ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980

Seria: GÓRNICTWO z. 104 Nr kol. 640

Mieczysław WĘGRZYN
Kazimierz PODGÓRSKI

WPŁYW DRGAŃ ORAZ EKSPLOATACJI, POZA FILAREM OCHRONNYM NA OBUDOWĘ SZYBU

Streszczenie. W pracy podano wyniki badań oddziaływania drgań naczyń wydobywczych i maszyn nadszybia na zachowanie się obudowy szybu. Dokonano oceny łącznego oddziaływania wpływu eksploatacji i dynamicznych obciążeń obudowy szybu na jego wytrzymałość.

1. WSTĘP

Obudowy szybów kopalń węgla kamiennego narażone są na działania drgań wywołanych pracą maszyn i urządzeń (maszyny wyciągowe, jazdy klatek i skipów, wentylatorów i sprężarek), pracujących na nadszybiu oraz w szybie.

Drgania te przekazywane są na obudowę szybu bezpośrednio, poprzez uzbrojenie szybu oraz trzon wieży wyciągowej, jak również pośrednio poprzez grunt, zwłaszcza warstwy wodonośne gruntu. Te ostatnie mogą przekazywać drgania nawet z odległych źródeł. Poza drganiami mogą wystąpić jeszcze wpływy eksploatowania pokładów poza filarami ochronnymi szybów.

Bezpośrednią przyczyną podjęcia badań wpływu drgań na obudowę szybu była awaria szybu i wieży wyciągowej jednej ze śląskich kopalń węgla kamiennego.

2. KONSTRUKCJA OBUDOWY SZYBÓW I WARUNKI GRUNTOWE

Przedmiotem badań były szyby wydechowe KWK"K". Szyby te, o głębokości 450 m i średnicy 6 m, posiadają obudowę wykonaną z betonitów i z cegły o grubości 51-78 cm. Obudowa szybów na poziomach wlotów podszybii oraz głowica szybu wykonane są jako żelbetowe. Stan techniczny obudowy szybów podczas przeprowadzenia badań był dobry, tylko w górnej części szybów - na poziomie - 20 m występowały niewielkie przecieki wody. Określona metodą nieniszczącą wytrzymałość betonitów w obudowie szybu wyniosła około 3.10^7 Pa, natomiast klasę cegły w obmurzu oceniono na równą co najmniej 10^7 Pa, a wytrzymałość zaprawy na około 15.10^5 Pa.

Podłoże gruntowe w rejonie przedmiotowych szybów stanowią utwory czwartorzędowe reprezentowane przez piaski różnoziarniste, pyły, gliny pylaste, gliny i iły, a na dużych głębokościach łupki, piaskowce, gips i węgiel.

W partii przypowierzchniowej do ok. 20 m podłoże gruntowe jest niejednorodne z wzajemnie przeplatającymi się warstwami przepuszczalnych piasków i nieprzepuszczalnych gruntów spoistych, co ma wpływ na niekorzystny układ stosunków wodnych. W strefie tej występują cztery horyzonty wodonośne. Przedmiotowe szyby zlokalizowane są na filarach ochronnych o średnicy około 200 m, co w zasadzie ogranicza bezpośredni wpływ eksploatacji górniczej na obudowę szybów. Mogą jednak wystąpić wpływy pośrednie, w szczególności poziome odkształcenia terenu, wywołane oddziaływaniem tzw. dalekich wpływów wynikających z eksploatacji pokładów węgla poza filarem.

3. METODYKA BADAŃ DRGAŃ

Przed przystąpieniem do badań wytypowano główne źródła drgań, a mianowicie: sprężarki, wentylatory i maszyna wyciągowa, przy czym maszynę wyciągową rozpatruje się w trzech wariantach: bez obciążenia, przy jeździe w dół i przy jeździe w górę z obciążeniem. Maszyny te mogą pracować osobno lub w różnych zestawieniach oraz jednocześnie.

Uwzględniono wpływ innych nie wymienionych wyżej źródeł drgań wywołanych w pobliżu szybu oraz wpływ drgań przenoszonych przez grunt z innych szybów i zakładów produkcyjnych. Wpływ drgań wywołanych przez ww. źródła drgań badano w obudowie szybów na poziomach: 0,00; - 350; - 450 m.

