ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976
Seria: Górnictwo z. 72 Nr kol. 471

Jerzy Antoniak

URZĄDZENIA WYCIĄGOWE DO GŁĘBIENIA SZYBÓW BARDZO GŁĘBOKICH

Streszczenie. W artykule przedstawiono zasadnicze problemy związane z zamierzoną budową w kraju szybów głębokich. Na podstawie analizy maszyn wyciągowych stosowanych za granicą do głębienia szybów wysunięto własne propozycje dalszego rozwoju tych maszyn w kraju. Podano, że problemem wiodącym w doborze urządzeń wyciągowych jest problem lin nośnych, ich budowa oraz współczynniki bezpieczeństwa. Zwrócono uwagę na współzależność parametrów maszyny wyciągowej, liny nośnej i technologii głębienia. Pewne usługi w prawidłowym rozwiązaniu tego zadania może oddać właściwie zabudowany model matematyczny procesu głębienia z uwzględnieniem wyposażenia maszynowego tego procesu. Wnioski natury ogólnej kończą artykuł.

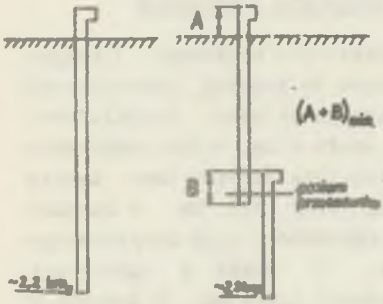
1. Głębokości kopalń spotykane w górnictwie światowym i krajowym

Od około 25 lat daje się zaobserwować w górnictwie światowym i krajowym tendencja schodzenia z eksploatacją do coraz to głębiej zalegających pokładów rud metali, surowców chemicznych i energetycznych. Przykładowo, w USA wydobywa się ropę naftową z głębokości około 6 km, w RPA eksploatuje się złoto z głębokości 4 km i większych (kopalnia Western Deep Levels - 3,9 km), w Indiach złoto wydobywa się z głębokości 3,5 km w kopalni Champion. W ZSRR eksploatuje się antracyt na głębokości 2,05 km, natomiast w Kanadzie w kopalni Horne wydobywa się nikiel i miedź z głębokości 1,8 km, a najgłębszy szyb w tym kraju ma głębokość 2,176 km. W Europie z głębszych kopalń można wymienić - Rien du Coeur w Belgii z głębokości 1,35 km, kopalnię Martin Hoop w NRD z szybem głębokości 1,3 km lub szyb Wulfen 2 w RFN o głębokości 1,25 km. W Polsce węgiel kamienny wydobywa się w kopalni Dymitrow z głębokości 0,99 km, natomiast rudę miedzi w ZG Rudna z głębokości 1,05 km. W najbliższej przyszłości przewiduje się zgłębienie szybów w Zagłębiu Miedziowym do poziomu 1,4 km, a w rejonie występowania rud polimetalicznych do głębokości 2,1 km [1,2,10].
Najgłębsze odwierty spotykane są w USA, stan Oklahoma, o głębokości 10 km, a w RPA górnictwo przygotowuje się do wydobywania złota z głębokości 6 km.

Istotną cechą towarzyszącą dużym głębokościom krajowych kopalń rud metali ma być wyjątkowo wysoka koncentracja wydobycia - przewidziana na około 30 milionów Mg masy urobku na rok. Z tego też względu są to pierwsze w świecie tego typu przedsięwzięcia techniczne. Zejściu na duże głębokości to-

warzyszy wiele nowych i poważnych problemów techniczno-eksploatacyjnych, przy których rozwiązywaniu poligonem doświadczalnym jest w dużym stopniu Lubińsko-Głogowskie Zagłębie Miedziowe, a przede wszystkim nowo powstała kopalnia Rudna oraz projektowana i budowana kopalnia Sieroszowice.

Ogólnie wiadomo, że udostępnienie złoża rozpoczyna się od wybudowania szybu, którego przyszłe zadanie funkcyjne może być różne, przy czym szyb pionowy może być jednonitkowy lub kaskadowy (łamany - dwustopniowy lub wielostopniowy). Szyby kaskadowe buduje się prawie wyłącznie jako wydobywcze, a to z uwagi na ograniczenia narzucane przez dany typ maszyny wyciągowej przy wzrastającej głębokości szybu i żądanej przelotowości. Doświadczenia RPA w zakresie maszyn wyciągowych wielolinowych wykazują, że po przekroczeniu głębokości 1,4 - 1,6 km występują poważne trudności w użytkowaniu tych maszyn wywołane przede wszystkim pracą lin wyrównawczych i nośnych. Uważa się, że pierwszy stopień szybu kaskadowego powinien być najgłębszy i sięgać poziomu 1,5 km, przy zastosowaniu do normalnego wydobycia gigantycznych maszyn wyciągowych wieloliniowych o udźwigu użytecznym 500-600 kN z silnikami mocy około 15 MW. Drugi stopień natomiast będzie miał mniejszą głębokość (rys. 1).



