ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 157 Nr kol. 934

Gerard FELIKS
Henryk ORMANIEC

Zakład Robót Górniczych w Bytomiu

ZAGADNIENIA TECHNICZNO-ORGANIZACYJNE WYKONAWSTWA ROBÓT GÓRNICZYCH DLA ELEKTROWNI WODNEJ W CZORSZTYNIE NA DUNAJCU

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono stosowane technologie przy wykonywaniu wyrobisk górniczych dla elektrowni wodnej na Dunajcu. Dokonano oceny warunków technicznych i organizacyjnych z punktu widzenia prawidłowości realizacji robót.

Podano układ wyrobisk górniczych hydroelektrowni w Czorsztynie oraz warunki geologiczno-górnicze. Opisano technologie drążenia tuneli i wież zamknięć.

Stwierdzono, że w wyniku właściwego doboru i stosowania sprzętu można uzyskać sprawną realizację zadań. Najlepszym rozwiązaniem przy wykonywaniu obiektów hydrotechnicznych jest stałe stanowisko do podawania betonu ze stacjonarną pompą do tłoczenia betonu. Przeprowadzone próby z polską pompą BP-30 nie dały spodziewanych wyników.

Dla uzyskania wymaganych warunków współpracy obudowy z górotworem przewidziano wtłaczanie zaczynu cementowego w przestrzeń na kontakcie obudowy z górotworem.

Aby uniknąć trudności wiercenia otworów cementacyjnych przez obudowę żelbetową, zabudowano rury stalowe w czasie wykonywania obudowy ostatecznej sztolni. Otwory do cementacji doszczelniającej rozmieszczono po obwodzie co 2 m, a w pionie co 1 m. W obu rozpatrywanych sztolniach wykonano około 5 tys. otworów.

1. WPROWADZENIE

1.1. Zarys robót górniczych dla budownictwa hydrotechnicznego w okresie powojennym

W związku z budową nowych zapór i hydroelektrowni wodnych w terenach górskich każdorazowo zachodzi potrzeba budowy tuneli dla doprowadzenia wody do turbin. Przedsiębiorstwa budujące hydroelektrownie nie posiadały doświadczeń w wykonywaniu robót tunelowych, w związku z tym prac związanych z budownictwem górniczym dla hydroelektrowni podjęły się specjalistyczne przedsiębiorstwa budownictwa górniczego. Pierwszy tunel wodno-energetyczny o długości 171,0 m i średnicy 6,7 m dla hydroelektrowni w Tresnej na rzece Sole wykonali w latach 1961-1964 górnicy Przedsiębiorstwa Robót Górniczych w Bytomiu. Następnie w latach 1970-1978 roboty górnicze dla elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Żar wykonywało Przedsiębiorstwo Robót Górniczych w Mysłowicach. Zakres robót górniczych obejmował dwie

sztolnie upadowe (upad 36°) o średnicy od 4,3 do 3,2 m i długości 872 m każda, komorę wyrównawczą średnicy 14,0 m i wysokości 42,0 m oraz sztolnię odpływową o średnicy 6,0 m i dł. 436,0 m.

Aktualnie prowadzone są roboty górnicze przy budowie hydroelektrowni w Czorsztynie na Dunajcu przez Zakład Robót Górniczych w Bytomiu rozpoczęte w 1971 r. oraz przy budowie elektrowni szczytowo-pompowej w Młotach, gdzie wykonawcą robót górniczych jest Zakład Robót Górniczych w Wałbrzychu.

1.2. Specyfika górniczych robót hydrotechnicznych w odniesieniu do normalnych robót budownictwa górniczego

Roboty górnicze dla budownictwa hydrotechnicznego prowadzone są na małych głębokościach, a więc wykonywane są w skrajnie trudnych warunkach górniczo-geologicznych, przy znacznym dopływie wód gruntowych. Gabaryty tych wyrobisk ze względu na montaż urządzeń lub doprowadzenie odpowiedniej ilości wody dla turbin są stosunkowo duże.

Prowadzenie tych robót wymaga od wykonawcy dużego doświadczenia i stosowania odpowiednich technologii. Na budowie sztolni w Czorsztynie minimalny nadkład wynosi 7 m pierwotnie, więc projektowano wykonanie tych robót metodą odkrywkową. Ostatecznie dzięki zastosowaniu odpowiedniej technologii udało się roboty prowadzić metodą górniczą, co było korzystniejszym rozwiązaniem i m.in. skróciło docelowy termin ukończenia robót, nie przerwało robót innym wykonawcom i umożliwiło prowadzenie robót w porze zimowej.