Do badania drgań zastosowano aparaturę firmy Bruel-Kjaer z impedancyjnymi czujnikami przyśpieszeń o dokładności pomiaru amplitud 0,0001 μm w zakresie częstości 0-10000 Hz. W badaniach określono maksymalne amplitudy drgań i odpowiadające im częstości drgań oraz przyśpieszenia i prędkości drgań.

Wyboru miejsc pomiarów dokonano na podstawie wstępnych pomiarów drgań oraz z uwagi na dostępność do określonego miejsca, np. poziomy podszybii.

4. WYNIKI I ANALIZA BADAŃ

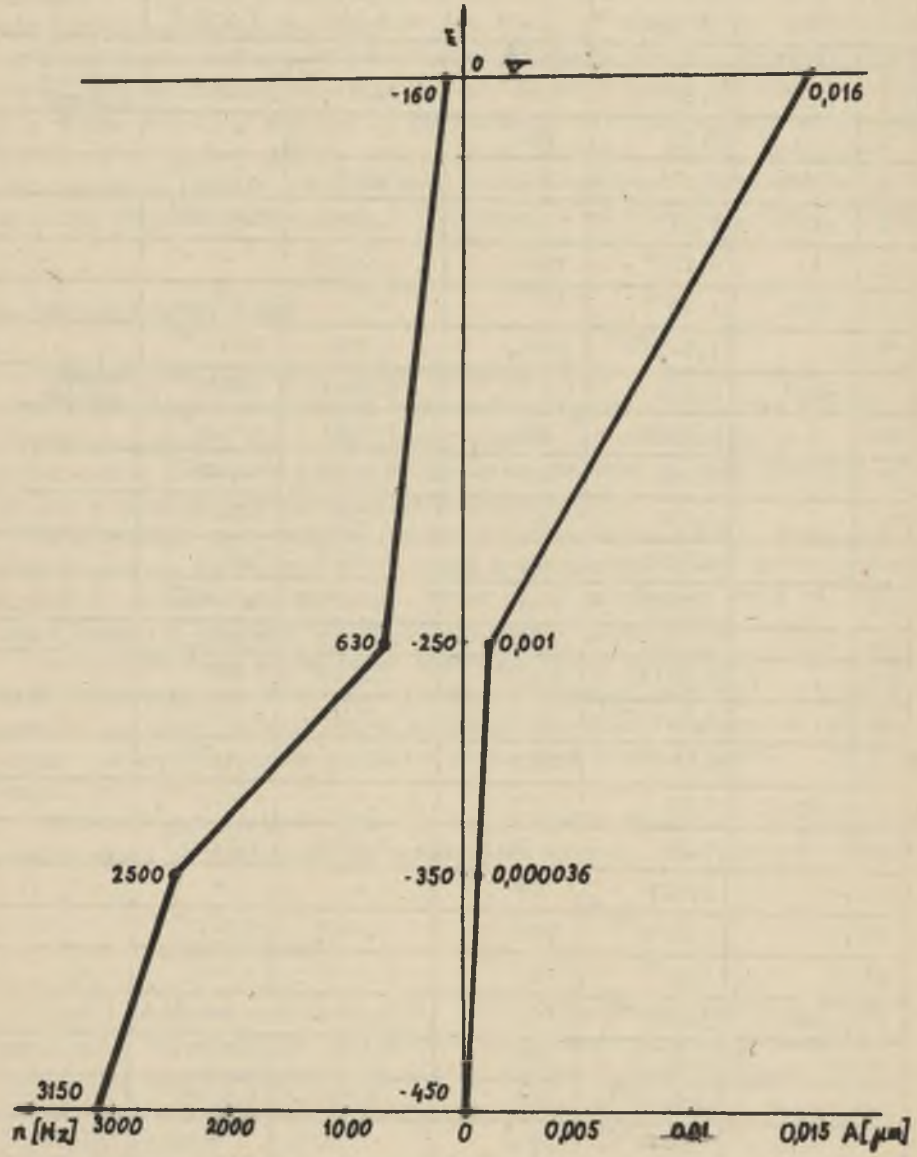
Wyniki badań na podstawie pracy [11] zestawiono w tablicy 1. Wartości amplitud i odpowiadające im częstości drgań odczytano bezpośrednio z wibrogramów, natomiast przyśpieszenia i prędkości drgań uzyskano z obliczeń, korzystając ze związków zachodzących między obliczanymi i mierzonymi parametrami drgań.