Rys. 1. Szyby jednonitkowe i kaskadowe (łamane)

O ogromie zadania związanego z głębieniem szybów o tak dużej głębokości (2,1 km) i średnicy 7,5 m świadczy to, że na powierzchnię trzeba wydobyć około 95 000 m^3 skały. Biorąc za punkt wyjścia postępy głębienia sięgające średnio 60 m na miesiąc w przypadku szybów w obudowie betonowej (około 40 m - w obudowie tubingowej), przy wyposażeniu technicznym i technologii pracy jak w przypadku szybów głębionych w LGOM przez PBKRM Lubin, należy się liczyć z 35-miesięcznym okresem czasu głębienia szybów jednonitkowych i 43-miesięcznym szybów kaskadowych. Określone czasy głębienia szybów są bardzo długie, należy zatem dążyć do opracowania i wdrożenia takich technologii głębienia oraz zastosowania w procesie budowy szybu takich maszyn, aby postępy głębienia wynosiły średnio 80-90 m na miesiąc. Przykładowo w RPA podczas głębienia szybu w kopalni Vlakfontein GM Co Ltd (szyb nr 2) osiągnięto średni postęp głębienia 178 m, a w niektórych szybach uzyskiwano w RPA maksymalne postępy głębienia około 400 m na miesiąc.

Do założonych postępów głębienia szybu należy dopasować parametry techniczne kubłowego urządzenia wyciągowego, które w wyraźny sposób zależą od takich czynników, jak: średnica i głębokość szybu, gęstość nasypowa urobku skalnego, liczba czynnych wyciągów kubłowych w głębokim szybie, czas pozostający do dyspozycji ciągnienia urobku i ilość urobku niezbędna do wyciągnięcia na powierzchnię w danym cyklu technologicznym. Te ostatnie

czynniki zależą od przyjętej technologii głębienia i mechanizacji tego procesu.

2. Maszyny wyciągowe stosowane do głębienia szybów bardzo głębokich

W Polsce do głębienia szybów głębokich stosuje się maszyny wyciągowe jednobębnowe jednokońcowe z bębnem cylindrycznym i maksymalną liczbą warstw nawijania liny - trzy. Dane techniczne tych maszyn zestawiono w tabl. 1. W tejże tablicy podano orientacyjne parametry techniczne projektowanej w KOMAG-Gliwice maszyny B-4500. Maszyna B-5000 produkcji ZUT ZGODA i konstrukcji KOMAG-Gliwice znajduje się w trakcie rozruchu. Najpowszechniej dotychczas stosowano maszyny wyciągowe C-3,5x2 produkcji ZSRR, zastępowane obecnie maszynami C-3,5x2A. Maszyny te przeznaczone są do jazdy ludzi, ciągnienia urobku i materiałów [2,10]. Krajowa maszyna wyciągowa B-5000 jest maszyną stosunkowo ciężką z uwagi na zastosowaną przekładnię zębatą i tradycyjny układ hamulcowy. Ten typ maszyny bębnowej wymaga dobrego osadzenia na fundamencie, przez co wydłuża się czas przygotowania maszyny do eksploatacji. Wady te zostaną usunięte częściowo w maszynie B-4500, gdyż będzie to maszyna bezprzekładniowa z hamulcami tarczowymi.

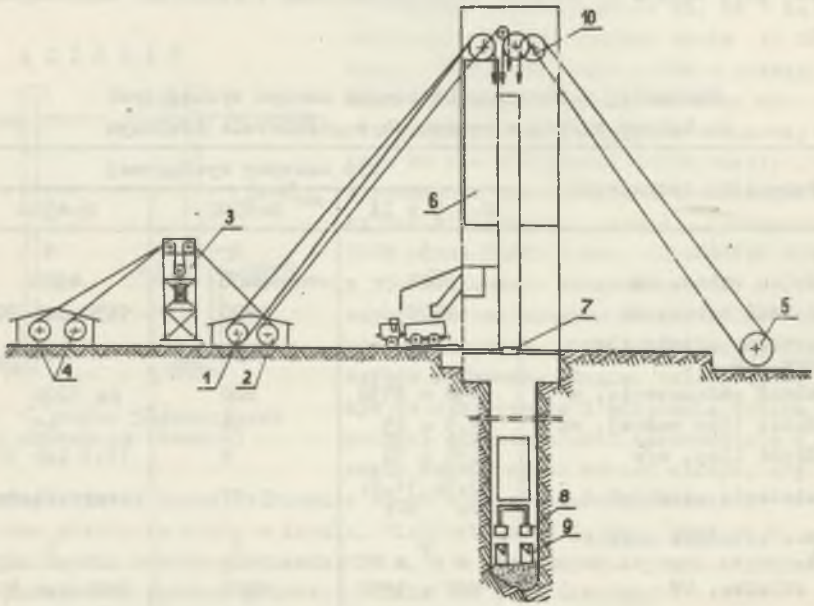
TABLICA 1

Parametry techniczne bębnowych maszyn wyciągowych do budowy szybów stosowanych w górnictwie krajowym