Obudowę wyrobisk hydrotechnicznych stanowi żelbet silnie zbrojony, często dodatkową obudowę stanowi opancerzenie stalowe wypełnione z zewnątrz betonem. Betony obudowy muszą spełniać wymagania stawiane betonom hydrotechnicznym, tj. charakteryzować się całkowitą wodoszczelnością i dużą wytrzymałością.

2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

2.1. Parametry techniczne elektrowni

Podstawowe parametry techniczne hydroelektrowni w Czorsztynie przedstawiają się następująco:

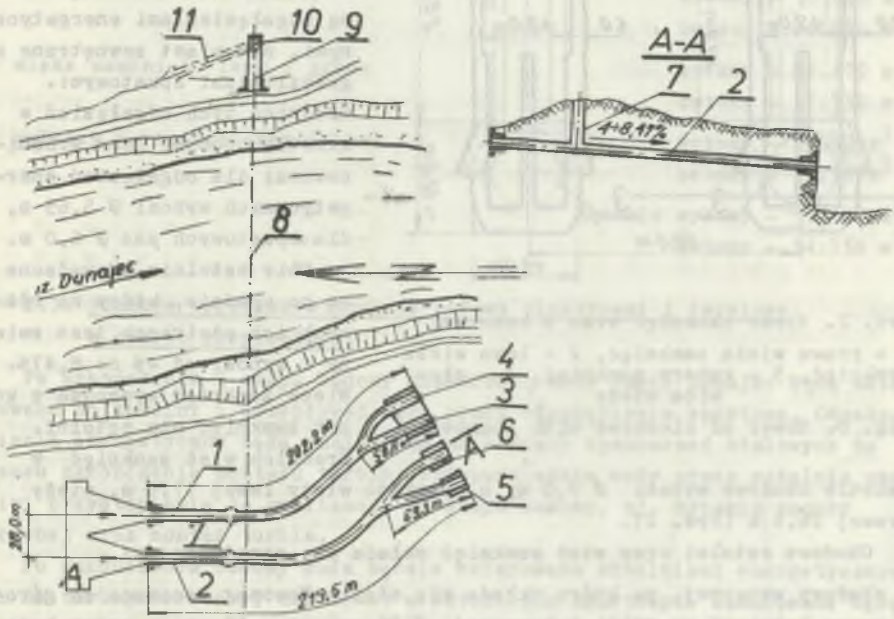
- zapora główna o długości 404 m i szerokości w koronie 7,5 m,
- pojemność całkowita zbiornika około 240 mld m^3,
- maksymalna wysokość piętrzenia wody 49,3 m.

Elektrownia wyposażona będzie w dwa turbozespoły rewersyjne o łącznej mocy 93 MW.

2.2. Parametry techniczne robót górniczych

Górnicze wyrobiska hydrotechniczne składają się z następujących wyrobisk (rys. 1):

- dwóch sztolni energetyczno-spustowych,
- dwóch wież zamknięć,
- galerii kontrolno-zastrzykowej na lewym brzegu Dunajca.



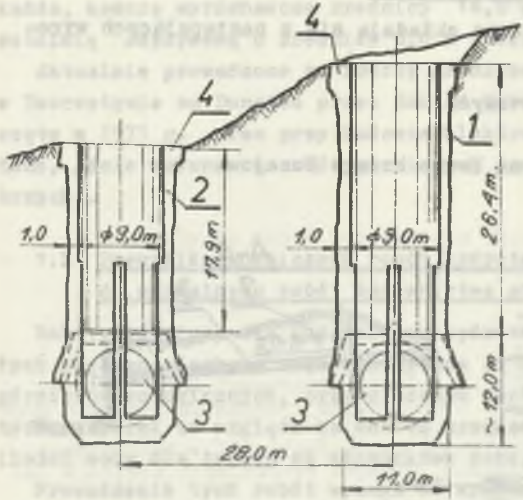
Rys. 1. Zestawienie wyrobisk górniczych hydroelektrowni w Czorsztynie

1 - sztolnia energetyczna lewa, 2 - sztolnia energetyczna prawa, 3 - odgałęzienie lewe energetyczne, 4 - odgałęzienie lewe spustowe, 5 - odgałęzienie prawe spustowe, 6 - odgałęzienie prawe energetyczne, 7 - wieże zamknięć, 8 - oś zapory, 9 - galeria kontrolno-zastrzykowa na lewym brzegu, 10 - szyb galerii, 11 - technologiczne wyrobisko udostępniające

Fig. 1. The list of mining headings of hydro-electric power stations in Czorsztyn

Sztolnie energetyczno-spustowe stanowią podstawowe obiekty wykonywane metodami górniczymi:

- sztolnia lewa wzdłuż odgałęzienia spustowego ma długość 202,2 m + 58,6 m odgałęzienia energetycznego, razem 260,8 m,
- sztolnia prawa wzdłuż odgałęzienia energetycznego ma długość 219,5 m + + 69,3 m odgałęzienia spustowego, razem 288,8 m.



