

Andrzej JELEŃSKI

Główny Instytut Górnictwa - Katowice

ODPORNOŚĆ OBUDÓW SZYBOWYCH NA WPLYWY EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. Na podstawie badań terenowych oraz modelowych przeprowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa dokonano oceny odporności obudowy murowej i betonowej szybu na wpływy eksploatacji górniczej, podając dla tego rodzaju obudów dopuszczalne odkształcenia pionowe. Dla obudów murowych wartości tych odkształceń określono na podstawie cyklicznych pomiarów geodezyjnych pionowych odkształceń obudowy oraz wizualnych obserwacji wielkości i rodzaju jej uszkodzeń, spowodowanych wpływami eksploatacji. Uwzględniając warunek ciągłej funkcjonalności szybu podczas prowadzenia eksploatacji górniczej w filarze ochronnym szybu zaproponowano następnie cztery kategorie ochrony szybów w zależności od warunków hydrogeologicznych i wynikających z nich zagrożeń dla szybu oraz funkcji pełnionej przez szyb.

Dla obudów wykonanych z betonu określono wartości granicznych odkształceń betonu w fazie plastycznej oraz podano wyniki badań modelowych oddziaływania wpływów eksploatacji na obudowę betonową. Badania te odnosiły się do szybu o średnicy 6,0 m, którego obudowa wykonana była z betonu marki R_w 300 i R_w 400. Rezultatem przeprowadzonych badań było określenie skutków - rodzaju i zakresu uszkodzeń obudowy - wywołanych przez odkształcenia pionowe o danej wartości.

1. WSTĘP

Zagadnieniem mającym istotne znaczenie przy projektowaniu i prowadzeniu eksploatacji górniczej filarów ochronnych szybów, szczególnie w warunkach określonych zagrożeń geologiczno-górnicznych, jest właściwa ocena odporności obudowy szybu na wpływy eksploatacji. Wiąże się z tym określenie dopuszczalnych wartości odkształceń obudowy, jakie może ona przejąć podczas prowadzenia eksploatacji w filarze, przy równoczesnym utrzymaniu funkcjonalności szybu.

W dotychczasowej praktyce eksploatacja na ogół prowadzona była w filarach dla szybów pomocniczych, wykonanych w obudowie murowej i zlokalizowanych w korzystnych warunkach hydrogeologicznych. Powstałe w wyniku deformacyjnych oddziaływań eksploatacji na obudowę szybu jej uszkodzenia nie stanowią w tych warunkach poważniejszego zagrożenia stateczności obudowy, a tym samym dla dotychczasowej funkcjonalności szybu.

Obecnie, w związku z coraz powszechniejszą eksploatacją filarów szybowych, zagadnieniem wymagającym specjalnych rozwiązań jest określenie odporności monolitycznych betonowych obudów szybowych oraz metod ich przy-

stosowania do przejścia wpływów eksploatacji. Tego rodzaju obudowa jest aktualnie powszechnie stosowana w polskim budownictwie szybowym, gdyż udział obudowy betonowej w stosunku do innych rodzajów obudowy wynosi ponad 90%. Dotychczas brak jest jednak dostatecznego rozeznania zarówno co do odporności obudów betonowych, jak i metod ich przystosowania na deformacje górotworu. Z tego też względu/zagadnienie to wymaga dalszych badań, szczególnie w warunkach in situ.

2. ODPORNÓŚĆ OBUDOWY MUROWEJ SZYBU NA WPŁYWY EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

2.1. Deformacje i uszkodzenia obudów murowych

Oceny odporności murowych obudów szybowych na wpływy eksploatacji górniczej dokonano na podstawie wyników cyklicznych pomiarów geodezyjnych pionowych odkształceń względnych obudowy oraz wizualnych obserwacji wielkości i charakteru jej uszkodzeń. Wynika bowiem z obserwacji charakteru uszkodzeń obudów szybowych wywołanych eksploatacją górniczą, że decydujący wpływ na stan obudowy podczas eksploatacji w filarze szybowym mają odkształcenia pionowe ściskające lub rozciągające [2],[3],[4],[5],[6],[8]. Analizowane zarówno odkształcenia obudowy jak i jej uszkodzenia odnoszą się do jedenastu wytypowanych szybów, których filary ochronne były przedmiotem intensywnej eksploatacji górniczej. Stan techniczny obudowy szybów przed podjęciem eksploatacji w poszczególnych filarach uznać można było za dobry.