Parametry techniczne	Typ maszyny wyciągowej		
	C-3,5 x 2A	B-5000	B-4500
Liczba bębnów	1	1	1
Średnica bębna, mm	3400	5000	4500
Szerokość bębna, mm	2000	1900	1650 lub 2000
Maksymalny udźwig statyczny, kN	140	230	300
Wysokość podnoszenia, m	1430 - 2150	800	do 2200
Średnica liny nośnej, mm	43,5 - 23	54	45
Prędkość liny, m/s	2,15 - 10	8	11,2 lub 14
Przełożenie przekładni	10,5; 11,5; 20; 30;	9,67	bezprzekładn.
Liczba silników napędowych	2	2	1
Moc silnika, kW	185 - 1150	1000	2400 lub 3000
Rodzaj silnika	asynchroniczny pierścieniowy	asynchroniczny pierścieniowy	wolnobieżny prądu stałego
Liczba warstw nawijania liny	3	2	

W niektórych krajach górniczych do głębienia szybów bardzo głębokich stosowane są odmienne układy maszyn wyciągowych. W Kanadzie do zgłębienia

szybu o głębokości 2,176 km i średnicy w wyłomie 7,1 m (w świetle obudowy - 6,4 m), w pierwszym etapie budowy szybu do głębokości 1,188 km zastosowano maszynę wyciągową tymczasową dwubębnową o średnicy bębna 3658 mm i szerokości bębna 1981 mm z jednym sprzęgłem budowy specjalnej. Maszyna napędzana była silnikiem prądu przemiennego o mocy 1120 kW z chłodzeniem wymuszonym. Prędkość jazdy maksymalna wynosiła 9,14 m/s, a lina średnicy 44 mm obciążona była ciężarem użytecznym 55 kN do głębokości 914 m oraz ciężarem użytecznym 46 kN w przedziale głębokości od 914 do 1188 m. Głębienie w pierwszym etapie odbywało się przy użyciu jednej liny długości 1,432 km (ogółem dwóch lin tej samej długości z uwagi na maszynę dwubębnową), co eliminowało straty czasu na wymianę lin. W drugim etapie głębienia od głębokości 1,188 do 2,176 km wykorzystano stałą maszynę wyciągową dwubębnową o wymiarach bębna 5486x2058 mm napędzaną silnikiem prądu stałego o mocy 4850 kW, napięciu zasilania 800 V i liczbie obrotów 56,3 1/min. Przy tych parametrach napędu prędkość ciągnienia wynosiła 15,2 m/s, natomiast udźwig użyteczny został ustalony na 120 i 60 kN. Podczas głę-



Rys. 2. Usytuowanie maszyn wyciągowych podczas budowy szybu głębokiego w kopalni niklu w Kanadzie

1 - maszyna wyciągowa dla I etapu głębienia do 1,188 km, 2 - wciągarka do podwieszania pomostu wiszącego, 3 - wieża kompensacyjna, 4 - bębny magazynowe liny (2 sztuki z napędem własnym), 5 - maszyna wyciągowa II etapu głębienia od 1,188 do 2,176 km, 6 - zbiornik przelotowy urobku ładowności 300 Mg, 7 - klapy otwierane pneumatycznie, 8 - ładowarki, 9 - naczynia (kubły), 10 - koła odchylające

bienia maszyna była sterowana ręcznie, a następnie pracowała w układzie automatycznym. Liny wyciągowe długości 2, 438 km każda były nawinięte na bębny wyposażone w rowki. Schemat usytuowania maszyn wyciągowych w I i II etapie głębienia szybu kopalni niklu w Kanadzie przedstawiono na rys. 2.

Nieco inne maszyny stosuje się w RPA podczas głębienia szybów bardzo głębokich. Wykorzystuje się tam do głębienia maszyny wyciągowe jedno- lub dwubębnowe z bębnami cylindrycznymi, pracujące w układzie Blaira. Te same maszyny, po zgłębieniu szybu, stosowane są do normalnego wydobycia urobku. Ta metoda wymaga, przed rozpoczęciem głębienia, zbudowania wieży ostatecznej. Wymienione maszyny są maszynami zrębowymi. Przykładowo, do budowy szybu w kopalni Doornfontein Gold Mine o głębokości 1,72 km zastosowano maszynę dwubębnową o mocy silnika napędowego 6000 kW. W celu właściwego wykorzystania liny nośnej do głębokości 1,0 km użyto liny średnicy 38 mm, którą następnie, podczas głębienia szybu od głębokości 1,0 do 1,72 km, wymieniono na linę średnicy 51 mm. Urobek transportowano w kubłach o pojemności 5 m^3, co odpowiada około 120 kN ciężaru użytecznego.

