ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: GÓRNICTWO z. 88 Nr kol. 571

Kazimierz PODGÓRSKI, Józef STRAŚ,
Józef ULIASZ

ZACHOWANIE SIĘ WLOTÓW PODSZYBI PODDANYCH WPŁYWOM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ W ŚWIETLE BADAŃ MODELOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań nad zachowaniem się wlotów podszybi w obudowie betonowej i żelbetowej w zależności od wywołanych deformacji modelowanego górotworu. Dokonano oceny wyników badań i stopnia odporności obudowy na deformacje.

1. Wstęp

Obecnie wykonane podszybia posiadają obudowę przeważnie betonową lub murową, a w bardzo małym zakresie obudowę żelbetową. Obudowa tych podszybi nie jest upodatniona na wpływy eksploatacji górniczej i posiada niekorzystny kształt oraz wymiary, przy których ulega dość często uszkodzeniom w warunkach deformacyjnych ciśnień górotworu.

Obecnie coraz częściej prowadzi się eksploatację w filtrach ochronnych szybów, istnieje zatem konieczność ustalenia odporności wlotów podszybi i opracowania właściwych metod i sposobów eksploatacji w filarze ochronnym szybu.

Złożony przebieg deformacji górotworu wokół podszybi, jak i duże trudności w ich obliczaniu stwarzają konieczność przeprowadzenia dodatkowych badań w naturze lub na modelach. Badanie podszybi w warunkach naturalnych jest bardzo kosztowne i hamuje znacznie wymaganą fukcjonalność tych wyrobisk. O wiele tańsze są badania modelowe i umożliwiają przebadanie różnych rozwiązań obudowy wlotów podszybi w krótszym czasie w zależności od przewidywanej deformacji górotworu od wpływów eksploatacji górniczej. Dla realizacji tych badań istniała konieczność opracowania odpowiedniej konstrukcji modelu, programu badań i urządzeń pomiarowych przy możliwie dobrym zachowaniu zasad podobieństwa modelowego.

2. Przyjęte wielkości wlotu podszybia w naturze i w skali modelowania

Na podstawie analizy istniejących wymiarów podszybi, stosowanych obudów oraz możliwości badań laboratoryjnych ustalono skalę modelowania 1:40. Do badań wzięto pod uwagę podszybie dwustronne w obudowie betonowej ze sklepieniem łukowym z prostymi murami ociosowymi oraz podszybie żelbetowe ze sklepieniem spągowym, których wymiary zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Wymiary wlotów podszybi i szybu

Nr modelu	Szyb		Wlot podszybia			Komora zapychaków		Rodzaj obudowy
	średnica m	grubość obudowy m	wysokość m	szerokość m	grubość obudowy m	szerokość m	wysokość m	
w rzeczywistości								
Model I	7,0	0,4	3,2	4,8	0,4	2,2	1,8	betonowa
Model II	7,0.	0,4	5,6	4,8	0,4	-	-	żelbetowa
w modelu								
Model I	0,175	0,01	0,08	0,12	0,01	0,055	0,045	-
Model II	0,175	0,01	0,14	0,12	0,01	-	-	-

2. Stosowane materiały ekwiwalentne do badań i ich własności

Przy ustaleniu materiałów ekwiwalentnych przeprowadzono badania laboratoryjne, a w oparciu o zasady podobieństwa modelowego ustalono skład materiału na obudowę szybu, który przedstawia się następująco:

- piasek drobnoziarnisty < 2 mm 79%
- pył żużla żelazochromowego 6,5%
- woda 8%
- szkło wodne sodowe z dodatkiem roksolu IT w ilości 0,5% 6,5%

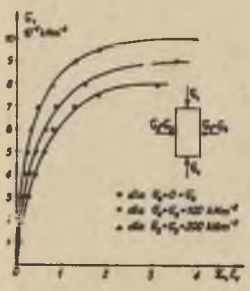
Materiał o podanym składzie posiada następujące własności:

- wytrzymałość na ściskanie $R_{c_M} = 800$ kN/m^2
- wytrzymałość na zginanie $R_{g_M} = 360$ kN/m^2
- wytrzymałość na rozrywanie $R_{r_M} = 120$ kN/m^2
- Moduł Younga $E_M = 24.10^5$ kN/m^2
- współczynnik Poissona $\nu_M = 0,12$
- gęstość $\varrho_M = 2000$ kg/m^3
- kohezja $C_M = 140$ kN/m^2
- kąt tarcia wewnętrznego $\Phi_M = 41^\circ$

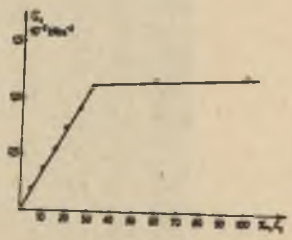
Ustalone wielkości wytrzymałościowe dla modelu obudowy odpowiadają w rzeczywistości marce betonu R_w = 400.

Dla podanego materiału przeprowadzono badania w jednoosiowym i trójosiowym stanie naprężeń, których wyniki przedstawia rys. 1. Z podanego materiału wykonywano również modele obudowy żelbetowej, z tym, że jako zbrojenie stosowano siatkę stalową o oczkach 6x6 mm. Siatka ta odpowiada zbrojeniu w naturze wykonanemu z prętów stalowych o średnicy 20 mm tworzących siatkę o oczkach 240 x 240 mm.

Do upodatnienia obudowy szybu w pionie stosowano styropian, którego zależność odkształceń od naprężeń przedstawia rys. 2.



Rys. 1. Zależność odkształceń od naprężeń dla materiału ekwiwalentnego na obudowę szybu



Rys. 2. Zależność naprężeń od odkształceń dla styropianu

Górotwór modelowano przy użyciu piasku drobnoziarnistego bez zanieczyszczeń o parametrach:

- gęstość przestrzenna ϱ = 1600 kg/m^3
- wilgotność W = 10%
- kąt tarcia wewnętrznego Φ = 32°
- kohezja pozorna C = 7 kN/m^2

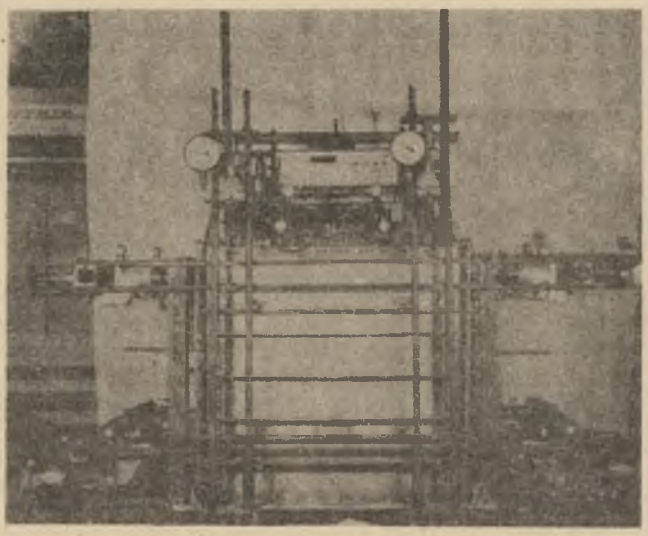
4. Konstrukcja stanowiska do badań i stosowana aparatura pomiarowa

Do badań opracowano stoisko, które zezwala na możliwie wierne odwzorowanie trójosiowego stanu odkształceń i naprężeń, jaki występuje podczas wpływów prowadzonej eksploatacji na szyb.

