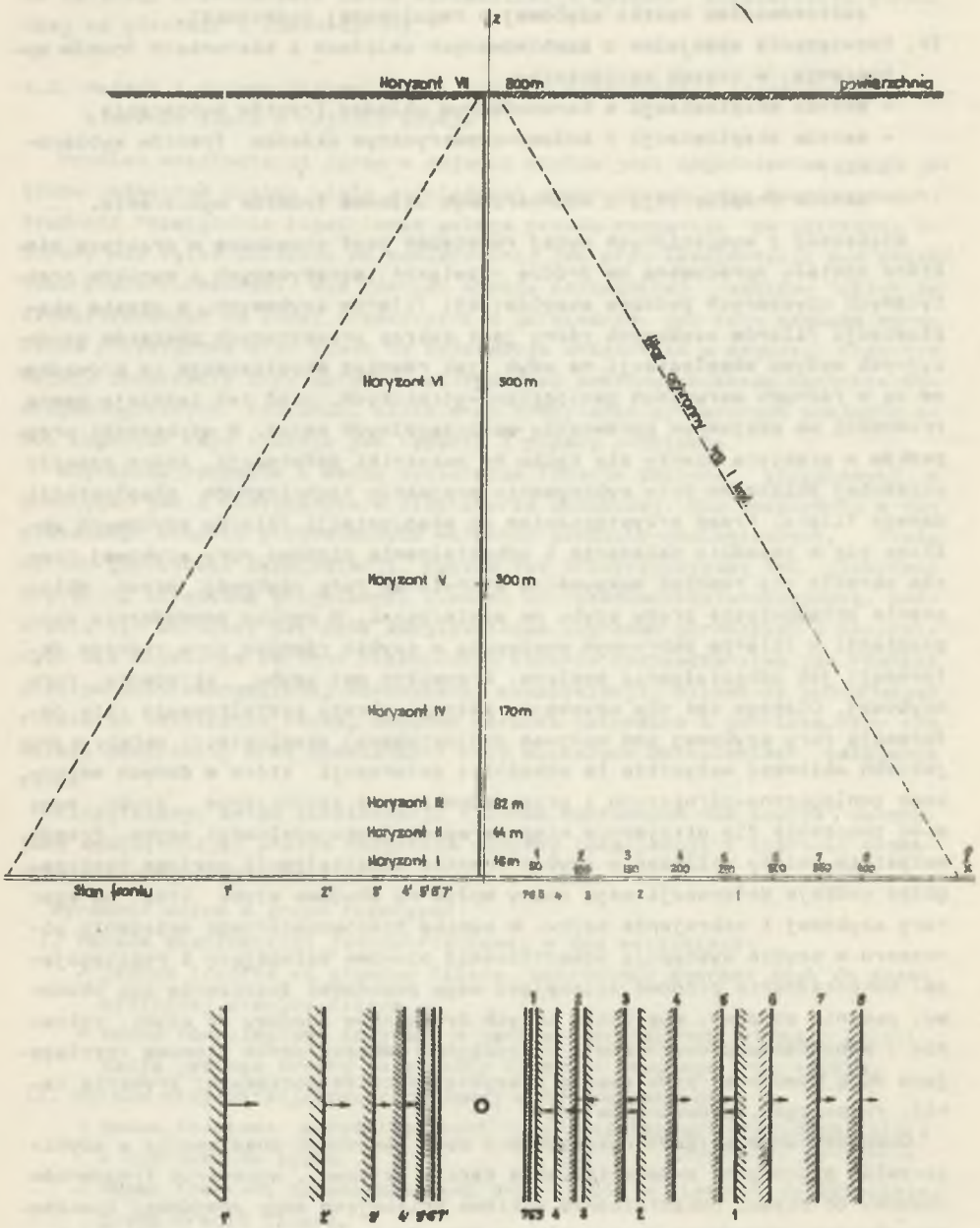
- metoda wybierania dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku z zastosowaniem kostki szybowej o regulowanej podatności.

IV. Rozwiązania specjalne o kombinowanych układach i kierunkach frontów wybierania, w trzech wariantach:
- metoda eksploatacji z harmonicznym układem frontów wybierania,
- metoda eksploatacji z kołowo-symetrycznym układem frontów wybierania,
- metoda eksploatacji z wachlarzowym układem frontów wybierania.

Większość z wymienionych wyżej rozwiązań jest stosowana w praktyce, niektóre zostały opracowane na drodze rozwiązań teoretycznych i wyników praktycznych uzyskanych podczas eksploatacji filarów szybowych. W czasie eksploatacji filarów szybowych różny jest zakres prowadzonych pomiarów geodezyjnych wpływu eksploatacji na szyb, jak również eksploatacje te prowadzone są w różnych warunkach geologiczno-górniczych. Stąd też istnieją pewne trudności we wzajemnym porównaniu poszczególnych metod. W większości przypadków w praktyce mierzy się tylko te wskaźniki deformacji, które zostały wcześniej obliczone przy wykonywaniu projektów technicznych eksploatacji danego filara. Przed przystąpieniem do eksploatacji filarów szybowych oblicza się w zasadzie osiadania i odkształcenia pionowe rury szybowej. Czasem określa się również maksymalne wychylenie rury szybowej przez obliczenie przesunięcia zrębu szybu na powierzchni. W wyniku prowadzenia eksploatacji w filarze ochronnym występują w szybie również inne rodzaje deformacji jak odkształcenia poziome, krzywizna osi szybu, skręcenia rury szybowej. Dlatego też dla uzyskania pełnego obrazu kształtowania się deformacji rury szybowej pod wpływem projektowanej eksploatacji należy w projektach obliczać wszystkie te wskaźniki deformacji, które w danych warunkach geologiczno-górniczych i przy danym stanie technicznym szybu mogą mieć znaczenie dla utrzymania nieprzerwanej funkcjonalności szybu. Przede wszystkim należy obliczać w szybie również odkształcenia poziome. Poszczególne rodzaje deformacji mają różny wpływ na obudowę szybu oraz na stan rury szybowej i uzbrojenia szybu. W wyniku nierównomiernego osiadania górotworu w szybie występują odkształcenia pionowe ściskające i rozciągające. Odkształcenia pionowe ściskające mogą powodować łuszczenie się obudowy, pękanie obudowy, wypadanie całych fragmentów obudowy do szybu, zginanie i wyboczenie prowadników i rurociągów. Odkształcenia pionowe rozciągające mogą powodować powstawanie w szybie szczelin poziomych, zrywanie kabli, rurociągów, prowadników itp.

Odkształcenia poziome rozciągające mogą powodować powstawania w szybie szczelin pionowych, zniekształcenia tarczy szybowej, wypadanie fragmentów obudowy do szybu. Odkształcenia poziome ściskające mogą powodować łuszczenie obudowy, wypadanie fragmentów obudowy do szybu, wyboczenie dźwigarów, zniekształcenie tarczy szybowej.

Wychylenie szybu może powodować utrudnienie w ruchu urządzeń wyciągowych, zwiększone zużycie prowadników, skrzywienie szybu, szczeliny poziome itp.



Rys. 18. Schematyczny układ frontów oraz horyzonty przyjęte do obliczeń dla określenia wpływu eksploatacji na szyb przy stosowaniu różnych metod eksploatacji filarów szybowych

Przy wybieraniu pokładów nachylonych przesunięcia mogą doprowadzić do ścięcia obudowy szybu. Występujące w szybie skręcenia mogą doprowadzić do ścięcia i wzajemnego przesunięcia fragmentów obudowy.

Dla dokonania analizy wpływu poszczególnych metod eksploatacji na deformację rury szybowej wykonano obliczenia trzech podstawowych wielkości deformacji, a mianowicie osiadania, odkształcenia pionowego i poziomego. Obliczenia te zostały wykonane w pracy [69] w oparciu o teorię statystyczno-całkową T. Kochmańskiego. Do obliczeń przyjęto siedem horyzontów obliczeniowych, których wysokości nad stropem eksploatowanego pokładu podano w tablicy 10 oraz na rys. 18. Obliczenia przeprowadzono dla pewnych charakterystycznych stanów frontów. Odległości frontów od szybu we współrzędnych bezwymiarowych - $\hat{s}$ oraz współrzędnych x dla przyjętego parametru r_o = 50 m podano w tablicy 11. Poszczególne stany frontów przed szybem ponumerowano od 1 do 7 a za szybem od 7 do 1 (rys. 18). Wyniki obliczeń przedstawiono graficznie na odpowiednich wykresach, które zostaną omówione przy analizie poszczególnych metod. Wszystkie obliczenia wykonano przy założeniu w_{max} = 1,0 m.

Tablica 10

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 11

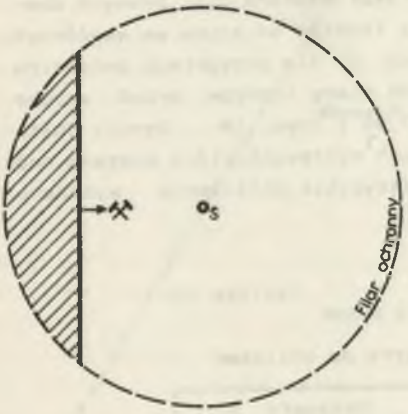
Stany frontów eksploatacyjnych przyjęte do obliczeń

Stan frontów	Parametr b	Współrzędna bezwymiarowa $\hat{s}$	Odległość x m
1,1'	0,60	± 5,27	± 263,5
2,2'	0,70	±13,24	± 162,0
3,3'	0,82	± 2,17	± 108,8
4,4'	1,00	± 1,53	± 76,5
5,5'	1,25	± 1,15	± 57,5
6,6'	1,50	± 1,00	± 50,0
7,7'	2,00	± 0,86	± 43,0

4.2.1. Analiza poszczególnych metod eksploatacji filarów szybowych

I. M e t o d a e k s p l o a t a c j i j e d n o s k r z y d ł o w e j

WARIANT 1. Metoda eksploatacji jednoskrzydłowej (rys. 19), w rozwiązaniu według wariantu 1, polega na prowadzeniu eksploatacji jednym frontem prostoliniowym od granicy filaru poprzez szyb do przeciwległej granicy filaru.

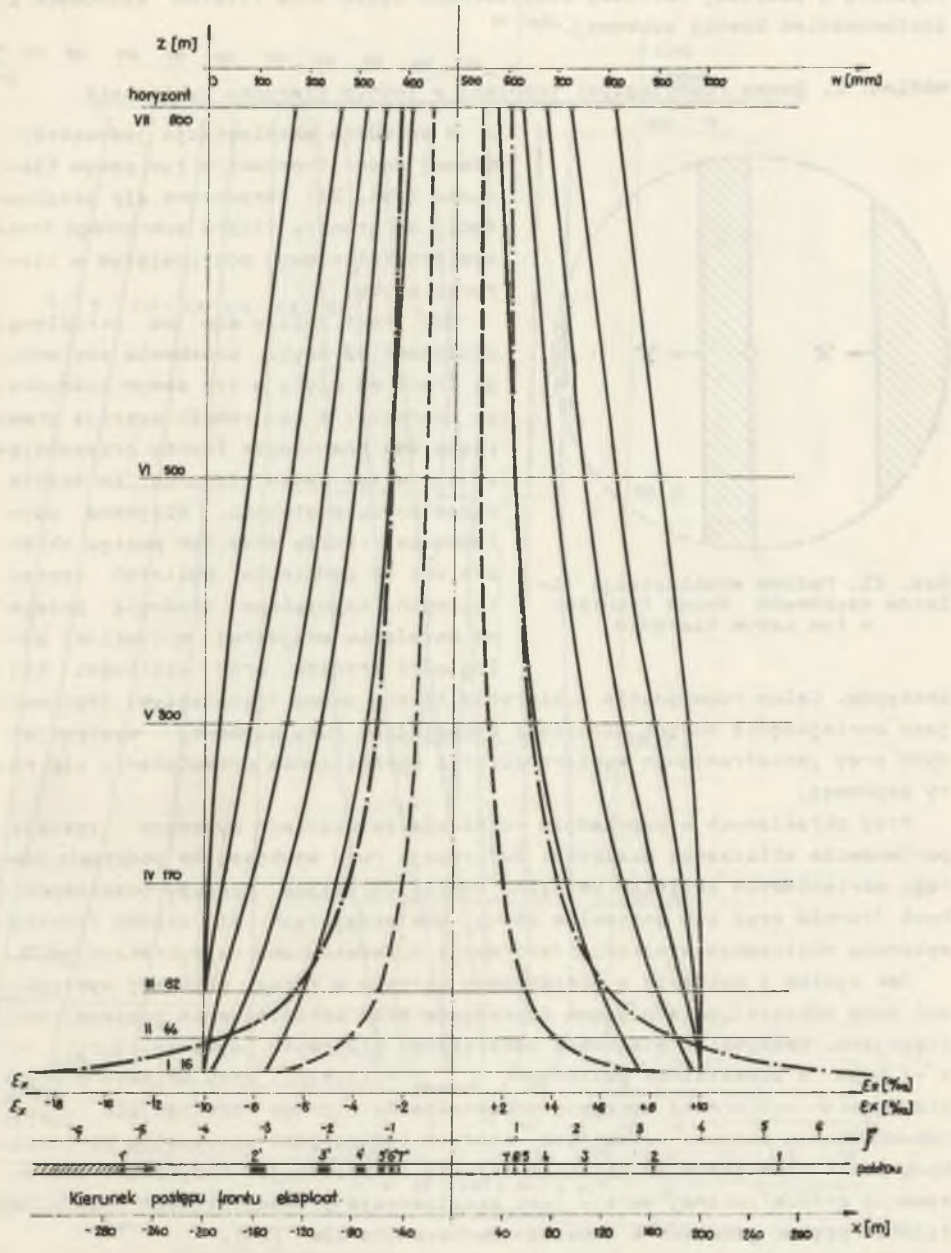


Rys. 19. Metoda eksploatacji filarów szybowych jednym frontem od granicy filaru

Dla określenia wpływu eksploatacji na rurę szybową obliczono wielkości deformacji dla 14 stanów frontów przy założeniach omówionych w rozdziale 4.2. Wyniki obliczeń przedstawiono graficznie na wykresach - rys. 20. Jak wynika z przedstawionych wykresów przy zbliżaniu się frontu do szybu w rurze szybowej występują 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 pionowe odkształcenia rozciągające i poziome ściskające, postępujące od stropu pokładu do powierzchni.

Obliczone teoretycznie maksymalne odkształcenia pionowe na wysokości ok. 16 m nad stropem pokładu wynoszą $\varepsilon_{z\ max} = \pm 8{,}1\%$, natomiast maksymalne odkształcenia poziome na tym samym horyzoncie wynoszą $\varepsilon_{x\ max} = \pm 17{,}5\%$, przy założeniu $w_{max} = 1{,}0$ m.

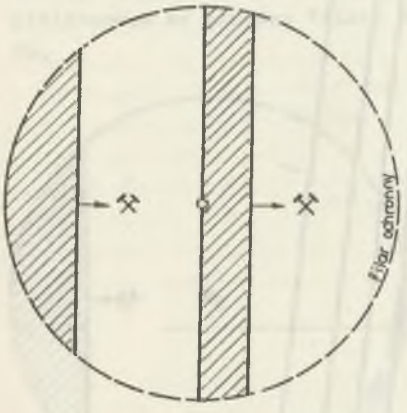
Wielkości te należy określić jako stosunkowo duże i niekorzystnie wpływające na stan rury szybowej. Przy tym w rozwiązaniu jednofrontowym występuje maksymalne (w porównaniu do innych rozwiązań eksploatacji) wychylenie rury szybowej.



Rys. 20. Rozkład osiadań, odkształceń pionowych i poziomych w szybie przy metodzie eksploatacji jednym frontem od granicy filara szybowego

Sposób wybierania filara jednym frontem od granicy szybu został wykorzystany w polskiej metodzie bezpiecznego wybierania filarów szybowych z zastosowaniem kostki szybowej.

WARIANT 2. Dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku wybierania



Rys. 21. Metoda eksploatacji filarów szybowych dwoma frontami w tym samym kierunku

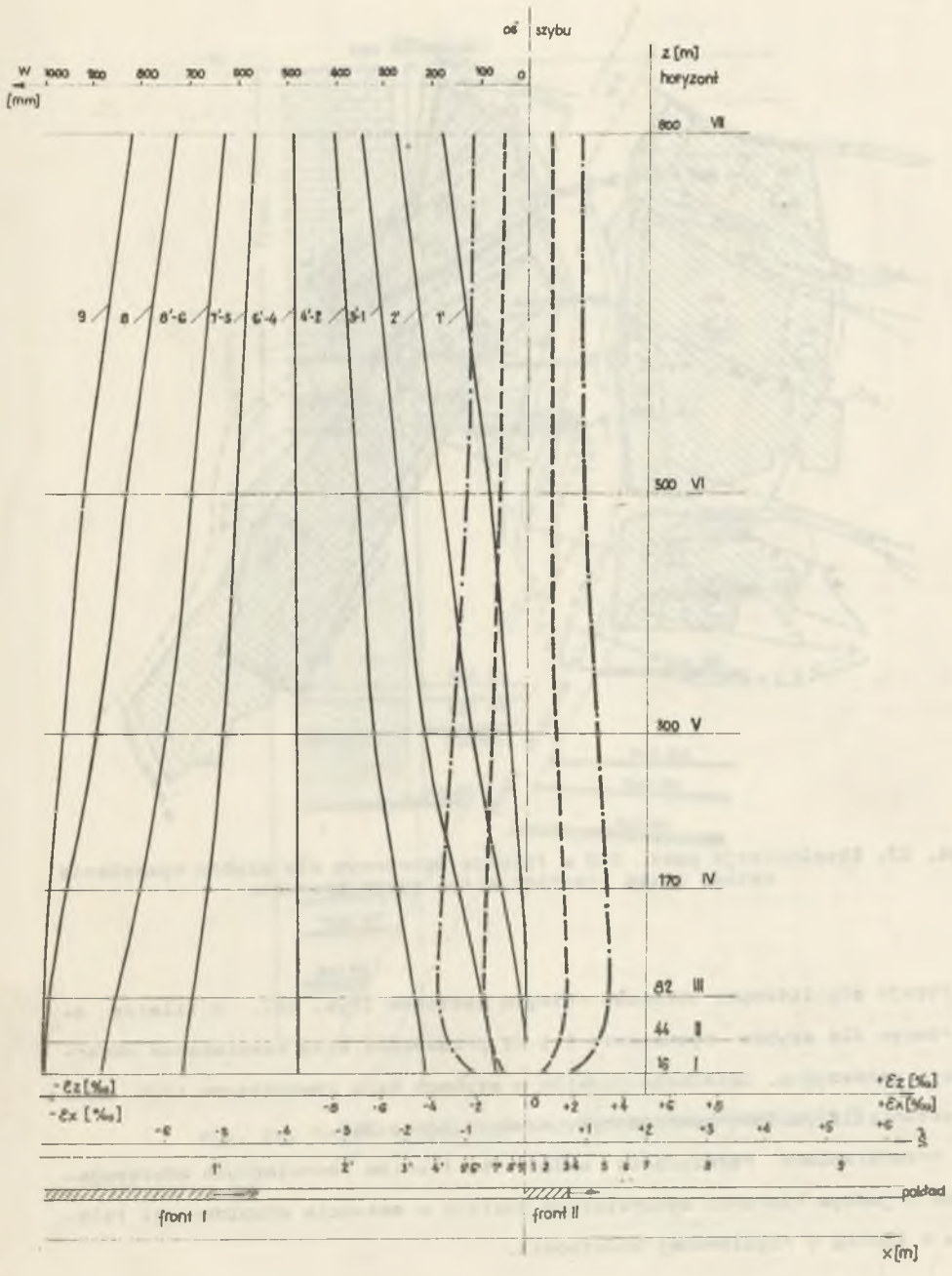
W metodzie eksploatacji jednoskrzydłowej dwoma frontami w tym samym kierunku (rys. 21) rozpoczyna się eksploatację od granicy filara ochronnego frontem prostoliniowym postępującym w kierunku szybu.

Gdy front zbliży się na określoną odległość od szybu, uruchamia się drugi front od szybu w tym samym kierunku co pierwszy. W ten sposób zostają utworzone dwa równoległe fronty przesuwające się w tym samym kierunku ze ściśle określonymi postępami. Wzajemne usytuowanie frontów oraz ich postęp określa się na podstawie obliczeń teoretycznych. Największa trudność polega na ustaleniu wzajemnej optymalnej odległości frontów oraz wielkości ich postępów. Celem rozwiązania wybierania filaru dwoma równoległymi frontami jest zmniejszenie dużych wielkości odkształceń rury szybowej występujących przy jednofrontowym wybieraniu oraz ograniczenie przechylenia się rury szybowej.

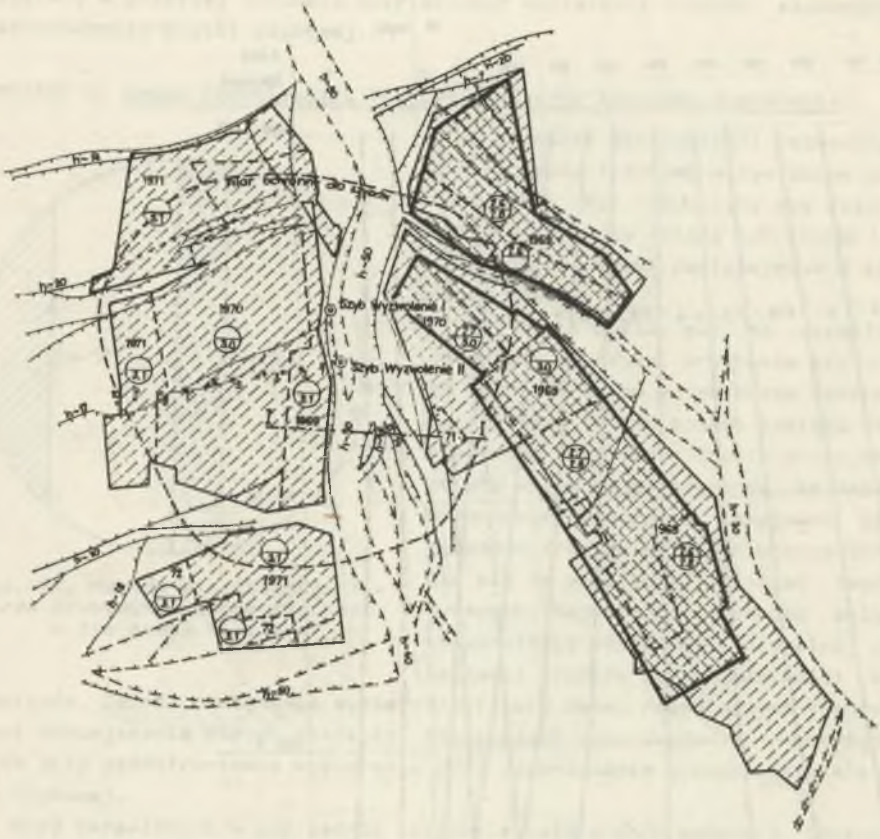
Przy określonych w poprzednim rozdziale założeniach wykonane zostały porównawcze obliczenia wielkości deformacji rury szybowej. Na podstawie szeregu wariantowych obliczeń ustalono ściśle określone postępy poszczególnych frontów oraz ich optymalne stany. Dla przyjętych 11 stanów frontów wykonano obliczenia wielkości deformacji przedstawione na wykresach rys. 22.

Jak wynika z wykresów w początkowym okresie w rurze szybowej występować będą odkształcenia pionowe ściskające oraz odkształcenia poziome rozciągające. Maksymalne wielkości odkształceń pionowych wyniosą $\varepsilon_{z\ max}$ = = -1,68‰, a odkształceń poziomych $\varepsilon_{x\ max}$ = +3,63‰. Przy dalszym postępie frontów wybierania wystąpią odkształcenia pionowe rozciągające oraz odkształcenia poziome ściskające, których bezwzględne maksymalne wartości będą takie same jak w początkowym okresie eksploatacji. Przykładem zastosowania przedstawionej metody jest eksploatacja prowadzona od 1969 r. w filarze szybów głównych w kopalni "Barbara-Chorzów" [89].