Stałą tendencję do zwiększania parametrów technicznych maszyn wyciągowych bębnowych w RPA obrazują dane największej tego typu maszyny: moc silnika napędowego - 6600 kW; średnica bębna - 4,8 m; średnica liny nośnej - 54 mm; maksymalna nadwaga statyczna - 385 kN; głębokość ciągnienia - 2,3 km [3,4,5,6].

W niektórych rozwiązaniach w RPA, oprócz wymiany liny nośnej z mniejszej średnicy na większą, stosuje się także wymianę silników napędowych maszyn wyciągowych mniejszej mocy na odpowiednio większej mocy. Jest to przykład właściwego operowania rezerwą w układzie mechanicznym maszyny bębnowej.

Do budowy szybów głębokich w niektórych krajach górniczych wykorzystuje się także stałe maszyny wyciągowe wielolinowe. Przy użyciu takiej maszyny zgłębiono szyb w kopalni Pietrowskaja Głubokaja w ZSRR. W tym przypadku przed rozpoczęciem głębienia konieczne jest zbudowanie wieży wyciągowej i zainstalowanie w niej maszyny wyciągowej wielolinowej. Przystosowanie tej maszyny do głębienia wymaga zdemontowania okładzin ciernych koła pędnego i nałożenia dodatkowego bębna z obrzeżami na bęben koła pędnego. Dodatkowy bęben należy wyłożyć wykładziną dębową z naciętymi rowkami dla liny wydobywczej. W tej metodzie oszczędza się na czasie przeznaczonym do montażu i demontażu maszyn wyciągowych tymczasowych.

3. Liny wyciągowe problemem wiodącym w doborze urządzeń wyciągowych do budowy szybów głębokich

Do niedawna w kraju, przy głębieniu szybów, powszechnie używano lin płaskich z szyciem pojedynczym lub z szyciem podwójnym. Liny te spełniały podstawowy warunek stawiany linom do głębienia szybów, a mianowicie były nieodkrętne. Do lin płaskich, najczęściej budowy 92x17 i 104x19, stosowano maszyny bobinowe BOB-5500 z silnikiem mocy 630 kW. Jednak ze wzrostem głę-

bokości głębionych szybów oraz ciężaru użytecznego kubła liny płaskie wykazywały coraz więcej wad, które ograniczały ich żywotność (4 do 10 miesięcy). W związku z tym wyłoniła się konieczność zastąpienia lin płaskich linami okrągłymi i zastosowania maszyn wyciągowych bębnowych z wielowarstwowym nawijaniem liny.

Z lin okrągłych warunkowi nieodkrętności odpowiadają w pewnym stopniu liny "nieodkrętne" wielowarstwowe, w tym owalnosplotowe i okrągłosplotowe spiralne, a w szczególności liny praktycznie nieodkrętne budowy zamkniętej [1,7,8,9].

Najkorzystniejsze własności mechaniczne z punktu widzenia dużych głębokości drążonych szybów mają liny budowy zamkniętej. Liny te mają bardzo dobre wykorzystanie przekroju poprzecznego, wynikiem czego jest mała średnica liny i gładka powierzchnia zewnętrzna. Zwarta budowa liny pozwala na przenoszenie sił poprzecznych o znacznej wartości, a gładka powierzchnia zewnętrzna zwiększa odporność tych lin na ścieranie i korozję. Wymienione własności odpowiadają warunkom wielowarstwowego nawijania liny na bęben. Zwiększona sztywność tych lin wymaga jednak wyższych wartości stosunku średnicy bębna do średnicy liny, który powinien wynosić około 100. Do lin budowy zamkniętej stosowane są specjalne zawiesia typu Reliance, które mają tę zaletę, że są lekkie. Liny budowy zamkniętej mogą być w trakcie eksploatacji smarowane pod ciśnieniem, co jest istotne dla tych odcinków liny, które narażone są na korozję. Pęknięte druty warstwy zewnętrznej można łatwo zreperować poprzez lutowanie. Jedynym utrudnieniem w przypadku eksploatacji tych lin jest bardziej ograniczona kontrola wizualna liny, która z dużym powodzeniem jest zastępowana przez metodę defektoskopii magnetycznej. Według producenta tych lin, firmy British Ropes Ltd, sprawność wytrzymałościowa lin budowy zamkniętej wynosi średnio 0,85, pomimo wprowadzanego bardzo często grubego ocynkowania drutów jako dodatkowego zabezpieczenia przed korozją. Wydłużenie lin budowy zamkniętej wynosi około 3/4 wydłużenia lin splotowych. Powyżej głębokości ciągnienia 1,5 km, według fragmentarycznych danych z RPA (katalog lin RPA: Haggie Rand Ltd - Wire Ropes for Mine Hoists 1973), stosuje się tam w maszynach bębnowych liny nieodkrętne, trójkątnosplotowe, ze spłaszczonymi splotami zewnętrznymi lub o splotach zewnętrznych wstęgowych. Pierwsze z wymienionych jako liny 15-splotowe wytwarzane są w zakresie średnic od 26 do 42 mm i wytrzymałości na zerwanie do 1800 N/mm^2, co daje ich siłę zrywającą od 500 do 1303 kN. Drugie z wymienionych lin budowane są w zakresie średnic od 38 do 56 mm i tej samej wytrzymałości na zerwanie, co daje siłę zrywającą od 1086 do 2382 kN.