Stanowisko badawcze (rys. 3) składa się z następujących zasadniczych podzespołów:

- skrzyni modelowej,
- układu hydraulicznego do nadawania naprężeń pionowych w modelowanym górotworze,

- układu hydraulicznego do nadawania naprężeń poziomych w modelowanym górotworze,
- układu obciążającego rurę szybową w pionie,
- urządzenia do zabudowania w skrzyni modelowej obudowy szybu,
- układu pomiarowego przegiebu deformacji górotworu,
- układu hydraulicznego przesuwu płyt górnych i dolnych zmniejszających niekorzystny wpływ tarcia na wielkość przemieszczeń modelowanego górotworu.



Rys. 3. Widok stanowiska badawczego

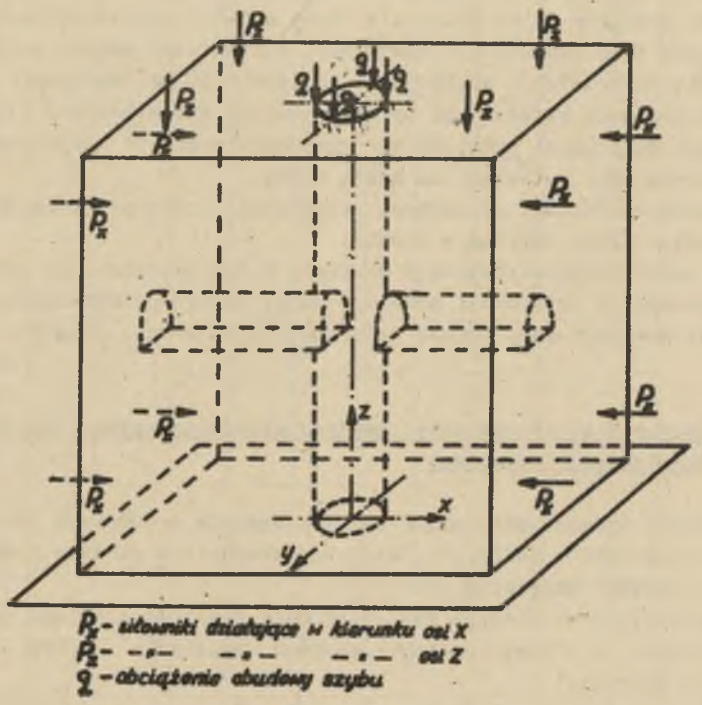
Skrzynia modelowa składa się z podstawy, do której umocowana jest konstrukcja nośna płyt bocznych z metapleksu. Płyty te o grubości 20 mm usztywnione są dodatkowo płaskownikami przykręconymi do konstrukcji nośnej.

Górną część skrzyni stanowi płyta stalowa służąca do wywierania nacisku w pionie na modelowany górotwór. Boczne ściany są ruchome i umożliwiają nadawanie odkształceń poziomych górotworu poprzez śruby mocujące.

Żądaną wielkość naprężeń pionowych w modelu wywierano poprzez płytę górną czterema siłownikami hydraulicznymi o zakresie do 100 kN każdy, spoczywającymi na dźwigarach płyty górnej i rozpartymi na poprzecznych usztywnieniach cięgieł umocowanych do podstawy urządzenia.

Boczny układ hydrauliczny stanowiło 8 siłowników hydraulicznych o zakresie do 100 kN zabudowanych po cztery z dwóch przeciwległych stron. Ponadto obudowa szybu wzdłuż osi poddana była obciążeniu wynikającemu z cię-

żaru własnego obudowy na danej głębokości i wpływu sił tarcia górotworu o obudowę w procesie deformacji. Obciążenie wywierano poprzez sprężyny dociskające metalowy pierścień nakładany na model obudowy. Wielkości ugięcia sprężyn oraz przemieszczeń obudowy szybu w pionie rejestrowano czujnikami zegarowymi z dokładnością 0,01 mm. Układ pomiarowy deformacji modelowanych warstw górotworu stanowiło 20 czujników zegarowych, przy czym 16 czujników utwierdzonych do odrębnej konstrukcji ramowej służyło do pomiaru przemieszczeń płyt bocznych, a cztery czujniki rejestrowały wielkość ściskania modelowanych warstw w pionie i przymocowane były do płyty górnej.