W filarze ochronnym szybów Wyzwolenie I i II eksploatowany był pokład 510 o grubości 5,0 m do 6,0 m na dwie warstwy systemem ścianowym z podsadzką hydrauliczną (rys. 23). Rejon filara ochronnego dla szybów charak-



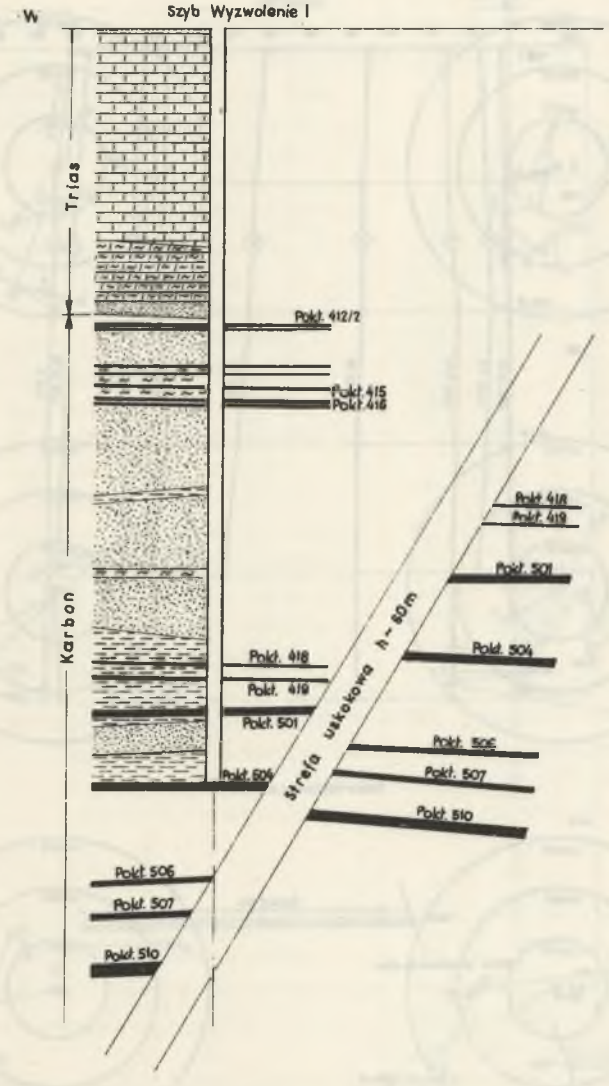
Rys. 22. Rozkład osiadań, odkształceń pionowych i poziomych w szybie przy metodzie eksploatacji dwoma frontami w tym samym kierunku



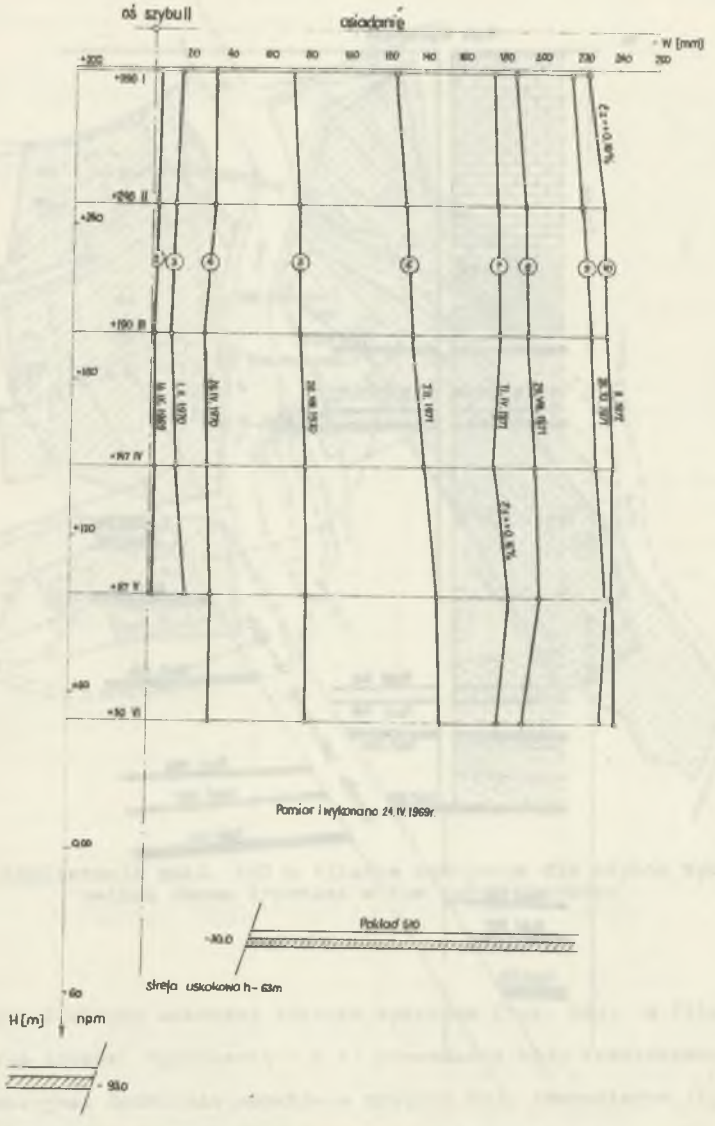
Rys. 23. Eksploatacja pokł. 510 w filarze ochronnym dla szybów Wyzwolenie metodą dwoma frontami w tym samym kierunku

teryzuje się licznymi uskokami różnych systemów (rys. 24). W filarze ochronnym dla szybów Wyzwolenie I i II prowadzone były kompleksowe obserwacje geodezyjne. Osiadanie punktów w szybach było równomierne (rys. 25). Przesunięcia poziome punktów były nieduże (rys. 26).

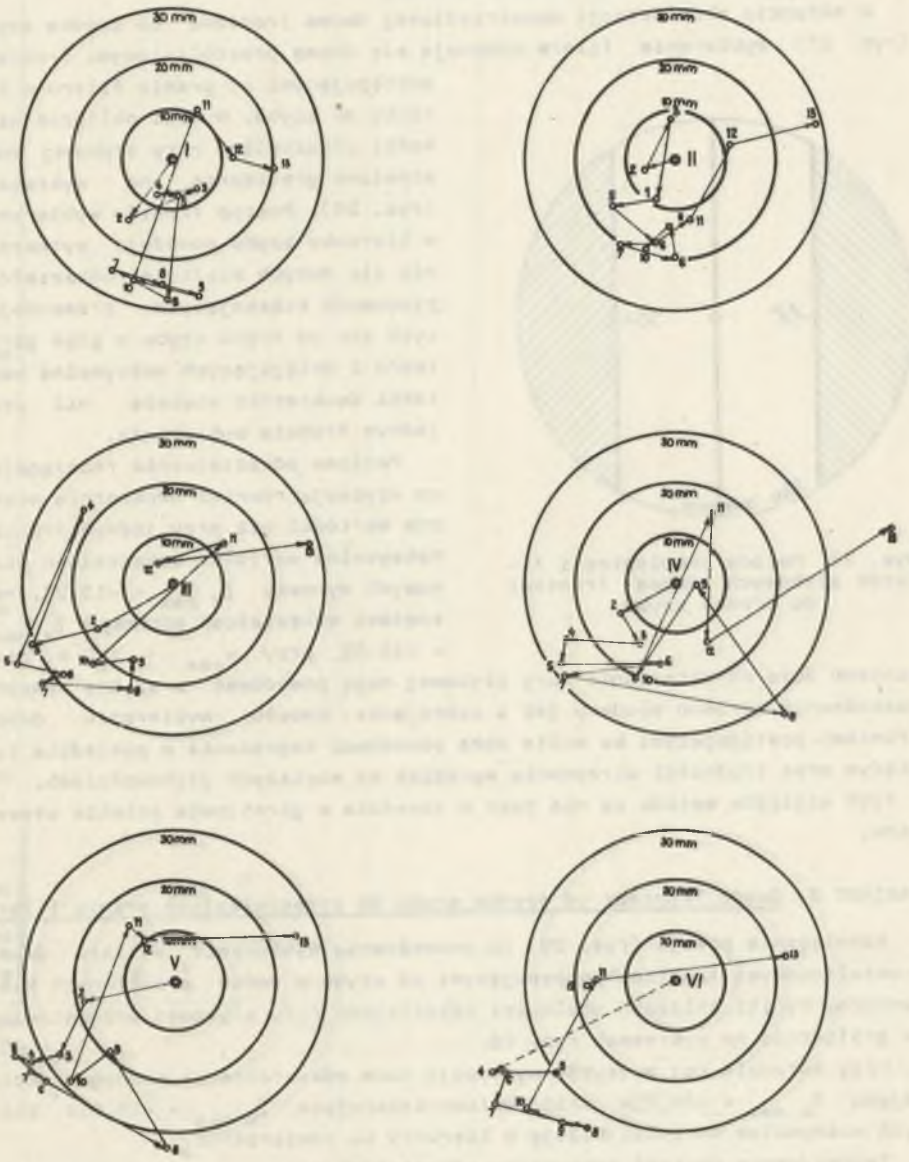
Przedstawione rozwiązanie układu dwu frontów równoległych postępujących w jednym kierunku wykorzystane zostało w metodzie eksploatacji filarów z kostką o regulowanej podatności.



Rys. 24. Przekrój geologiczny przez szyb Wyzwolenie I



Rys. 25. Osiadania w szybie Wyzwolenie II w wyniku eksploatacji pokładu 510

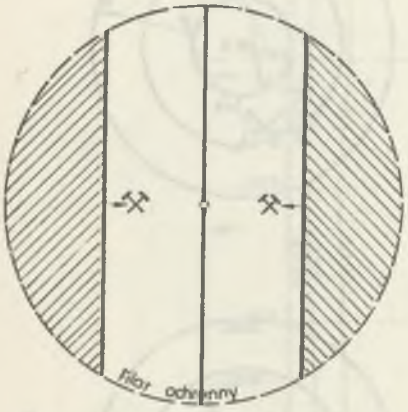


Rys. 26. Przesunięcia poziome punktów na poszczególnych poziomach pomiarowych w szybie Wyzwolenie II

II. Metoda eksploatacji dwuskrzydłowej

WARIANT 1. Dwoma frontami do środka szybu

W metodzie eksploatacji dwuskrzydłowej dwoma frontami do środka szybu (rys. 27) wybieranie filara wykonuje się dwoma prostoliniowymi frontami postępującymi od granic filaru w kierunku do szybu. Wyniki obliczeń wielkości odkształceń rury szybowej przedstawiono graficznie na wykresach (rys. 28). Postęp frontów wybierania w kierunku szybu powoduje wytwarzanie się dużych wielkości odkształceń pionowych ściskających, przesuwających się od zrębu szybu w głąb górotworu i osiągających maksymalne wartości dwukrotnie większe niż przy jednym froncie wybierania.



Rys. 27. Metoda eksploatacji filarów szybowych dwoma frontami do środka szybu

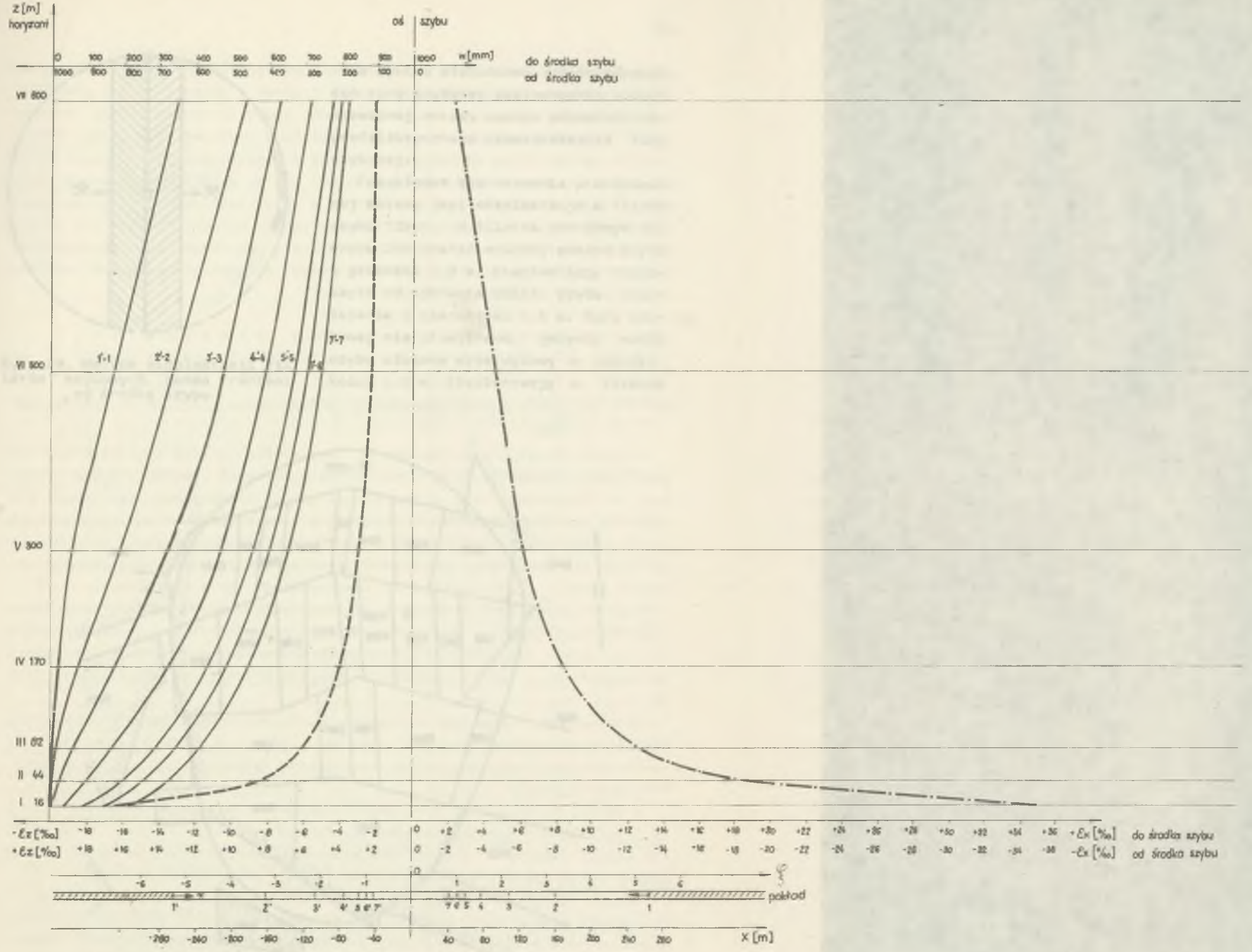
Poziome odkształcenia rozciągające uzyskują również dwukrotnie większe wartości niż przy jednym froncie. Maksymalne wartości odkształceń pionowych wynoszą $\varepsilon_{z\ max} = -15{,}2\%$, natomiast odkształceń poziomych $\varepsilon_{x\ max} = +35{,}0\%$, przy $w_{max} = 1{,}0$ m. Stosunkowo duże odkształcenia rury szybowej mogą powodować w szybie poważne uszkodzenia zarówno obudowy jak i uzbrojenia. Sposób wybierania dwoma frontami postępującymi ku sobie może powodować zagrożenia w pokładzie tąpiącym oraz trudności utrzymania wyrobisk na większych głębokościach. Z tych względów metoda ta nie jest w zasadzie w górnictwie polskim stosowana.

WARIANT 2. Dwoma frontami od środka szybu do przeciwległych granic filaru

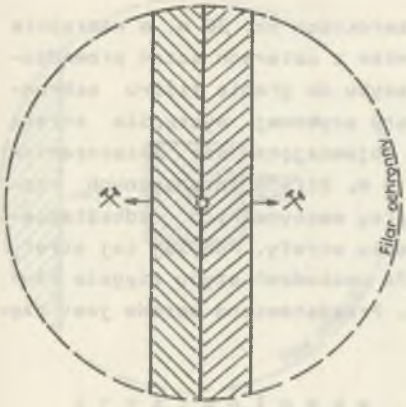
Rozwiązanie polega (rys. 29) na prowadzeniu wybierania filaru dwoma prostoliniowymi frontami postępującymi od szybu w dwóch przeciwnych kierunkach. Wyniki obliczeń wielkości odkształceń rury szybowej przedstawiono graficznie na wykresach rys. 28.

Przy metodzie tej w szybie występują duże odkształcenia pionowe rozciągające $\varepsilon_{z\ max} = +16{,}2\%$o oraz poziome ściskające $\varepsilon_{x\ max} = -35{,}0\%$o, których maksymalne wartości maleją w kierunku ku powierzchni.

Teoretycznie wartość maksymalna odkształceń jest dwa razy większa od wielkości odkształceń występujących przy wybieraniu jednym frontem. Przy tej jednak metodzie szyb zachowuje swą pionową pozycję.



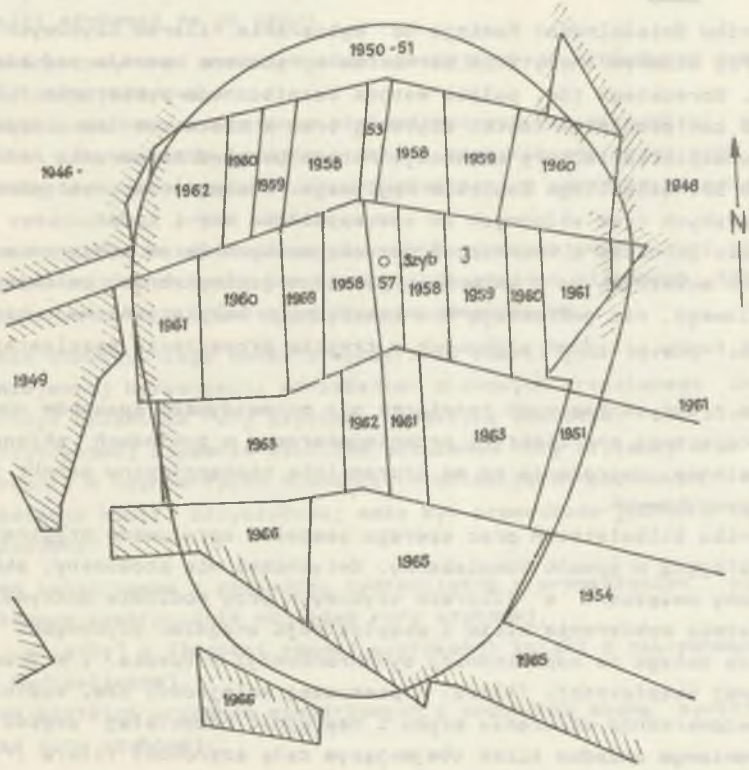
Rys. 28. Rozkład osiadań, odkształceń pionowych i poziomych w szybie przy metodzie eksploatacji dwoma frontami od środka i do środka szybu



Rys. 29. Metoda eksploatacji filarów szybowych dwoma frontami od środka szybu

W wyniku stosunkowo dużych odkształceń rury szybowej zastosowanie przedstawionej metody wymaga odpowiedniego profilaktycznego zabezpieczenia rury szybowej.

Przykładem zastosowania przedstawionej metody jest eksploatacja w filarze szybu "Jan". W filarze ochronnym dla szybu Jan został wybrany pokład 64/65 o grubości 1,9 m. Eksploatację rozpoczęto od wybrania wokół szybu pierścienia o szerokości 3,6 m. Rury szybowej nie przecinano, jedynie wokół szybu ułożono stos dębowy o szerokości 1,2 m. Eksploatację w filarze



Rys. 30. Eksploatacje pokładu 64/65 w filarze ochronnym szybu Jan dwoma frontami od środka szybu

rozpoczęto od wybrania pasa pokładu o szerokości ok. 30 m, a następnie przystąpiono do regularnego wybierania frontem z czterech ścian prowadzonych po rozciągłości w kierunku od środka szybu do granic filaru ochronnego (rys. 30). Na skutek nieprzecięcia rury szybowej wystąpiła strefa ściskań nad pokładem do wysokości ok. 20 m objawiająca się zniszczeniem obudowy i skróceniem rury szybowej o ok. 0,9 m. Strefa intensywnych rozciągań występowała do wysokości ok. 70 m przy maksymalnych odkształceniach pionowych rozciągających +12‰ w środku strefy. Powyżej tej strefy odkształcenia szybu były równomierne. Strefa uszkodzeń szybu sięgała również poniżej przecięcia pokładu przez szyb. Przedstawiona metoda jest często stosowana w górnictwie RFN.

III. K o m p l e k s o w a m e t o d a e k s p l o a t a c j i z w y b i e r a n i e m k o s t k i s z y b o w e j

WARIANT 1. Polska metoda bezpiecznej eksploatacji filarów z kostką szybową

W wyniku działalności Komisji ds Wybierania Filarów Szybowych działającej przy Głównym Instytucie Górnictwa opracowana została pod kierunkiem prof. M. Boreckiego tzw. polska metoda bezpiecznego wybierania filarów szybowych z zastosowaniem kostki szybowej oraz z zastosowaniem specjalnych metod zabezpieczenia rury szybowej. Metoda uwzględnia warunki naturalne i górnicze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, szczególnie występowanie pokładów grubych oraz skłonnych do samozapalania się i tąpań.

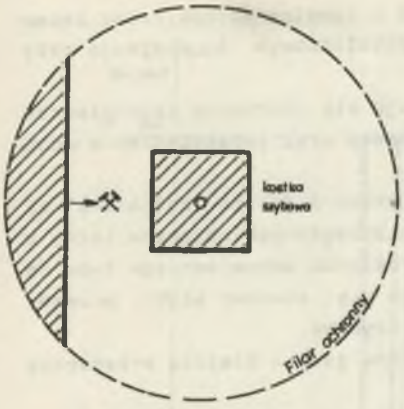
Analiza górnicza i techniczna dotychczasowych metod wybierania filarów szybowych wykazała, że w warunkach górniczo-geologicznych polskiego zagłębia węglowego, nie gwarantują one niezbędnego bezpieczeństwa wybierania i pewności ruchu urządzeń szybowych w trakcie prowadzenia eksploatacji złoża.

Żadne z dotychczasowych rozwiązań nie przewidywało sposobów niezbędnych dla dostatecznej profilaktyki przeciwpożarowej w pokładach skłonnych do samozapalenia. Zagrożenie to ma szczególnie niebezpieczny aspekt w rejonach przyszybowych.

W wyniku kilkuletnich prac szeregu zespołów opracowano oryginalną metodę pozwalającą w sposób kompleksowy, dotychczas nie stosowany, eksploatować zasoby uwięzione w filarach szybowych przy możliwie maksymalnym bezpieczeństwie wybierania złoża i eksploatacji urządzeń szybowych.

Metoda polega na odpowiedniej synchronizacji w czasie i w przestrzeni dwufazowej eksploatacji filaru: w pierwszej kolejności tzw. kostki szybowej w bezpośrednim otoczeniu szybu i następnie pozostałej części filaru jednofrontowym układem ścian obejmującym całą szerokość filara (rys. 31).

Metoda określa również sposoby profilaktycznego zabezpieczenia obudowy i urządzeń szybu. Proponuje zabudowanie, w miejscu przecięcia pokładu z rurą szybową (po wycięciu obudowy szybu), zabudowanie wzmacniającego



Rys. 31. Metoda polska eksploatacji filarów szybowych z kostką szybową

pierścienia z betonu i ułożenia na nim stosów z podatnego drewna - jako główne zabezpieczenie szybu oraz odpowiednie uelastycznienia urządzeń szybowych (dźwigarów, prowadników, rurociągów, kabli itp.).

Eksploatację w filarze ochronnym szybu rozpoczyna się frontem zasadniczym od granicy filara poprzez szyb do przeciwległego krańca filaru. Z chwilą, gdy pierwsze wpływy eksploatacji frontem zasadniczym dochodzą do szybu rozpoczyna się eksploatację kostki szybowej. Stanowi ona część eksploatowanego pokładu, zalegającą bezpośrednio wokół szybu. Wymiary kostki przyjmuje się średnio 40 x 40 m. Analityczny sposób określenia wymiarów kostki przytacza się dalej. Wybieranie kostki szybowej ma na celu:

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

Dobranie odpowiedniego momentu wybierania kostki jest sprawą zasadniczą dla wzajemnej kompensacji odkształceń pionowych przeciwnego znaku i równomiernego osiadania rury szybowej. Praktyka dowiodła, że stosowanie kostki przyszybowej zapewnia stabilne położenie rury szybowej oraz powoduje powstawania w szybie tylko niewielkich odkształceń pionowych.

Eksploatacja kostki przyszybowej może być prowadzona jednym z następujących sposobów:

- systemem zabierkowym z podsadzką hydrauliczną z prowadzeniem przodków wybierkowych symetrycznie względem rury szybowej,
- ścianą (ubierką) o długości równej szerokości kostki z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej,
- systemem krótkich przodków wybierkowych z podsadzką suchą symetrycznie względem rury szybowej.

Eksploatacja frontem zasadniczym prowadzona jest najczęściej systemem ścianowym poprzecznym z podsadzką hydrauliczną względnie podsadzką suchą.

Możliwy jest również system ścian podłużnych z zawałem stropu. Front zasadniczy jest prowadzony frontem ustępliwym prostoliniowym i obejmuje cały filar szybowy.

Równocześnie z eksploatacją kostki wykonuje się niezbędne zabezpieczenie obudowy w miejscu jego przecięcia z pokładem oraz zabezpieczenia uzbrojenia i wyposażenia szybu.

Z uwagi na różnorodność warunków geologicznych w jakich zgłębiane są szyby, a także różne parametry techniczne poszczególnych obiektów, każdy z nich wymaga odrębnego potraktowania przy określaniu odpowiedniego typu zabezpieczeń. Na ogół zabezpieczeniami obejmuje się: obudowę szybu, prowadniki szybowe, rurociągi, kable oraz drabiny szybowe.

Główne zabezpieczenie obudowy szybu wykonane jest w miejscu przecięcia się rury szybowej z eksploatowanym pokładem.

Dla metody eksploatacji z kostką szybową zostały wykonane obliczenia wskaźników deformacji dla różnych stanów frontów. Wymiary kostki przyjęto 50 x 50 m co odpowiada we współrzędnych bezwymiarowych przy przyjętym parametrze r_o wymiarowi 1,0 x 1,0. Wyniki obliczeń dla przyjętych stanów frontów i kostki oraz deformacji sumarycznie przedstawiono na wykresach rys. 32. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że maksymalne odkształcenia pionowe pod wpływem wybrania kostki mogą wynosić $\varepsilon_{z\ max} = +9{,}8‰$, przy $w_{max} = 1{,}0$ m.

W przeprowadzonych obliczeniach odkształceń poziomych zwraca uwagę fakt występowania stosunkowo dużych odkształceń poziomych ściskających. Wielkość tych odkształceń zależy przede wszystkim od wymiarów kostki przyszybowej oraz jakości wykonanej podsadzki w kostce.