Dla określenia współzależności pomiędzy wielkością i charakterem uszkodzeń obudowy, zaistniałych podczas prowadzenia eksploatacji w filarze ochronnym szybu, a odkształceniami obudowy pomierzonymi w czasie wystąpienia uszkodzeń, w analizowanych szybach wydzielono dwie strefy uszkodzeń obudowy - dolną o długości około 80 m oraz - wyżej leżącą o długości około 120 m. W przypadku wybierania pokładu przecinającego szyb długość dolnej strefy liczono od stropu danego pokładu w miejscu jego przecięcia się z szybem, natomiast przy eksploatacji podbierającej - od dna szybu. W wymienionych strefach o sumarycznej długości około 200 m zaobserwowano największe uszkodzenia obudowy podczas prowadzenia eksploatacji w filarze. Uszkodzenia te zakwalifikowano do jednego z trzech stopni:

- I stopień - rysy i szczeliny o rozwarciu do 5 mm, drobne złuszczenia,
- II stopień - rysy i szczeliny o rozwarciu do 15 mm, złuszczenia obudowy o powierzchni do 5 m²,
- III stopień - spękania o rozwarciu do 40 mm, złuszczenia o powierzchni do 10 m².

Uwzględniając charakter i zakres uszkodzeń obudowy (stopnie uszkodzeń), w tabl. 1 podano pomierzone w okresie ich powstania maksymalne wartości ściskających i rozciągających odkształceń pionowych obudowy.

Tablica 1

Uszkodzenia obudowy i odpowiadające im pionowe odkształcenia

Lp.	Kopalnia	Nazwa szybu	Strefa dolna		Strefa górna	
			Stopień uszkodzeń	Odkształcenia pionowe mm/m	Stopień uszkodzeń	Odkształcenia pionowe mm/m
1	"Czerwona Gwardia"	Julian	II	+2,8	brak uszkodzeń	+0,3
2	"Halenba"	Szymon	II	+3,2	I	+1,5
3	"Polska"	VII	II	+4,2	I	+1,8
4	"Szombierki"	Krzysztof	I	+1,8	brak uszkodzeń	+0,6
5	"Wawel"	Franciszek	II	+1,9-2,8	II	zniszczone repery
6	"Ślęsk"	II	III	+6,0	I	+1,0
7	"Ślęsk"	IV	III	+7,3	brak uszkodzeń	+0,4
8	"Wawel"	Paweł I	II	+3,6	I	-1,7
9	"Wawel"	Południowy	brak uszkodzeń	±0,5	brak uszkodzeń	±0,1
10	"Barbara Chorzów"	Wyzwolenie I	brak uszkodzeń	±0,5	brak uszkodzeń	±0,3
11	"Barbara Chorzów"	Wyzwolenie II	brak uszkodzeń	±0,4	brak uszkodzeń	±0,2

Z przedstawionych danych (tabl. 1) wynika, że w większości analizowanych przypadków w obudowie wystąpiły uszkodzenia II stopnia, natomiast eksploatacja prowadzona w filarach szybu Południowego kopalni "Wawel" oraz Wyzwolenie I i II kopalni "Barbara-Chorzów", ze względu na równomierne obniżenie górotworu w rejonie szybów, nie spowodowała widocznych uszkodzeń obudowy. Pomierzone odkształcenia pionowe w tych szymbach wahały się w granicach $\pm 0,1 \div \pm 0,5$ mm/m. Przypisując każdemu z trzech stopni uszkodzeń obudowy pomierzone wartości odkształceń, podano odkształcenia obudowy właściwe poszczególnym stopniom jej uszkodzeń (tabl. 2).

Tablica 2

Odształcenia pionowe i odpowiadające im stopnie uszkodzeń obudowy.

Stopień uszkodzenia obudowy	Odształcenia pionowe ϵ_z mm/m
I	+1,0 \div +1,8 -2,7
II	+1,9 \div +4,2 -2,8
III	+6,0 \div +7,3

Odształcenia te nie spowodowały takich uszkodzeń obudowy, które by ograniczyły w sposób trwały lub czasowy funkcjonalność poszczególnych szybów. W tych szymbach, gdzie nie prowadzono rejestracji uszkodzeń obudowy (przypadki spoza analizy), odkształcenia pionowe obudowy o wartości $+4,0 \div +7,0$ mm/m również nie spowodowały ograniczenia ich funkcjonalności.