Rys. 4. Schemat obciążenia badanego modelu górotworu i obudowy szybu oraz wlotów podszybi w stanowisku badawczym

W podanym stanowisku badawczym, dla zmniejszenia niekorzystnego wpływu tarcia modelowanych warstw górotworu o ściany stanowiska, zastosowano dzielone płyty stalowe u góry i u dołu modelu górotworu. Płyty te połączone są z układem siłowników hydraulicznych, które powodują równoczesne ich przemieszczenie wraz z bocznymi płytami z metalpleksu. W wyniku równoczesnego przemieszczania bocznych płyt z metalpleksu jak i płyt stalowych górnych, o które opiera się płyta dociskowa, poprzez piasek uzyskuje się od-

kształcenia modelowanych warstw górotworu w kierunku przemieszczenia płyt możliwie jednorodne na długości badanego odcinka modelu. Konieczność zastosowania stalowych płyt przesuwnych wynikła z dotychczasowych badań w poprzednim okresie, gdzie pod płytą dociskową modelu, jak i nad dnem modelu górotwór ulegał małym przemieszczeniom w wyniku działania tarcia, a większe przemieszczenia występowały w środkowej części modelu. Aparaturę pomiarową stanowiły dwa urządzenia:

1) cyfrowy miernik przemieszczeń typ CMP-1 opracowany i wykonany w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni,
2) automatyczny mostek tensometryczny Mikrotechna.

Podczas wykonywania badań modelowych odcinka szybu i wlotów podszybi dokonano pomiarów zmian promienia szybu w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach oraz wysokości i szerokości wlotów przy pomocy zestawu czujników elektrooporowych o dokładności pomiaru 0,01 mm. Wskazanie czujników elektrooporowych rejestrował cyfrowy miernik przemieszczeń typu CMP-1. Wielkości deformacji modelowanego górotworu mierzono czujnikami zegarowymi umieszczonymi po cztery na każdą płytę.

Ponadto czujnikami zegarowymi rejestrowano również wielkość ruchów obudowy szybu całego odcinka w pionie.

Dla zrealizowania złożonego programu badań postanowiono prowadzić pomiary ciśnień i deformacji modelu w dużej ilości punktów pomiarowych, aby uchwycić skomplikowany proces deformacji górotworu i obudowy.

5. Zachowanie się betonowej obudowy wlotów podszybi w warunkach wpływu eksploatacji górniczej

Do badań przygotowano model wlotu podszybia w obudowie betonowej o wymiarach podanych w tablicy 1, który po zbadaniu w stoisku poddawany był etapami wpływom eksploatacji.

Deformacje modelowanego górotworu były powodowane zmianą położenia płyt dociskowych, co w poszczególnych etapach obrazowało wpływ eksploatacji szerokim frontem.

Wielkości deformacji obudowy i modelowanego górotworu mierzono w przekrojach podanych na rys. 7. Wyniki pomiarów zestawiono w tablicy 2.

W czasie prowadzenia badań betonowej obudowy szybu i wlotów podszybia stwierdzono, że przy odkształceniach górotworu $\varepsilon_x = 1,5\%$ wystąpiły zarysowania murów prostych wlotów i wyciskanie płyty spągowej komory zapychaków. Przy takich deformacjach nie wystąpiły spękania obudowy szybu. W wyniku wzrostu odkształceń górotworu pojawiły się dalsze spękania murów ociosowych, spągowych i sklepienia wlotów. Przy odkształceniach $\varepsilon_x = 3\%$ wystąpiły wyraźne rozwarcia murów ociosowych i wypiętrzenia spągu, natomiast obudowa szybu nie uległa wyraźnym spękaniem.