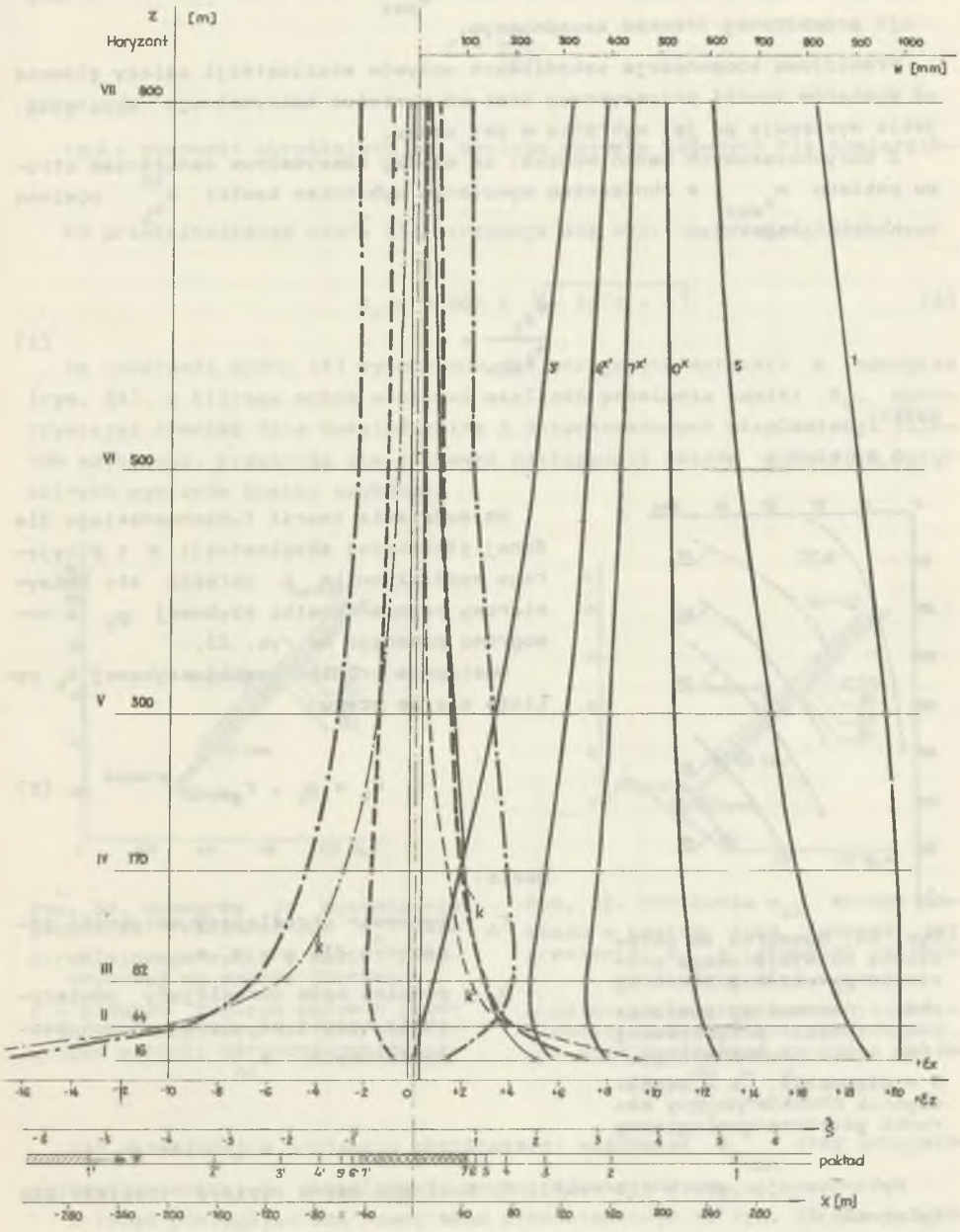
Należy podkreślić duży korzystny wpływ przedstawionej metody wybierania z kostką szybową na szeroki rozwój eksploatacji filarów szybowych w polskim górnictwie węglowym. Dzięki zastosowaniu kostki szybowej oraz kompleksowemu potraktowaniu zabezpieczeń rury szybowej stało się możliwe szerokie przystosowanie również innych sposobów prowadzenia frontów wybierania dla bezpiecznej eksploatacji złoża, jak np. wybieranie dwoma równoległymi frontami, wachlarzowy układ frontu i inne.

Określenie parametrów kostki przyszybowej [68]

Największe deformacje w otoczeniu szybu występują do wysokości ok. 50-100 m nad wybieranym pokładem. Należy więc dążyć do tego, aby w strefie tej kompensacja wpływów wybierania kostki szybowej i właściwej eksploatacji filara frontem zasadniczym była jak największa.

Elementami, które teoretycznie rzecz biorąc decydują o wielkościach pionowych odkształceń rury szybowej są:

- wymiary kostki szybowej (określonej promieniem R_k),
- głębokość eksploatacji H,
- końcowe obniżenie stropu w_{s_k} w osi szybu wywołane wybieraniem kostki szybowej,



Rys. 32. Rozkład osiadań, odkształceń pionowych i poziomych w szybie przy metodzie eksploatacji z kostką szybową

- maksymalne obniżenie stropu pokładu $w_{s_{max}} = a \cdot g$, w wyniku eksploatacji prowadzonej frontem zasadniczym.

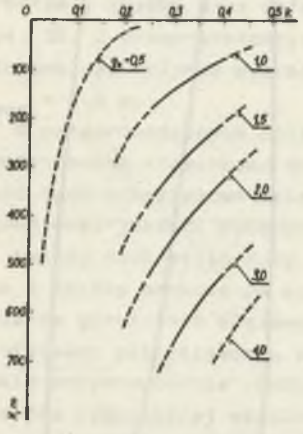
Prawidłowa kompensacja szkodliwych wpływów eksploatacji zależy głównie od wymiarów kostki przyszybowej oraz od wartości maksymalnego obniżenia, jakie występuje po jej wybraniu w osi szybu.

Z dotychczasowych badań wynika, że między maksymalnym obniżeniem stropu pokładu $w_{s_{max}}$ a obniżeniem wywołanym wybraniem kostki w_{s_k} powinna zachodzić proporcja:

$$\frac{w_{s_k}}{w_{s_{max}}} = k, \qquad (1)$$

gdzie:

$0{,}2 \leqslant k \leqslant 0{,}4$



Rys. 33. Nomogram do określania bezwymiarowego promienia ϱ_k koła o powierzchni równoważnej powierzchni kostki przyszybowej wg wzoru Kochmańskiego

H - głębokość, k - współczynnik charakteryzujący warunki górniczo-geologiczne

Na podstawie teorii T.Kochmańskiego dla danej głębokości eksploatacji H i przyjętego współczynnika k określa się bezwymiarowy promień kostki szybowej ϱ_k z nomogramu podanego na rys. 33.

Następnie promień kostki szybowej R_k wylicza się ze wzoru:

$$R_k = \varrho_k \cdot r_o, \qquad (2)$$

gdzie:

r_o - parametr określający sztywność górotworu dla z = H, m,

ϱ_k - promień koła określający powierzchnię kostki we współrzędnych bezwymiarowych, m.

Wykorzystując wzory dla teorii S. Knothego można napisać następującą zależność:

$$k = \frac{w_{s_k}}{w_{s_{max}}} = 1 - \exp\left\{-\pi \frac{R^2}{r}\right\} \qquad (3)$$

gdzie:

$$r = \frac{H}{tg\beta},$$

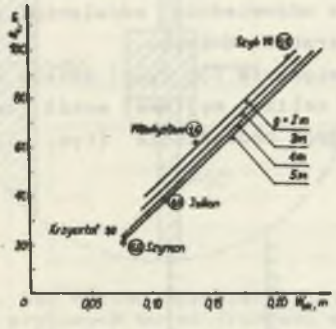
przy czym

$tg\beta$ - parametr określający kąt zasięgu wpływów głównych dla powierzchni.

Po przekształceniu wzoru (3) otrzymuje się wzór na promień kostki

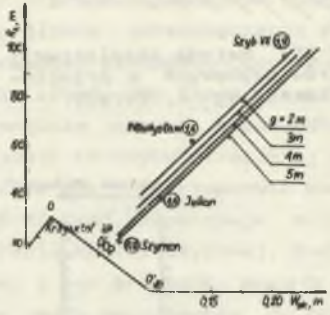
$$R_k = 0{,}857\ r\ \sqrt{-\lg(1-k)}. \qquad (4)$$

Na podstawie wzoru (4) wyznaczono dla przyjętych wartości k nomogram (rys. 34), z którego można odczytać wielkość promienia kostki R_k. Wykorzystując również dane doświadczalne z dotychczasowych eksploatacji filarów szybowych, proponuje się stosować następującą zasadę ustalania optymalnych wymiarów kostki szybowej.



Rys. 34. Nomogram do wyznaczania promienia równoważnego R_k koła określającego wymiary kostki przyszybowej wg wzorów Knothego

r - promień zasięgu wpływów głównych, k - współczynnik charakteryzujący warunki górniczo-geologiczne



Rys. 35. Obniżenie w_{sk} stropu pokładu w kostce jako funkcja jej promienia R_k i grubości pokładu g w różnych szybach

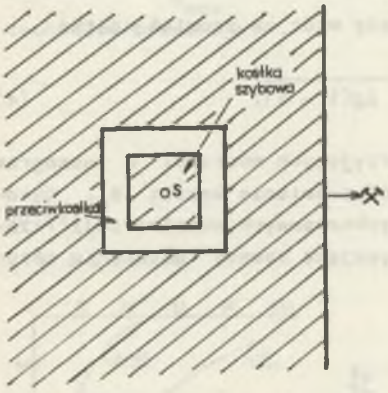
w kółeczkach przy nazwach szybu - grubości rzeczywiste pokładu w m, g - wyinterpolowane grubości pokładu w m

Dla określonej w projekcie eksploatacji wielkości $w_{s_{max}}$ oraz przyjętego współczynnika k, określamy ze wzoru (1) wartość w_{sk}.

Z kolei posługując się nomogramem przedstawionym na rys. 35 dla projektowanej grubości pokładu g i obliczonej wartości w_{sk} można odczytać wprost wymiary kostki.

Przy określeniu wymiarów kostki szybowej istotną jest wartość współczynnika k, którą dla różnych warunków górniczo-geologicznych proponuje się wyznaczać indywidualnie.

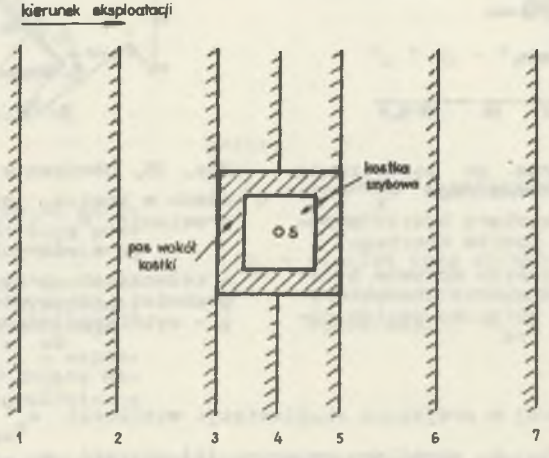
Wymiary kostki wyznaczone z nomogramów mogą różnić się od optymalnych wymiarów uzyskanych na podstawie danych empirycznych (rys. 35).



Rys. 36. Metoda eksploatacji filarów szybowych z przeciwkostką wg A. Tyrały

Dalsze prace badawcze i eksperymentalne nad doskonaleniem metody eksploatacji filarów szybowych z zastosowaniem kostki szybowej zmierzały do ograniczenia niekorzystnych wpływów na rurę szybową w trakcie przechodzenia frontu przez szyb. W tym celu np. zaproponowano (A. Tyrała i I. Haligowski) rozwiązanie z "przeciwkostkę" dla opóźnienia procesu osiadania stropu pokładu w momencie przechodzenia frontu wybierania przez szyb. Mianowicie zaproponowano pozostawienie wokół kostki pasa calizny węglowej (rys. 36), którą wybiera się po odpowiednim oddaleniu się frontu wybierania od szybu.

Inne rozwiązanie (J. Zych) zaleca wybranie pasa calizny węglowej wokół kostki i dobre jego podsadzenie (rys. 37).



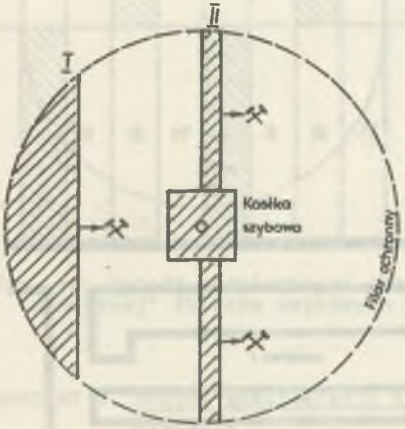
Rys. 37. Metoda eksploatacji filarów szybowych z przeciwkostką wg J.Zycha

Praktyczne jednak zastosowanie wysuwanych propozycji budzi zastrzeżenie natury technicznej. Innym praktycznym rozwiązaniem tego zagadnienia jest zastosowanie kostki szybowej o regulowanej podatności. Rozwiązanie takie

zostało zaproponowane w powiązaniu z wybieraniem filara dwoma równoległymi frontami dla uzyskania minimalizacji odkształceń pionowych i poziomych rury szybowej, celem umożliwienia bezpiecznej eksploatacji filarów szybowych z kierowaniem stropu na podsadzkę suchą lub zawał. Rozwiązanie zostało opracowane w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej [71].

WARIANT 2. Metoda eksploatacji dwoma frontami z kostką szybową o regulowanej podatności

Metoda eksploatacji dwoma frontami z kostką szybową o regulowanej podatności (rys. 38) opracowana została w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej przez zespół M. Borecki, M. Chudek, J. Zych [71]. Metoda uwzględnia eksploatację z zawałem stropu. Front zasadniczy prowadzony jest od granicy filaru w kierunku szybu. W trakcie eksploatacji frontem zasadniczym wykonuje się główne zabezpieczenie szybu, urządzeń szybowych oraz wyposażenia szybu. Gdy front zasadniczy znajdzie się w odpowiedniej odległości od szybu, określonej analitycznie dla projektowanych warunków górniczych, przystępuje się do wybierania kostki szybowej. Kostka szybowa w tym przypadku posiada specjalne cechy dostosowane do prowadzenia w filarze eksploatacji z zawałem stropu. Jest to kostka o określonej podporności oraz regulowanej podatności. Po wybraniu kostki szybowej w odpowiednim momencie uruchomiony zostaje drugi front równoległy, postępujący od szybu do przeciwległej granicy filara, podobnie jak w metodzie jednoskrzydłowej o dwu frontach równoległych. Utworzone zostają w ten sposób dwa równoległe fronty, które są między sobą koordynowane oraz posiadają ściśle określone postępy.



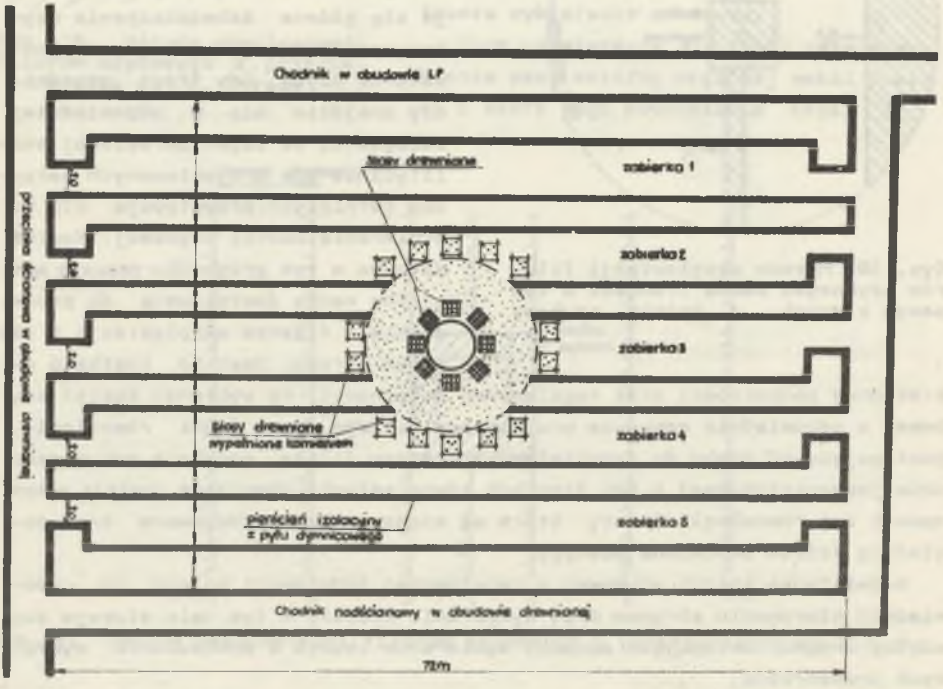
Rys. 38. Metoda eksploatacji filarów szybowych dwoma frontami w tym samym kierunku z kostką szybową

Rozwiązanie kostki szybowej o regulowanej podatności polega na odpowiednim kierowaniu stropem przy wybieraniu kostki. W tym celu stosuje się między innymi następujące sposoby wybierania kostki i podsadzania wybranych przestrzeni:

- częściowe wybieranie pasami o dobieranych odpowiednich szerokościach,
- podsadzanie wybranych przestrzeni podsadzką hydrauliczną lub suchą, w przypadkach stosowania podsadzki przy eksploatacji filara,

- pozostawianie przestrzeni wybranych bez podsadzania w obudowie drewnianej w przypadkach eksploatacji filara z zawałem stropu,
- stosowanie specjalnych materiałów podsadzkowych o określonych podpornościach, np. z wykorzystaniem pyłów dymnicowych, anhydrytowych itp.

Metoda eksploatacji dwoma frontami z kostką upodatnioną została zastosowana przy projektowaniu eksploatacji w filarze ochronnym dla szybu IV kopalni "Chwałowice". Przykład zastosowanej kostki podatnej przedstawiony został na rys. 39. Przedstawiona metoda może znaleźć korzystne zastosowanie w warunkach większych głębokości eksploatacji z zastosowaniem zawału stropu względnie suchej podsadzki. Należy prowadzić eksperymenty w kierunku doskonalenia metody regulowania podatności kostki.

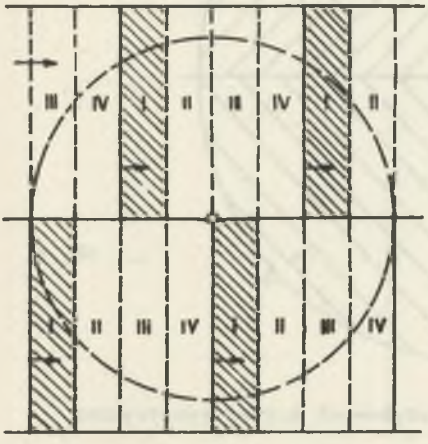


Rys. 39. Schemat wykonania kostki szybowej podatnej dla szybu IV kopalni Chwałowice

IV. Specjalne metody eksploatacji

WARIANT 1. Metoda eksploatacji z harmonicznym układem frontów wybierania

Metoda eksploatacji harmonicznej (rys. 40) została opracowana w 1938 r. przez K. Lehmana [60], a rok później R. Bals [4] przeprowadził obliczenia, w których wykazał, że pewne planowe usytuowanie poszczególnych miejsc prowadzenia eksploatacji wpływa na równomierne obniżenie się całej rury szybowej.



Rys. 40. Metoda eksploatacji "harmonicznej" filarów szybowych

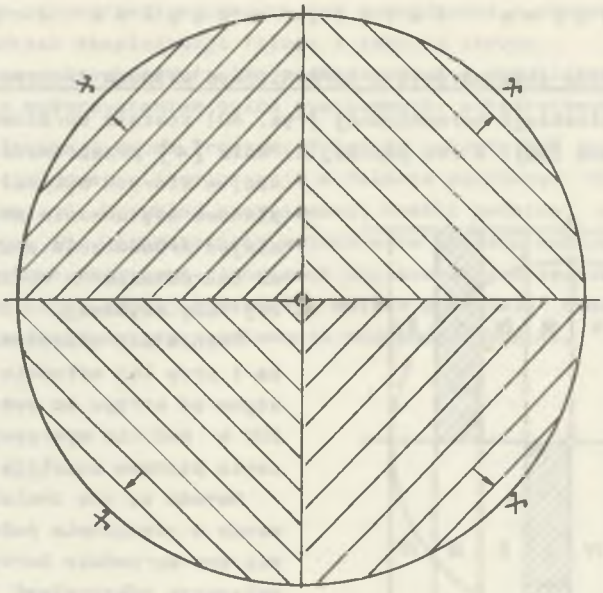
Późniejsze obliczenia wykazały, że i przy tej metodzie na odcinku szybu od stropu do wysokości około 200 m nad nim występują odkształcenia pionowe ściskające.

Metoda ta nie znalazła zastosowania w górnictwie polskim, umożliwia ona wprawdzie korzystną minimalizację odkształceń rury szybowej, jednak układ frontów wybierania stwarza poważne zagrożenie w pokładach tąpiących oraz przy występowaniu większych głębokości wybierania.

WARIANT 2. Metoda eksploatacji z kołowo-symetrycznym układem frontów wybierania

Metoda eksploatacji kołowo-symetrycznej (rys. 41) polega na prowadzeniu eksploatacji symetrycznej w każdym kierunku od szybu na zewnątrz lub z zewnątrz do środka szybu. Wyniki wykonanych obliczeń teoretycznych przedstawiono graficznie na wykresach rys. 42. Przy rozwiązaniu wybierania od środka szybu występują w szybie odkształcenia pionowe rozciągające oraz poziome ściskające. Maksymalne wartości odkształceń wynoszę $\varepsilon_{z\ max}$=+27,4% oraz $\varepsilon_{x\ max}$ = -29,7‰. W miarę postępu frontów w kierunku od granicy filaru odkształcenia zmniejszają się przesuwając się równocześnie od stropu pokładu do powierzchni.

Przy rozwiązaniu wybierania od zewnątrz do szybu występować będą w szybie odkształcenia pionowe ściskające oraz odkształcenia poziome rozciągające, przy czym maksymalne bezwzględne wartości będą takie same, jak przy wybieraniu od środka szybu w kierunku do granic filara. Przedstawiona metoda nie znalazła zastosowania w polskim górnictwie.

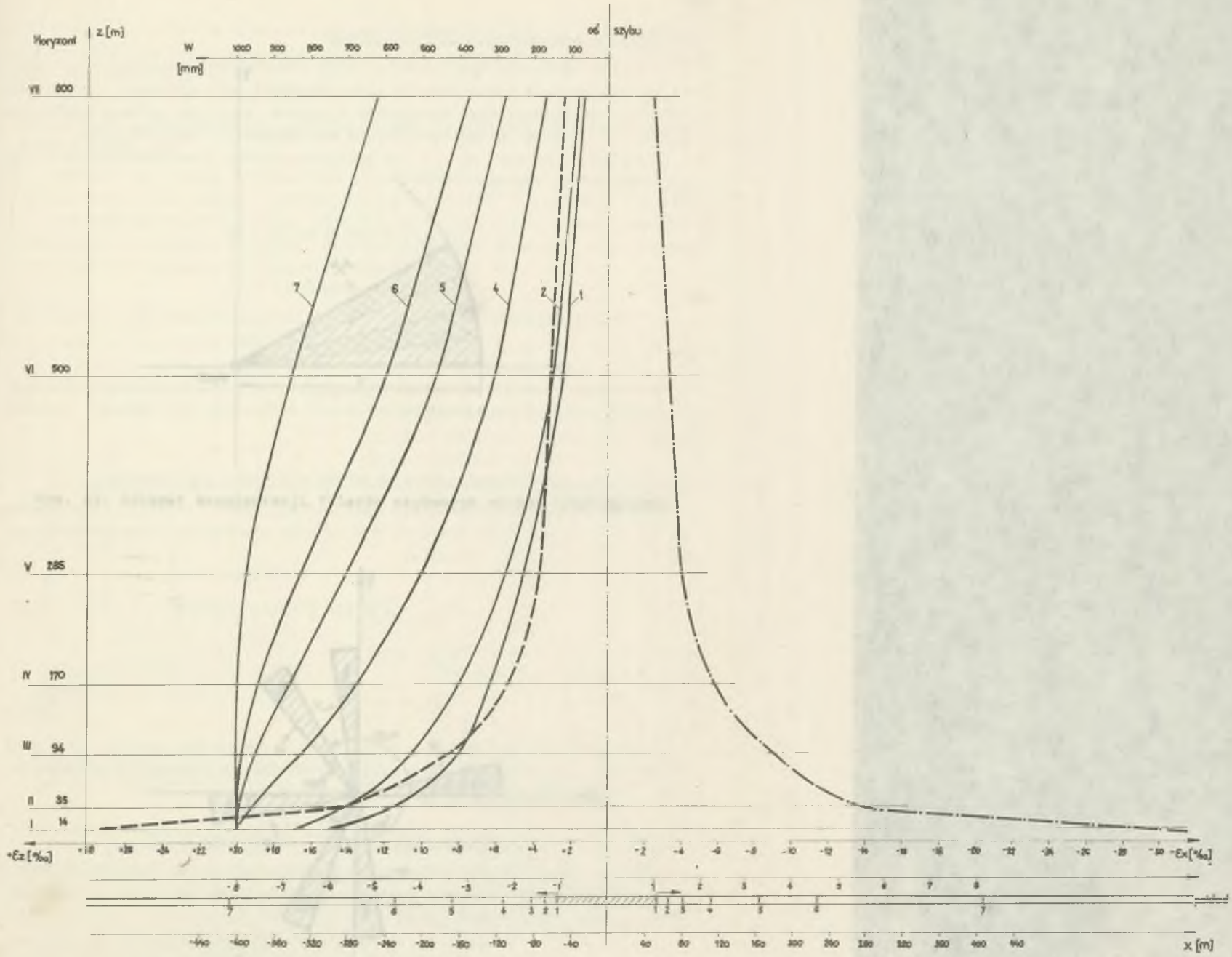


Rys. 41. Metoda eksploatacji filarów szybowych kołowo-symetryczna

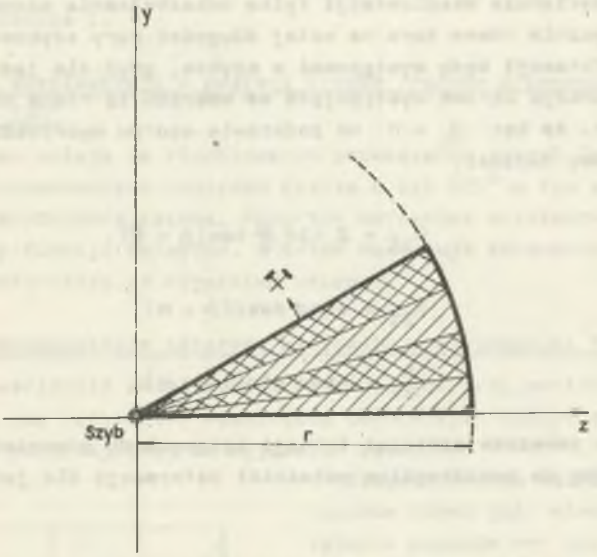
WARIANT 3. Metoda eksploatacji z wachlarzowym układem frontów wybierania

Metoda eksploatacji wachlarzowej została opracowana przez J.Zycha w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej i uzasadniona teoretycznie w pracy [86, 88, 90]. Zasada metody polega na tym, że prostoliniowy front eksploatacyjny o odpowiedniej długości r przesuwa się wokół szybu w ten sposób, że w każdym momencie wyeksploatowana powierzchnia posiada kształt wycinka koła z wierzchołkiem w środku szybu (rys. 43).