W celu uniknięcia w przyszłości kosztownego importu lin budowy zamkniętej oraz innych typów lin specjalnych, przystosowanych do pracy w zakresie bardzo dużych głębokości od 1,5 do 2,2 km, konieczne będzie podjęcie produkcji tych lin przez krajowe fabryki. Jednym z trudniejszych problemów związanych z pracą lin na dużych głębokościach jest prawidłowe przyjęcie wartości współczynnika bezpieczeństwa liny nośnej. W Polsce dla doboru tego współczynnika, w pierwszym przybliżeniu, można by przyjąć war-

tości zalecane dla lin stosowanych w normalnej eksploatacji wg § 609 (Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem..., MGiE, Katowice 1973 r.). Zgodnie z tym paragrafem każda lina nośna o jednej warstwie splotów powinna mieć przy nałożeniu co najmniej współczynnik bezpieczeństwa, wyznaczony z następującej zależności:

wyciągi jednolinowe, jazda ludzi

$$n = 9{,}0 - 0{,}0015.(H - 400),$$

ciągnienie urobku

$$n = 8{,}0 - 0{,}0015.(H - 400)$$

gdzie H długość liny od kół linowych do najniższego położenia naczyń w m.

W zakresie H od 0 do 400 m wartość współczynnika n jest stała i wynosi 9,0 lub 8,0. Zgodnie z tymi zależnościami, które nie wyróżniają wyciągu ciernego lub bębnowego, prędkości jazdy, wielowarstwowego nawijania, stosunku D/d, rodzaju zginania liny na kołach odchylających, wartość współczynnika przy ciągnieniu urobku z głębokości 1,7 km wyniesie 6,05, natomiast przy głębokości 2,1 km już tylko 5,45.

W Republice Południowej Afryki, gdzie budowane i eksploatowane są szyby bardzo głębokie, współczynnik bezpieczeństwa liny jest funkcją wymaganej wydajności szybu, głębokości szybu, typu wyciągu oraz obciążenia liny. Decydującym czynnikiem jest jednak rodzaj wyciągu linowego. Dla wyciągu bębnowego wartość obliczeniową współczynnika bezpieczeństwa określa zależność

$$n = \frac{1}{\frac{M.g}{Z} + \frac{L.g}{s}},$$

gdzie:

M – masa podwieszonego naczynia z ładunkiem, kg,
g – przyspieszenie ziemskie, m^2/s,
Z – siła zrywająca dany typ liny, kN,
L – długość liny zwisającej, m,
s – współczynnik sprawności liny, określony jako stosunek Z/q, N.m/kg, gdzie q oznacza masę jednostkową liny w kg/m.

Minimalne, dopuszczalne wartości współczynnika n określają przepisy górnicze (Mines and Works Regulation, paragrafy 16.33 do 16.40). Nad zawiesiem, niezależnie od typu maszyny wyciągowej, współczynnik bezpieczeństwa musi być równy lub większy od 9,0. Natomiast w miejscu najsilniej obciążonym w przypadku maszyn bębnowych: jednolinowych – 4,5 dwulinowych – – 4,275.

We Francji współczynnik bezpieczeństwa liny uzależniony jest od rodzaju wyciągu, przy czym w wyciągach bębnowych dodatkowo od tego czy lina

poddawana jest próbom okresowym, czy też nie. Wartość tego współczynnika, dla wyciągów bębnowych z liną poddawaną próbom okresowym, wynosi 6 dla H zawartego w przedziale od 0 do 500 m, następnie zmienia się skokowo (malejąc) o 0,1 ze wzrostem głębokości o 100 m, osiągając wartość 5,1 dla zakresu głębokości 1301 do 1400 m. Poczynając od głębokości 1401 m ma stałą wartość 5,0. Dla liny nie poddanej próbom okresowym wartość współczynnika zmienia się w podobny sposób od wartości 8 do minimalnej 7.

W Kanadzie minimalna wartość współczynnika bezpieczeństwa liny w wyciągu bębnowym wynosi 5,0 dla H = 2000 m. Współczynnik ten odnosi się do obliczeniowej siły zrywającej linę.

W Szwecji firma ASEA dla ciągnienia urobku stosuje do określenia wymaganej wartości współczynnika bezpieczeństwa liny wzór następujący:

$$n = 6 - 0{,}00075 \cdot H \geqslant 5$$

przy

$$D/d = 70 + 0{,}025 \cdot H$$

gdzie:

H – wysokość podnoszenia, m,
D,d – średnice bębna i liny, mm.