Tablica 2

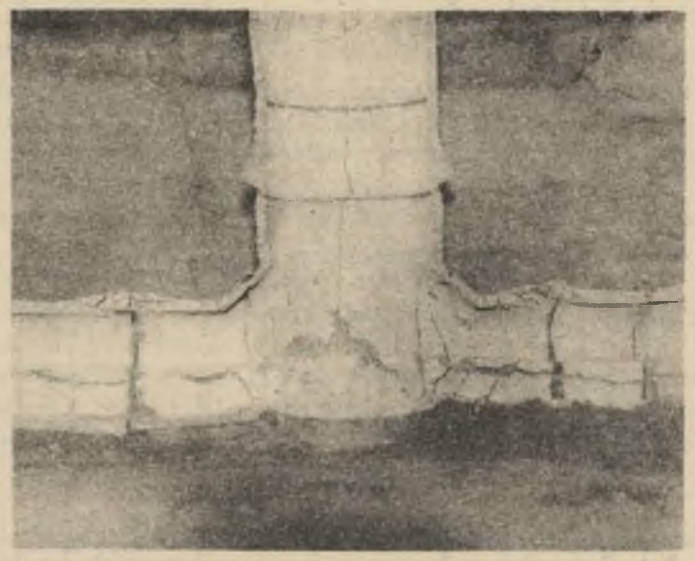
Wielkości przemieszczeń obudowy szybu i wlotów podszybi na założonych poziomach pomiarowych

Lp.	Rodzaj obudowy	Odkształcenia modelowanego górotworu, %			Zmiany średnicy obudowy szybu, mm										Wielkości zaciskania obudowy wlotów podszybi, mm									
					Poziom I		Poziom II		Poziom III		Poziom IV		Poziom V		Poziom VI		Poziom VII		Poziom VIII		Poziom IX		Poziom X	
		ε_x	ε_y	ε_z	U_x	U_y	U_x	U_y	U_x	U_y	U_x	U_y	U_x	U_y	U_y	U_z	U_y	U_z	U_y	U_z	U_y	U_z	U_y	U_z
1	betonowa	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2		+3,0	0,0	-4,6	+1,58	-1,20	+1,97	-2,47	-	-4,17	+2,49	-2,48	+0,78	-1,26	11,86	-1,70	-1,64	-1,12	-1,53	-0,53	11,02	-1,42	-1,78	-0,94
3		+6,0	0,0	-8,4	+2,87	-1,87	+2,20	-3,36	-	-5,21	+3,93	-3,55	+1,82	-1,74	12,75	-3,88	-2,77	-3,01	-3,12	-1,32	13,54	-3,90	-3,70	-1,44
4	żelbetowa	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5		+3,0	0,0	-4,0	+0,71	-1,23	+0,75	-1,69	-	-2,30	+0,16	-0,85	+0,15	-1,11	+2,48	+2,52	+0,84	+3,47	+0,61	+1,33	+0,84	+4,54	+0,28	+2,20
6		+6,0	0,0	-6,8	+1,60	-2,08	+1,46	-1,93	-	-3,25	+1,44	-1,19	+0,62	-1,53	+2,98	+3,41	+1,10	+4,68	+1,24	+2,51	+1,30	+6,60	+1,04	+3,34

Znak "+" dotyczy przyrostu wymiaru,

Znak "-" dotyczy zmniejszenia wymiaru.

Dalszy wzrost odkształceń górotworu spowodował intensyfikację stopnia uszkodzenia obudowy i przy odkształceniach ε_x = 6‰, wystąpiły wyraźne spękania obudowy szybu, natomiast obudowa wlotów podszybia uległa zniszczeniu, przy którym wystąpiła utrata jej stateczności i oparcie się o układ pomiarowy. Przebieg spękań obudowy szybu i wlotów podszybia po badaniach przedstawiono na rys. 5.

