

Gerard KROCZEK

PROBLEMY BEZPIECZNEGO UTRZYMANIA RURY SZYBOWEJ

Streszczenie. Przedstawiono problemy dotyczące utrzymania stateczności rury szybowej z uwzględnieniem czynników wpływających na stan techniczny obmurze, jak również prowadzonych aktualnie przez ośrodki naukowe badań mających na celu określenie wytrzymałości i grubości obudowy.

1. Wprowadzenie

Polskie Górnictwo Węglowe, realizując zwiększające się plany wydobywania, oprócz budowy nowych zakładów górniczych wykorzystuje również stare, liczące nawet ponad pięćdziesiąt lat kopalnie. W miarę postępu techniki zakłady te były odpowiednio modernizowane, zakres modernizacji w szybach obejmował głównie jego uzbrojenie i wyposażenie, natomiast obudowa szybu była modernizowana tylko w sporadycznych - awaryjnych przypadkach. Obserwacje wykazują, że stan techniczny obudowy szczególnie starych szybów znacznie pogorszył się. Jednak program rozwoju górnictwa nie zezwala na likwidację tych starych obiektów. Stąd wynikał problem kontroli rury szybowej i stosowania odpowiednich przedsięwzięć technicznych dla poprawy stanu technicznego obudowy.

Mając na uwadze problem bezpiecznego ruchu w szczególnie zagrożonych szybach, z inicjatywy Ministerstwa Górnictwa realizowane są od 1976 r. badania stanu technicznego obudowy szybów. Badania te prowadzone są przez odpowiednie zespoły naukowo-badawcze Politechniki Śląskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej i Głównego Instytutu Górnictwa.

W niniejszym opracowaniu podane będą niektóre aspekty związane z utrzymaniem stateczności rury szybowej oraz problemy związane z prowadzonymi badaniami.

W niniejszym opracowaniu podane będą niektóre aspekty związane z utrzymaniem stateczności rury szybowej oraz problemy związane z prowadzonymi badaniami.

1.1. Czynniki wpływające na stan techniczny rury szybowej

Zmiany parametrów technicznych wykonanych obudów szybowych związane są ze specyfiką środowiska górniczego i wywołane są głównie przez takie czynniki, jak:

- wpływ eksploatacji,
- korozyjne działanie środowiska wodnego,
- wpływ drgań wywołany ruchem naczyń wydobywczych.
- rodzaj, jakość i sposób wykonania obudowy.

1.1.1. Wpływ eksploatacji

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. Wpływ eksploatacji pozafilarowej na obiekty można najdokładniej określić w oparciu o pomiary geodezyjne, które są najbardziej wiarygodnym i obiektywnym potwierdzeniem rzeczywistego wpływu eksploatacji na te obiekty.

Na podstawie wielu wyników obserwacji geodezyjnych można stwierdzić, że filary ochronne dla szybów przy intensywnej eksploatacji prowadzonej na zewnątrz filarów względnie przy zbyt małych filarach nie chronią stateczności szybów. W niektórych przypadkach utrzymywanie filarów ochronnych, zwłaszcza o małych wymiarach, może być przyczyną występowania nawet większych uszkodzeń niż przy pełnym wybieraniu złoża w filarze ochronnym.

Znane są przypadki w polskim górnictwie, że w ciągu kilku lat zręb szybu obniżył się o kilkanaście do kilkudziesięciu centymetrów, a przy znacznym naruszeniu filara osiadania przekroczyły 1,0 m i szyby uległy znacznym deformacjom.

Eksploatacja zewnętrzna powoduje w szybach występowanie odkształceń pionowych ściskających, poziomych odkształceń rozciągających, może być przyczyną znacznego odchylenia szybu od linii pionowej, a także przyczyną skrzywienia i popękania rury szybowej. Odkształcenia pionowe ściskające powodują łuszczenie obudowy szybowej, co przy zespole innych ujemnych czynników, jak np. zawodnienie szybu oraz zmiany temperatury stwarza bardzo niekorzystną sytuację w szybie. Jednostronnie prowadzona eksploatacja zewnętrzna powoduje duże przesunięcia poziome górotworu, a wraz z nimi i szybu. W wyniku tych przesunięć szyby ulegają znacznemu wychyleniu z pionu. Znane są przypadki w Polsce i w ZSRR, że wychylenie szybu z pionu wynosi od 1 do 3 m.