Ogólnie można stwierdzić, że amplitudy drgań obudowy są bardzo małe. Amplitudy drgań poziomych obudowy szybów wahają się w granicach 0,0002 - 0,07 μm, przy częstościach drgań 31,5 - 7000 Hz. Przykładowo wartości am-

Tablica 1

Parametry drgań obudowy szybów

Lp.	Poziom [m]	Parametry drgań				Uwagi
		Amplituda A [μm]	Częstość Hz	Przyśpieszenie a [g]	Prędkość V [m/s]	
1	2	3	4	5	6	7
1	-250	0,28	160	0,03	$2.5.10^{-4}$	Drgania pionowe
2		0,15	250	-	-	
3	-350	0,025	200	0,001	$7.7.10^{-6}$	
4	-450	0,39	80	0,01	$1,9.10^{-4}$	
5		6.10^{-6}	1600	0,0001	-	
6	-250	4.10^{-4}	2500	0,01	6.1^{-6}	
7		$1,1.10^{-3}$	2500	0,028	$1.7.10^{-5}$	
8	-0,0	0,005	4	0,0036	$1.4.10^{-5}$	Drgania poziome
9		0,0065	400	0,0047	$1.8.10^{-5}$	
10		0,005	400	0,0036	$1.4.10^{-5}$	
11		0,007	400	0,0047	$1.8.10^{-5}$	
12		0,005	400	0,0033	$1,3.10^{-5}$	
13		0,0012	250	0,0003	$1,8.10^{-6}$	
14	-0,0	0.021	125	0,0013	$1.6.10^{-5}$	
15		0,0013	1000	0,0053	8.10^{-6}	
16		$1,6.10^{-2}$	160	0,0028	$1,7.10^{-5}$	
17		6.10^{-4}	1250	0,004	5.1^{-6}	
18	-250	0,07	31,5	0,0003	$1,5.10^{-5}$	
19		0,07	31,5	0,0003	$1,5.10^{-5}$	
20		0,001	500	-	-	
21		$1,3.10^{-5}$	7000	0,0025	$5,3.10^{-7}$	
22		1.10^{-3}	630	0,0016	$3,9.10^{-6}$	
23	-350	$3,5.10^{-4}$	800	0,0009	$1.7.10^{-6}$	
24		4.10^{-4}	2500	0,01	$6.1.^{-}$	
25		$3,6.10^{-4}$	2500	0,0092	$5,5.10^{-6}$	
26	-450	$2,3.10^{-4}$	3150	0,00009	-	
27		2.10^{-6}	3150	0,00000	-	



Rys. 1. Wartości amplitud i części drgań poziomych obudowy szybu

plitud i częstości dla obudowy jednego z szybów przedstawia rys. 1. Można tutaj zauważyć, że częstości drgań obudowy szybu zwiększają swoje wartości wraz z głębokością, co świadczyłoby o zwiększeniu się sztywności obudowy i górotworu na niższych poziomach.

Wniosek ten potwierdzają również wartości amplitud drgań obudowy szybu, które na większych błębokościach są mniejsze. Jeśli chodzi o dopuszczalne wartości amplitud drgań dla obudowy szybu to brak ich w dostępnej literaturze, jak również w normach czy normatywach. Wartości te będą musiały być ustalone przez analogię do innych konstrukcji.

5. WPŁYW OBCIAŻEŃ DYNAMICZNYCH NA OBUDOWĘ SZYBÓW

Obudowa rozpatrywanych szybów poddana jest głównie obciążeniom statycznym wynikającym z parcia górotworu, ciężaru własnego obudowy i jego uzbrojenia oraz od oddziaływania wpływów tzw. dalekich, wynikających z eksploatacji pokładów węgla poza granicami filara ochronne .

Oprócz statycznego obciążenia obudowy szybu występuje oddziaływanie drgań wynikających z wpływu pracy maszyn przy szybie oraz od ruchu klatek w szybie. Zagadnienie sumarycznego wpływu drgań zespołu maszyn na obudowę szybu jest złożonym problemem,dlatego dla ich oceny zostały przeprowadzone pomiary parametrów dynamicznych obudowy szybów na kilku poziomach.