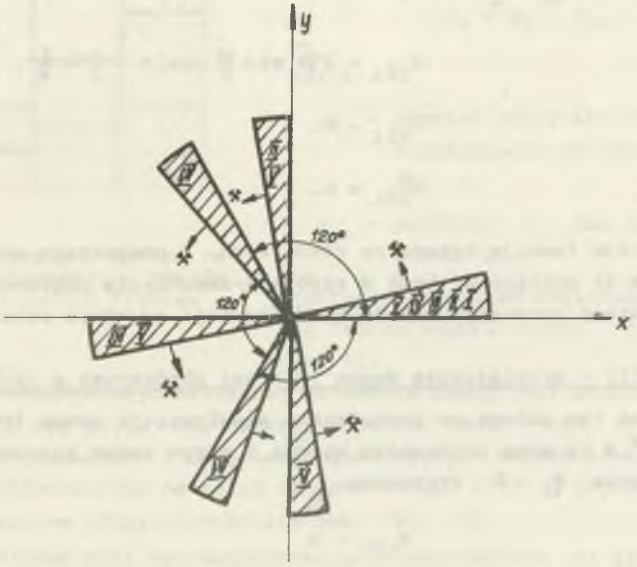
Przy tak prowadzonej eksploatacji można uzyskać teoretycznie równomierne osiadanie całej rury szybowej, a więc zerowanie się odkształceń pionowych w osi szybu na całej długości powyżej eksploatowanego pokładu. Pewne kombinacje eksploatacji w postaci wycinków koła powodują dodatkowo zerowanie się w osi szybu pozostałych wskaźników deformacji jak: odkształceń poziomych, przesunięć poziomych, krzywizn pionowych, nachyleń, krzywizny osi szybu, skręceń itp. na całej długości szybu we wszystkich kierunkach w poziomie. Teoretyczną analizę metody przeprowadzono w oparciu o teorię statyczno-całkową T. Kochmańskiego. W wyniku przeprowadzonej w pracy [86] analizy zostało wyodrębnionych pięć wariantów eksploatacji mogących znaleźć praktyczne zastosowanie. Warianty te zostały przedstawione na rys. 44. Wycinki koła oznaczone zostały cyframi rzymskimi od I do V. Wycinki koła oznaczone tą samą cyfrą rzymską tworzą dany wariant eksploatacji.



Rys. 42. Rozkład osiadań, odkształceń pionowych i poziomych w szybie przy metodzie eksploatacji kołowo-symetrycznej



Rys. 43. Schemat eksploatacji filarów szybowych metodą "wachlarzową"



Rys. 44. Wiarianty metody wachlarzowej. Wycinki koła oznaczone tą samą cyfrą rzymską tworzą dany wariant

WARIANT I - eksploatacja jednym frontem

Przy tym wariancie eksploatacji tylko odkształcenia pionowe w osi szybu są teoretycznie równe zero na całej długości rury szybowej. Pozostałe wskaźniki deformacji będą występować w szybie, gdyż dla jednego wycinka koła n = 1, funkcje kątowe występujące we wzorach są różne od zera.

Zakładając, że kąt $\vartheta_1 = 0$ na podstawie wzorów wyprowadzonych w pracy [86, 90] możemy napisać:

$$K_{11} = 2 \sin\frac{\alpha}{2} \cos(\beta - \frac{\alpha}{2}),$$

$$K_{21} = \sin\alpha \cos(2\beta - \alpha),$$

$$K^{s}_{21} = \sin\alpha \sin(2\beta - \alpha).$$

Wstawiając powyższe wartości funkcji kątowych do odpowiednich wzorów otrzymamy wzory na poszczególne wskaźniki deformacji dla jednego wycinka koła.

WARIANT II - eksploatacja dwoma frontami wzajemnie prostopadłymi

Wariant polega na prowadzeniu eksploatacji dwoma wzajemnie prostopadłymi frontami w tym samym kierunku i z tą samą prędkością kątową. Przyjmując $\vartheta_2 = 0$ oraz $\vartheta_1 = \frac{\pi}{2}$ otrzymamy:

$$K_{12\perp} = 2\sqrt{2} \sin\frac{\alpha}{2} \cos(\beta - \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi}{4}),$$

$$K_{22\perp} = 0,$$

$$K^{s}_{22\perp} = 0.$$

Pozostałe funkcje kątowe są równe zero. Z powyższego wynika, że przy wariancie II występować będą w szybie przesunięcia poziome oraz nachylenia natomiast pozostałe wskaźniki deformacji są równe zero.

WARIANT III - eksploatacja dwoma frontami obróconymi o 180°

Wariant ten polega na prowadzeniu eksploatacji dwoma frontami obróconymi o 180° z tą samą prędkością kątową i w tym samym kierunku. Przyjmując $\vartheta_2 = 0$ oraz $\vartheta_1 = \pi$ otrzymamy:

$$K_{12\parallel} = 0,$$

$$K_{22\parallel} = 2 \sin\alpha \cos(2\beta - \alpha),$$

$$K^{s}_{22\parallel} = 2 \sin\alpha \sin(2\beta - \alpha).$$

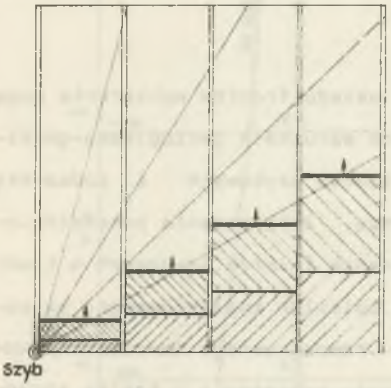
Przy tym wariancie eksploatacji przesunięcia poziome i nachylenia są równe zero natomiast pozostałe wskaźniki deformacji będą dwa razy większe niż przy wariancie I.

WARIANT IV - eksploatacja w postaci trzech frontów przesuniętych względem siebie o kąt 120^{o}

Wariant ten polega na równoczesnym prowadzeniu trzech frontów eksploatacyjnych przesuniętych względem siebie o kąt 120^{o} w tym samym kierunku i z tą samą prędkością kątową. Przy tym wariancie eksploatacji następuje zerowanie się funkcji kątowych, a zatem następuje zerowanie się wszystkich wskaźników deformacji za wyjątkiem osiadań.

WARIANT V - eksploatacja czterema wzajemnie prostopadłymi frontami

Przy tym wariancie eksploatacji podobnie jak przy wariancie IV następuje zerowanie się wszystkich wskaźników deformacji, wzdłuż osi szybu na całej długości rury szybowej za wyjątkiem osiadań.



Rys. 45. Praktyczny przykład realizacji eksploatacji metody wachlarzowej jednym frontem

Długość frontu wachlarzowego teoretycznie równa jest nieskończoność. Praktycznie posiada on ograniczoną długość i dla danej wysokości z nad stropem pokładu można ją obliczyć ze wzoru:

$$r_z = \varrho_z \cdot r_{oz},$$

gdzie:

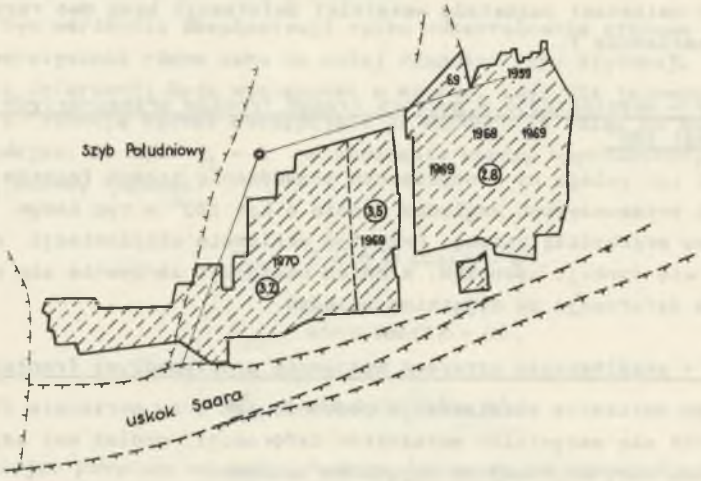
ϱ_z - promień bezwymiarowy zasięgu eksploatacji na danej wysokości z,

r_{oz} - parametr r_o dla danej wysokości z.

Praktyczny przykład możliwości realizacji frontu wachlarzowego przedstawia rys. 45.

Przykładem eksploatacji zbliżonej do wachlarzowej jest eksploatacja filaru ochronnego dla szybu Południowego kopalni "Wawel" (rys. 46). Na podstawie wyników uzyskanych z obserwacji geodezyjnych należy stwierdzić, że szyb osiadał równomiernie na całej długości (rys. 47). W szybie występowały więc minimalne odkształcenia pionowe (rys. 48).

Innym przykładem może być eksploatacja przeprowadzona na jednej z kopalń Donbasu w filarze ochronnym szybu, gdzie eksploatowany był pokład o grubości 1,3-1,5 m z zawałem stropu [59]. Sposób eksploatacji filaru szybowego został przedstawiony na rys. 49.

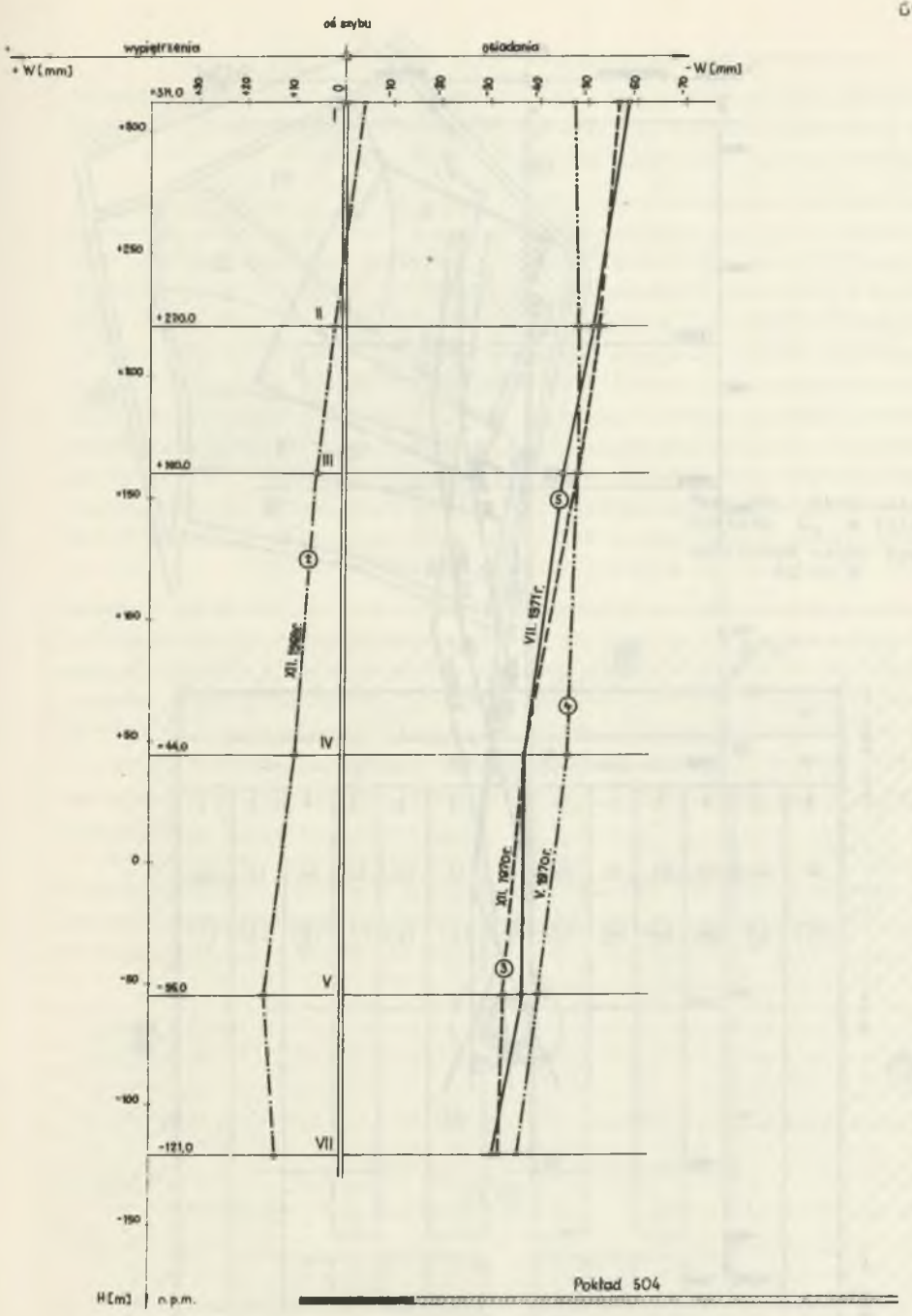


Rys. 46. Eksploatacja pokładu 504 w filarze ochronnym dla szybu Południowego

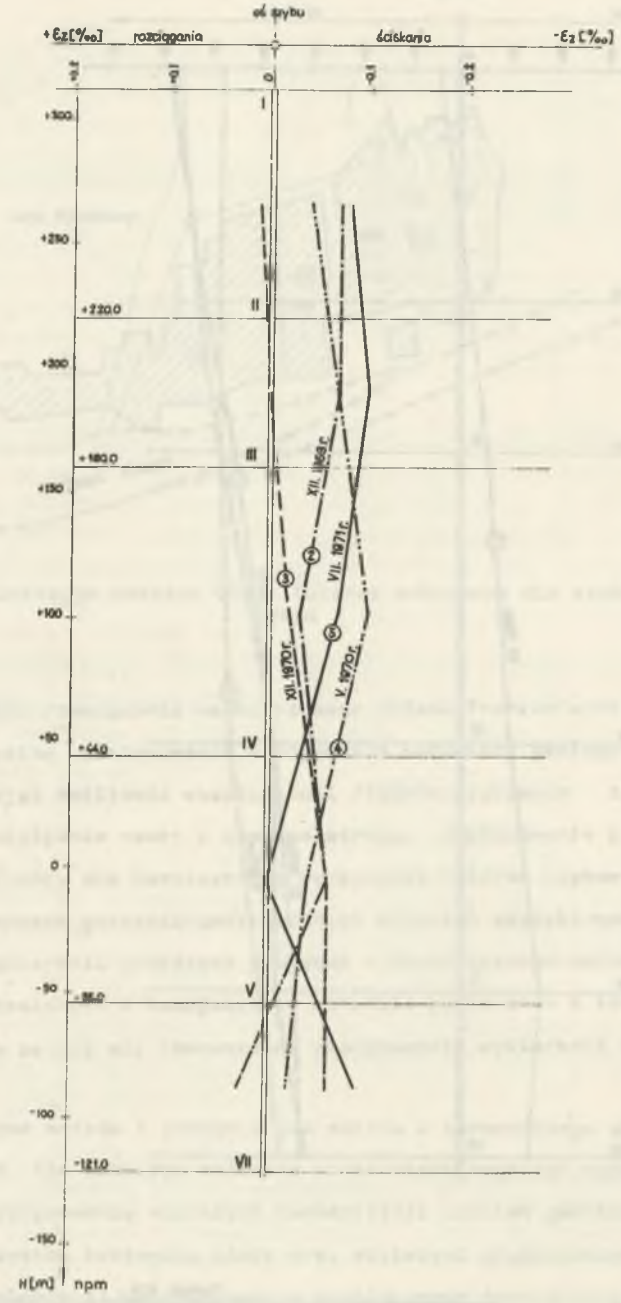
Przedstawione rozwiązania wachlarzowego układu frontów wybierania mogą znaleźć korzystne zastosowanie w dogodnych warunkach geologiczno-górniczych, stwarzając możliwość eksploatacji filarów szybowych z podsadzką pneumatyczną względnie nawet z zawałem stropu. Zastosowanie przedstawionych układów frontu dla bezpiecznego wybierania filarów szybowych w trudniejszych warunkach górniczo-geologicznych polskich zagłębi wymaga - szczególnie przy wybieraniu grubszych pokładów - równoczesnego zastosowania rozwiązań przedstawionych w kompleksowej metodzie wybierania z kostką szybową. Mianowicie zaleca się równoczesne zastosowanie wybierania kostki szybowej.

Przedstawiona metoda i podobnie jak metoda z harmonicznym układem frontów wybierania, nie może być zalecana w warunkach zagrożeń tąpaniami oraz w warunkach występowania większych koncentracji ciśnień górniczych związanych z niekorzystną tektoniką złoża oraz większymi głębokościami zalegania.

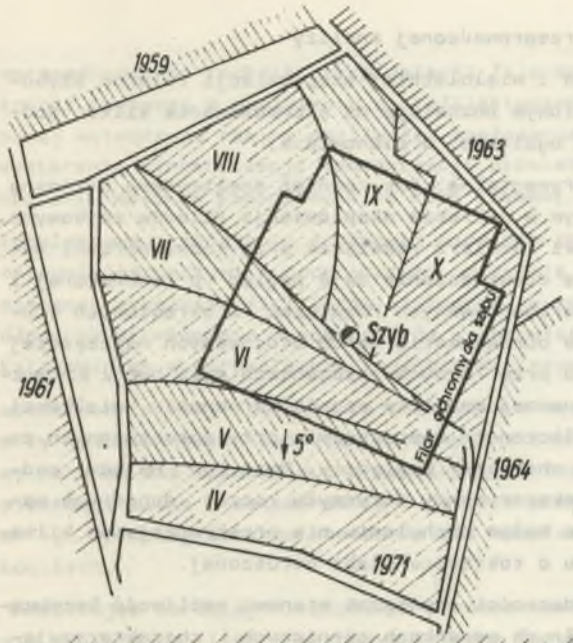
Metoda eksploatacji wachlarzowej w kompleksowym rozwiązaniu z wybieraniem kostki szybowej zastosowana została przy eksploatacji filaru ochronnego dla szybu Piekary kopalni Dymitrow, gdzie zaprojektowano wybieranie z zawałem stropu oraz zastosowanie kostki upodatnionej (rys. 50).



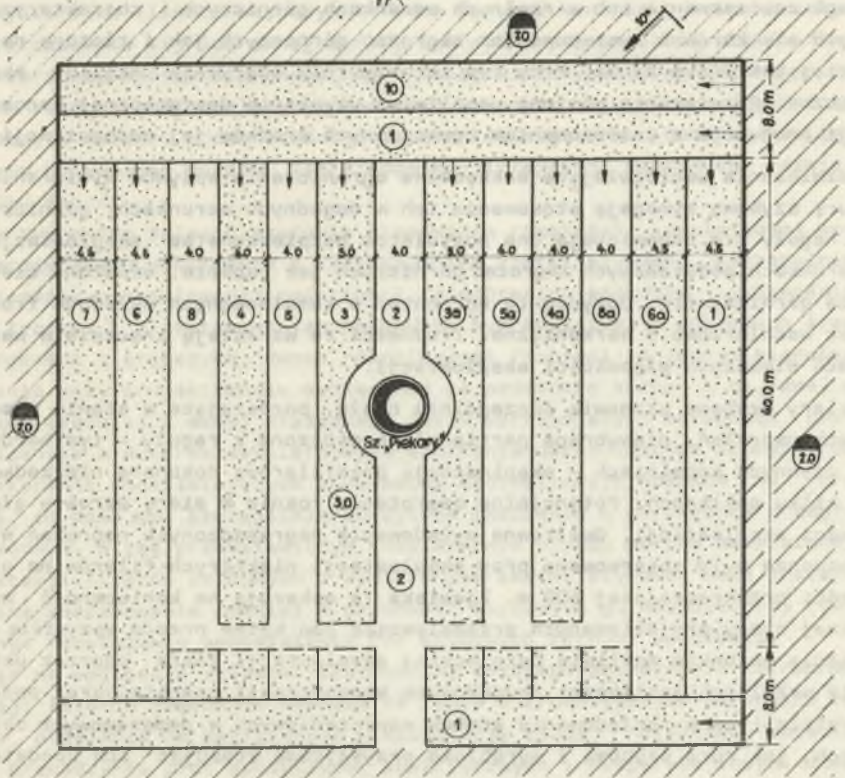
Rys. 47. Osiadanie punktów w szybie Południowym pod wpływem eksploatacji pokł. 504



Rys. 48. Odkształcenia pionowe w szybie Południowym pod wpływem eksploatacji pokł. 504



Rys. 49. Eksploatacja pokładu L_3 w filarze ochronnym szybu kopalni nr 2



Rys. 50. Schemat wykonania kostki szybowej podatnej dla szybu Piekary kopalni Dymitrow

4.2.2. Podsumowanie wyników przeprowadzonej analizy

Dotychczasowe doświadczenia z wieloletniej eksploatacji filarów szybowych w polskim górnictwie węglowym pozwalają na sformułowanie kilku podstawowych wniosków charakteru ogólnego, a mianowicie:

- dotychczasowe badania eksperymentalne, jak również analityczne dokonane w polskim górnictwie węglowym w zakresie eksploatacji filarów szybowych, obejmowały stosunkowo szeroki wachlarz rozwiązań oraz różne warunki naturalne i górnicze. Wykonane doświadczenia dają pogląd o technicznej i górniczej przydatności eksperymentowanych rozwiązań w określonych stosowanych warunkach. Wzajemne porównywanie metod stosowanych najczęściej w różnych warunkach i często przy różnych założeniach musi być z konieczności ostrożne. Przyjęty w naszej analizie sposób porównania wielkości deformacji rury szybowej obliczonych teoretycznie przy uproszczonych założeniach może mieć jedynie charakter poglądowy. Poza tym należy podkreślić, że przeprowadzone eksperymenty dotyczyły raczej dogodnych warunków zalegania pokładów, o małym nachyleniu nie przekraczającym kilkanaście stopni oraz górotworu o tektonice słabo naruszonej,
- o techniczno-górniczej przydatności rozwiązań stanowi możliwość bezpiecznego zastosowania ich w realnych warunkach górniczych charakteryzujących się zarówno występowaniem zagrożeń górniczych jak i złożoną najczęściej tektoniką złoża. Przy tym istotną rolę odgrywają względy ekonomiczne. Rozwiązania powinny umożliwiać uzyskanie dostatecznej koncentracji produkcji z zastosowaniem nowoczesnych środków jej mechanizacji,
- rozwiązania umożliwiające maksymalne ograniczenie wpływów wybierania na rurę szybową wymagają stosowania ich w dogodnych warunkach górniczych. Z reguły nie odpowiadają one postulatom bezpieczeństwa eksploatacji w warunkach podstawowych zagrożeń górniczych jak tąpania, wzmożone ciśnienie górnicze itp. Dotyczy to np. metod o kombinowanych układach frontów, jak wachlarzowe i harmoniczne. Trudności te wzrastają znacznie w warunkach większych głębokości eksploatacji,
- filary szybowe stanowią szczególnie czułe, pozostające w stanie wzmożonych naprężeń, niewybrane partie złoża otoczone z reguły - tym bardziej w czynnych kopalniach - eksploatacją pozafilarową dokonaną nierzadko już w kilku pokładach. Potencjalne zagrożenie rośnie w miarę wzrostu głębokości eksploatacji. Gwałtowne wyładowania nagromadzonych naprężeń w górotworze były obserwowane przy eksploatacji niektórych filarów na głębokości przekraczającej 500 m. Zjawiska te wskazują na konieczność wnikliwej oceny projektowanych przedsięwzięć pod kątem przede wszystkim spełnienia warunków możliwie bezpiecznej eksploatacji złoża poprzez unikania wszelkich możliwości dodatkowych koncentracji naprężeń oraz poprzez profilaktyczne rozładowanie stanów naprężeniowych w podstawowych obiektach, jak rura szybowa i wyrobiska przyszybowe stosując ich upodatnienie.

- wprowadzenie do techniki eksploatacji filarów szybowych idei wybierania kostki szybowej w powiązaniu z profilaktycznym zabezpieczeniem rury szybowej wytworzyło realne możliwości spełnienia postulatów bezpieczeństwa wybierania minimalizacji koncentracji ciśnień przy dostatecznym ograniczeniu wpływów szkodliwych na rurę szybową,
- kompleksowe traktowanie złożonych aspektów związanych z warunkami naturalnymi, górniczymi i technicznymi, przyjęte w polskiej metodzie bezpiecznej eksploatacji filarów szybowych, wytworzyło najbardziej prawidłowe ukierunkowanie eksperymentów w specyficznych warunkach kopalń zlokalizowanych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym,
- upodatnienie rury szybowej na określone odkształcenia pionowe i poziome przy budowie nowych obiektów szybowych stanowi najwłaściwszy i podstawowy warunek dla dokonania w przyszłości ekonomicznej i bezpiecznej eksploatacji złoża w bezpośrednim i dalszym otoczeniu szybów. Postulat ten ma tym bardziej istotne znaczenie dla eksploatacji na większych głębokościach.

Analizując bardziej szczegółowo przedstawione powyżej metody i rozwiązania wybierania filarów szybowych trudno wysunąć konkretne wnioski zalecające stosowanie tej lub innej metody lub wybranych sposobów układów frontów wybierania. Wydaje się chyba najbardziej słuszny wniosek wskazujący na potrzebę każdorazowej analizy konkretnych warunków naturalnych i górniczotechnicznych obiektu przeznaczonego do eksploatacji oraz doboru na tej podstawie optymalnej metody, która może być integracją wybranych rozwiązań kilku metod.

Przy tym można zalecić szerokie stosowanie rozwiązań kompleksowej metody bezpiecznego wybierania z zastosowaniem kostki szybowej, szczególnie w rozwiązaniu o regulowanej podatności, z dobraniem sposobów wybierania jednym frontem i z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej w pokładach średniej grubości i grubszych, dwoma równoległymi frontami w jednym kierunku wybierania przy projektowaniu wybierania na podsadzkę suchą i na zawał w pokładach średniej i małej miąższości lub w sprzyjających warunkach geomechanicznych z doborem wachlarzowych względnie harmonicznych układów frontów wybierania umożliwiających maksymalną minimalizację wpływów na rurę szybową, co może mieć szczególnie korzystne znaczenie w górotworze o zagrożeniu wodnym. W tak przedstawionym kompleksowym ujęciu metoda bezpiecznej eksploatacji filarów szybowych z wybieraniem kostki szybowej może znaleźć korzystne zastosowanie również w warunkach większych głębokości, przy równoczesnym rozwiązaniu upodatnienia rur szybowych różnymi sposobami.