Cenne są tutaj badania prowadzone w Związku Radzieckim, gdzie przebadano wiele szybów i stwierdzono występowanie znacznych wychyleń oraz uszkodzeń obudowy na dużej przestrzeni w górotworze przy prowadzeniu eksploatacji na zewnątrz filarów. Zjawisko występowało szczególnie przy pokładach nachylonych.

Zagadnienia bezpiecznego utrzymania szybów nie sposób rozpatrywać bez uwzględnienia warunków geologicznych zalegania złoża, a szczególnie zawodnienia górotworu. Przy zawodnionym górotworze nawet niewielkie deformacje rury szybowej mogą stwarzać duże zagrożenie dla kopalni. Przez powstałe w obudowie szczeliny może się dostać do szybu woda, a także kurzawka, stwa-

rzając podwójne niebezpieczeństwo, polegające na zalaniu szybu i wyrobisk, a także uszkodzeniu szybu w wyniku deformacji.

Rezumując powyższe, stwierdzić należy, że pozostawienie filarów ochronnych dla szybów nie stanowi w dzisiejszej dobie właściwego rozwiązania i nie stwarza pełnego bezpieczeństwa. Konieczna jest ciągła kontrola stanu technicznego szybów oraz wpływu eksploatacji pozafilarowej na obudowę szybów.

Najlepszym jednak rozwiązaniem jest wykonywanie specjalnych obudów szybowych w trudnych warunkach geologicznych oraz prowadzenia planowej eksploatacji górniczej zarówno na zewnątrz filarów jak i wewnątrz filarów.

1.1.2. Korozyjne działanie środowiska wodnego

Obniżenie parametrów wytrzymałościowych obudowy szybu pracującego w warunkach zawodnionego górotworu wynika z procesu korozyjnego działania środowiska wodnego.

Obudowa betonowa oraz spoiwa obudowy ceglanej i betonitowej mogą być poddane agresji siarczanowej, kwasowęglanowej, ogólnokwasowej, ługującej i magnezowej [2] i [3].

Jak wykazują badania [5], [6], [7], [8], [9], w warunkach budownictwa szybowego na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego decydujące znaczenie przedstawia agresja siarczanowa spowodowana dużą zawartością jonów SO_4^{2-} występujących w wodach dopływających do szybu. W procesie tej agresji następuje reakcji siarczanu wapnia ($CaSO_4$) zawartego w wodzie z jednym ze składników betonu, tj. glinianem trójwapniowym ($3Ca \cdot Al_2O_3$).

W wyniku tej reakcji powstaje związek o dużej objętości tzw. sól Candlota, tj. siarczanoglinian trójwapniowy. Proces krystalizacji tej soli w porach i kapilarach betonu lub zaprawy powoduje znaczne naprężenia, prowadzące do spękania, a w końcu do rozkruszenia się spoiwa [4].

W przypadkach szczególnie niekorzystnych, gdy stężenie jonów SO_4^{2-} wynosi około 1000 mg/l, a czas eksploatacji szybu około 40 lat, ubytki obudowy betonowej mogą dochodzić do 30 cm na powierzchniach liczonych w dziesiątki metrów kwadratowych [7]. Występuje jednocześnie znacznie obniżenie wytrzymałości betonu.

Mechanizm korozji cegły związany jest z jej łuszczeniem się pod wpływem zmiennego cyklu zamarzania i rozmarzania wody w jej porach i kapilarach. Grubość złuszczonych warstw obudowy ceglanej uzależniona jest od stopnia zawodnienia szybu, zanieczyszczenia powierzchni obudowy pyłem węglowym, nasiąkliwości cegły oraz czasu eksploatacji.

W szybach z obudową ceglana obserwuje się złuszczenie obudowy, którego grubość dochodzi do 10-20 cm [7], [9].

Praktyka i badania wykazują, że obniżenie parametrów technicznych obudowy szybu pod wpływem czynnika korozyjnego występuje głównie w wyrobiskach o długim i bardzo długim okresie eksploatacji. Wynika stąd konieczność szczególnej dbałości o stan techniczny rury szybowej.