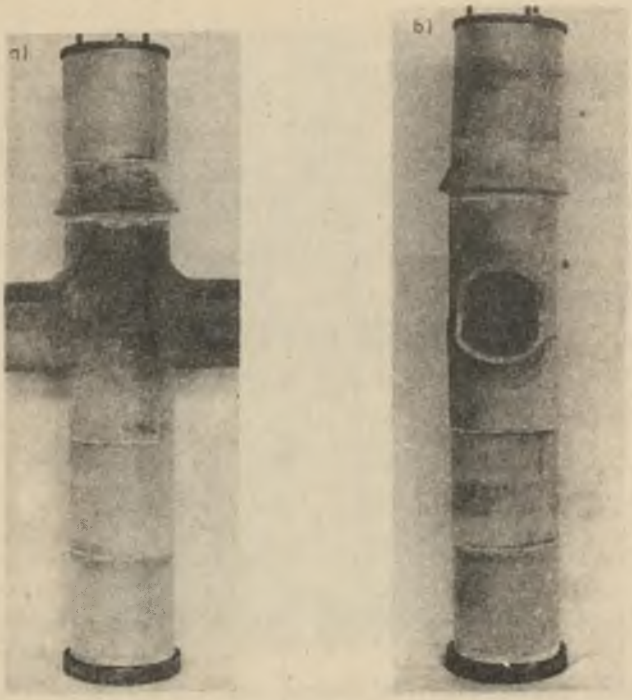


Rys. 5. Widok uszkodzonej betonowej obudowy szybu i wlotów podszybi po odsłonięciu obudowy i jej przecięciu

Z przeprowadzonych badań wlotów podszybi i szybu w obudowie betonowej wynika, że najbardziej ulega uszkodzeniu podszybie. Stwierdzono, że gdy obudowa wlotu podszybia uległa zniszczeniu, uniemożliwiając dalsze jego użytkowanie, to obudowa szybu powyżej i poniżej podszybia uległa nieznacznym spękaniom, które nie stwarzały zagrożenia dla stateczności szybu.

6. Zachowanie się żelbetowej obudowy wlotów podszybi w warunkach wpływu eksploatacji górniczej

Celem zmniejszenia bardzo niekorzystnego zjawiska wyciskania spągu i niszczenia obudowy komory zapychaków oraz wyciskania murów ociosowych podszybia zastosowano obudowę żelbetową ze sklepieniem spągowym i dylatacjami między poszczególnymi odcinkami wlotów. Przygotowane odcinki obudowy żelbetowej do badań przedstawiono na rys. 6.