Zgodnie z tą zależnością praktycznie już od H = 1400 m wymagana wartość n jest stała i wynosi 5.

Przepisy szwedzkie rozgraniczają wartość współczynnika bezpieczeństwa liny w zależności od: jazdy ludzi, ciągnienia urobku, rodzaju pędni (jedno- lub wielolinowa). Dla wyciągu jednolinowego i jazdy ludzi stosowana jest zależność

$$n = 8 - 0{,}001 \cdot H,$$

natomiast dla ciągnienia urobku

$$n = 6 - 0{,}0005 \cdot H,$$

gdzie H oznacza największą długość liny, od koła do zawiesia, m.
Dla głębokości 1600 m, przy ciągnieniu urobku, wartość współczynnika n wynosi 5,2, a dla 2000 m już tylko 5,0.

Przepisy górnicze Wielkiej Brytanii rozgraniczają wartości współczynnika bezpieczeństwa liny w zależności od jazdy ludzi, ciągnienia urobku, gięcia liny jedno- lub dwustronnego, stosunku D/d. Uważa się powszechnie, że ze wzrostem głębokości ciągnienia oraz prędkości jazdy, a także ze wzrostem średnicy liny nośnej, bardziej dla lin budowy zamkniętej, a mniej dla lin skrętkowych, należy zwiększać wartość stosunku D/d mając na uwadze rodzaj gięcia liny (jedno- lub dwustronne). Stosowane w Wielkiej Bry-

tanii zależności na określenie wartości współczynnika n mają postać: dla jazdy ludzi

$$n_j = 1,0 + \frac{4,5 \cdot (R + C)}{R.(1 + 0,0028.\sqrt{H}) - 13,5},$$

przy ciągnieniu urobku

$$n = n_j - 1,0,$$

gdzie:

R = D/d - stosunek średnicy koła do średnicy liny;
H - długość zwisającej liny, w stopach angielskich;
C - współczynnik; C = 35 dla gięcia jednostronnego (wyciąg bez kół odciskowych); C = 45 dla gięcia dwustronnego liny.

Przykładowo, dla głębokości 2000 m i R = 130: n = 5,09; dla R = 100 - n = = 5,56.

Wszystkie podstawowe wzory na współczynnik bezpieczeństwa liny nośnej odnoszą się przede wszystkim do lin stosowanych w normalnym wydobyciu; specyfika pracy lin nośnych do budowy szybów nie jest w tych wzorach uwzględniona. Odmienne warunki pracy tych lin są scharakteryzowane przez: mniejszą intensywność wyciągów (cykli wydobywczych) przypadających na jednostkę czasu; stopniowe wchodzenie coraz to nowych odcinków do pracy w miarę postępu głębienia, przy czym najbardziej obciążony odcinek liny pracuje bardzo krótko; wielowarstwowe nawijanie liny na bęben napędowy; niewystępowanie momentu odkrętu liny; sterowanie ręczne maszyny wyciągowej oraz linowe prowadzenie kubła, które to warunki wpływają na zróżnicowaną dynamikę pracy liny oraz na ogół zwiększoną agresywność korozyjną środowiska pracy liny.

Jeżeli uwzględni się prawidłowe użytkowanie i staranną kontrolę stanu liny (np. stosowanie metody defektoskopii magnetycznej, okresowe odcinanie odcinków liny równych dwukrotnej długości "martwej", gdzie za długość martwą uważa się odcinek liny od zawiesia do koła linowego przy położeniu kubła na pomoście wysypowym itd.), a także właściwe zabezpieczenie liny przed działaniem korozyjnym środowiska (np. przez grube ocynkowanie, okresowe dosmarowanie), to praktycznie można by było stosować najniższe wartości współczynnika n w odniesieniu do lin używanych przy głębieniu szybów głębokich. Opracowanie pewnych koncepcji w tym względzie będzie jednak wymagało wykonania odpowiednio zaprogramowanych badań laboratoryjno-przemysłowych oraz wprowadzenia znowelizowanych aktów prawnych (WUG, MGiE, MPC).

Zaprezentowany wyżej kierunek postępowania wydaje się słuszniejszy od kierunku, rokującego mniejsze szanse szybkiej realizacji, który bazuje na zwiększeniu wytrzymałości na zerwanie drutów liny przy zachowaniu na dotychczasowym poziomie ich trwałości zmęczeniowej przy zginaniu. Oczywiś-

cie nie bez znaczenia jest tutaj konstrukcja samej liny nośnej; w tym zakresie dalszy postęp jest wskazany z różnych względów.