2.2. Dopuszczalne odkształcenia pionowe obudowy murowej

Na podstawie dokonanej oceny deformacyjnych wpływów eksploatacji górniczej na obudowę murową szybów i dotychczasowych doświadczeń z eksploatacji filarów szymbowych oraz uwzględniając:

- warunki hydrogeologiczne w rejonie danego szybu i wynikające z nich zagrożenia dla szybu,
- podział szybów na główne i pomocnicze oraz
- warunek ciągłej funkcjonalności szybu podczas prowadzenia eksploatacji górniczej w filarze ochronnym szybu

zaproponowano cztery kategorie ochrony szybów. Są nimi:

- Kategoria I obejmuje szyby główne i pomocnicze zlokalizowane w niekorzystnych warunkach hydrogeologicznych.

W szymbach tych nie dopuszcza się uszkodzeń obudowy w strefie występowania zagrożenia wodnego lub kurzawkowego.

Za dopuszczalne odkształcenia ściskające dla obudowy w zagrożonej strefie przyjęto wartość $\epsilon_z = -1,0$ mm/m, natomiast nie dopuszcza się odkształceń rozciągających w tej strefie.

- Kategoria II obejmuje te odcinki szybów głównych i pomocniczych, które zlokalizowane są:
 - bezpośrednio pod-strefą zagrożenia wodnego lub kurzawkowego,
 - w trudnych warunkach geologicznych (uskoki, warstwy poślizgowe, inne zaburzenia tektoniczne).

Długość zagrożonych odcinków w danym szybie winna być każdorazowo ustalona na podstawie analizy warunków geologicznych i hydrogeologicznych występujących w rejonie szybu.

Za dopuszczalne odkształcenia obudowy w szybach zakwalifikowanych do II kategorii ochrony przyjęto wartości $\epsilon_z = -3,0$ mm/m. Uszkodzenia obudowy spowodowane tej wielkości odkształceniami nie powinny stanowić zagrożenia dla szybu ze strony trudnych warunków geologicznych lub hydrogeologicznych.

- Kategoria III obejmuje szyby główne i pomocnicze zlokalizowane w korzystnych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych (nie występują zagrożenia wodne lub kurzawkowe oraz zaburzenia tektoniczne). Za dopuszczalne odkształcenia obudowy w tych warunkach przyjęto wartości $\epsilon_z = -7,0$ mm/m. Odkształcenia tej wielkości mogą spowodować uszkodzenia obudowy wymagające jej remontu, nie ograniczające jednak funkcjonalności szybu.
- Kategoria IV obejmuje szyby pomocnicze zlokalizowane w korzystnych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych. Za dopuszczalne odkształcenia obudowy szybów zakwalifikowanych do IV kategorii ochrony przyjęto wartości $\epsilon_z = -10,0$ mm/m, które jednak ze względu na zakres i charakter uszkodzeń mogą spowodować okresowe ograniczenie funkcjonalności szybu.

Podane kategorie ochrony odnoszą się do tych szybów, w których stan techniczny obudowy przed podjęciem eksploatacji w filarze szybu uznać można za dobry oraz obudowa jest profilaktycznie upodatkowana na deformacyjne wpływy eksploatacji.

3. ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNE BETONU

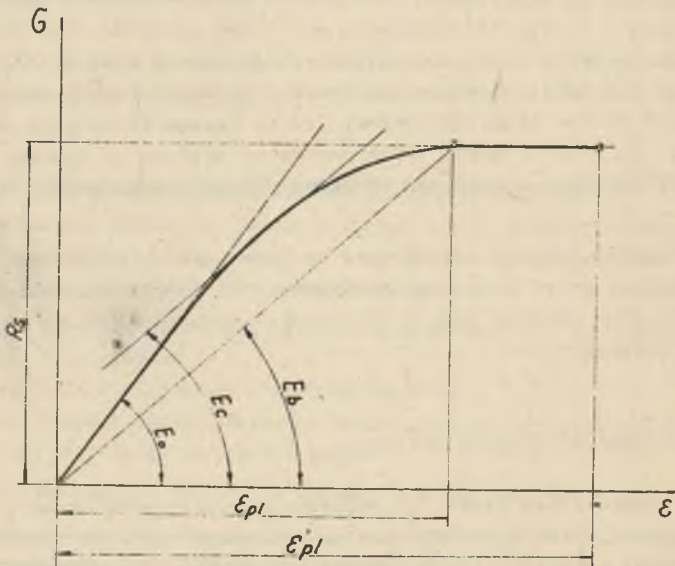
Beton, jak każde ciało stałe, po poddaniu go obciążeniu ulega odkształceniom o charakterze częściowo sprężystym, częściowo zaś plastycznym. Ponadto beton nie obciążony ulega również odkształceniom spowodowanym zmianami temperatury oraz skurczem lub pęcznieniem betonu. Całkowite odkształcenie betonu ϵ_c jest zatem sumą odkształceń sprężystych ϵ_E , plastycznych ϵ_{pl} i skurczowych ϵ_k , tj.:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_k + \varepsilon_{pl} + \varepsilon_k$$

W betonie odkształcenia bliskie sprężystości występują na stosunkowo krótkim odcinku krzywej charakteryzującej zależność odkształceń od naprężeń (rys. 1). W miarę wzrostu naprężeń rosną odkształcenia plastyczne betonu, przy czym przy większych odkształceniach zachodzą stosunki wyraźnie nieliniowe. Stopień nieliniowości jest różny i zależy od udziału i struktury poszczególnych składników betonu, technologii jego wykonania, a głównie od zestawienia ilościowego kruszywa i spoiwa cementowego.

Zagadnienie współzależności odkształceń od naprężeń (czyli funkcja $\sigma = f(\varepsilon)$) dla betonu jest skomplikowane. Na przebieg tej funkcji wpływają liczne parametry często nieuchwytnie, zależne w głównej mierze od wytrzymałości betonu, modułu odkształcalności betonu, technologii jego wytwarzania oraz czynników reologicznych. Z tych też względów zależność ta jest rozmaicie interpretowana przez różnych autorów.

Najczęściej zależność odkształceń betonu od naprężeń uzależniona jest od wytrzymałości betonu na ściskanie R_c oraz modułu odkształcalności E . Wytrzymałość R_c betonu zwykło przyjmować się jako główne kryterium własności mechanicznych betonu i podstawową miarę jego wytrzymałości. Mierzmy ją przez zgniecenie próbek w umowny określony przepisami sposób. Pozostałe cechy wytrzymałościowe betonu (R_r , R_g , R_t) ocenia się w zależności od wytrzymałości na ściskanie. Doświadczenia wykazały jednak, że betony o tej samej wartości R_c mogą mieć różne wytrzymałości R_r , R_t itp. Taki stan rzutuje na funkcję $\sigma = f(\varepsilon)$.



Rys. 1. Krzywa zależności odkształceń od naprężeń w betonie

Fig. 1. Curve of deformation dependences on stresses in concrete

Beton tylko w niewielkim zakresie naprężeń wykazuje cechy ciała linio-wo-sprężystego. Przy naprężeniach przekraczających około 20% jego wytrzymałości odkształcenia betonu przechodzą w strefę sprężystości nieliniowej, by przy naprężeniach bliskich granicy wytrzymałości stać się odkształceniami plastycznymi. Z tych to względów określono odkształcenia plastyczne betonu występujące w obudowie betonowej szybu, poddanej deformacyjnym wpływom eksploatacji górniczej. Odkształcenia plastyczne betonu ϵ_{pl} określane są wzorami empirycznymi.

Według Empergera

$$\epsilon_{pl} = 0,001 \sqrt{\frac{R_s}{C}} \quad (1)$$

przy czym $C = 50 \times 10^5$ Pa dla betonów zwykłych, zaś 150×10^5 Pa dla betonów lekkich.