Dla ustalenia wielkości wpływów drgań rozpatrzono krańcowy przypadek, gdy częstości drgań wymuszonych od wpływu maszyn pokrywają się z częstością drgań własnych szybu. Wpływ ten oceniono sposobem przybliżonym, obliczając wielkości naprężeń od drgań wzdłużnych, stosując do tego celu wzór zaczerpnięty z pracy [5]:

$$\sigma = \frac{2\pi \cdot n \cdot A \cdot E_d}{\sqrt{\frac{E_d}{\varrho}}}$$

w którym:

- A - amplituda drgań,
- E_d - dynamiczny moduł sprężystości materiału obudowy szybu,
- n - częstość drgań,
- ϱ - gęstość materiału obudowy szybu.

Wykorzystując podaną zależność obliczono wielkości dodatkowych naprężeń od wpływu drgań dla obudowy szybu.
Do obliczeń przyjęto następujące wielkości:

- dynamiczny moduł sprężystości obudowy murowej szybu

$$E_d = 1,1 \cdot E = 1,1 \cdot 94 \cdot 10^7 = 103 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

gdzie:

1,1 - współczynnik określony na podstawie pracy [10],
E - moduł sprężystości muru z cegły wg [9];

- gęstość obudowy murowej

$$\varrho = 1800 \text{ kg/m}^3$$

Obliczenia przeprowadzono dla niżej podanych poziomów i parametrów drgań:

poziom ± 0,0 m, $n = 124$ H_z, $A = 2,1 \cdot 10^{-2} \mu m$, $\sigma = 72$ Pa

poziom -250 m, $n = 2500$ H_z, $A = 1,1 \cdot 10^{-3} \mu m$, $\sigma = 74$ Pa

poziom -350 m, $n = 250$ Hz, $A = 4 \cdot 10^{-4} \mu m$, $\sigma = 27$ Pa

poziom -450 m, $n = 1600$ H_z, $A = 6 \cdot 10^{-6} \mu m$, $\sigma = 0,2$ Pa

Naprężenia wynikające z drgań są stosunkowo małe i nie stwarzają widocznego zagrożenia dla obudowy szybu.

6. SPRAWDZENIE SZKODLIWOŚCI WPŁYWU DRGAŃ NA OBUDOWĘ SZYBÓW

Sprawdzenie szkodliwości wpływów drgań na obudowę szybów (traktowanych tutaj jako pewien rodzaj konstrukcji murowych) dokonano posługując się skalami skutków wpływów dynamicznych:
- skalą Zellera,
- skalą wpływów dynamicznych - SWD.

Występujący w skali Zellera wskaźnik wstrząsów

$$\varkappa = \frac{a^2}{n}$$

obliczono dla wartości a i n, dających maksymalne wartości wskaźnika:

dla obudowy 1 szybu:

$$\varkappa = \frac{0,03 \cdot 981^2}{160} = 6,0 < 10,$$

tj. II stopień, drgania bardzo słabe;

dla obudowy 2 szybu:

$$\varkappa = \frac{0,028 \cdot 981^2}{2500} = 0,3 < 2,$$

tj. I stopień, drgania nieodczuwalne.

Posługując się skalami wpływów dynamicznych - SWD [2, 8] można sprawdzić wpływ szkodliwości drgań na budynki, urządzenia i ludzi znajdujących się w budynkach.

Skale te zostały określone dla różnych, np. murowanych budynków, przy założeniu wystąpienia wewnętrznego tłumienia budynku o wartości logarytmicznego tłumienia drgań $\delta = 0,31$. Powyższą wartość tłumienia (por. [3]) przyjęto również dla murowanych obudów szybów, choć można się spodziewać wystąpienia w nich większych jeszcze wartości δ , co będzie wpływać na zwiększenie współczynnika bezpieczeństwa.

Według tej skali obudowy szybów, których maksymalna amplituda drgań nie przekracza 1 μm, mieszczą się w I strefie, czyli drgania są nieodczuwalne.

Należy jeszcze zauważyć, że maksymalna amplituda drgań obudowy szybu wynosi 0,39 μm, a więc jest mniejsza od najmniejszej wartości amplitudy drgań ujętej w rozważanej skali SWD, przy czym większość amplitud drgań obudowy szybów waha się w granicach 0,0002 - 0,005 μm.

Bardzo małe są również wartości przyspieszeń i prędkości drgań obudowy szybów, tak że klasyfikacja wpływów drgań według tych wielkości zaszereguje te konstrukcje również do I strefy skali SWD-I.