4. Współzależność parametrów maszyny wyciągowej, lin wydobywczych i technologii głębienia szybów głębokich

Do problemu głębienia szybu jednonitkowego bardzo głębokiego można w zasadzie podejść dwojako, albo zmieniać postęp głębienia w miarę wzrostu głębokości głębionego szybu, zaczynając od postępu maksymalnego przy małej głębokości, a kończąc na minimalnym postępie z góry założonym w końcowej fazie głębienia szybu, albo na całej długości głębionego szybu utrzymać maksymalny, w przybliżeniu stały postęp głębienia.

Oczywistą rzeczą jest, że bardziej korzystna jest metoda druga - stałego postępu głębienia, jednak jest ona zarazem trudniejsza w realizacji praktycznej. Każda z tych metod wymaga innego uzbrojenia technicznego głębionego szybu. Jeżeli założyć, że głębienie szybu odbywa się w stałych warunkach geologiczno-górniczych (lub prawie stałych), to o jednej i drugiej metodzie głębienia decyduje czas zajęcia rury szybowej podczas różnych operacji technologicznych, z których część jest wykonywana w systemie szeregowym, a część w systemie równoległym oraz parametry techniczne zastosowanych urządzeń mechanicznych, które z kolei uzależnione są w istotny sposób od wzrastającej, chwilowej głębokości głębionego szybu. Nie wnikając tutaj we wszystkie elementy trudnego zagadnienia budowy szybu, do których można zaliczyć urabianie, transport pomocniczy, wykonywanie obudowy rury szybowej itd. podano uwagi odnośnie do maszyny wyciągowej.

Otóż pierwsza metoda budowy szybu zasadza się w tym, że przy stałej prędkości jazdy kubła w miarę wzrostu głębokości głębionego szybu wydłuża się cykl czasowy pracy kubła (transport załogi, urobku i innych czynności wykonywanych z kubła), a jednocześnie w wyraźny sposób maleje udźwig użyteczny ze względu na wzrastający ciężar samej liny przy stałym udźwigu maszyny wyciągowej. Osłabienie tendencji spadku udźwigu użytecznego jest wynikiem zmniejszającej się wartości wymaganego współczynnika bezpieczeństwa liny w miarę wzrostu głębokości głębionego szybu. Zatem w pierwszej metodzie głębienia stałe są parametry techniczne maszyny wyciągowej - jej udźwig i prędkość jazdy - a także liczba czynnych urządzeń wydobywczych w głębionym szybie.

Zintensyfikowanie postępu głębienia w początkowej fazie budowy szybu jest tutaj osiągalne przez możliwie pełne wykorzystanie mechanicznej rezerwy maszyny wyciągowej, która to rezerwa wywołana jest mniejszym ciężarem liny (udźwig maszyny wyciągowej = ciężar liny + ciężar własny kubła z zawiesiem i sankami + ciężar użyteczny), co zezwala na zastosowanie kubła o większej pojemności. Pojemność tę można określić na podstawie analizy odpowiednich zależności wiążących parametry liny, kubła i głębokości ciągnienia z udźwigiem maszyny.

Zbliżone wyniki do proponowanych w drugiej metodzie głębienia szybu można uzyskać poprzez:

- okresową zmianę parametrów technicznych liny nośnej,
- okresową zmianę parametrów technicznych maszyny wyciągowej, a przede wszystkim jej udźwigu (zmiana silnika napędowego), lub prędkości jazdy, albo też obu parametrów łącznie (np. nowy typ maszyny),
- zwiększenie liczby czynnych urządzeń wyciągowych w szybie głębionym,
- głębienie szybu za pomocą maszyny wyciągowej o parametrach zwiększonych stosownie do zadań szczytowych.

Niektóre z przedstawionych tutaj metod były już z powodzeniem stosowane za granicą. Przejście na inne parametry techniczne liny nośnej musi być związane z jej trwałością. Ogólnie dla wszystkich metod głębienia, obserwuje się uzasadnioną technicznie i ekonomicznie tendencję do stosowania podczas budowy szybu maszyn wyciągowych o dużych udźwigach (do 350 kN) i względnie dużych prędkościach jazdy (9 do 15 m/s). Ciekawy i jednocześnie dający duże korzyści techniczne jest sposób głębienia początkowo z wykorzystaniem specjalnej maszyny wyciągowej, a następnie, poczynając od pewnej głębokości, głębienie przy użyciu maszyny wyciągowej ostatecznej. Ta metoda wydaje się być bardzo obiecująca w przypadku głębienia szybów kaskadowych. Trudności w budowie szybów kaskadowych (łamanych) będą wynikać z konieczności użycia w drugim etapie głębienia specjalnych maszyn wyciągowych "zminiaturyzowanych", lekkich, łatwo ustawialnych, a jednocześnie o dużym udźwigu. Maszyny te będą musiały być budowy klockowej, z możliwością łatwego ich opuszczenia w podziemia kopalń i transportu poziomego. Istotna powinna być tutaj już wcześniej zapoczątkowana typizacja kołowrotów i maszyn wyciągowych do głębienia.