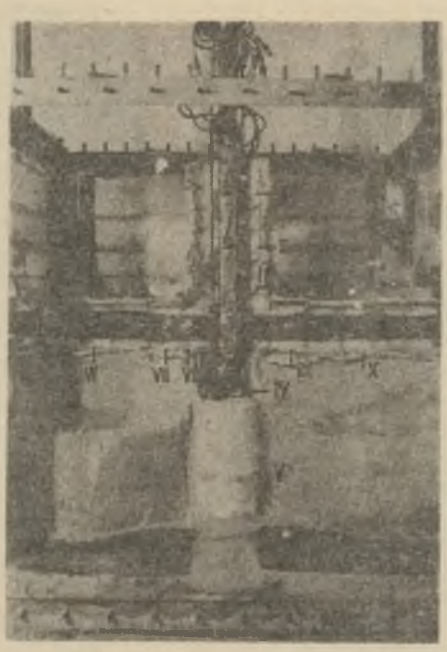


Rys. 6. Odcinki żelbetowej obudowy szybu i wlotów podszybi przygotowane do badań

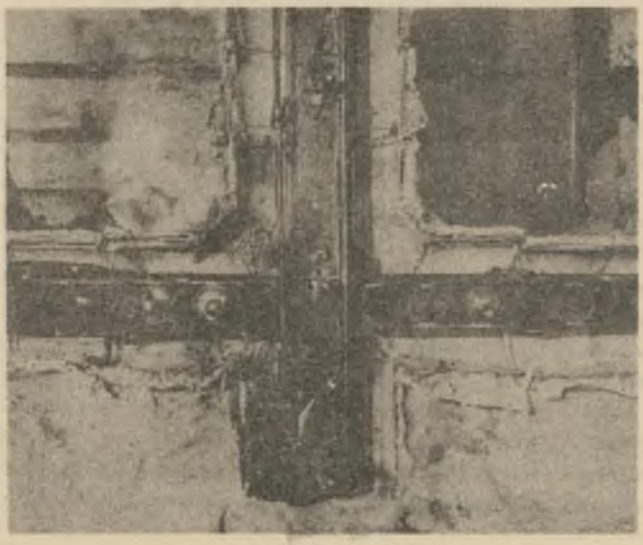
a - widok z przodu, b - widok z boku

Podane rozwiązanie obudowy żelbetowej przebadano w podobny sposób jak obudowę betonową. W czasie badań stwierdzono, że przy poziomych odkształceniach górotworu ε_x = 2,5% występują pierwsze spękania obudowy wlotów. Natomiast przy odkształceniach ε_x = 4% zaobserwowano pierwsze złuszczenia obudowy. Badania tego modelu realizowano aż do wystąpienia odkształceń górotworu ε_x = 7% , przy których zaistniało niebezpieczne uszkodzenie obudowy (rys. 7 i 8).

Analizując wyniki badań wlotów szybowych w obudowie betonowej i żelbetowej, stwierdzono, że obudowa żelbetowa może znieść około 1,5-krotnie większe deformacje górotworu wynikające z wpływów eksploatacji górniczej. Zaobserwowano bardzo niekorzystny wpływ sztywnego połączenia pochyłej części wlotu z obudową szybu. Wystąpiło tu zjawisko szybkiego zniszczenia samego połączenia wlotu z podszybiem. Natomiast zdylatowane części wlotu poza tym odcinkiem zachowały dłużej swoją stateczność. Wynika stąd konieczność stosowania dylatacji poszczególnych odcinków wlotów jak i obudowy szybu.



Rys. 7. Przekrój przez żelbetową obudowę szybu i wlotów podszybi po badaniach z zaznaczeniem poziomów pomiarowych



Rys. 8. Przekrój przez zniszczoną obudowę połączenia szybu z wlotami podszybi

LITERATURA

[1] Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt Uczelniany Pol. Śl. nr 589/20, Gliwice 1976.

[2] Chudek M.: Obudowa warobisk. Obudowa kamienna, metalowa,mieszana.Wyd. Śląsk, Katowice 1968.

[3] Praca zbiorowa: Analityczne ustalenie podstawowych parametrów obudowy wlotów podszybi w oparciu o badania modelowe obudów zlokalizowanych w warstwach karbonu w warunkach deformacyjnych ciśnień górotworu.Instytut Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śl. Praca nie publikowana. Gliwice 1977.

[4] Praca zbiorowa: Budownictwo betonowe, tom II, Teoria betonu i żelbetu. Wyd. Arkady, 1964.

ВЛИЯНИЕ ГОРНОЙ ПОДРАБОТКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТВЕРСТВИЙ ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ДВОРОВ НА ОСНОВЕ ИСПЫТАНИЙ НА МОДЕЛЯХ

Р е з ю м е

В статье переданы результаты испытаний устойчивости отверствий околоствольных дворов в бетонной и железобетонной крепи в зависимости от деформации моделированного горного массива. Сделана оценка результатов испытаний и уровня сопротивляемости деформациям.

SHAFT BOTTOM BEHAVIOUR UNDER WINNING CONDITIONS IN THE LIGHT OF MODEL INVESTIGATIONS

S u m m a r y

The paper presents investigation results of Shaft bottom entry behaviour in concrete and reinforced concrete casings as dependent on strain of the orogen modelled. Investigation results have been evaluated and the casings strain resistance established.