Mając na względzie celowość ekonomiczną dalszego poszerzenia zakresu eksploatacji filarów szybowych również na złoża o trudniejszych warunkach zalegania, przejścia na bezfilarową eksploatację złoża, należałoby zalecić dalsze prowadzenie prac badawczych, analitycznych i eksperymentowych szczególnie w zakresie:

- eksploatacji filarów szybowych w pokładach nachylonych wraz z odpowiednio zaprojektowanymi kompleksowymi obserwacjami geodezyjnymi i fizycznymi zachowania się górotworu i rury szybowej oraz w pokładach zalegających w warunkach zaburzeń tektonicznych,
- dalszego doskonalenia rozwiązań zmierzających do minimalizacji deformacji rury szybowej przy określonych metodach wybierania złoża w filarze. Dotyczyło to szczególnie rozwiązań kombinowanych układów frontów wybierania jak harmoniczny i wachlarzowy,
- podjęcie eksperymentów wdrożeń zastosowania metody dwuskrzydłowego układu frontów wybierania od szybu do granic, stosowanego z powodzeniem w górnictwie węglowym RFN, a umożliwiającego rozładowania naprężeń w centrum obiektu filarowego (rura szybowa i wyrobiska przyszybowe) z zastosowaniem rozwiązań minimalizujących intensywność odkształceń rury szybowej, np. poprzez zastosowanie kostki szybowej o odpowiednich rozmiarach i wzmocnionej podporności.

Metoda odpowiada postulatom bezpiecznego prowadzenia eksploatacji w warunkach większych koncentracji naprężeń związanych z większymi głębokościami, jak również stwarza warunki dla większych koncentracji produkcji.

4.3. Konstrukcja obudów szybowych, podszybi oraz głównych wyrobisk korytarzowych zezwalająca na prowadzenie eksploatacji w filarach ochronnych

4.3.1. Lokalizacja szybów i podszybi dla warunków wpływów eksploatacji

Właściwa lokalizacja i konstrukcja szybów i wyrobisk przyszybowych nabiera szczególnego znaczenia w warunkach średnich i dużych głębokości, w których przewiduje się wybieranie pokładów w filarach ochronnych. Przy ustaleniu lokalizacji szybów i wyrobiskach przyszybowych należy wziąć pod uwagę występujące warunki geologiczne, hydrogeologiczne,górnicze,stan warunków hydrogeologicznych, jaki wytworzony jest w czasie prowadzenia robót górniczych, kryteria bilansowości pokładów, sposób eksploatacji,transportu,wentylacji przy zachowaniu minimalizacji kosztów wydobywania złoża kopaliny użytecznej w ustalonym okresie czasu.

Wyrobiska, które mają być poddane wpływom eksploatacji górniczej należy lokalizować w możliwie dogodnych warunkach, którymi są:

- górotwór niezawodniony lub zawodniony o ograniczanych zasobach wody,którą można ze stref zagrożeń odprowadzić,
- górotwór możliwie zwięzły nie osłabiony uskokami, warstwami spełzającymi, pęczniejącymi,
- warstwy górotworu zalegające poziomo lub nachylone, przy których nie występuje spełzywanie,

- warstwy górotworu możliwie mocne, które nie powodują nadmiernych ciśnień górotworu, wymiary projektowanych wyrobisk i obudowa dostosowana do wielkości przewidywanych ciśnień i deformacji,
- usytuowanie wyrobisk w stosunku do projektowanej eksploatacji możliwie odległe, aby wyrobiska były narażone na stosunkowo małe wpływy
- położenie wyrobisk w stosunku do projektowanych pól eksploatacyjnych takie, aby można było zaprojektować i prowadzić eksploatację pokładów przy zachowaniu warunku minimalizacji wpływów,
- położenie wyrobisk w partiach górotworu o małych zasobach w filarze, o dużych poza filarem.

Właściwe zlokalizowanie wyrobisk udostępniających pozwoli na zaprojektowanie i wykonanie odpowiedniej obudowy i wyposażenia wyrobisk, przy których będzie możliwa eksploatacja w filarach ochronnych przy możliwie małych nakładach inwestycyjnych, a wyrobiska będą zdatne do użytkowania w wymaganym okresie czasu. Zlokalizowanie wyrobisk udostępniających w niekorzystnych warunkach powoduje znaczne koszty wykonania obudowy, jej utrzymania i nie zawsze zezwala na prowadzenie eksploatacji w filarach.

Takimi niekorzystnymi warunkami w lokalizowaniu wyrobisk są:

- uskoki, gdzie w wyniku spełzania warstw występuje ścinanie obudowy oraz w wyniku migracji wód agresywnych niszczenie obudowy,
- zawodnione warstwy nadkładu o dużych zasobach wody a szczególnie wody przepływającej zasilanej z powierzchni ziemi,
- nachylony lub stromy kontakt warstw nadkładu z warstwami karbońskimi, który ułatwia spełzywanie warstw,
- sfałdowanie warstw skalnych szczególnie z przewarstwieniami skał plastycznych, które powoduję jednostronne nadmierne obciążenie obudowy,
- usytuowanie szybu na spodzie synkliny lub niecki, gdzie występuje wzmożony nacisk warstw skalnych dążących do przemieszczania do zgłębionego szybu,
- nadmierna łupność (ciosowatość) i złożoność warstw skalnych, która powoduje nierównomierne obciążenie obudowy, szczególnie gdy poszczególne spękane bloki wywierają silne miejscowe obciążenie obudowy,
- strefa spękań nad wyrobiskiem sięga do pokładu skłonnego do pożarów, która może być przyczyną powstania pożaru,
- występująca woda agresywna powoduje niekorzystne chemiczne niszczenie obudowy oraz w wyniku przepływu erozyjne wymywanie materiału obudowy.

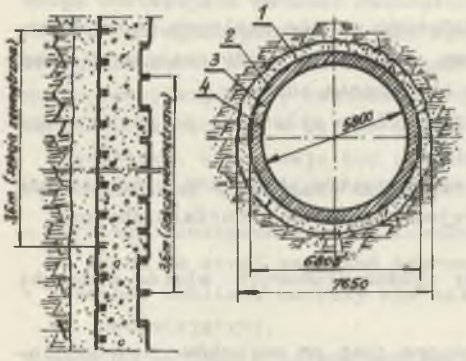
4.3.2. Założenia do konstrukcji i wybór obudów szybowych, wlotów podszybi i wyrobisk korytarzowych

Konstrukcja obudów szybowych uzależniona jest od warunków hydrogeologicznych, geologicznych, przewidywanych wielkości deformacji od wpływów projektowanej eksploatacji, możliwych odchyłek od zaplanowanej eksploatacji pokładów, wymaganych gabarytów wyrobisk i ich funkcjonalność w okre-

sie istnienia poziomu czy kopalni. W warunkach zawodnionego nadkładu o dużych zasobach wody, a szczególnie wody przepływającej istnieje potrzeba wykonywania obudów szybowych jako wodoszczelne z płaszczem amortyzacyjno-poślizgowym, którego grubość jest tak dobrana, że wynikające z eksploatacji stosunkowo duże odkształcenia górotworu są amortyzowane tak, że obudowa wstępna nie spowoduje lokalnych wzmożonych obciążeń. Tam, gdzie zasoby wody są ograniczone i istnieje możliwość osuszenia górotworu, stosowanie między obudową wstępną, a ostateczną płaszcza amortyzacyjnego poślizgowego nie jest konieczne. Zachodzi tu potrzeba wykonania obudowy tak, aby przed osuszeniem warstw górotworu była szczelna, a po osuszeniu i wystąpieniu wpływów eksploatacji nie ulegała zniszczeniu i zapewniała wymaganą użyteczność szybu.

Przy projektowaniu obudowy szybu w górotworze zawodnionym należy zwrócić szczególną uwagę, na:

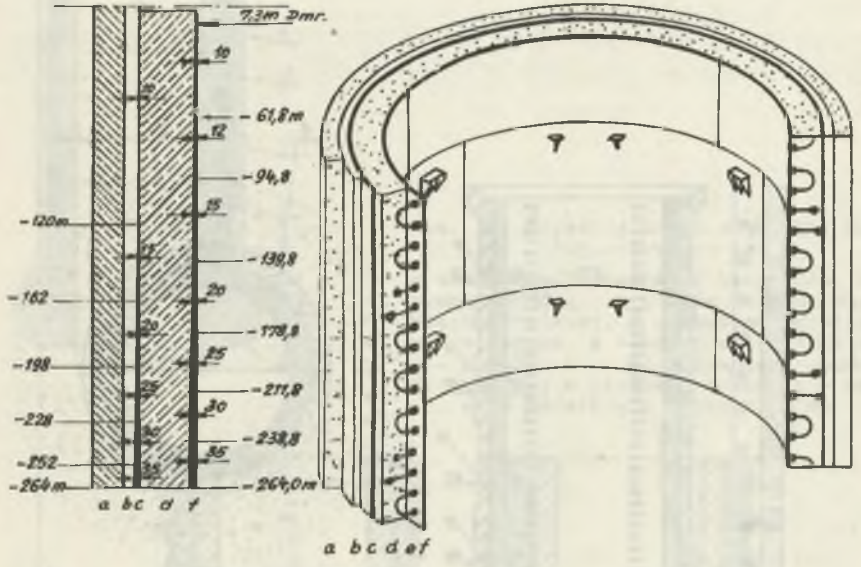
- obudowa szybu winna zapewnić bezpieczne jego funkcjonowanie w warunkach zagrożenia wodnego,
- obudowa winna być wodoszczelna,
- wytrzymałość i konstrukcja obudowy winna być taka, aby obudowa ostateczna nie uległa zniszczeniu, a podatność na zewnątrz obudowy ostatecznej winna być zapewniona przez płaszcz amortyzacyjno-poślizgowy,
- grubość płaszcza amortyzacyjno-poślizgowego winna być taka, aby deformowana obudowa wstępna od wpływów eksploatacji górniczej nie spowodowała lokalnych obciążeń obudowy ostatecznej,
- materiał na płaszcz amortyzacyjno-poślizgowy winien być tak dobrany, aby powodował oddziaływanie ciśnieniem hydrostatycznym na obudowę ostateczną i wstępną o takiej wielkości, przy której obudowa przeciwdziałałaby ciśnieniu hydrostatycznemu wody i ciśnieniu skał przed wystąpieniem wpływów eksploatacji.



Rys. 51. Obudowa szybów kop. Beatrix
1 - warstwa asfaltu o grubości 25-30 cm, 2, 4 - cylindry wykonane ze stali profilowanej, 3 - warstwa betonu

- na płaszcz amortyzacyjno-poślizgowy można stosować asfalt z dodatkiem pyłu kamiennego tak, aby gęstość przestrzenna tej mieszaniny była około $1{,}3 \cdot 10^3$ kg/m^3 zaś grubość płaszcza w zależności od deformacji może wynieść 10-35 cm,
- materiał na płaszcz amortyzacyjno-poślizgowy powinien być łatwy do układania w formie ciekłej lub płyt, przy czym można tu wykorzystać doświadczenie przy wykorzystaniu takich szybów jak: "Beatrix" w kopalni holenderskiej, w kopalni "Auguste Victoria" w RFN,

w kopalni "Wulfel", w kopalni "Heindrich" w Holandii, których konstrukcja [64, 62, 85] przedstawiona jest na rysunkach 51, 52 i 53.

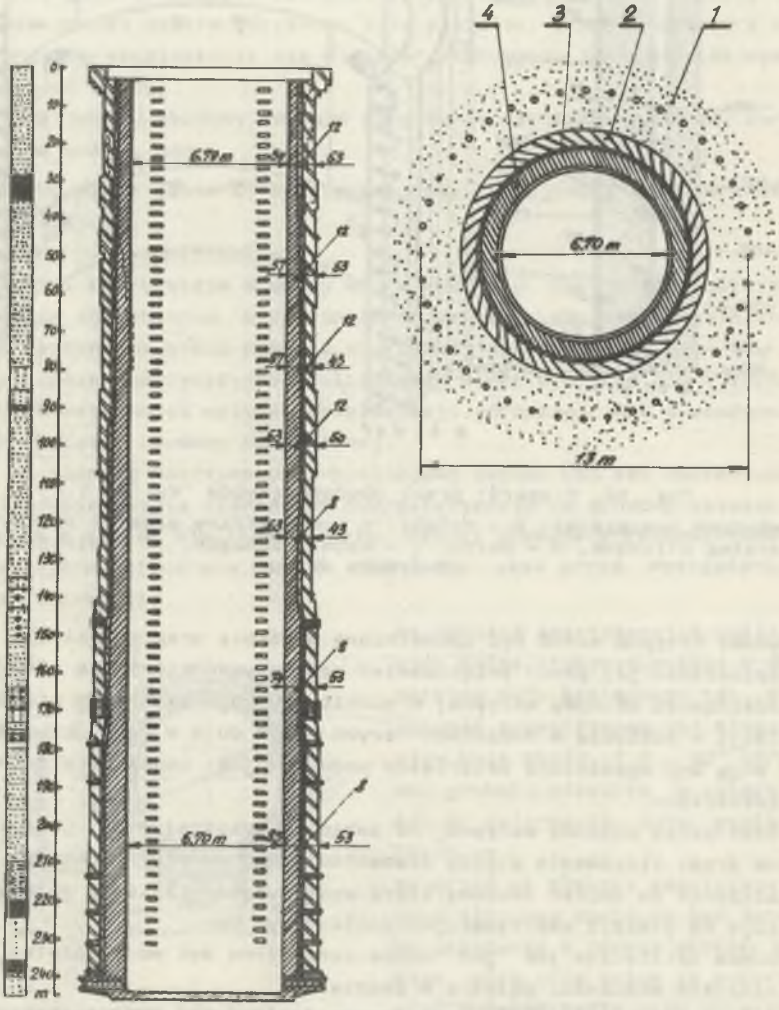


Rys. 52. Przekrój przez obudowę szybów "Wulfen 1,2"

a - obudowa tymczasowa, b - asfalt, c - wewnętrzny płaszcz stalowy pokryty warstwą bituminu, d - beton, e - kotwie łączące, f - płaszcz stalowy od środka szybu

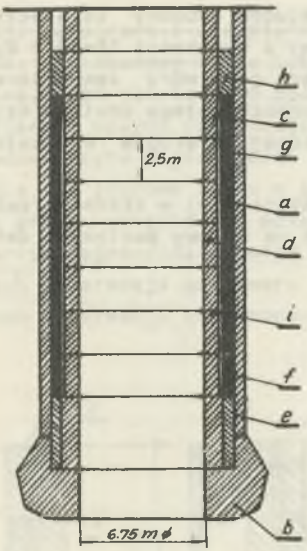
- obudowa wstępna winna być upodatniona w pionie oraz w poziomie, celem zabezpieczenia jej przed zniszczeniem pod wpływem ciśnienia górotworu,
- upodatnienie obudowy wstępnej w pionie uzyskuje się przez stosowanie dylatacji w poziomie w odcinkach szybu co 2 do 4 m, przy czym dylatacje te mogą być wypełnione materiałem podatnym jak: cegła kratówka, płyty paździerzowe,
- upodatnienie obudowy wstępnej na poziomie odkształcenia może być wykonane przez stosowanie między elementami obudowy płyt podatnych lub dopuszczenie do spękań obudowy, które występujące ciśnienie górotworu przekazuje na płaszcz amortyzacyjno-poślizgowy,
- obudowa ostateczna jak już wspomniano winna być wodoszczelna i znosić nieznaczne wielkości ugięcia w pionie,
- przez zastosowanie obudowy ostatecznej żelbetowej, stalowo-betonowej można uzyskać wymaganą wodoszczelność nawet przy wystąpieniu promienia krzywizny do 1,5 km,

- podatność obudowy ostatecznej na wpływ promienia krzywizny można uzyskać przez podział obudowy na odcinki [64], które są uszczelnione na stykach np. warstwą parafiny o grubości 6 mm (rys. 54) lub przez odpowiednią konstrukcję przegubów wodoszczelnych (rys. 55),



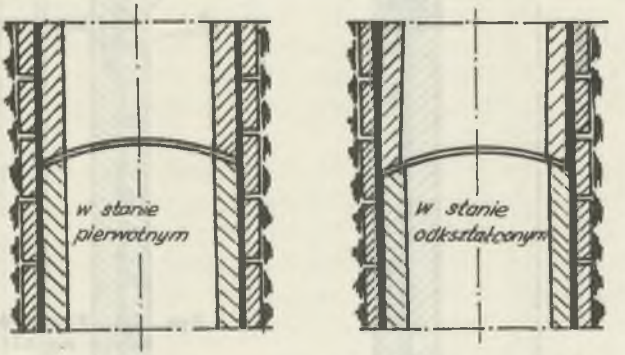
Rys. 53. Przekrój przez obudowę szybu IV kop. "Hendrik"

1 - zawadnianie warstwy górotworu z zaznaczonymi otworami mrożeniowymi,2 - obudowa wstępna, 3 - warstwy bituminu, 4 - obudowa ostateczna żelbetowa

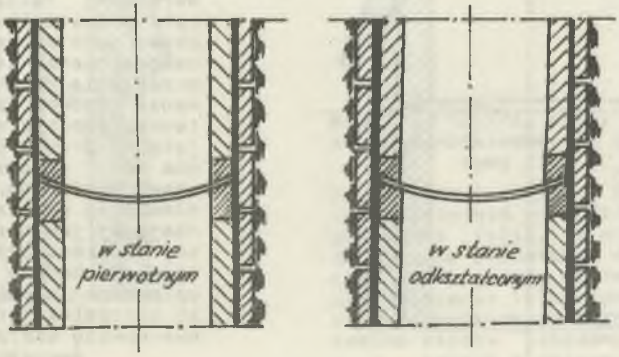


Rys. 54. Przekrój przez szyb VIII kop. "Auguste-Victoria"

a - obudowa wstępna z betonitów, b - stopa obudowy, c - płaszcz spawany z blachy stalowej, d - obudowa ostateczna żelbetowa, e - beton uszczelniający g - asfalt, h - prowadzenie obudowy ostatecznej w głowicy szybu, i - warstwa parafiny o grubości 6 mm

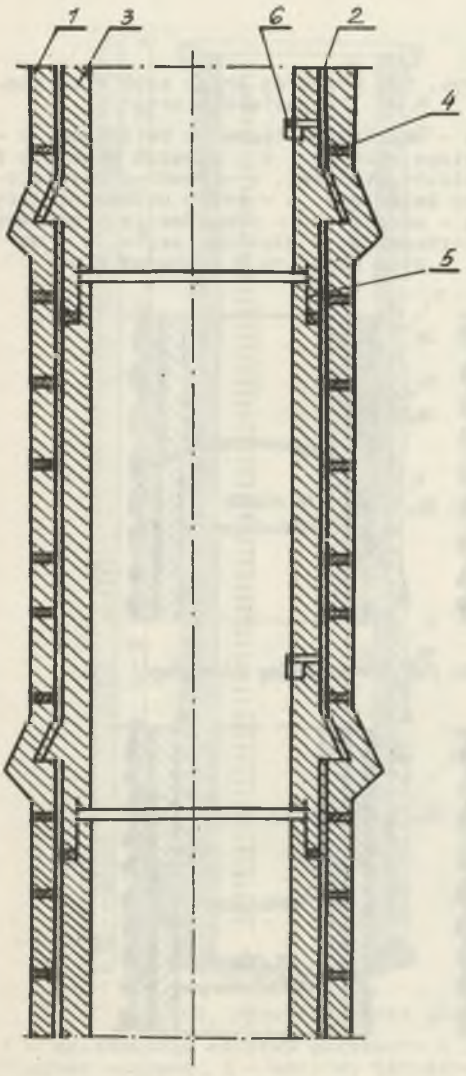


Konstrukcja przegubu (w równowadze chwiejnej)



Rys. 55. Zachowanie się odcinków obudowej ostatecznej w miejscu przegubu

- zamiast stosowania trudnych do wykonania przegubów obudowy ostatecznej należy dążyć, aby poszczególne odcinki obudowy o wysokości 15-40 m były posadowione na upodatnionych stopach w warstwach górotworu zawodnionego w wyniku czego eliminuje się konieczność wykonania całego odcinka szybu w monolitycznej obudowie ostatecznej posadowionej na stopie w skałach zwięzłych (rys. 56 i 57),
- dotychczasowe rozwiązania stóp dla obudowy ostatecznej w skałach zwięzłych w większości nie posiadały upodatnienia na wpływy poziomych defor-

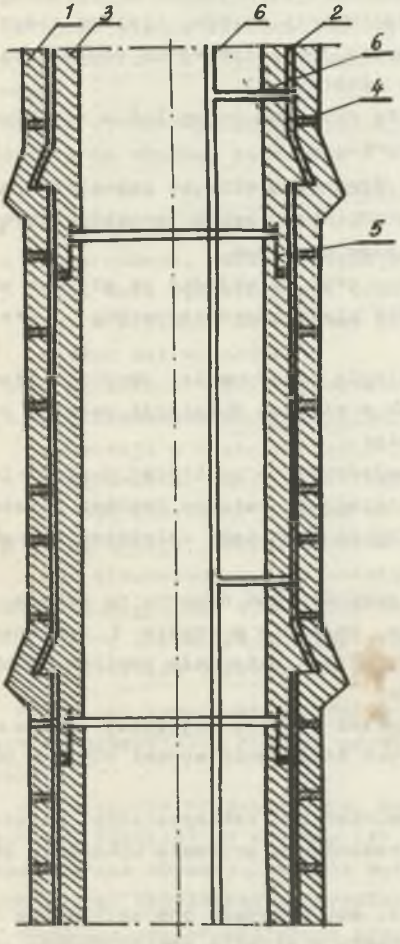


Rys. 56. Przekrój przez obudowę szybu wg alternatywy III

1 - obudowa wstępna, 2 - masa uszczelniająca - poślizgowa z warstwami folii, 3 - obudowa ostateczna żelbetowa, 4 - warstwa muru z cegły sitówki, 5 - uszczelnienie teleskopowe, 6 - urządzenie do pomiaru oddziaływania obudowy wstępnej na ostateczną poprzez masę uszczelniającą na drodze pomiaru ciśnienia masy uszczelniającej i doprowadzenia do wypływu przez dławienie nadmiaru masy uszczelniającej jeśli ciśnienie zbliży się do stanu granicznego wytrzymałości obudowy ostatecznej lub wprowadzenie pod ciśnieniem masy uszczelniającej, gdy ciśnienie obniży się znacznie poniżej dopuszczalnego

macji górotworu i ulegały częściowym spękaniom dlatego istnieje konieczność, aby obudowy te po bokach od strony górotworu posiadały warstwę podatną, a od płaszczyzny oporowej stopy warstwę poślizgową dla uniezależnienia wpływu deformacji górotworu na stopę,

- obudowa szybu w górotworze zawodnionym nie stwarzającym znacznego zagrożenia lub obudowa szybu w górotworze zawodnionym, który ulegnie osuszeniu przed wystąpieniem wpływów eksploatacji nie musi posiadać płaszcza amortyzacyjno-poślizgowego, a tylko płaszcz podatny w przypadku większych deformacji górotworu lub konstrukcję żelbetową w przypadku mniejszych deformacji górotworu.



Rys.57. Przekrój przez obudowę szybu w nadkładzie wg alternatywy III

1 - obudowa wstępna, 2 - masa uszczelniająca - poślizgowa z warstwami folii, 3 - obudowa ostateczna żelbetowa, 4 - warstwa muru z cegły sitówki, 5 - uszczelnienie teleskopowe, 6 - rura kompensacyjna ciśnienia bituminu między obudową ostateczną a wstępną

Jak już wspomniano, w warunkach górotworu niezawodnionego lub zawodnionego nie stwarzającego zagrożenia nie zachodzi potrzeba,aby obudowa ostateczna szybu, czy wyrobisk podszybia była wodoszczelna w okresie wpływów eksploatacji, a zatem mogą wystąpić nieznaczne spękania obudowy,które nie stwarzają zagrożenia dla wymaganego użytkowania szybu. Jak wynika z dotychczasowych obserwacji zachowanie się obudów i analizowanych konstrukcji nowych rozwiązań istnieje w tym przypadku konieczność stosowania upodatnień zewnętrznych obudowy monolitycznej lub stosowania obudów podatnych. Przy stosowaniu zewnętrznych upodatnień obudowy występujące deformacje górotworu są głównie znoszone dzięki ściśliwości materiału podatnego,a obudowa ostateczna szybu ulega nieznacznym zmianom w średnicy, natomiast w przypadku obudów podatnych zmiana ta uwydatnia się w sposób wyraźny,występuje tu bowiem znaczne zmniejszenie przekroju użytecznego szybu i istnieje konieczność specjalnych rozwiązań upodatnienia szybów. Dlatego obecnie najwłaściwszym kierunkiem konstrukcji obudów jest stosowanie odpowiednich materiałów podatnych na zewnątrz obudowy ostatecznej.