Brandtzaeg i Jaeger uzależniają wielkość odkształcenia plastycznego betonu wyłącznie od wytrzymałości słupowej na ściskanie osiowe betonu R_s . Według Brandtzaega:

$$\epsilon_{pl} = \frac{2 R_s}{95500 + 520 R_s} \quad (2)$$

natomiast według Jaegera:

$$\epsilon_{pl} = 0,14 \sqrt{R_s} \quad (3)$$

Przyjmując dla betonów zwykłych, z których wykonywana jest obudowa szybów, wartość $C = 50 \times 10^5$ Pa, obliczono według (1), (2) i (3) odkształcenia plastyczne ϵ_{pl} dla następujących marek betonu: R_w 200, 250, 300 i 400. Wyniki obliczeń zestawiono w tabl. 3. Odkształcenia plastyczne, obliczone według podanych zależności, są dla wymienionych marek betonu praktycznie jednakowe.

Tablica 3

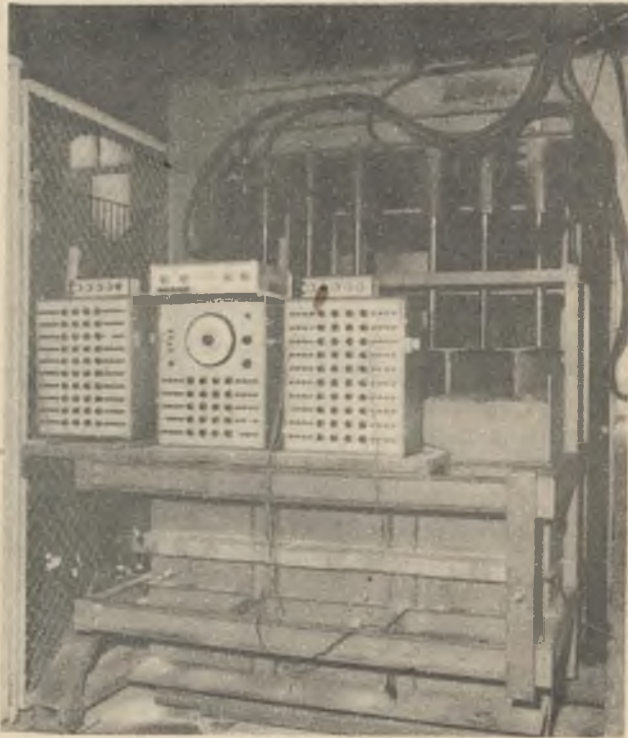
Odkształcenia plastyczne betonu

Marka betonu R_w 10^5 Pa	200	250	300	400	Uwagi
Wytrzymałość słupowa R_s 10^5 Pa	145	175	200	260	-
Odkształcenia plastyczne ϵ_{pl} mm/m	1,73	1,87	2,00	2,28	wg [1]
	1,70	1,88	2,00	2,25	wg [2]
	1,68	1,85	1,98	2,24	wg [3]

4. WYNIKI BADAŃ MODELOWYCH ODDZIAŁYWANIA WPŁYWÓW EKSPLOATACJI NA OBUDOWĘ BETONOWĄ SZYBU

Przeprowadzone na modelach ekwiwalentnych (rys. 2) badania miały na celu ocenę wpływu oddziaływania deformowanego górotworu na stan obudowy betonowej szybu. Podczas badań mierzono odkształcenia pionowe obudowy wywołane symulowaną eksploatacją górniczą oraz prowadzono obserwacje wizualne stanu obudowy w kolejnych etapach eksploatacji. Dla uzyskania skalowych analogii poszczególne modele były w stoisku badawczym odpowiednio obciążone. Nacisk odzwierciedlający ciężar nadciągłego górotworu wywierano przez siłowniki hydrauliczne.

Pionowe odkształcenia (ściskające lub rozciągające) obudowy szybu, wywołane symulowaną eksploatacją, mierzono na wybranych poziomach pomiarowych modelu. Do pomiaru odkształceń użyto czujników tensometrycznych. Pomiaru prowadzono cyklicznie wraz ze zmieniającym się położeniem frontu eksploatacyjnego względem szybu.



Rys. 2. Stanowisko badawcze

Fig. 2. Test stand

Wskutek ograniczenia przez ściany boczne stoiska badawczego możliwości przemieszczania się modelu w płaszczyźnie poziomej oraz tarcia w międzywarstwowych płaszczyznach i w samych warstwach otrzymano w modelu złożony stan napięcia, zbliżony do stanu występującego w naturze.