Większość opracowań dotyczących doboru maszyny wyciągowej do budowy szybu charakteryzuje się przyjęciem założenia niezależności czasów wykonywania różnych czynności technologicznych w szybie, poza ciągnieniem urobku, od parametrów maszyny wyciągowej, jej udźwigu i prędkości jazdy. Przyjęcie założenia przeciwnego z konieczności prowadzi do modelu matematycznego technologii głębienia z uwzględnieniem parametrów maszyny wyciągowej, liny nośnej i kubła. Model matematyczny powinien także obejmować wpływ zmiennych parametrów geologiczno-górniczych głębionego szybu na parametry maszyny wyciągowej i proponowaną metodę głębienia. Model taki w poważny sposób ułatwiłby analizę różnych wariantów budowy szybu z uwzględnieniem ich wyposażenia w maszyny.

5. Wnioski

5.1. Problem budowy szybów bardzo głębokich jednonitkowych i kaskadowych, a szczególnie wyposażenie maszynowe tego procesu, wymaga wnikliwych studiów i badań w zakresie:

- różnych metod głębienia,
- ustalenia właściwych parametrów technicznych maszyn wyciągowych i doboru odpowiedniego typu maszyny,
- doboru stalowych lin nośnych i określenia prawidłowych kryteriów ustalania współczynnika bezpieczeństwa tych lin,
- nowych konstrukcji lekkich kubłów o dużej pojemności itd.

5.2. W fazie projektowania budowy szybów głębokich duże usługi mógłby oddać właściwie opracowany model matematyczny procesu głębienia z uwzględnieniem wyposażenia maszynowego koniecznego do realizacji tego procesu.

5.3. Niezbędne będzie podjęcie w najbliższym okresie czasu przez przemysł krajowy produkcji bębnowych maszyn wyciągowych do głębienia o zwiększonych parametrach technicznych (udźwig około 300-350 kN, prędkość jazdy - 12-15 m/s) oraz stalowych lin budowy zamkniętej i specjalnych.

LITERATURA

[1] Antoniak J. i inni: Badanie własności wytrzymałościowych lin stalowych w układach wieloliniowych przy obciążeniach dynamicznych. Część I. I.M.G. Politechnika Śląska 1975 r.

[2] Antoniak J.: Opracowanie specjalne, Gliwice październik 1975 r.

[3] Cundill A.J. : Mechanical Sinking at No 2 Shaft. Vlakfontein Gold Mining Company Limited, Journal od the Chemical Metallurgical and mining Society of South Africa, Vol. 55, No 9, March 1955.

[4] Gyngell A.H. : Hoisting Equipment and Shaft Design in Deep-Level South African Gold Mines. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, January 1968.

[5] Hill F.H., Mudd J.B.: Deep Level Mining in South African Gold Mines. The 5th International Mining Congress 1967, C6

[6] Smit G.L. : Sinking and Commissioning of the Eastern Twin Shaft System at Buffelsfontein Gold Mining Company Limited Association of Mine Menagers of South Africa - Papers and Discussions, 1964 - 65

[7] Wainwright E.J. : Present-day Winding Rope Practise in South Africa. Hoisting Conference, October 16-20 South Africa Institut Mechanical and Engineering, 1974

[8] Katalog British Ropes Limited, 1973.

[9] Katalog firmy "Haggie" z RPA, 1973.

[10] Opracowanie "Biprorud", Częstochowa 1975.

ПОДЪЁМНЫЕ УСТРОЙСТЬА ДЛЯ ПРОХОДКИ ОЧЕНЬ ГЛУБОКИХ СТВОЛОВ

Р е з ю м е

В статье указывается существенные проблемы, связанные с намеренной в стране стройкой очень глубоких стволов. На основании анализа подъёмных машин применяемых за границей для проходки стволов, предлагаются собственные предложения дальнейшего развития этих машин в стране. Излагается, что ведущей проблемой при подборе подъёмных устройств является проблема несущих канатов, их строение, а тоже коэффициент безопасности. Обращается внимание на взаимную зависимость параметров подъёмной машины, несущего каната и технологии проходки. Некоторую пользу в правильном решении этой задачи может дать правильно построенная математическая модель процесса проходки с учётом машинного оборудования этого процесса. В заключении статьи даются общие выводы.

WINDING GEARS FOR SINKING VERY DEEP SHAFTS

S u m m a r y

In the paper the main problems connected with the planned construction of very deep shafts in our country, have been presented.
On the ground of analysis of winding gears applied abroad for sinking shafts, our own suggestions of further development of these gears in our country - have been put forward.
The paper shows that the leading problem in the selection of winding gears is the problem of hoisting ropes, their structure and the safety factor.
Attention has been turned to the interdependence of the winding gear's parameters, hoisting rope's parameters and to the technology of sinking.
An adequately constructed mathematical model of the sinking process with regard to the gear equipment of this process might have turned out to be very helpful.
General conclusions are at the end of the paper.