Przy projektowaniu obudowy w górotworze niezawodnionym lub z niedużymi wyciekami wody powinny być spełnione warunki:

- upodatnienie obudowy wstępnej na odkształcenia w pionie można dokonać przez stosowanie dylatacji poziomych w odcinkach szybu,co około 4 m wypełnionych lub nie wypełnionych materiałem podatnym,
- stosowanie materiałów na płaszcz podatny oraz na wkładki na stykach odcinków obudowy, które posiadały możliwie stałą charakterystykę, stałą podporność i dużą ściśliwość,
- rodzaj materiału podatnego oraz technologia wykonywania obudowy winna być taka, aby wytworzyć wokół szybu lub w miejscu dylatacji warstwę podatną o jednakowej grubości i ściśliwości,
- jeśli technologia wykonania będzie niewłaściwa, przy której wystąpi lokalne połączenie obudowy wstępnej i ostatecznej betonem zamiast warstwą podatną, wówczas obudowa ostateczna ulegnie szybkiemu zniszczeniu na skutek miejscowego jej obciążenia,
- stosowany materiał na warstwę podatną powinien być odporny na działanie wód agresywnych, nie ulegać zniszczeniu, pełzaniu w czasie i znacznemu zmniejszeniu wytrzymałości, podporność takiego materiału powinna być możliwie stała lub nieznacznie wzrastająca,
- z obecnie stosowanych materiałów na płaszcz podatny najlepiej nadaje się warstwa płyt wiórowo-cementowych, których ściśliwość wynosi 50% przy ciśnieniu ok. 10^6 N/m^2,
- stosowany płaszcz podatny z supremy powinien być zabezpieczony warstwą z folii PCV lub PE przed zalaniem jej cementem w procesie wykonania obudowy ostatecznej,
- grubość warstwy podatnej winna być taka, aby przyjęła ona całkowicie deformacje i dodatkowe przesunięcia górotworu w strefie spękań obudowy szybu,

- obudowa ostateczna wykonywana z betonu najlepiej z żelbetu winna być upodatniona w pionie przez poziome dylatacje w odcinkach 10-30 m wypełniane murem z cegły kratówki,
- wielkość dylatacji ustala się na podstawie pionowych odkształceń górotworu i wpływu promienia krzywizny oraz zginania obudowy szybu,
- obudowa ostateczna upodatniona na zewnątrz płaszczem podatnym winna być obliczana na wielkość poziomego ciśnienia wynikającego z oddziaływania materiału podatnego ustalonego na podstawie charakterystyki ściśliwości materiału i wielkości deformacji górotworu,
- posadowienia obudowy ostatecznej winny być upodatnione,tak na odkształcenia w pionie jak i w poziomie,
- w miejscu występowania pokładów przewidzianych do eksploatacji należy przewidzieć upodatnienie obudowy szybu z tym, że proponuje się na odcinku upodatnienia słabszą obudowę, która będzie wycięta przy zabudowie warstwy podatnej z płyt wiórowo-cementowych z przekładkami z desek sosnowych,
- oprócz wymaganego upodatnienia obudowy szybu istnieje konieczność upodatnienia obudowy podszybia i wyrobisk korytarzowych,
- w zależności od przewidywanych wielkości deformacji górotworu mogą być stosowane następujące rozwiązania obudowy:

  a) w warunkach, gdzie występujące deformacje górotworu są mniejsze od 3‰, może być stosowana obudowa betonowa z odpowiednimi dylatacjami, tak w stosunku do obudowy szybu jak i w odstępach, co około 5-10 m wzdłuż osi wyrobiska,

  b) w warunkach, gdzie odkształcenia górotworu są mniejsze od 6‰, może być stosowana obudowa żelbetowa lub stalowo-betonowa ze stosowaniem dylatacji w odstępach co 5-10 m,

  c) w warunkach, gdzie odkształcenia górotworu będą mniejsze od 10‰,może być stosowana obudowa kotwiowo-betonowa lub obudowa powłokowa,

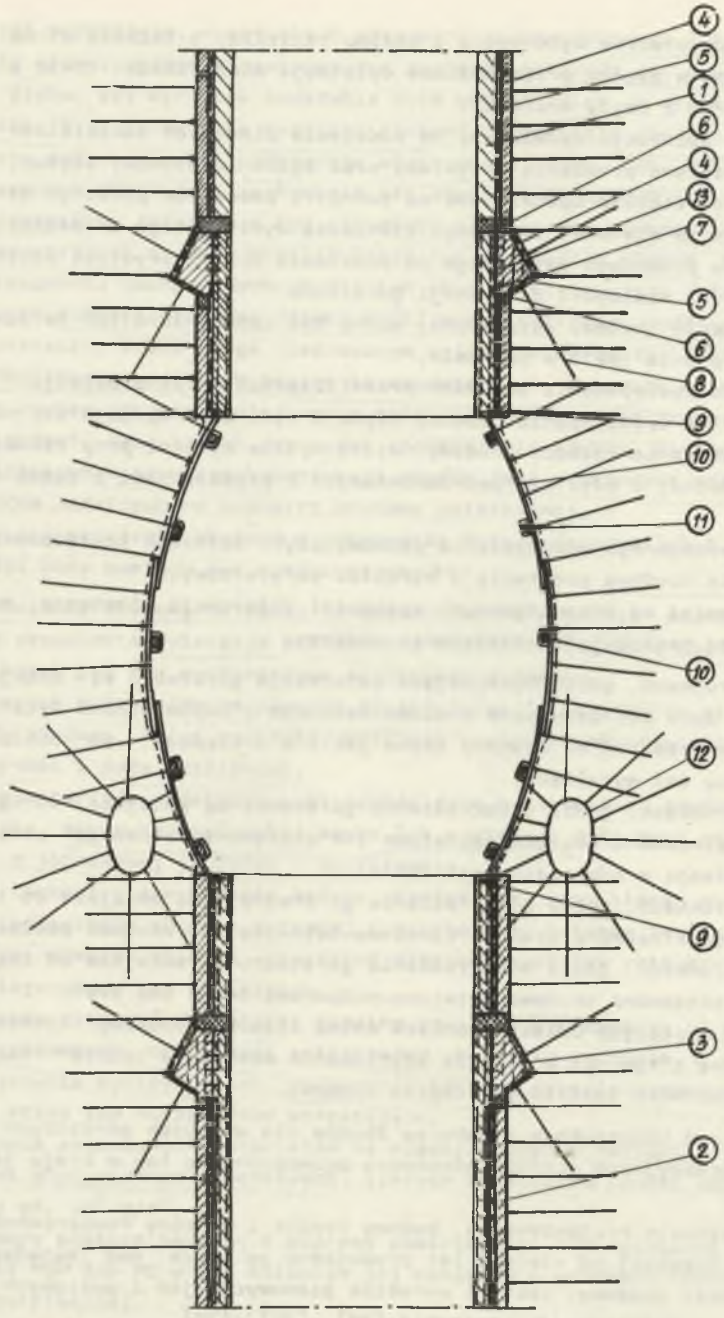
  d) w warunkach, gdzie odkształcenia górotworu są mniejsze od 18‰, może być stosowana obudowa kotwiowa-podporowa (rys. 58a i b),

  e) przy większych odkształceniach można stosować obudowę kotwiowo-podporową z tym, że w okresie użytkowania wyrobiska będzie zachodziła konieczność dodatkowych napraw obudowy.

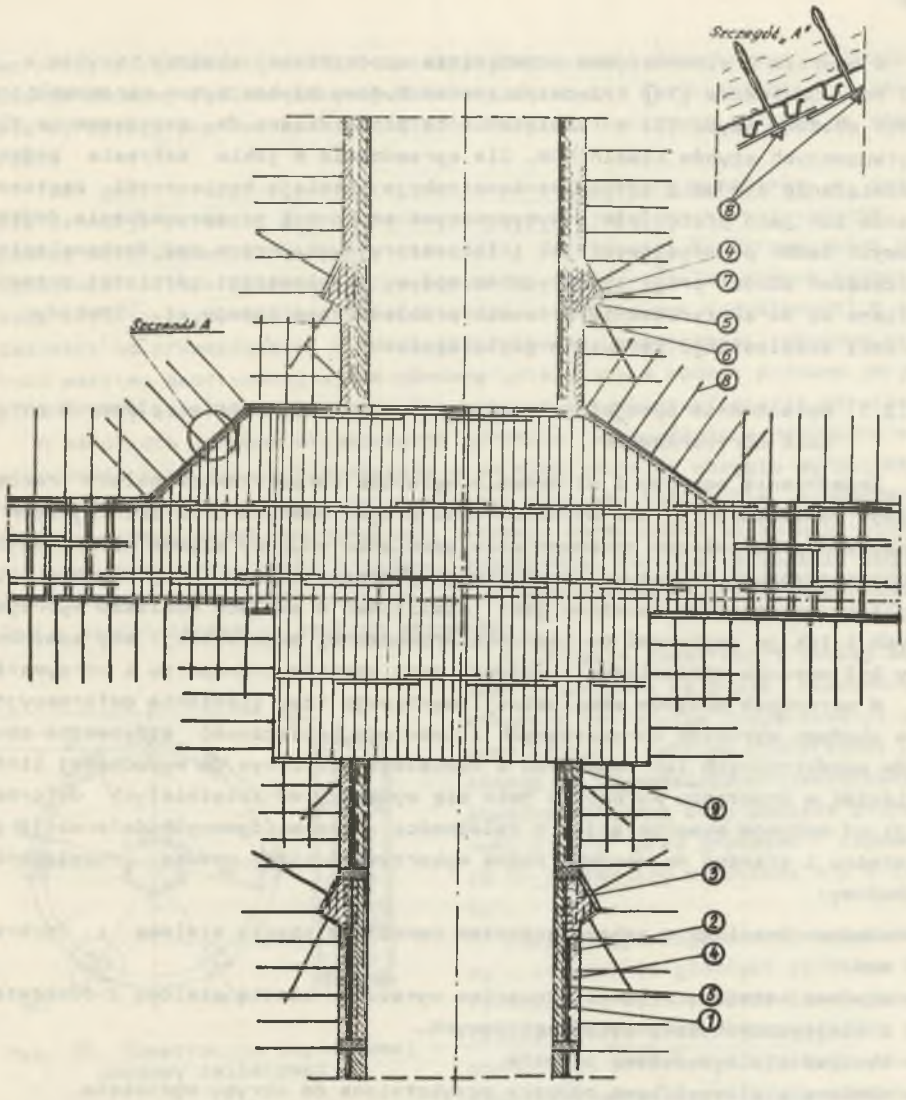
Prace nad konstrukcją i doborem obudów dla wyrobisk górniczych w warunkach deformacyjnych ciśnień górotworu prowadzone są tak w kraju jak i za granicą.

W Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej od szeregu lat prowadzone są prace nad najwłaściwszym rozwiązaniem obudowy, tak dla wyrobisk pionowych, jak i poziomych w warunkach wpływu eksploatacji górniczej [73], [70], [74].

W wyniku przeprowadzonych prac ustalono najkorzystniejsze rozwiązania obudowy dla górotworu zawodnionego i niezawodnionego, których wyniki dla potrzeb Rybnickiego Zjednoczenia Przemysłu Węglowego podano w pracy [74].



Rys. 58a. Przekrój przez upodatnianą obudowę szybu VI w miejscu wlotu na poziomie 165, 200, 490 kop. Jankowice



Rys. 58b. Przekrój podłużny przez wlot projektowanego podszybia na poziomie 165, 250, 400 kop. "Jankowice"

Opis do rysunków 58a i 58b

1 - obudowa ostateczna, 2 - obudowa wstępna, 3 - stopa obudowy wstępnej i ostatecznej, 4 - warstwa amortyzacyjna z supremy, 5 - warstwa poślizgowa z folii PCV, 6 - upodatnienie w pionie z cegły kratówki łączonej zaprawą, 7 - odcinki prętów stalowych, 8 - pręty kotwi łączone z spoiwem, 9 - stalowe pierścienie oporowe dla obudowy stalowo-łukowej wlotu podszybia, 10 - łuki stalowe obudowy podatnej - ŁP, 11 - stalowe belki wzmacniające, 12 - chodniki dojściowe dla załogi, 13 - rowkowana powierzchnia żelbetowej stopy z dobetonowanym odcinkiem żelbetowej obudowy szybu nad wlotem podszybia, 14 - ograniczniki przesuwu łuków stropnicowych obudowy ŁP przyspawane do belek wzmacniających

W oparciu o alternatywne rozwiązanie upodatnionej obudowy szybów V i VI kop. Jankowice [74] Przedsiębiorstwo Budowy Szybów Bytom opracowało projekt obudowy szybu VI, a rozwiązania te przewidziano do zastosowania dla wytypowanych szybów kopalń ROW. Dla sprawdzenia w jakim zakresie podane rozwiązania stanowią optymalne konstrukcje istnieje konieczność zastosowania ich jako prototypów w wytypowanych szybach i przeprowadzenie dodatkowych badań przemysłowych jak i laboratoryjnych. Prace nad doskonaleniem rozwiązań obudów przystosowanych na wpływy eksploatacji górniczej przewidziane są do kontynuowania w ramach problemu resortowego pt. "Metody i środki eksploatacji na dużych głębokościach".

4.3.3. Opracowanie specjalnych metod ochrony i utrzymania głównych wyrobisk korytarzowych

Zagadnienie ochrony i utrzymania wyrobisk korytarzowych należy rozpatrzeć oddzielnie tak dla wyrobisk nowo projektowanych oraz istniejących w nawiązaniu do zaleceń podanych przy omawianiu obudowy szybów i podszybi zabezpieczonych na wpływy eksploatacji górniczej. Nowo projektowane wyrobiska korytarzowe wskazane jest lokalizować w skałach możliwie wytrzymałych i tak je usytuować do kierunku prowadzonej eksploatacji, aby spełniony był warunek minimalizacji wpływów oraz kosztów transportu i utrzymania.

W warunkach wpływów eksploatacji występuje tzw. ciśnienie deformacyjne na obudowę wyrobisk korytarzowych i istnieje konieczność stosowania obudów upodatnionych lub podatnych o kształcie zbliżonym do wypadkowej linii ciśnień w otoczeniu wyrobiska jaka się wytworzy od zaistniałych deformacji od wpływów eksploatacji. W zależności od przewidywanych deformacji górotworu i ciśnień na obudowę można wykorzystać niżej podane rozwiązania obudowy:

- obudowa kotwiowa z zabezpieczeniem wyrobiska siatką stalową i torkretem,
- obudowa kotwiowa z zabezpieczeniem wyrobiska siatką stalową i torkretem z elastycznych kompozytów betonowych,
- obudowa stalowo-łukowa podatna,
- obudowa stalowo-łukowa podatna przykotwiona do obrysu wyrobiska,
- obudowa żelbetowa z poduszką amortyzacyjną,
- segmentowa obudowa żelbetowa z upodatnieniem zewnętrznym,
- segmentowa obudowa żelbetowa z upodatnieniem na stykach segmentów.

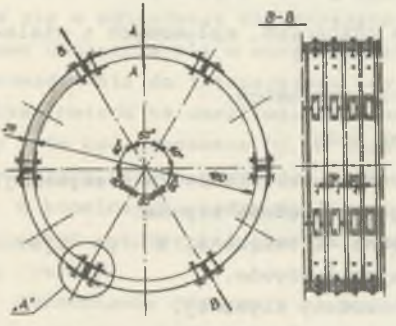
Obudowę kotwiową z siatką stalową i torkretem proponuje się stosować w skałach zwięzłych, gdzie występujące deformacje od wpływów eksploatacji, są mniejsze od 6‰. Natomiast, gdy odkształcenia górotworu mogą być większe, dochodząc do 10‰ proponuje się stosować obudowę kotwiową z siatką stalową i torkretem z elastycznych kompozytów betonowych.

W warunkach, gdy odkształcenia górotworu na obrysie wyrobiska będą mniejsze od 12‰ wówczas można stosować obudowę stalowo-łukową podatną, przy

wzroście odkształceń do 18%o istnieje konieczność dodatkowego zabezpieczenia obudowy stalowo-łukowej podatnej przez jej przykotwienie na obrysie wyrobiska poprzez belki dociskowe kotwiami łączonymi spoiwem w otworach.

Tam, gdzie wymagane jest utrzymanie stałego obrysu wyrobiska w świetle istnieje potrzeba upodatnienia obudowy po jej zewnętrznej stronie za pomocą materiałów porowatych o określonej ściśliwości i wytrzymałości. Upodatnienie takie stosowane jest w przypadku obudów monolitycznych żelbetowych zdylatowanych lub żelbetowych obudów segmentowych (panelowych). W zależności od przewidywanej deformacji górotworu, podporności obudowy grubość warstwy amortyzacyjnej za obudową ustala się w sposób podobny, jak już podano przy omawianiu upodatnienia szybu na wpływy eksploatacji górniczej.

W warunkach wpływów eksploatacji górniczej szczególnie w przypadku występowania skał ilastych występuje stan plastyczny na obrysie wyrobiska, a ciśnienie deformacyjne osiąga stosunkowo dużą wielkość. Dla zahamowania niekorzystnego zaciskania wyrobiska istnieje konieczność stosowania obudowy o wysokiej podporności i zadanej podatności. Warunki te spełnia segmentowa obudowa żelbetowa, z upodatnieniem zewnętrznym od strony górotworu lub z upodatnieniem na stykach segmentów.



Rys. 59. Konstrukcja segmentowej obudowy żelbetowej

W zakresie konstrukcji takiej obudowy prowadzone są prace naukowo-badawcze w Instytucie Projektowania Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni i wykonane są odpowiednie projekty takiej obudowy. Obudowa taka posiada podporność 2 MN/m^2 przy grubości segmentu 25 cm i średnicy wyrobiska 4,6 m (rys. 59).

Rozpatrując zagadnienia metod ochrony i utrzymania głównych wyrobisk korytarzowych dla wyrobisk istniejących należy wpierw przeanalizować ich odporność na deformacje wynikające z eksploatacji górniczej, a gdy odporność ta jest niewystarczająca przewidzieć odpowiednie zabezpieczenie. W przypadku obudów murowych z cegły, betonitów, betonu zaprojektować przebudowę lub wykonanie nowego wyrobiska w obudowie przystosowanej do przewidywanych deformacji i ciśnień górotworu. Jeżeli przewidywane deformacje górotworu i obciążenia obudowy nie stwarzają dużego zagrożenia dla obudowy murowej wystarczy obudowę taką wzmocnić od wewnątrz wyrobiska łukami stalowymi podatnymi z zastosowaniem dodatkowo kotwienia spągu wyrobiska.

Natomiast wyrobiska w obudowie stalowo-łukowej będą wymagały dodatkowego kotwienia na obrysie prętami stalowymi łączonymi spoiwem

w otworach z dociśnięciem odrzwi stalowo-łukowych belkami stalowymi do obrysu wyrobiska a także kotwienia spągu.

4.4. Metody skutecznego odwadniania górotworu z rejonu szybów celem umożliwienia bezfilarowej eksploatacji złoża

Poziomy wodonośne występujące w górotworze stanowią zagrożenie wodne dla kopalni, zwłaszcza gdy przystąpi się do eksploatacji pokładów w rejonie szybów. Uzasadnia się to tym, że w czasie eksploatacji w rejonie szybów można na skutek deformacji górotworu uszkodzić obudowę szybową. W ten sposób poziomy wodonośne będą drenowane poprzez pęknięcia w obudowie szybów.

W przypadku, gdy górotwór zbudowany jest z warstw skał sypkich, jak pył, piasek i żwir, wystąpi także zjawisko sufozji mechanicznej, to jest wynoszenie przez wodę cząstek pylastych i piaszczystych. W wyniku powstałego drenażu poziomu wodonośnego w połączeniu z sufozją mechaniczną, może powstać poważne zagrożenie wodne dla wyrobisk podziemnych, a także dla zabudowań do powierzchni terenu, ze względu na nieciągłe deformacje typu zapadliskowego. Wielkość zapadliska będzie uwarunkowana grubością warstwy wodonośnej piasków. Zagrożeniom tym można zapobiec stosując skuteczne metody odwadniania warstw górotworu wokół szybów. Odwadnianie górotworu wokół szybów wg J. Sztelaka [69, 81] można uzyskać:

- w szybach istniejących za pomocą filtrów chłonnych, spływowych i wielostopniowych oraz studni depresyjnych,
- w szybach projektowanych za pomocą filtrów poziomych.

Odwodnienie górotworu wokół szybów ma na celu:

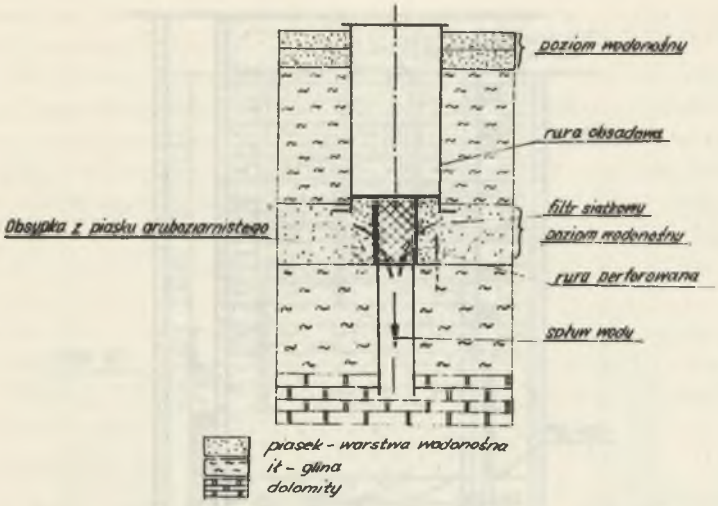
- zlikwidowanie zagrożenia wodnego w przypadku uszkodzenia rury szybowej,
- wyeliminowanie ciśnienia hydrostatycznego na obudowę szybów,
- wyeliminowanie zjawiska sufozji mechanicznej i związanej z tym zjawiskiem deformacji powierzchni terenu w rejonie szybów,
- wyeliminowanie okresowego uszczelniania obudowy szybowej.

4.4.1. Odwadnianie górotworu wokół szybów istniejących

Poniżej przedstawione zostaną w zależności od warunków hydrogeologicznych warunki i sposoby odwadniania górotworu za pomocą ww. filtrów.

Odwadnianie górotworu za pomocą filtrów chłonnych można stosować wówczas, gdy w obrębie szybu seria złożowa, nad którą zalegają warstwy wodonośne jest zbudowana nad pokładem z piasków wodonośnych lub z warstw przepuszczalnych, jak: piaskowce, wapienie, dolomity itp.

W takich warunkach hydrogeologicznych (rys. 60) należy wykonać wokół szybu 2 do 4 otworów w odległości od szybu 6 do 20 m, w których umieszcza się filtry chłonne.



Rys. 60. Schemat filtra chłonnego

Odwadnianie górotworu za pomocą filtrów spływowych można stosować w warunkach hydrogeologicznych jak na rys. 61. Filtry w ilości 2 do 4 zakłada się w odległości nie mniejszej niż 20 m od obudowy szybów. Filtry spływowe umieszcza się w obrębie poziomów wodonośnych. Wody poprzez filtry odprowadza się do istniejącego lub specjalnie wykonanego do tego celu chodnika. Metoda ta umożliwiająca zmniejszenie ciśnienia hydrostatycznego wody może być stosowana np. w kopalniach ROW-u i LGOM-u, gdzie w nadkładzie występują piaski wodonośne o wysokim ciśnieniu hydrostatycznym.

W kopalniach miedzi do likwidowania dużych ciśnień hydrostatycznych wody można wykorzystać chodniki wodne wydrążone w suchych warstwach anhydrytu rys. 62.

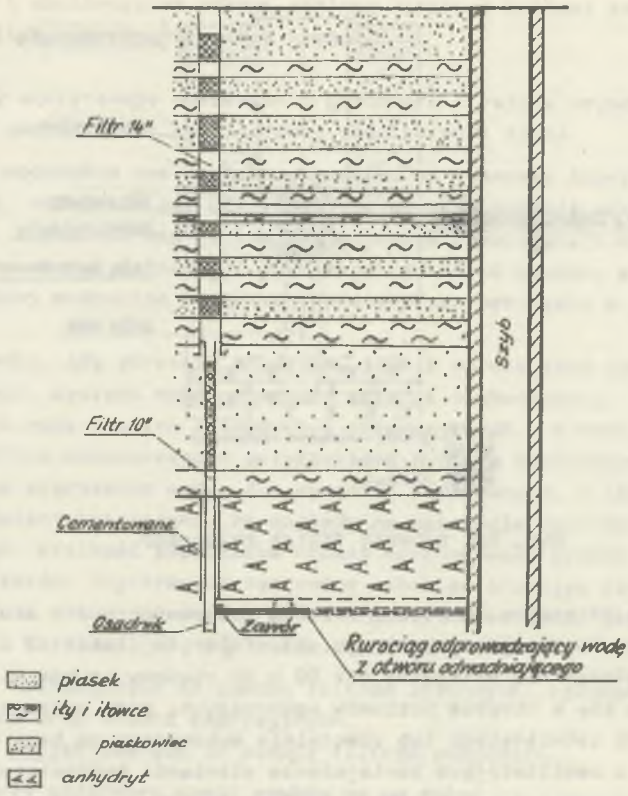
Odwadnianie górotworu za pomocą filtrów wielostopniowych można stosować, gdy w nadkładzie zalega szereg poziomów wodonośnych rys. 63.

Sposób odprowadzenia wody jest taki sam jak przy filtrach spływowych.

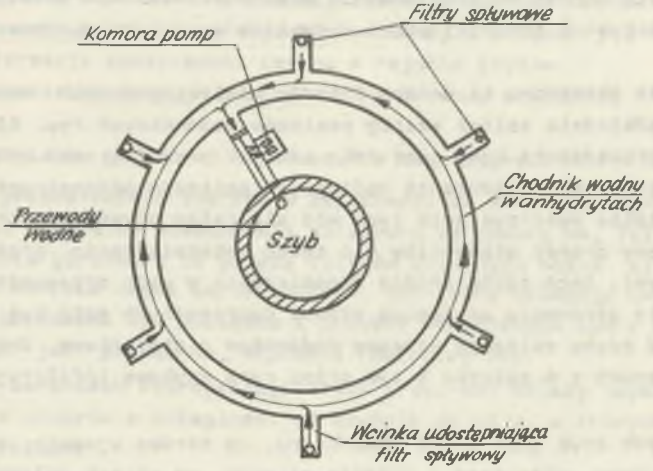
Poważnym aspektem odwadniania nadległych poziomów wodonośnych wokół szybów będzie także wykorzystanie tych wód dla celów przemysłowych. W ten sposób założony drenaż stanowiłby nie tylko zabezpieczenie przed zagrożeniami wodnymi, lecz także źródło zaopatrzenia w wodę przemysłową.

Odwadnianie górotworu za pomocą studni depresyjnych może być stosowane, gdy w obrębie szybu zalegają warstwy wodonośne o stosunkowo dużych zasobach dynamicznych i w związku z tym przez rurę szybową infiltruje duża ilość wody.