Przeprowadzone podczas badań pomiary odkształceń pionowych obudowy szybu jak i jej wizualne obserwacje wykazały, że w początkowej fazie eksploatacji kostki szybowej obudowa poddana była odkształceniom ściskającym natomiast przy zbliżaniu się frontu eksploatacyjnego do szybu a następnie do przeciwległej granicy kostki w obudowie wystąpiły odkształcenia rozciągające.

Maksymalne wartości odkształceń pionowych obudowy, które spowodowały spękanie obudowy (eksploatacja na podsadzkę hydrauliczną lub jej spękanie i odspojenie od ociosu (eksploatacja z zawalaniem stropu w poszczególnych modelach wynoszą:

model I
(eksploatacja na podsadzkę hydrauliczną)

$$\varepsilon_z = -2,5; \quad +3,2 \text{ mm/m}$$

model II
(eksploatacja jak wyżej)

$$\varepsilon_z = -2,2; \quad +2,7 \text{ mm/m}$$

model III
(eksploatacja z zawalaniem stropu)

$$\varepsilon_z = -4,6; \quad +6,4 \text{ mm/m}$$

model IV
(eksploatacja jak wyżej)

$$\varepsilon_z = -4,3; \quad +5,6 \text{ mm/m}$$

natomiast ustalone podczas badań odkształcenia, przy których nie została naruszona struktura obudowy (brak widocznych spękań obudowy), mają wartość:

- w modelach nr I i III
(obudowa z betonu marki R_w 400)

$$\varepsilon_z = -1,8; \quad +0,7 \text{ mm/m}$$

- w modelach nr II i IV
(obudowa z betonu marki R_w 300)

$$\varepsilon_z = -1,5; \quad +0,5 \text{ mm/m}$$

Generalnie można stwierdzić, że w wyniku eksploatacji z zawalaniem stropu obudowa szybu poddana była o około 100% większym odkształceniom w porównaniu z eksploatacją na podsadzkę hydrauliczną. Miało to swoje odzwierciedlenie zarówno w zakresie, jak i rodzaju uszkodzeń obudowy, jakie zaobserwowano podczas badań. W modelach nr I i II (eksploatacja na podsadzkę hydrauliczną) zaobserwowano złuszczenia i spękania obudowy, które jednak nie stanowiły zagrożenia dla jej stateczności, natomiast w modelach nr III i IV (eksploatacja z zawalaniem stropu) poza znacznymi spękaniem obudowy stwierdzono lokalne jej odspojenia i wypadanie do wnętrza szybu. W rejonie wybieranego pokładu obudowa uległa całkowitemu zniszczeniu. We wszystkich modelach największe uszkodzenia obudowy wystąpiły w końcowej fazie eksploatacji, kiedy odkształcenia rozciągające osiągnęły wartość maksymalną.

W wyniku przeprowadzonych badań można również podać wartości dopuszczalnych odkształceń pionowych obudowy, odpowiadających poszczególnym stopniom jej uszkodzeń.

Są one następujące:

- $1,5 \text{ mm/m} \leq \varepsilon_z \leq +0,5 \text{ mm/m}$ - mogą powstać bardzo małe uszkodzenia obudowy w postaci jej zarysowania;
- $3,0 \text{ mm/m} \leq \varepsilon_z \leq +1,2 \text{ mm/m}$ - mogą wystąpić uszkodzenia obudowy w postaci złuszczeń lub spękań;
- $4,5 \text{ mm/m} \leq \varepsilon_z \leq +2,0 \text{ mm/m}$ - występują uszkodzenia obudowy w postaci różnokierunkowych znacznych spękań;
- $6,0 \text{ mm/m} > \varepsilon_z > +3,0 \text{ mm/m}$ - występują uszkodzenia bardzo poważne grożące zniszczeniem obudowy (wypadanie bloków obudowy do wnętrza szybu).

5. PODSUMOWANIE

Znajomość dopuszczalnych wskaźników deformacji obudów szybowych ma istotne znaczenie przy projektowaniu i prowadzeniu eksploatacji górniczej filarów szybowych, szczególnie w warunkach określonych zagrożeń górniczo-geologicznych, a także przy wyznaczaniu filarów ochronnych dla szybów oraz projektowaniu konstrukcji obudów szybowych odpornych na wpływy eksploatacji.