7. WPŁYW EKSPLOATACJI POKŁADÓW POZA GRANICAMI FILARÓW NA OBUDOWĘ SZYBU

Dla ochrony obudowy szybu i urządzeń powierzchniowych oraz zabudowań powierzchni przyszybowej wyznacza się filary ochronne. Filary takie wyznacza się dla danej kategorii ochrony obiektów, które nie uwzględniają w sposób wyraźny wpływu drgań maszyn i urządzeń na zachowanie się górotworu i zabudowań powierzchniowych. Dość często grunty i skały budujące tzw. nadkład nad warstwami karbońskimi są zawodnione. Szczególnie niebezpieczne dla obudowy szybów są zawodnione piaski, iły z cienkimi przerostami pyłu, które dobrze przenoszą drgania oraz powodują duże ciśnienie. Podczas wymuszonych drgań gruntów zawodnionych zmniejsza się bardzo wpływ tarcia wewnętrznego na ich wytrzymałość i głównie ujawnia się wpływ konezji, która w tych gruntach posiada małą wielkość. Wyznaczone filary ochronne niecałkowicie chronią szyb i urządzenia przyszybowe. Przykładem takim mogą być szyby główne kopalni "Bobrek", gdzie zmierzone osiadania w okresie 1971-1974 w centrum filara wynosiły 25[illegible] mm, a maksymalne zamierzone w tym czasie osiadanie na zewnątrz filaru ochronnego wynosiło 1663 mm. W szybie zachodnim kopalni "Miechowice" w wyniku prowadzenia eksploatacji na zewnątrz filara i częściowo w filarze, zrąb szybu obniżył się o 1,8 m, nastąpiło załamanie obudowy turbingowej i jej przesunięcie o 40 cm. W szybie "Bolesław" kopalni "Mikulczyce" zrąb szybu obniżył się o 1,5 m, nastąpiło załamanie obudowy tubingowej i przesunięcie o 30 cm [1].

Niekorzystny wpływ prowadzonej eksploatacji na zewnątrz filarów stwierdzono również w ZSRR. M. Korotkow w pracy [4] przeanalizował 28 przykładów uszkodzonych szybów i stwierdził, że eksploatacja pokładów do zmniejszonych filarów ochronnych dla tych szybów spowodowała dość często spękania obudowy i jej łuszczenie na dłuższych odcinkach. Z przeprowadzonej analizy wynika, że bardzo niekorzystne wpływy występują przy eksploatacji poza granicami filara pokładów nachylonych i stromych. Stwierdzono, że wychylenie od pionu poniżej 1 m wystąpiły w 72%, wychylenia o wartości 1 m do 2 m w 24% oraz wychylenia o wartości powyżej 2 m w 4%.

Przeprowadzone obliczenia teoretyczne wskazują również, że wyznaczone filary ochronne dla szybów niecałkowicie chronią je przed wpływami eksploatacji górniczej. Przykładowo przytoczono wielkości wpływów na szyb w świetle teoretycznych obliczeń, jakie mogą wystąpić po doprowadzeniu eksploatacji do granic filara w pokładach: 502, 504, 507, 510 o łącznej grubości 14,2 m, z podsadzką hydrauliczną na średniej głębokości 500 m.

Obliczone wielkości deformacji górotworu wynoszą:

- na zrębie szybu: z = 0, obniżenie w = 350 mm, odkształcenie pionowe ε_z = = -1,8‰, odkształcenie poziome ε_x = +2,8 ;
- na głębokości: z = 100 m, obniżenie szybu 280 mm, odkształcenia pionowe ε_z = -1,5‰, odkształcenia poziome ε_x = +2,0‰.

Bezpośrednio stykająca się z górotworem obudowa szybu dozna podobnych odkształceń. Podane odkształcenia od wpływów eksploatacji górniczej dotyczą przyrostu wielkości w stosunku do tych, jakie wynikają z oddziaływania ciężaru własnego górotworu i obudowy szybu. Odkształcenia te ulegną zwiększeniu pod wpływem oddziaływania drgań urządzeń wyciągowych i maszyn zlokalizowanych w otoczeniu szybu.