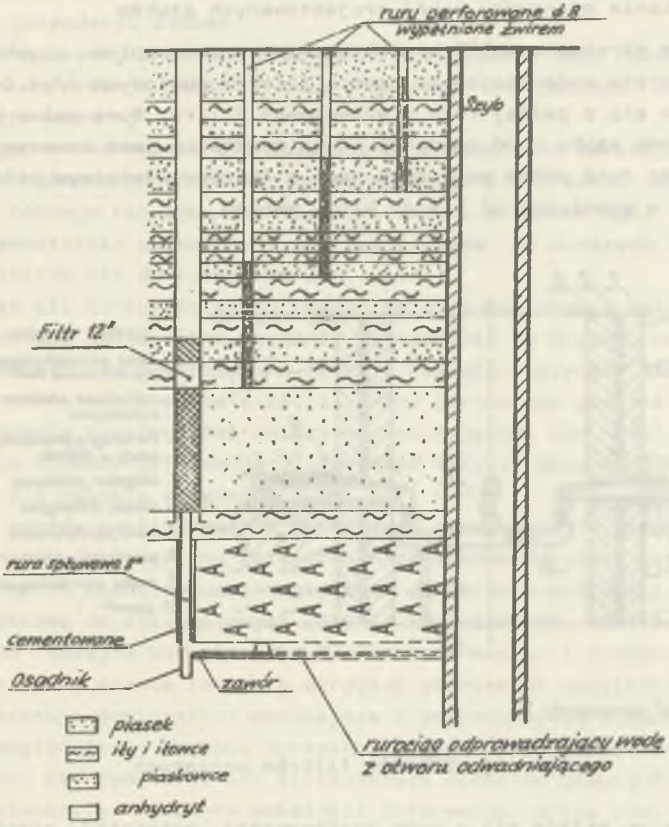
W ten sposób szyb jest stale zawodniony, co bardzo ujemnie wpływa na transport szybowy, zwłaszcza w okresie zimowym, na skutek oblodzenia, a poza tym wody tego poziomu stanowią zagrożenie wodne, zwłaszcza w przypadku



Rys. 61. Schemat filtra spływowego



Rys. 62. Schemat udostępnienia filtrów spływowych za pomocą chodnika wodnego

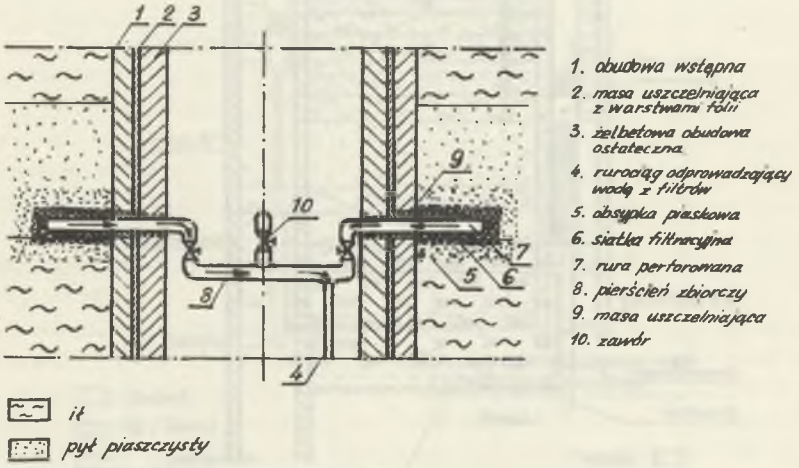


Rys. 63. Schemat filtrów wielostopniowych

eksploatacji filara szybowego. Najczęściej w rozpatrywanych warunkach uszczelnianie obudowy szybu przeprowadza się za pomocą cementacji. Metoda ta jest mało skuteczna, ze względu na agresywną działalność wody, która stale niszczy cement. W ten sposób co pewien okres powtarza się cementację która jest kosztowna, a co najważniejsze nie rozwiązuje problemu. Przez założenie wokół rury szybowej studni depresyjnych z zainstalowanymi w nich pompami głębinowymi można w szybach wodę na ogół dobranej jakości wykorzystać dla celów pitnych lub przemysłowych. Sposób ten powinien także znaleźć zastosowanie w przypadku występowania dużych zasobów statycznych, zmagazynowanych w pustkach krasowych. Na przykład warunki takie występują w kopalniach soli, gdzie główne źródło tego zagrożenia stanowią wody występujące w czapie gipsowej.

4.4.2. Odwadnianie górotworu wokół projektowanych szybów

Odwadnianie górotworu wokół projektowanych szybów można uzyskać przez zdrenowanie warstw wodonośnych za pomocą filtrów poziomych (rys.64).Filtr poziomy składa się z pełnej rury i właściwego filtru. Rura pełna jest wmontowana w obudowę szybu i od zewnątrz szybu zamknięta jest zaworem.Po stronie wewnętrznej rura pełna połączona jest z filtrem właściwym,którego długość może być w granicach od 1 m do kilku metrów.



Rys. 64. Schemat filtrów poziomych

Filtr właściwy składa się z rury perforowanej, owiniętej siatką filtracyjną, której wymiary oczek są uzależnione od uziarnienia piasku i następnie filtr ten na całej długości jest obsypany obsypką, składającą się z piasku gruboziarnistego.

Jako zasadę należy przyjąć, że filtr poziomy jest założony w spągu warstwy wodonośnej. Ilość filtrów poziomych dla poszczególnych warstw wodonośnych może się wahać od 2-4 i jest to uzależnione od grubości i wodonośności danej warstwy. Średnica filtra winna posiadać około 5".Filtry te w poszczególnych poziomach są zamknięte o jeden obieg i następnie w pionie są połączone za pomocą rury spływowej odprowadzającej wodę do ścieku. Ten sposób odwadniania mógłby znaleźć zastosowanie w nowo projektowanych kopalniach ROW do odwodnienia piasków trzeciorzędowych.

4.5. Zabezpieczenie obiektów powierzchniowych na zwiększone wpływy eksploatacji górniczej

Prowadzenie bezfilarowej eksploatacji złóż wymaga szczególnego potraktowania zabezpieczenia obiektów powierzchniowych na zwiększone wpływy eksploatacji. Generalnie należałoby przyjąć zasadę określającą potrzebę

zabezpieczenia obiektów w takim zakresie, ażeby gwarantowała możliwość racjonalnej gospodarki złożem.

W dotychczasowej praktyce przeważnie przyjmowana jest wyższa kategoria wskaźników deformacji terenu w celu mniejszego skrępowania warunków eksploatacji podziemnej.

Oceniając zachowywanie się obiektów budowlanych na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej można stwierdzić, że sieci energetyczne, rurociągi różnego rodzaju, kanalizacje, tory i drogi na ogół nie mogą w sposób ekonomicznie uzasadniony być dostosowane do wyższych kategorii ochrony obiektów niż do kategorii III.

Tak więc III kategorię można uważać za najwyżej dopuszczalną z uwagi na całość zabudowy powierzchni kopalni, szczególnie ze względu na oddziaływanie eksploatacji na poszczególne rodzaje budowli względnie fundamentów.

Dopuszczalna wielkość deformacji terenu górniczego powinna być oceniana w powiązaniu z wszystkimi obiektami znajdującymi się na powierzchni dlatego, że nieduże deformacje dla jednego obiektu mogą się okazać nawet niszczące dla obiektu drugiego.

Z tego powodu kwalifikowanie obiektów w nawiązaniu do tradycyjnego podziału terenów na określone kategorie może stanowić tylko wstępną informację o stopniu spodziewanego zagrożenia obiektów w ogólności, ale nie może być podstawą do szczegółowych decyzji technicznych, odnoszących się do konkretnych rodzajów budowli oraz fundamentów maszyn i urządzeń.

A za tym przy ocenie terenu w okręgach górniczych uwzględniać się powinno deformacje powierzchni wynikające z projektowanej eksploatacji złoża przy uwzględnieniu warunku ograniczającego ich wielkość, wynikającą z określonej wytrzymałości lub stateczności obiektów powierzchniowych względnie ich elementów. Podawane wskaźniki deformacji terenu powinny być dostosowane do teorii stanów granicznych, która w konstrukcjach budowlanych jest szeroko stosowana.

Przy zabezpieczeniu starych i projektowaniu nowych budowli lokalizowanych na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej bierze się pod uwagę wskaźniki deformacji terenu jak: obniżenie terenu (W), odkształcenie poziome (ε), przesunięcie poziomu (U) oraz krzywiznę terenu (K). Wielkość dopuszczalnych wskaźników wymienionych wyżej może być różna dla różnych budowli w zależności od rodzaju konstrukcji i wielkości obiektu. Zakres oddziaływania poszczególnych wskaźników deformacji terenu na obiekty określony jest szczegółowo podana w pracach J.Ledwonia [69], które zaleca się wykorzystywać przy analizie wpływów eksploatacji na obiekty powierzchniowe.

4.5.1. Metody zabezpieczeń

Sposoby zabezpieczeń obiektów poddanych wpływom eksploatacji górniczej oraz zalecany zakres ich stosowania przedstawiamy na podstawie opracowania Prof. J. Ledwonia w ramach kompleksowego opracowania Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni [69].

Wyróżnia się następujące metody zabezpieczeń:

- metodę zabezpieczeń przy pełnym współdziałaniu obiektów z podłożem,
- metodę zabezpieczeń przy ograniczonym współdziałaniu obiektów z podłożem,
- metodę zabezpieczeń przy zupełnym oddzieleniu obiektów od podłoża.

Metoda zabezpieczenia przy pełnym współdziałaniu obiektów z podłożem

Uwzględnia ona zabezpieczenia elementów przed wpływami odkształceń poziomych i krzywizn i stosowana jest w praktyce budowlanej w szerokim zakresie. Metodę tę zaleca się stosować w przypadku niewielkich deformacji terenu i w przypadku obiektów podatnych.

Metoda zabezpieczenia przy ograniczonym współdziałaniu obiektów z podłożem

Metodę tę stosuje się w przypadkach, gdy jeden ze wskaźników deformacji jest uznany za nadmiernie duży dla chronionego obiektu.

W takich przypadkach można stosować:

- warstwy poślizgowe, które oddzielają obiekt od podłoża w płaszczyźnie poziomej. Szczególnie zaleca się stosować je przy posadowieniu dużych chłodni hiperboidalnych bardzo wrażliwych nawet na małe odkształcenia, jak również przy zabezpieczaniu zbiorników na ciecze i gaz oraz rurociągów,
- przecinanie podłoża, które ogranicza wpływ odkształceń poziomych (ε) i krzywizn (K). Takie rozwiązanie zaleca się szczególnie przy zabezpieczaniu istniejących obiektów takich, jak baterie koksownicze, budynki monumentalne, kościoły itp.,
- podwieszanie konstrukcji może być stosowane głównie na terenach przy spodziewanych deformacjach nieciągłych. Wówczas zamiast ustrojów sztywnych zaleca się stosowanie ustrojów cięgnowych lub też ustrojów giętko-cięgnowych. Takie rozwiązanie ma na celu zmniejszenie sztywności ustrojów tak, aby ich odkształcenia wynikały z warunków dopuszczalnych technologicznie, a nie z warunków wytrzymałościowych,
- zastosowanie dużych rozpiętości ustrojów, które jest też formą częściowego oddzielenia się od deformującego się podłoża. Wówczas posadowienie przeprowadza się w sposób tradycyjny tylko w określonych miejscach, a obciążenia z całego ustroju przekazuje się na punkty silnie wsparte w terenie. Sposób ten nadaje się do dużych hal bezsuwnicowych, rurociągów napowietrznych oraz linii przesyłowych wysokiego napięcia.

Metoda zabezpieczenia przy zupełnym oddzieleniu obiektów od podłoża

W tej metodzie wielkość i zasięg deformacji powierzchni terenu posiada znacznie mniejsze znaczenie, a zabezpieczenie obiektów przewiduje się na maksymalne deformacje jakie wynikną z sumowania się wpływów eksploatacji poszczególnych pokładów.

Metoda ta nie krępując eksploatacji pozwala wznosić nowe obiekty praktycznie na dowolnym terenie górniczym.

Oddzielenie obiektu od podłoża umożliwia wprowadzenie nowoczesnych metod automatyki dla zagadnień zabezpieczeń obiektów na żądane wielkości deformacji terenu.

Rektyfikacja danego obiektu może być wówczas sterowana z jednego punktu, a termiczno-hydrauliczne podnośniki wstawiane do wnęk na styku obu części podstawy fundamentowej wymagają - zamiast przewodów wysokociśnieniowych - bezpiecznych połączeń kablowych, podobnych do zwykłej instalacji oświetleniowej.

Metoda oddzielenia obiektów od podłoża może stanowić też podstawę do stosowania rektyfikacji obiektów istniejących. Chodzi wówczas o specjalny rodzaj podkopywania obiektów tak, aby pod wpływem ciężaru własnego doznał obrotu w pożądanym kierunku.

To samo założenie może być zrealizowane poprzez przecinanie obiektów w rejonie podstawy fundamentowej i odpowiednie podnoszenie strony nadmiernie obniżonej.

Zabezpieczenia poprzez przystosowanie do rektyfikacji są szczególnie przydatne dla różnego rodzaju fundamentów maszyn i urządzeń wrażliwych na przechylenia. Łatwiej jest bowiem przeprowadzać rektyfikację górnej części fundamentu wraz z maszyną w stosunku do podstawy, niż dokonywać rektyfikacji maszyny na fundamencie.

4.5.2. Wymagania stawiane materiałom i konstrukcjom obiektów lokalizowanych na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej

Dla obiektów nowo projektowanych powinno się dążyć do szerokiego stosowania konstrukcji metalowych, a szczególnie stalowych o wyraźnej granicy plastyczności. Możliwe jest wówczas lepsze dostosowanie się konstrukcji do deformacji podłoża, bez obawy o występienie miejsc kruchych, mogących powodować nagłe zniszczenie. Poza tym konstrukcje stalowe ułatwiają wszelkie przeróbki, a nawet rektyfikację, gdy nie była ona odpowiednio przygotowana.

Konstrukcje żelbetowe i murowe ograniczać do prostszych układów statycznych. Konstrukcje te nadają się szczególnie jako konstrukcje podziemne i głębokie naziemne.

Przy występujących deformacjach podłoża i dla obiektów z nim współdziałających powinno się dążyć do stosowania ustrojów wewnętrznie i zewnętrznie statycznie wyznaczalnych z uwzględnieniem zmiennych układów obciążeń, aby podatność podpór nie wpływała w sposób istotny na układ sił przenoszonych przez dany element konstrukcyjny.

Przy projektowaniu konstrukcji przystosowanych do rektyfikacji powinno się natomiast dążyć do uzyskiwania dużej sztywności obiektu nad poziomą szczeliną dylatującą górną część obiektu od dolnej. Uzyskiwanie dużej sztywności jest szczególnie ważne dla konstrukcji prefabrykowanych, w których występuje znaczna wrażliwość na zarysowania wszelkich styków.

5. ZALECENIA I WNIOSKI

W oparciu o analizę przeprowadzoną w opracowaniu możemy sformułować następujące ogólne zalecenia regulujące tryb postępowania przy projektowaniu bezfilarowej eksploatacji złoża.

5.1. W zakresie eksploatacji pod obiektami powierzchniowymi

1. Dla obliczenia wpływu projektowanej eksploatacji konieczna jest znajomość odpowiednich parametrów, których wartość zależy od budowy geologicznej i własności fizykomechanicznych warstw górotworu.Dokładna więc znajomość budowy geologicznej górotworu i jego własności jest pierwszym czynnikiem, który należy brać pod uwagę przy projektowaniu eksploatacji. Przy projektowaniu eksploatacji w kilku pokładach należy brać pod uwagę zmianę własności górotworu po wybraniu każdego kolejnego pokładu.

2. Należy dążyć do stosowania w jak najszerszym zakresie systemu eksploatacji z zawałem stropu przy zastosowaniu odpowiednich kształtów frontów eksploatacyjnych pod chronionymi obiektami, minimalizujących wielkość deformacji.

3. Kierunek eksploatacji, wielkość wyeksploatowanej powierzchni oraz kształt frontu stanowią zespół czynników minimalizujących deformacje wiążących się ze sobą i w związku z tym należy je rozpatrywać wspólnie.Z czynników tych największe znaczenie ma kształt frontu eksploatacyjnego.Przedstawione w opracowaniu kształty frontu mają różny wpływ na zmniejszenie wskaźników deformacji. Konkretne wyniki uzyskane przy stosowaniu niektórych z wymienionych kształtów, potwierdzają praktycznie słuszność teoretycznych rozważań.

4. Przedstawione w opracowaniu metody i kształty frontów charakteryzują się różnymi stopniami trudności w praktycznym ich zastosowaniu.Przy wyborze kształtu frontu wskazane jest ten czynnik brać pod uwagę.Największą swobodę w eksploatacji daje metoda eksploatacji równoważnej.Znaczne zmniejszenie wskaźników deformacji można uzyskać przy zastosowaniu metody wachlarzowej.

5. Obok ukształtowania frontu i jego układu również postęp frontu eksploatacyjnego wpływa na wielkość wskaźników deformacji. Rozważania teoretyczne oraz wyniki obserwacji wskazują na zmniejszanie się niektórych wskaźników deformacji ze wzrostem prędkości postępu frontu wybierania. Z drugiej strony obserwacje wykazują, że ze wzrostem postępu frontu wybierania następuje zwiększony przyrost wskaźników deformacji w czasie,

co posiada niekorzystny wpływ na ochronę obiektów na powierzchni, szczególnie w zakresie ich przystosowania się do zachodzących deformacji.

6. Badania nad dalszym doskonaleniem oraz rozwojem metod minimalizacji deformacji na górotwór i powierzchnię powinny być kontynuowane zarówno w zakresie kształtowania i układu frontów eksploatacji, jak również wpływu prędkości postępu frontu wybierania. Badania te powinny uwzględniać różne warunki geologiczno-górnicze, jak również głębokość zalegania pokładu.

5.2. W zakresie eksploatacji złoża w rejonie szybów

1. Z teoretycznych rozważań, jak i z praktycznych doświadczeń wynika, że przy eksploatacji złoża w rejonie szybów, duży wpływ na kształtowanie się wskaźników deformacji w górotworze (rurze szybowej) posiadają stosowane metody wybierania - układy frontów, kierunki ich postępu oraz warunki naturalne zalegania złoża.

2. Metody wybierania jednym frontem, dwoma frontami od środka szybu i do środka szybu, jak również metoda eksploatacji kołowo-symetrycznej powodują duże deformacje szybu. Potwierdzają to teoretyczne obliczenia, jak również wyniki uzyskane w praktyce. Metoda eksploatacji harmonicznej nie była u nas dotychczas stosowana, jest trudna w realizacji i nie nadaje się do stosowania w przypadku pokładów tąpiących.

3. Dobre rezultaty można uzyskać przy metodzie wybierania dwoma frontami w tym samym kierunku. Metoda ta może być stosowana bez kostki lub z kostką podatną. Metoda jest prosta, ale wymaga dokładnego ustalenia wzajemnych postępów frontów. Może być stosowana szczególnie w tych przypadkach, kiedy eksploatowany pokład nie przecina szybu.

4. Metoda wybierania jednym frontem z kostką najczęściej stosowana w polskim górnictwie węglowym, daje korzystne wyniki przy eksploatacji grubych pokładów z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej. Celem ograniczenia procesu osiadania warstw zalegających bezpośrednio nad stropem pokładu, a tym samym ograniczenia wielkości odkształceń rozciągających w rurze szybowej, zaleca się szczególnie w warunkach górotworu zawodnionego, stosowanie tzw. kostki o regulowanej podatności.

5. Dobre wyniki w zakresie minimalizacji deformacji rury szybowej uzyskuje się przy zastosowaniu metody wachlarzowej. W każdym jej wariancie można uzyskać teoretycznie minimalne odkształcenia pionowe. Wariant w postaci trzech frontów przesuniętych względem siebie o 120° względnie czterech wzajemnie prostopadłych frontów, daje teoretycznie możliwość równomiernego osiadania rury szybowej. Metoda ta stwarza możliwość eksploatacji filarów szybowych z zawałem stropu. W tych przypadkach zaleca się stosowanie kostki podatnej o odpowiednio dobranych wymiarach.

6. Istnieje uzasadniona potrzeba prowadzenia dalszych prac badawczych zarówno teoretycznych jak i eksperymentalnych nad doskonaleniem metod wybierania w rejonie szybów i innych obiektów zarówno przedstawionych w opracowaniu jak i nowych metod pod kątem minimalizacji deformacji w górotworze.

5.3. W zakresie przystosowania konstrukcji obudów szybowych i podszybi do bezfilarowego wybierania złoża

1. Wyrobiska, które będą poddane wpływom eksploatacji górniczej (szyby, podszybia, główne wyrobiska przyszybowe itp.) należy lokalizować w możliwie dogodnych warunkach naturalnych określonych w opracowaniu w rozdziale 4.3. Zlokalizowanie wyrobisk w niekorzystnych warunkach może spowodować znaczne koszty wykonania obudowy oraz jej utrzymania, a często może uniemożliwić prowadzenie eksploatacji w filarze.

2. Prace nad konstrukcją i doborem obudów dla kapitalnych wyrobisk górniczych w warunkach deformacyjnych ciśnień górotworu, jak również w warunkach bezpośrednich wpływów wybierania złoża, prowadzone są od szeregu lat w kraju, jak i za granicą. W wyniku prac przeprowadzonych w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej przedstawiono w opracowaniu (w rozdz. 4.3.2) najkorzystniejsze rozwiązania obudowy dla górotworu zawodnionego i niezawodnionego. Dla sprawdzenia w jakim zakresie przedstawione propozycje stanowią optymalne rozwiązania istnieje konieczność doświadczalnego zastosowania ich w wytypowanych szybach i doświadczalnych wyrobiskach oraz przeprowadzenia dodatkowych badań przemysłowych i laboratoryjnych.

5.4. W zakresie odwadniania górotworu w rejonie szybów celem umożliwienia eksploatacji bezfilarowej

1. Poziomy wodonośne występujące w górotworze stanowią zagrożenie wodne dla kopalni, zwłaszcza gdy prowadzi się eksploatację w rejonie szybów. Zagrożeniom tym można zapobiec stosując skuteczne metody odwodnienia górotworu. Zaleca się stosować następujące metody:
   - odwadnianie za pomocą filtrów chłonnych, spływowych i wielostopniowych oraz studni depresyjnych w przypadkach wybierania złoża w rejonie szybów istniejących,
   - odwadnianie za pomocą filtrów poziomych w przypadkach szybów projektowanych.

   Zakres stosowania metod oraz charakterystykę techniczną poszczególnych filtrów przedstawiono w rozdziale 4.4.

5.5. W zakresie zabezpieczenia obiektów powierzchniowych na wpływy eksploatacji górniczej

1. Prowadzenie eksploatacji bezfilarowej złóż wymaga szczególnego zabezpieczenia obiektów powierzchniowych na zwiększone wpływy eksploatacji. Uzasadnione jest przyjęcie generalnej zasady określającej potrzebę zabezpieczenia obiektów w takim zakresie, ażeby gwarantowało możliwości racjonalnej gospodarki złożem. W opracowaniu w rozdz. 4.5 przedstawiono zalecenia odnośnie wyboru efektywnych metod zabezpieczeń obiektów powierzchniowych. Wyróżniono następujące metody zabezpieczeń:
   - metodę zabezpieczeń przy pełnym współdziałaniu obiektów z podłożem,
   - metodę zabezpieczeń przy ograniczonym współdziałaniu obiektów z podłożem,
   - metodę zabezpieczeń przy zupełnym oddzieleniu obiektów od podłoża.

2. Metodę zabezpieczeń przy pełnym współdziałaniu obiektów z podłożem zaleca się stosować w przypadku niewielkich deformacji terenu.
   Metodę zabezpieczeń przy ograniczonym współdziałaniu obiektów z podłożem zaleca się stosować w przypadkach, gdy jedna ze składowych deformacji jest uznana za nadmiernie dużą dla obiektu.
   Metodę zabezpieczeń przy zupełnym oddzieleniu obiektów od podłoża zaleca się stosować w przypadku, gdy zabezpieczenie obiektów projektuje się na maksymalne deformacje jakie wynikną z sumowania się wpływów eksploatacji poszczególnych pokładów.

3. Dla obiektów nowo projektowanych powinno się dążyć do szerokiego stosowania konstrukcji metalowych, a szczególnie stalowych o wyraźnej granicy plastyczności.

4. Przy występujących deformacjach podłoża i dla obiektów z nim współpracujących powinno się dążyć do stosowania ustrojów wewnętrznie i zewnętrznie statycznie wyznaczalnych z uwzględnieniem zmiennych układów obciążeń, aby podatność podpór nie wpływała w sposób istotny na układ sił przenoszonych przez dany element konstrukcyjny.

5. Przy projektowaniu konstrukcji przystosowanych do rektyfikacji powinno się natomiast dążyć do uzyskania dużej sztywności obiektu nad poziomą szczeliną dylatującą górną część obiektu od dolnej. Uzyskiwanie dużej sztywności jest szczególnie ważne dla konstrukcji prefabrykowanych, w których występuje znaczna wrażliwość na zarysowanie wszelkich styków.

LITERATURA

[1] Awierszyn S.G.: Rasczіet zdwiżenia gornych porod. Leningrad Moskwa 1950 r.

[2] Awierszyn S.G.: Gornyje roboty pod ssorużeniami i wodojomami. Ugletiechizdat 1954 r.

[3] Bals R.: Abbau von Schachtsicherheitspfeilern, Glückauf 1939 r., Nr 12/13.

[4] Bals R.: Der Abbau von Schachtsicherheitspfeilern Mitt.Markscheider. 54 (1943), s. 54-87.

[5] Batkiewicz Wł.: Zmniejszenie deformacji górotworu przez prowadzenie eksploatacji frontem o specjalnym kształcie. Zeszyty Naukowe AGH,Kraków 1965 r.

[6] Batkiewicz Wł.: Obliczenie wartości wskaźników deformacji wywołanych górniczą eksploatacją pokładów nachylonych. Prace Komisji Nauk Technicznych, Górnictwo , Kraków 1966 r.

[7] Borecki M.: Podstawowe kryteria prognozowania stateczności wyrobisk kapitalnych. Międzynarodowe Sympozjum "Ochrona przed zawałem skał". Katowice 1973 r.

[8] Borecki M.: Problemy rozwoju technologii górniczej na dużych głębokościach. Przegląd Górniczy nr 2, 1974 r.

[9] Borecki M., Biliński A., Kidybiński A.: Wpływ prędkości wybierania na zachowanie się górotworu i obudowy. Prace GIG, Komunikat nr 301, Katowice 1962 r.

[10] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1972 r.

[11] Borecki M., Chudek M., Małoszewski J., Szczepaniak Z.: Konstrukcje i projektowanie segmentowej obudowy żelbetowej. Projekty Problemy i Budownictwo Górnicze. Katowice 1976 r.

[12] Borecki M., Chudek M., Ledwoń J.: Zagadnienie stateczności kołowej ścianki obudowy szybowej. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo z. 64, Gliwice 1974 r.

[13] 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.

[14] Budryk W., Knothe St.: Wpływ eksploatacji podziemnej na powierzchnię z punktu widzenia zabezpieczenia obiektów. Przegląd Górniczy nr 11, 1950 r.

[15] Budryk W.: Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu.Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t. I, z. 1, PWN, Warszawa 1953 r.

[16] Bułyczew N.S., Amusin B.Z., Ołowiennyj A.G.: Rasczіet kriepi kapitalnych gornych warabotok. Izd. Niedra, Moskwa 1974 r.