O znaczeniu gospodarczym tego zagadnienia świadczą szacowane na około 1,5 mld ton zasoby węgla kamiennego uwięzione w filarach szybowych. Podane wartości odkształceń pionowych zarówno dla obudowy murowej, jak i betonowej i odpowiadający im stopień uszkodzenia obudowy warunkują możliwość prowadzenia eksploatacji górniczej w filarze ochronnym szybu w danych warunkach górniczo-geologicznych, przy założonym sposobie i zakresie eksploatacji.

Rezultaty uzyskane z badań terenowych i laboratoryjnych stanowią wstępne poznanie zagadnienia odporności obudów szybowych na wpływy eksploatacji górniczej. Z tego też względu zagadnienie to wymaga dalszych badań laboratoryjnych, a szczególnie w warunkach in situ.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypty Uczelniane Politechniki Śląskiej. Gliwice 1981.
- [2] Chudek M., Podgórski K., Kleta H.: Współpraca budowli podziemnych z górotworem objętym wpływami eksploatacji górniczej. Wyd. PAN. Wrocław, Warszawa, Kraków 1982.
- [3] Jeleński A., Kołodziej M.: Kategorie ochrony szybów przed wpływami eksploatacji górniczej. Prace GIG. Komunikat nr 696. Katowice 1978.
- [4] Knothe St.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. "Śląsk". Katowice 1984.
- [5] Kowalczyk Z.: Deformacje szybu spowodowane eksploatacją filara szybowego. Przegląd Górniczy nr 7-8. 1969.
- [6] Oleksy St., Kwaśniewski M.: Bezpieczna głębokość eksploatacji pokładu w szybowym filarze ochronnym. Prace GIG. Komunikat nr 649. Katowice 1975.
- [7] Praca zbiorowa: Teoria betonu i żelbetu. Tom II. Warszawa 1974.
- [8] Skinderowicz B.: Problematyka wyznaczania filarów ochronnych. Referat na konferencję pt.: "Metody wyznaczania i eksploatacji filarów ochronnych". Katowice - Gliwice 1981.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

Wpłynęło do Redakcji we wrześniu 1985 r.

СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ КРЕПЕЙ СТВолов ШАХТ
НА ВЛИЯНИЕ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р е з ю м е

На основе полевых испытаний, а также моделирования, которое проводилось в Главном институте горного дела, была определена оценка прочности каменных и бетонных крепей стволов шахт, приводя для этого рода крепей максимально допускаемые горизонтальные деформации. Для каменных крепей значения деформации были определены на основе циклических геодезических измерений горизонтальных деформаций крепи, а также визуальных наблюдений вызванных условиями эксплуатации. Учитывая условия постоянной функциональности стволов шахт во время эксплуатации в охранных целиках стволов шахт предлагается четыре категории охраны стволов шахт в зависимости от гидрогеологических

условий и вытекающих из этого опасностей для ствола и функции, которые он выполняет. Для бетонных крепей определены граничные значения деформации бетона в его пластической фазе, а также приведены результаты моделирования влияния эксплуатации на крепи этого типа. Исследовались стволы диаметром 6,0 м, крепь которых была сделана из бетона марки R_w 300 и R_w 400. Цель проводимых исследований крепи - определение последствий - рода и диапазона повреждений крепи - вызванных вертикальными деформациями определенной величины.

RESISTANCE OF SHAFT LININGS TO MINING INFLUENCE

S u m m a r y

On the base of field investigations and model testings carried out in the Main Mining Institute an evaluation of the resistance of brick and concrete shaft lining to mining influence has been made, and allowable vertical deformation for this kind of linings has been given. For brick linings these deformations have been defined on the base of cyclic vertical geodetic measurements of lining deformations and observations of magnitude and kind of lining damages caused by mining influence. Taking into account the fact that the shaft must work continuously during mining in protecting pillar of the shaft four categories of shaft protection have been proposed depending on hydrogeological conditions, threatenings for the shaft and function of the shaft.

For linings made of concrete the boundary values of concrete deformations in plastic phase have been defined and the results of model testings of mining influence on concrete lining have been given. The testing referred to the shaft with 6.0 m diameter, whose lining was made of concrete R_w 300 and R_w 400. The testings resulted in effect defining - the kind and range of lining damage - caused by vertical deformations of a given value.