Obliczone wielkości odkształceń pionowych obudowy szybu od wpływu drgań wynoszą:

poz. ± 0, $\varepsilon_{z1} = 7{,}2 \cdot 10^{-5}$‰

poz. -250, $\varepsilon_{z1} = 7{,}4 \cdot 10^{-5}$‰

poz. -350, $\varepsilon_{z1} = 2{,}7 \cdot 10^{-5}$‰

8. ZAKOŃCZENIE

Zagadnienie przenoszenia się drgań na obudowy szybów nie było dotychczas przedmiotem badań czy rozważań teoretycznych. Z tego też powodu uwzględnienie wpływu drgań na stan naprężeń i odkształceń obudowy szybu w publikacjach na ten temat [1, 6, 7] nie jest rozpatrywana. Wynika to prawdopodobnie z tego, że wpływy te w większości są małe, co potwierdziło się w niniejszych badaniach. W niekorzystnych warunkach wpływy te mogą być znacznie większe. Wartości dynamicznych parametrów drgań takich jak: amplitudy, prędkość i przyspieszenie drgań okazały się bardzo małe, wie-

lokrotnie mniejsze od najmniejszych wartości dopuszczalnych dla budynków. W próbie obliczenia naprężeń w obudowie szybu poddanego działaniu wpływów dynamicznych (amplitud o określonej częstości) wg [5] otrzymano wartości pomijalne. O wiele większe naprężenia mogą wystąpić od wpływów eksploatacji pokładów węgla do granic szybowego filara ochronnego, gdyż z założeń teoretycznych wynika, że występuje sumowanie się dalekich wpływów od wybrania kilku pokładów, co nie zawsze jest uwzględniane.

LITERATURA

[1] BORECKI M. i inni: Podstawy analityczne i górniczo-techniczne bezfilarowego wybierania złoża przy założeniu minimalizacji wpływów na obiekty chronione w górotworze i na powierzchni w warunkach głębokich kopalń. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Górnictwo" z. 77, Gliwice 1977.

[2] CIESIELSKI R.: Ujęcie obliczeniowe oraz ocena drgań i wstrząsów pochodzących ze źródeł zewnętrznych na niektóre typy budowli. Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, "Budownictwo Lądowe". nr 4/61.

[3] CNJPS: Dinamiczeskie swojstwa stroitielnych matieriałow. Moskwa 1940.

[4] KOROTKOW M.W.: Wyjomka ugla pod soorużoniami w Donbasie. Ugletiechizdat 1953.

[5] PISARENKO G.S., JAKOWLEW A.P., MATWIEJEW W.W.: Własności tłumienia drgań materiałów konstrukcyjnych. WNT, Warszawa 1976.

[6] PODGÓRSKI K.: Zagadnienia grubości i stanu naprężeń kołowej obudowy murowej szybów w zależności od ciśnienia górotworu i wody przepływającej przez nią ruchem burzliwym. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1963.

[7] Praca zbiorowa: Budownictwo Betonowe. Tom XII, cz. 2, Budowle przemysłowe, "Arkady", Warszawa 1971.

[8] PN/B-02170: Ocena szkodliwości wpływów drgań i wstrząsów w budynkach.

[9] PN-76/B-03002: Konstrukcje murowe z cegły. Obliczenia statyczne i projektowanie.

[10] WĘGRZYN M.: Cechy dynamiczne i tłumienie łupkoporytobetonu. Materiały XVI Konferencji Naukowej KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1970.

[11] WĘGRZYN M. i inni: Badania wpływu drgań maszyn i urządzeń (maszyny wyciągowej, sprężarek, wentylatorów) na obudowę szybu i konstrukcje nadszybowe szybów wydechowych kopalń węgla kamiennego "Knurów". Praca Zespołu rzeczoznawców PZITB (niepublikowane), Gliwice 1977.

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦИКЛА НА КРЕПЬ СТВОЛА

Р е з ю м е

В статье приводятся результаты исследований влияния колебаний подъемных сосудов и машин надшахтного здания на состояние крепи ствола. Произведено оценку совместного воздействия влияния эксплуатации и динамических нагрузок крепи ствола на его прочность.

THE EFFECT OF VIBRATIONS AND MINING ON THE SHAFT LINING BEYOND THE PROTECTIVE PILLAR

S u m m a r y

The paper contains the results of studies of gin tubes vibrations and shaft-top machinery affecting the shaft lining. A combined effect of mining and dynamic loads of shaft lining on its strength have been evaluated.