1.1.3. Wpływ drgań wywołany ruchem naczyń wydobywczych

Konieczność stosowania w szybach wydobywczych naczyń wyciągowych o znacznych udźwigach dochodzących do 300 kN i poruszających się z dużymi prędkościami do 20 m/s [10] powoduje drganie układu sprężystego dźwigaroprzewodniki, którego energia zostaje przekazane na obudowę szybu. O ile energia tych drgań i czasokres ich trwania są dostatecznie duże, istnieje możliwość niszczenia struktury obudowy przez punktowe i przemienne działające w obudowie obciążenie w rejonie mocowania dźwigarów. Zjawisko to, aczkolwiek istotne z punktu widzenia stanu technicznego obudowy, nie zostało dotychczas w sposób dostateczny opracowane naukowo.

1.1.4. Rodzaj, jakość i sposób wykonania obudowy

W fazie projektowania obudowy szybu należy uwzględnić warunki hydrogeologiczne i górnicze występujące w rejonie szybu i odpowiednio do istniejących zagrożeń, np. rodzajów i stopnia agresywności środowiska czy przewidywanych wpływów eksploatacji, zaprojektować obudowę szybu. Zastosowany rodzaj obudowy powinien być odporny na występujące rodzaje wód agresywnych, a konstrukcja obudowy tak zaprojektowana, że będzie ona odporna na przewidywane wpływy eksploatacji. W tym celu należy wykorzystywać dotychczasowy dorobek naukowy w zakresie konstrukcji obudów odpornych na wpływy eksploatacji. Prawidłowy sposób wykonania obudowy, przestrzeganie procesu technologicznego oraz receptur stosowanego betonu gwarantuje, że wyrobisko będzie spełniało swoje funkcje w założonym okresie eksploatacji.

1.2. Charakterystyka techniczna obudów szybowych

W budownictwie szybowym głównie występuje obudowa murowa ceglana, betonitowa, betonowa monolityczna oraz sporadycznie tubingowa żeliwna. Obudowa ceglana występuje w starych wyrobiskach i była najbardziej rozpowszechniona w budownictwie górniczym do 1955 r.

Spotykana grubość tej obudowy zmienia się od 25 do 75 cm. Po 1955 r. zakres stosowania tej obudowy wyraźnie zmniejszył się, a w 1969 r. tylko 8,8% szybów głębinowych z powierzchni miało obudowę murową z cegły.

W 1956 r. zaczęto wprowadzać obudowę betonitową szybów, obudowa ta rozpowszechniła się tak, że w 1960 r. 79% szybów głębinowych z powierzchni posiadało właśnie ten rodzaj obudowy.

Od 1960 r. datuje się szybki rozwój monolitycznej obudowy betonowej. W 1969 r. 92,2% szybów głębinowych z powierzchni miało obudowę betonową [11].

Do wykonania obudowy betonowej stosuje się betony marki 170, 200 lub 250, a ostatnio betony wysokich marek 350 i 400; spotykana grubość obudowy wynosi od 25 do 100 cm.

W trudnych warunkach hydrogeologicznych stosowana była obudowa tubingowa żeliwna.

2. Warunki hydrogeologiczne a obudowa szybu

Budowa hydrogeologiczna nakładu w niektórych rejonach górniczych Polski należy do jednych z najtrudniejszych w świecie. Podobne warunki spotyka się jedynie w Holandii i Belgii, a poza Europą w Kanadzie i Pakistanie. W środkowej i południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego utwory triasu są silnie spękane i występują duże dopływy wód.

Utwory czwartorzędowe i trzeciorzędowe wykształcone są w postaci nawodnionych piasków i pyłów oraz plastycznych i twaroplastycznych ilów przewarstwionych gazonośnymi piaskami i mułkami o różnej miąższości i regularności występowania. Grubość nakładu związana z występowaniem warstw oskomplikowanej budowie hydrogeologicznej waha się dla szybów górnictwa węglowego od 50 do ok. 500 m. Największe trudności techniczne dla budownictwa szybowego przedstawiają zawodnione skały luźne; wymagane są wtedy specjalne metody głębienia szybu, np. mrożenie oraz specjalne rodzaje obudowy, np. tubingowa lub zespolona obudowa wodoczczelna. Wykonana w tych warunkach obudowa ostateczna musi być wodoczczelna, odporna na działanie wysokich ciśnień hydrostatycznych oraz agresję środowiska. Utrata stateczności obudowy w zawodnionych warstwach luźnych grozi wdarciem się ciekłej skały do szybu, co może doprowadzić do powierzchniowych deformacji terenu. Zasięg awarii oprócz rury szybowej może objąć wieżę szybową oraz budynki i urządzenia znajdujące się na powierzchni.