[17] Chudek M.: Analiza przyczyn obrywania się skał w wyrobiskach wybierkowych. Zeszyty Naukowe. Pol. Śl. Górnictwo z. 9, Gliwice 1964 r.

[18] Chudek M.: Zabezpieczenie obudowy szybów przy eksploatacji ich filarów ochronnych. Wiadomości górnicze nr 1, 1965 r.

[19] Chudek M.: Zachowanie się skał stropowych nad wyrobiskiem ścianowym w świetle badań modelowych Zesz. Nauk. Pol. Śl. Górnictwo z.30, Gliwice 1968 r.

[20] Chudek M.: Projektowanie rurociągów lokalizowanych w terenie objętym wpływami eksploatacji górniczej. Projekty-Problemy nr 5, 1968 r.

[21] Chudek M.: Obudowa wyrobisk, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1969 r.

[22] Chudek M.: Zagadnienie współpracy podatnej obudowy z górotworem w wyrobiskach korytarzowych wykonanych na dużych głębokościach. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo z. 44, Gliwice 1970 r.

[23] Chudek M.: Zagadnienie współpracy podatnej obudowy z górotworem w wyrobiskach korytarzowych wykonywanych na dużych głębokościach.Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo z. 44, 1971 r.

[24] Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych Cz. I. Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych. Wyd. Śląsk, Katowice 1975 r.

[25] Chudek M., Kochmański Z., Zych J.: Sposób eksploatacji złóż pokładowych w filarach ochronnych dla szybów. Patent nr 159265 z dnia 4.XII. 1972 r.

[26] Chudek M., Lubina T.: Minimalizacja deformacji powierzchni pod kątem ochrony środowiska naturalnego. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo. W druku.

[27] Chudek M., Olaszowski W., Drzęźla B.: Obliczanie deformacji szybu pod wpływem eksploatacji. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo z. 48, 1972 r.

[28] Chudek M., Olaszowski W., Pach A., Żyliński R.: Analiza techniczno-wytrzymałościowa obudowy przegubowej szerokich chodników przyścianowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo, z. 49, Gliwice 1972 r.

[29] Chudek M., Pach A., Olaszowski W.: Zagadnienie przystosowania szczelnych obudów szybowych do ruchu skał w czasie eksploatacji filarów ochronnych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo z. 49,Gliwice 1972 r.

[30] Chudek M., Podgórski K., Szczepaniak Z.: Projektowanie obudowy szybów w filarach ochronnych przeznaczonych do eksploatacji.Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo z. 32, Gliwice 1967 r.

[31] Chudek M., Podgórski K., Szczepaniak Z.: Badania zachowania się kabli telekomunikacyjnych układanych na terenach szkód górniczych.Przegląd Górniczy nr 9, 1968 r.

[32] Chudek M., Podgórski K., Szczepaniak Z.: Nowe kierunki w zakresie upodatniania obudów szybowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s."Górnictwo" z. 41, 1969 r.

[33] Chudek M., Podgórski K., Szczepaniak Z.: Dobór konstrukcji stosów do upodatnienia obudów szybowych przy eksploatacji filarów ochronnych. Przegląd Górniczy nr 10, 1969 r.

[34] Chudek M., Rułka K.: Niektóre problemy projektowania prefabrykowanej obudowy wyrobisk korytarzowych i komorowych. Zeszyty Naukowe Pol.Śl. s. Górnictwo z. 37, Gliwice 1969 r.

[35] Chudek M., Rułka K.: Badania modelowe obudów szybowych i wnioski w zakresie poprawienia technologii oraz przyspieszenia zakładania obudów szybowych. Materiały na Krajową konferencję naukowo-techniczną, Katowice 1970 r.

[36] Chudek M., Rułka K.: Prefabrykowana obudowa pierścieniowa dla wyrobisk korytarzowych drążonych w trudnych warunkach geologicznych. Archiwum Górnictwa t. XIX, z. 2, 1974 r.

[37] Chudek M., Rułka K.: Konstrukcje siatkobetonowe w budownictwie podziemnym kopalń. Wyd. Śląsk, Katowice 1975 r.

[38] Chudek M., Szczepaniak Z., Podgórski K.: Przemieszczenie górotworu i przebieg ciśnień na obudowę szybu przy eksploatacji pokładów w filarach ochronnych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo z. 37, Gliwice 1969 r.

[39] Chudek M., Ślęzański Z.: Deformacje górotworu i powierzchni przy eksploatacji rud żelaza w kopalniach rejonu częstochowsko-kłobucko-łęczyckiego. Komunikat GIG nr 428, Katowice 1967 r.

[40] Czeczot H.: Wybór Pisma, PAN, 1957 r.

[41] Dumont G.: Des affaisements du sob, produtis par 1 exploitation houillie, Liege, 1871 r.

[42] Dżegniuk B.: Ochrona wyrobisk górniczych przy pomocy opisu przejścia niecki przez górotwór. Nieopublikowana rozprawa doktorska AGH, Kraków 1963 r.

[43] Galanka J.: Hipoteza sklepień wspornikowych w górnictwie.Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1964 r.

[44] Gonot: Not sur les degradations survenues aus maisons nituees le long du Quai de Fragnee ot. Lige, 1958 r.

[45] Goupilliers H.: Cours d'exploatation des mines, tom II, 1907 r.

[46] Kozakowski A.D.: K woprosu o sdwiżeni gornych porod pri podziemnej razrabotkie ugolnych miestrożdnienij. Ugol nr 9, 1952 r.

[47] Keinhorst H.: Bei Bodensenkungen auftretende Boden verschiebungen und Bodenspannungen. Glückauf, 1928, s. 1141.

[48] Keinhorst H.: Betrachtungen zur Bergschadenfrage. Glückauf, 1934, s. 1949.

[49] Knothe St.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa T. I, z. 1, Warszawa 1953 r.

[50] Knothe St.: Odkształcenia pionowe górotworu, przy kołowo - symetrycznym wybieraniu filarów szybowych. Archiwum Górnictwa T. I,z.2,1956 r.

[51] Knothe St.: Prędkość wybierania pokładów, a wielkość odkształcenia powierzchni. Przegląd Górniczy nr 10, 1952 r.

[52] Kochmański T.: Obliczenie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1956 r.

[53] Kochmański T., Chudek M., Batkiewicz Wł., Magdziorz J., Zych J., Jędrzejec E., Włodarczyk J.: Sposób eksploatacji kopalin pod obiektami. Patent nr 77200 (P-162 156) z dnia 26.IV.1973 r.

[54] Kochmański T., Magdziorz J.: Zmniejszenie odkształceń przez kształtowanie frontu eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl. Górnictwo z. 39, Gliwice 1969 r.

[55] Kondratowicz H.: Górnictwo, tom II, 1919 r.

[56] Korotkow M.W.: Wyjemka ugla pod soorużeniami w Donbasie. Ugletiechizdat 1953 r.

[57] Kowalczyk Z.: Określenie wielkości odkształceń powierzchni na skutek eksploatacji górniczej metodą przekrojów pionowych. Geodezja i Kartografia. PAN T. IX, z. 2, 1960 r.

[58] Kowalczyk Z., Janusz W., Pielok J.: Analiza wpływów i skutków eksploatacji górniczej w filarach ochronnych niektórych kopalń OTG nr 11, Katowice 1971 r.

[59] Kozieł A.M., Sawieliew A.J.: Opyt otrabotki okołostwolnych celikow w usłowiach połogowo podienia w Donbasie. Ugol nr 1, 1973 r.

[60] Lehman K.: Planmassige Abbauführung. Glückauf nr 74, 1938 r.

[61] Leontowski: Literatura o obruszeniach i osiadaniach. Ekatierinosiaw. 1912 r.

[62] Link H.: Das Abteufen und Ausbauen der Gefierschachte Wulfen 1 und 2. Glückauf nr 25, 1964 r.

[63] Litwiniszyn J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa T. I, z. 1, PWN, Warszawa 1953 r.

[64] Lutgendorf H.O.: Der wasserdichte gleitende Stahlbetonringausbau des Gefierschachter Auguste Victoria 8. Glückauf nr 12, 1967 r.

[65] Mohr F.: Gebirgsmechanik - Goslar 1963 r.

[66] Niemczyk O.: Abbau von Schachtsicherhetspfeilern. Bergsehadenkunde. Essen. Verlag Glückauf 1949 r.

[67] Pytlarz T.: Minimalizacja odkształceń terenu przez odpowiedni dobór długości i układu frontu eksploatacyjnego. Katowice 1971 r.Praca doktorska.

[68] Pytlarz T., Kowalski A., Szukalski S.: Optymalne wymiary kostki przyszybowej przy eksploatacji pokładu w filarze szybowym.

[69] 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 1974 r.

[70] Praca zbiorowa: Metody i środki zabezpieczenia istniejących obudów szybowych na wpływy eksploatacji górniczej. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Pol. Śl., Gliwice 1974 r.

[71] 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 1974 r. Niepublikowana.

[72] Praca zbiorowa: Projekt eksploatacji pokładu 418 w filarze ochronnym dla szybu "Piekary". Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni. Gliwice 1974 r. Praca niepublikowana.

[73] Praca zbiorowa: Metody bezfilarowej eksploatacji złóż na przykładzie wybranych rejonów ROW. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Pol. Śl., Gliwice 1975 r.

[74] Praca zbiorowa: Bezfilarowa eksploatacja złoża w rejonie szybów V i VI kopalni Jankowice. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Pol. Śl., Gliwice 1975 r.

[75] Sałustowicz A.: Mechanika Górotworu. Górnictwo t. III. AGH,Katowice 1955 r.

[76] Sałustowicz A.: Ciśnienie eksploatacyjne i ugięcie stropu w świetle teorii i pomiarów w kopalni. Zeszyty Naukowe AGH, Nr 8, 1964 r.

[77] Schultz A.: Untersuchungen über die Demansionen der Sicherheitspleiler für den Saarbucker, Steinkohlenbergen, czt. Zeinschrift für das Berg. 1967.

[78] Skinderowicz B.: Wpływ czasu na kształtowanie się dynamicznych niecek osiadań. Praca GIG, Seria dodatkowa, Katowice 1974 r.

[79] Szpetkowski St.: Wyznaczanie filarów ochronnych na podstawie dopuszczalnych wielkości deformacji terenu. OTG nr 12, Katowice 1970 r.

[80] 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 r.

[81] Sztelak J.: Hydrogeologia górnicza, zagrożenia wodne w kopalniach podziemnych i sposoby ich zwalczania. Skrypt Uczelniany Pol.Śl.,Gliwice 1975 r.

[82] Trojanowski K.: Kryteria teorii R. Balsa, O. Schleichera,H.Flaschentragera. Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja z. 4, Kraków 1963 r.

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

[84] Von Spare: Über das Nachbrechen der Schechten des Steinkohlengeborges 1867 r.

[85] Wochuizen L.I., Vonkecn J.: Das Abfeufen der Beatrix Schachte nach dem Honigmann de Vooys Werfahren. Gückauf 1961, s. 401.

[86] Zych J.: Bezpieczna eksploatacja filarów szybowych. Praca doktorska, Gliwice 1972 r. Niepublikowana.

[87] Zych J.: Sposób eksploatacji pod czułymi obiektami o niedużych wymiarach w rzucie poziomym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej.Górnictwo z. 55, 1973 r.

[88] Zych J.: Nowe metody eksploatacji filarów szybowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 52, 1972 r.

[89] Zych J.: Eksploatacja filaru ochronnego dla szybów głównych kopalni "Barbara Chorzów" w trudnych warunkach geologiczno-górniczych".Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej,Górnictwo z. 59, 1974 r.

[90] Zych J.: Metoda wachlarzowa eksploatacji filarów szybowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 69, 1976 r.

[91] Zych J.: Analiza teoretyczna obrotu przy metodzie wachlarzowej eksploatacji filarów szybowych. Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja z. 31, 1976 r.

PODSTAWY ANALITYCZNE I GÓRNICZO-TECHNICZNE BEZFILAROWEGO WYBIERANIA ZŁOŻA PRZY ZAŁOŻENIU MINIMALIZACJI WPŁYWÓW NA OBIEKTY CHRONIONE W GÓROTWORZE I NA POWIERZCHNI W WARUNKACH GŁĘBOKICH KOPALŃ

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

W pracy dokonano wszechstronnej analizy dotychczasowych poglądów i rozwiązań oraz przedstawiono nowe propozycje i kierunki niezbędnych badań w najbliższej przyszłości dla zrealizowania bezfilarowej metody wybierania złoża.

Opracowanie efektywnych, ekonomicznie uzasadnionych metod wybierania filarów ochronnych pod różnymi obiektami na powierzchni i w górotworze jest jednym z głównych zadań budownictwa górniczego. O ważności problemu świadczy fakt, że w filarach ochronnych w polskim górnictwie znajduje się ok. 25% zasobów węgla kamiennego.

Z dokonanej w pracy analizy przeprowadzonej na podstawie wyników obserwacji geodezyjnych, jak również na podstawie teoretycznych obliczeń wynika, że filary ochronne nie chronią skutecznie obiektów, dla których zostały wyznaczone zwłaszcza przy intensywnej eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów.

W dalszym ciągu pracy przedstawiono założenia do metody bezfilarowej eksploatacji złóż. Istota metody bezfilarowej eksploatacji złóż polega na planowym wybieraniu złoża na całym obszarze górniczym bez pozostawienia filarów ochronnych zarówno dla obiektów na powierzchni jak i w górotworze. Zrealizowanie jej w praktyce wymaga rozwiązania szeregu ważnych problemów teoretycznych i techniczno-górniczych. Z przeprowadzonej w pracy analizy wynika, że dla zrealizowania metody bezfilarowej eksploatacji złóż,koniecznym jest prowadzenie badań naukowych i doświadczeń w następujących problemach:

- Opracowanie metod i zasad minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię.
- Opracowanie konstrukcji obudów szybowych i wyrobisk przyszybowych przystosowanych na wpływy eksploatacji górniczej.
- Opracowanie specjalnych metod ochrony i utrzymania głównych wyrobisk korytarzowych.
- Opracowanie skutecznych metod odwodnienia górotworu z rejonu szybów celem umożliwienia eksploatacji filarów szybowych.
- Opracowanie efektywnych metod zabezpieczenia obiektów na powierzchni na zwiększone wpływy eksploatacji górniczej.

W każdym z powyższych problemów dokonano wszechstronnej analizy dotychczasowych poglądów i rozwiązań oraz przedstawiono propozycje nowych rozwiązań i kierunki niezbędnych badań w najbliższej przyszłości.

W dziedzinie minimalizacji wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię i górotwór przeanalizowano wpływ poszczególnych czynników na wielkość i rozkład wskaźników deformacji. Dokonano syntezy istniejących i zaproponowano nowe metody i układy frontów opracowane w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej.Z nowych metod wymienić należy: metodę eksploatacji frontem schodowym z wnękami, metodę wachlarzową dla szybów i obiektów na powierzchni,metodę eksploatacji dwoma frontami z kostką podatną oraz metodę eksploatacji z przeciwkostką. Szczególnie szeroko potraktowano problem eksploatacji złoża w rejonie szybów.

Bardzo ważnym zagadnieniem wiążącym się z eksploatacją w rejonie szybów jest problem odpowiednich obudów szybowych i podszybi. W pracy omówiono szeroko warunki lokalizacji szybów i podszybi dla umożliwienia prowadzenia eksploatacji górniczej w rejonie szybów. Podano założenia oraz konkretne rozwiązania obudów szybowych dla różnych warunków geologiczno-górniczych.

Z problemem tym wiąże się ściśle problemem odwodnienia górotworu z rejonu szybów. Podano więc sposoby odwadniania górotworu z rejonu szybów istniejących i projektowanych.

Zagadnienie bezfilarowej eksploatacji złóż wymaga szczególnego potraktowania zabezpieczenia obiektów powierzchniowych na zwiększone wpływy eksploatacji. Z założeń bezfilarowej metody eksploatacji złoża wynika, że wszystkie obiekty zarówno w górotworze, jak i na powierzchni powinny być w równym stopniu zabezpieczone na wpływy eksploatacji górniczej, by uniknąć w ten sposób takich przypadków, gdzie jeden niezabezpieczony obiekt limituje podjęcie eksploatacji górniczej w danym rejonie.

W pracy dokonano przeglądu istniejących metod zabezpieczenia proponując również nowe oryginalne rozwiązania.

W końcowym etapie dokonano szczegółowego podsumowania całości pracy w formie zaleceń oraz wniosków dla potrzeb projektowania bezfilarowej eksploatacji złoża.

Opracowanie niniejsze stanowi syntetyczne ujęcie prac naukowo-badawczych wykonanych w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w ramach problemu resortowego pt. "Metody i środki eksploatacji na dużych głębokościach" w tematach:

- "Podstawy analityczne i górnoczo-techniczne wybierania złóż na dużych głębokościach bez pozostawiania filarów ochronnych",
- "Metody i sposoby obudowy wyrobisk pionowych w trudnych warunkach naturalnych i górniczych".

W tematach tych wykonane zostały następujące szczegółowe opracowania:

1. "Określenie analitycznych i techniczno-ekonomicznych podstaw stosowania bezfilarowej technologii eksploatacji złóż".
2. "Zasady projektowania bezfilarowej eksploatacji wielopokładowego złoża przy założeniu minimalizacji wpływów na obiekty chronione w górotworze i na powierzchni w warunkach głębokich kopalń. Analiza istniejących rozwiązań z oceną możliwości ich przystosowania do warunków głębokich kopalń".
3. "Metody i środki zabezpieczenia istniejących obudów szybowych na wpływy eksploatacji górniczej".

Opracowanie nie obejmuje prac dotyczących problematyki ekonomicznych podstaw projektowania bezfilarowej eksploatacji złoża.Zagadnienia te ujęte są w pracy Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej pt. "Określenie optymalnych techniczno-ekonomicznych warunków projektowania złoża węgla kamiennego na dużych głębokościach dla celów projektowania kopalń".

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕССТОЛБОВОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРЕДПОЛАГАЯ МИНИМИЛИЗАЦИЮ ВЛИЯНИЙ НА ХРАНИМЫЕ ОБЪЕКТЫ В ГОРНОМ МАССИВЕ И НА ПОВЕРХНОСТИ, В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Р е з ю м е

В работе проводится всесторонний анализ существующих до сих пор мнений и решений, а также даются новые предложения и направления необходимых исследований в ближайшем будущем для реализации бесстолбового метода разработки месторождения.

Обработка эффективных, экономически обусловленных методов разработки предохранительных целиков под разными объектами на поверхности и в горном массиве, является важнейшей задачей горного строительства.О важности проблемы свидетельствует факт, что в предохранительных целиках в польской горной промышленности находится около 25% запасов каменного угля.

Из совершённого в работе анализа, проведённого на основании результатов геодезических наблюдений, а также на основании теоретических вычислений следует, что предохранительные целики не хранят надёжно объектов,для которых они были предназначены, особенно при интенсивной эксплуатации проводимой снаружи целиков.

В следующей части работы представлены предпосылки бесстолбового метода эксплуатации месторождения. Суть бесстолбового метода эксплуатации месторождения заключается в плановой разработке месторождения на всём шахтном поле без оставления предохранительных целиков как для объектов на поверхности, так и в горном массиве. Его реализация на практике требует решения нескольких важных теоретических и горно-технических проблем.Из проведённого в работе анализа следует, что для реализации бесстолбового метода эксплуатации месторождения необходимым является ведение научных исследований и опытов по следующим проблемам:

- Обработка методов и принципов сведения к минимуму влияний горной эксплуатации на горный массив и поверхность.
- Обработка конструкций крепей шахтного ствола и околоствольных выработок приспособленных к влияниям горной эксплуатации.
- Обработка специальных методов охраны и сохранения главных коридорных выработок.
- Обработка эффективных методов осушения горного массива из района стволов с целью предоставления возможности эксплуатации околоствольных предохранительных целиков.
- Обработка эффективных методов предохранения объектов на поверхности от повешенного влияния горной эксплуатации.

По каждой вышеуказанной проблеме проведён всесторонний анализ существующих до сих пор мнений и решений, а также представлены предложения новых решений и направления необходимых исследований в ближайшем будущем.

В области сведения к минимуму влияний горной эксплуатации на поверхность и горный массив, проанализировано влияние отдельных факторов на величину и разложение показателей деформации. Проведён синтез существующих и предложены новые методы и системы фронтов обработанные Институтом проектирования строительства шахт и охраны поверхности Силезского политехнического института. Из новых методов вычислить надо было бы: метод эксплуатации лестничным фронтом с нишами, веерный метод для стволов и объектов на поверхности, метод эксплуатации двумя фронтами с податливым кулачным углём,а также метод эксплуатации с противокулачником. Особенно широко обсуждена проблема эксплуатации месторождения в районе стволов.

Важным вопросом, относящимся к эксплуатации в районе стволов, является проблема соответствующей крепи шахтного ствола и околоствольного двора. В работе широко обсуждаются условия размещения стволов и околоствольных дворов для ведения эксплуатации в районе шахтных стволов. Даются предположения, а также конкретные решения крепей шахтных стволов для разных горно-геологических условий.

С этой проблемой тесно связана проблема осушения горного массива из района ствола. Даются способы осушения горного массива в районе существующих и проектируемых стволов. Вопросы бесстолбовой разработки месторождения требуют тщательного проектирования охраны объектов на поверхности по поводу повышенных влияний эксплуатации. Из предпосылок бесстолбового метода эксплуатации следует, что все объекты, как в горном массиве, так и на поверхности должны быть в одинаковой степени предохранены от влияний горной эксплуатации, чтобы избежать тем образом таких случаев, когда один не предохранённый объект лимитирует ведение горной эксплуатации в данном районе.

В работе проводится обзор существующих методов предохранения и предлагаются одновременно новые оригинальные решения.

В заключении проводятся итоги всей работы в виде указаний и предложений для нужд проектирования бесстолбовой эксплуатации месторождения.

ANALYTICAL AND MINING - TECHNICAL FOUNDATIONS OF PILLAR - FREE DEPOSITS WINNING. ASSUMING MINIMILIZATION OF INFLUENCES EXERTED ON PROTECTED ROCK OBJECTS AND ON THE SURFACE OBJECTS, IN DEEP MINES CONDITIONS

S u m m a r y

In the paper a wide analysis of up till now existing opinions and solutions concerning the topic given in the title has been carried out.

New proposals and trends of necessary investigations in the nearest future, aiming at the realization of pillar-free method of winning deposits, have been presented.

One of the main tasks of mining construction industry is working over effective, economically motivated methods of winning protective pillars under various surface objects and in the rock-mass.

The fact, that in protective pillars of all Polish coal mines there is about 25% of hard coal resources, speaks volumes of the problem's importance.

The analysis conducted in the paper, based on the results of geodesic observations, as well as on the theoretical calculations, has proved that the protective pillars are no effective protection of objects they should serve, especially in case when the intensive working is being carried out outside pillars.

In the further part of the paper the assumptions of the pillar-free method of winning deposits have been presented. The essence of this method is based on the planned winning of deposits all over the whole mining area, without leaving protective pillars, both for the surface structures and the rock mass.

Realization of this method demands in practice a solution of various important theoretical and mining technical problems.

The analysis of these problems conducted in the paper shows that for the realization of this method of winning deposits the research investigations and experiments concerning the following problems should be carried out:

a) working over of methods and principles of reducing to minimum the influences of mining expoitation on rock mass and surface,
b) working over of shaft-linings and shaft-bottom workings constructions adapted to the influence of mining winning,
c) working over of special protective and maintenance methods of the main dog-headings,

d) working over of effective rock mass drainage within the shafts area. to make possible winning of the shaft pillars,
e) working over of effective protecting objects methods on the surface, against the increased influences of mining exploitation.

In each of the above mentioned problems a versatile analysis of hitherto existing opinions and solutions has been carried out and proposals of new solutions and trends of necessary investigations in the nearest future, have been presented.

In the field of reducing to minimum the influences of mining winning on the surface and rock mass, the influence of individual factors on the size and distribution of deformation indicators, have been analysed.

A synthesis of existing frontages has been done and new methods and systems of frontages, worked over by the Institute of Designing Coal Mines Construction and Surface Protection of the Silesian Polytechnic have been put forward.

Out of the new methods there should be mentioned: a method of winning by means of a stair frontage with cavities, a fan method for shafts and surface structures a method of winning by means of two frontages with a flexible cobble and a method of winning with a counter cobble.

Especially widely were discussed problems of winning deposits within the shafts area.

A very important problem combined with the winning in the shafts area is the problem of adequate shafts and shaft bottoms linings.

In the paper the conditions of shafts and shaft bottoms localizations has been widely discussed, to enable carrying out of mining winning in the shaft area.

Brief for-designs and actual solutions of shaft linings for different geologic mining conditions, have been given. There is strictly combined with this problem a problem of rock mass drainage.

Therefore ways of rock mass drainage in the area of existing shafts and designed shafts have been given.

The problem of pillar - free deposits winning needs a special designing, aiming at surface object protection against the increased winning influences.

From the assumptions of the pillar-free method of deposits winning it follows that all objects both in the rock mass and on the surface should be equally protected against influences of mining winning, to avoid such cases, where one unprotected object limits a new mining winning in the given area.

In the paper a review of existing protection methods has been given and new actual proposals of solutions were suggested.

In the final parts of the paper a detailed summary of the whole paper was given and some recommendations and conclusions were added, necessary for the designing of pillar-free deposits winning.

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

Gliwice — Księgarnia Techniczna, ul. M. Strzody 14b;
Gliwice — Punkt sprzedaży Studenckiej Spółdzielni Pracy, ul. Wrocławska 4/6;
Katowice — Księgarnia nr 004, ul. Warszawska 11;
Katowice — Księgarnia nr 015, ul. Żwirki i Wigury 33;
Bytom — Księgarnia nr 048, pl. Kościuszki 4;
Chorzów — Księgarnia nr 063, ul. Wolności 22;
Dąbrowa Górnicza — Księgarnia nr 081, ul. ZBoWiD-u 2;
Rybnik — Księgarnia nr 126, Rynek 1;
Sosnowiec — Księgarnia nr 181, ul. Zwycięstwa 7;
Zabrze — Księgarnia nr 230, ul. Wolności 288;
Zawiercie — Księgarnia nr 250, ul. 3 Maja 11;
Warszawa — Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw PAN, Pałac Kultury i Nauki.

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