Wynika stąd konieczność okresowej analizy stanu technicznego obudowy szybu, szczególnie w tych rejonach szybu, gdzie występują zagrożenia wodne. Analizę taką należy wykonać w oparciu o pomiary metodami nieniszczącymi takich parametrów obudowy, jak doraźna wytrzymałość na ściskanie oraz faktyczna grubość obudowy.

3. Przegląd i ocena badań stanu technicznego rury szybowej

Podstawowymi parametrami technicznymi obudowy szybu jest jej doraźna wytrzymałość na ściskanie oraz grubość. Wytrzymałość obudowy szybu ulega obniżaniu w miarę wpływu czasu i działania uprzednio omówionych czynników; jest to szczególnie obserwowane w starych szybach, a w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym eksploatowane są szyby istniejące nawet około 100 lat.

Ocenę wytrzymałości obudowy murowej szybu przeprowadza się z reguły na podstawie klasycznych badań wytrzymałościowych próbek pobranych z obudowy szybu. Dla nowych obudów wykonywanych techniką betonu monolitycznego pobiera się próbki betonu w punkcie betonowania lub bezpośrednio w szybie [12]. Pobranie próbki z wykonanej obudowy szybu jest trudne, narusza strukturę obudowy, a w warunkach zagrożenia wodnego jest niemożliwe do wykonania.

Wady i trudności, związane ze stosowaniem w praktyce budownictwa szybowego takiego sposobu określania rzeczywistej wytrzymałości na ściskanie

materiału obudowy szybu, postawiły przed nauką problem stosowania w tych specyficznych warunkach metod nieniszczących. W budownictwie powierzchniowym stosowane są następujące nieniszczące metody badań konstrukcji:

- badania sklerometryczne,
- badania akustyczne,
- metody elektryczne, magnetyczne i izotopowe.

Badania sklerometryczne polegają na pomiarze twardości badanej konstrukcji, a wytrzymałość określa się z ustalonych laboratoryjnie zależności funkcyjnych pomiędzy wytrzymałością a twardością materiału. Zasadniczą wadą badań sklerometrycznych jest określanie wytrzymałości tylko w warstwie powierzchniowej grubości około 3 cm [13], co zdecydowało o ograniczonym zastosowaniu tej metody w warunkach budownictwa szybowego.

W badaniach akustycznych głównie wyróżnia się metody ultradźwiękowe i młoteczkowe [13]. Zasady stosowania obu metod są jednakowe, różny jest jedynie zakres stosowanych częstotliwości. Wytrzymałość na ściskanie R_c określamy z ustalonych laboratoryjnie równań $R_c = f(V_L)$, na podstawie pomierzonej prędkości fali akustycznej V_L w materiale konstrukcji. W warunkach budownictwa powierzchniowego pomiar prędkości realizowany jest metodą przepuszczania fali akustycznej i wymaga obustronnego dostępu do badanej konstrukcji. Stosowanie metod akustycznych dla określania wytrzymałości górniczych obudów murowych wymaga: opracowania odpowiedniej techniki pomiaru prędkości w warunkach jednostronnego dostępu do badanej konstrukcji badań laboratoryjnych dla skalowania równań $R_c = f(V_L)$ oraz odpowiedniej aparatury elektronicznej, która mogłaby pracować w trudnych warunkach szybowych.

Metody elektryczne, magnetyczne i izotopowe pozwalają określić ciężar objętościowy betonu, zawartość wilgoci, wykryć stal zbrojeniową. Praktycznie zakres stosowania tych metod jest niewielki [13].

4. Metody oceny stanu technicznego rury szybowej stosowane obecnie przez krajowe ośrodki badań naukowych

Obecnie badania stanu technicznego rury szybowej wykonywane są przez Politechnikę Śląską, Akademię Górniczo-Hutniczą i Główny Instytut Górnictwa. Wszystkie te ośrodki stosują nieniszczące akustyczne metody określania doraźnej wytrzymałości na ściskanie obudowy szybu. Politechnika Śląska i Akademia Górniczo-Hutnicza metodę ultradźwiękową, Główny Instytut Górnictwa natomiast metodę młoteczkową.

Metoda opracowana i stosowana w Akademii Górniczo-Hutniczej polega na pomiarze prędkości fali ultradźwiękowej w obudowie szybu metodą echa. Metoda ta polega na określeniu czasu przejścia fali od głowicy nadawczej do odbiorczej po odbiciu się fali na granicy ośrodków obudowa-górotwór. Zasadni-

Metoda ta znalazła praktyczne zastosowanie i potwierdzenie słuszności założeń w trakcie badań stanu technicznego obudów szybów kopalń Powstańców Śląskich [5], Barbara Chorzów [6], Siemianowice [7], Patrowski [8], Sosnowiec [9] (rys. 2).

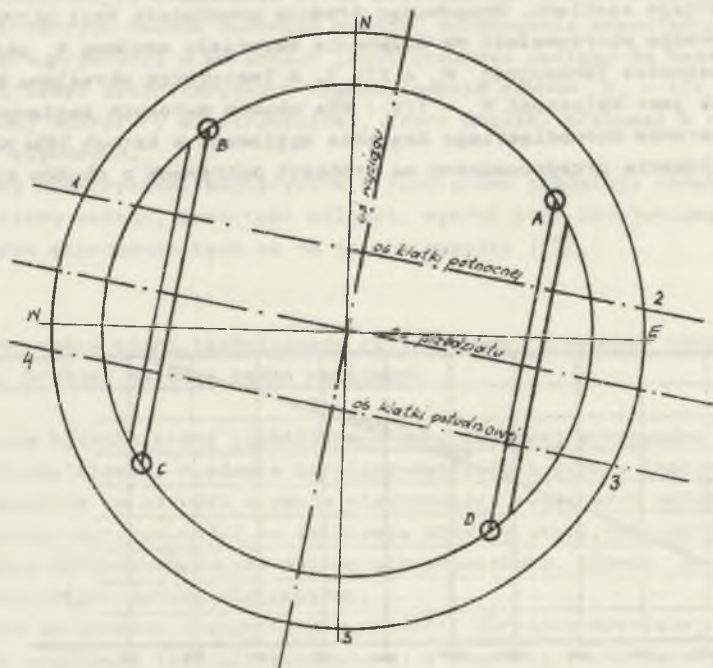
Wadą tej metody jest brak możliwości określenia grubości obudowy szybu, dlatego też w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni opracowano założenia konstrukcyjne urządzenia do nieniszczącego pomiaru grubości obudowy szybu; obecnie aparatura ta znajduje się w trakcie prac konstrukcyjnych.

Dotychczasowa praktyka stosowania nieniszczących metod akustycznych w warunkach budownictwa szybowego wykazała ich przydatność do:

- określania doraznej wytrzymałości na ściskanie obudowy szybu,
- określania jednorodności konstrukcji obudowy,
- wykrywania miejsc, gdzie występuje spękanie i mikrospękanie obudowy.

Daje to podstawę do analizy stanu technicznego rury szybowej, a przy uwzględnieniu takich czynników jak:

- grubość obudowy,
- rodzaj i stopień agresji środowiska wodnego,



Rys. 2a. Przekrój tarczy szybu "Mieczysław"

- warunki hydrogeologiczne rejonu szybu,
- stan eksploatacji w rejonie szybu,
- stopień powiązania obudowy z górotworem,
- wielkość obciążeń na obudowę szybu

pozwała na lokalizację miejsc stanowiących zagrożenie dla stateczności obudowy szybu i zaprojektowanie technologii wykonywania napraw obudowy szybu.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Doświadczenia wykazują, że szyby chronione nawet filarami ochronnymi wyznaczonymi zgodnie z obowiązującymi przepisami mogą być narażone na wpływy eksploatacji zewnętrznej złoża (pozafilarowej) szczególnie w przypadku dużej koncentracji eksploatacji w złożu wielopoziomowym. Zjawisko to należy uwzględnić przy ocenie stanu technicznego rury szybowej.

2. Praktyka i badania wykazują, że obniżenie parametrów technicznych obudowy szybu pod wpływem korozyjnego działania środowiska wodnego występuje głównie w wyrobiskach o długim okresie eksploatacji, co stanowi zagrożenie dla stateczności rury szybowej.

3. Należy prowadzić prace naukowe umożliwiające analizę i ocenę wpływu drgań na obudowę szybu. Problem ten, aczkolwiek istotny z punktu widzenia stanu technicznego obudowy, nie został dotychczas w sposób dostateczny opracowany naukowo.

4. Akustyczne metody badań obudów szybowych pozwalają określić parametry techniczne obudowy bez naruszenia jej struktury, co jest czynnikiem decydującym o ich szerokim zastosowaniu. Wyniki tych badań stanowią podstawę do analizy stanu technicznego szybu i wynikających stąd odpowiednich zabezpieczeń obudowy pozwalających na utrzymanie w sprawności eksploatacyjnej wyrobisk pionowych liczących kilkadziesiąt lat.

5. Istnieje możliwość stosowania metod akustycznych do oceny stanu technicznego wykonywanej obudowy betonowej szybu. Badania te mogłyby być prowadzone w uzasadnionych przypadkach, a szczególnie na odcinkach obudowy wykonanej w trudnych warunkach hydrologicznych.

6. Podkreśla się pełną celowość inicjatywy Ministerstwa Górnictwa w zakresie prowadzenia nieniszczących badań obudowy szybu dla kontroli stanu rury szybowej oraz uważa się za pełni uzasadnione dalsze kontynuowanie zarówno badań kontrolujących przemysłowych, jak i laboratoryjnych nad doskonaleniem i rozwojem metod.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych. Część I. Wyd. Śląsk 1975.
- [2] Polska Norma PN-61/B-06253.
- [3] Strzelecki Z., Machowski M., Witosiński J.: Zastosowanie metod akustycznych (ultradźwiękowych) do wybranych zagadnień budownictwa górniczego. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnych. Górnictwa 11. 1972.
- [4] Janiczek S.: Materiałoznawstwo dla górników. Skr. Pol. Śl., Gliwice 1975.
- [5] Borecki M., Chudek M., Sztelak J., Majchrzak R., Boryczko J., Polr-czek F.: Opinię dotyczącą oceny aktualnego stanu technicznego obudowy szybu "Wit Stwosz" oraz możliwości zastosowania skipu o ciężarze użytecznym 8750 kg na szybie Wit Stwosz KWK Powstańców Śląskich. Praca IPBKİOP nie publikowana, wrzesień 1976.
- [6] Chudek M., Borecki M., Sztelak J., Majchrzak R., Boryczko J.: Ocena stanu technicznego szybu Wyzwolenie II oraz wytyczne odnośnie wzmacnienia obudowy i górotworu. Praca IPBKİOP nie publikowana czerwiec 1976.
- [7] Chudek M., Borecki M., Sztelak J., Majchrzak R., Boryczko J.: Analiza stanu technicznego szybu Siemianowice II oraz wytyczne odnośnie wzmacnienia obudowy. Praca IPBKİOP nie publikowana, czerwiec 1977.
- [8] Chudek M., Sztelak J., Szczepaniak Z., Janiczek S., Majchrzak R., Boryczko J., Cempiel E.: Analiza stanu technicznego obudowy szybu Mieczysław KWK Pastrowski na odcinku od zrębu do 55 m. Praca IPBKİOP nie publikowana, wrzesień 1977.
- [9] Chudek M., Borecki M., Sztelak J., Boryczko J., Majchrzak R., Janiczek S.: Sposób zabezpieczenia obudowy szybu "Anna" KWK Sosnowiec. Praca IPBKİOP nie publikowana, wrzesień 1977.
- [10] Poradnik Górnika Tom III. Wyd. Śląsk K-ce 1974.
- [11] Poradnik Górnika Tom II. Wyd. Śląsk K-ce 1974.
- [12] Norma PN-63/B-06250 - Beton zwykły.
- [13] Strzelecki Z.: Poradnik materiałoznawstwa dla potrzeb budownictwa górniczego kopalni. Wyd. Śląsk, 1972.
- [14] Praca zbiorowa: Badanie materiałów, elementów i konstrukcji. Budownictwo betonowe tom VIII. Arkady W-wa 1970.
- [15] Chudek M., Janiczek S., Boryczko J., Majchrzak R.: Sposób pomiaru wytrzymałości i grubości obudowy murew. wyrobisk górniczych z zastosowaniem ultradźwiękowej metody V. Przegląd Górniczy nr 6, 1975.

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОГО ПОДДЕРЖИВАНИЯ СТВОЛОВОЙ ТРУБЫ

Р е з ю м е

В статье рассматриваются вопросы касающиеся поддержания устойчивости стволовой трубы с учётом факторов **влияющих** на техническое состояние обмуровки, а также научные исследования какие проводятся актуально научными центрами задачами которых является определение прочности и толщины крепи.

PROBLEMS OF SAFETY IN THE SHAFT WELL MAINTENANCE

Summary

Shaft well stability problems have been presented considering factors influencing the lining as well as actual investigations concerning desired lining strengths and thicknesses.