Rys. 2. Wieże zamknięć wraz z komorami
1 - prawa wieża zamknięć, 2 - lewa wieża zamknięć, 3 - komory zamknięć, 4 - głowica wieży

Fig. 2. Tower of closures with chambers

Obie sztolnie na odcinkach od portali wlotowych do rozgałęzień (z pominięciem komory zamknięć) posiadają średnicę 7 m w świetle obudowy. Na końcowych odcinkach obie sztolnie rozgałęziają się na dwie nitki, z których wewnętrzne są odgałęzieniami energetycznymi, natomiast zewnętrzne odgałęzieniami spustowymi. Średnica tych odgałęzień w świetle obudowy jest zróżnicowana; dla odgałęzień energetycznych wynosi Ø 5,65 m, dla spustowych zaś Ø 6,0 m.

Obie sztolnie prowadzone są po upadzie, który na różnych ich odcinkach jest zmienny i wynosi od 4% do 8,47%. Wieże zamknięć wychodzą z komór zamknięć obu sztolni. Średnica wież zamknięć w świetle obudowy wynosi Ø 9,0 m, a wysokość wieży lewej 17,9 m, wieży prawej 26,4 m (rys. 2).

Obudowa sztolni oraz wież zamknięć składa się zasadniczo z:

- obudowy wstępnej, na którą składa się siatka Nowomag mocowana do górotworu kotwiami ze stali żebrowanej Ø 22 mm oraz 15 cm warstwy betonu natryskowego klasy B-150,
- obudowy ostatecznej - żelbet o grubości średnio 1,0 m z betonu wodoszczelnego W-6 klasy B-150.

W końcowych odcinkach sztolni oraz portalach wylotowych, oprócz obudowy betonowej, zabudowane są opancerzenia stalowe grubości 20 mm na odcinkach około 20 mb.

Prócz tuneli energetycznych metodą górniczą wykonane są na lewym przyczółku zapory obiekty galerii kontrolno-zastrzykowej obejmujące:

- sztolnię udostępniająco-dojazdową, wyrobisko o długości 23 mb (upad 12%) w obudowie górniczej ŁP-8,
- sztolnię galerii kontrolno-zastrzykowej o długości 29,6 m i upadzie 12% w obudowie żelbetowej wodoszczelnej z betonu B-150 W-6 o grubości 1,0 m. Przekrój poprzeczny sztolni w świetle obudowy 3,0 x 3,0 m z wykształconymi skosami narożnymi. W partii stropowej naroża skosowane 0,7 x 0,7 m, natomiast w partii spągowej skosy wynoszą po 0,3 x 0,3 m,

- szyb galerii długości 25,6 m w obudowie żelbetowej o jakości jak dla galerii. Przekrój poprzeczny szybu w kształcie prostokąta o wymiarach w świetle obudowy 3,0 x 4,0 m, z wykształconymi skosami 0,5 x 0,5 m we wszystkich czterech narożach.

Kubatury wyłomów oraz betonów dla poszczególnych zakresów robót wynoszą:

- sztolnie: lewa i prawa	wyłomy	- 38.608 m^3
	betony	- 24.858 m^3
- wieże zamknięć: lewa i prawa	wyłomy	- 12.419 m^3
	betony	- 7.730 m^3
- galeria kontrolno-zastrzykowa	wyłomy	- 1.980 m^3
	betony	- 1.750 m^3
	Łącznie wyłomy	- 53.007 m^3
	betony	- 34.338 m^3

2.3. Funkcje wyrobisk w trakcie budowy elektrowni i docelowe w czasie eksploatacji

Po zakończeniu I etapu budowy elektrowni, wody rzeki Dunajec będą skierowane do sztolni i przepływać będą przez odgałęzienia spustowe. Odgałęzienia energetyczne będą zaślepione na końcach opancerzeń stalowych do czasu zakończenia montażu turbin. Przepuszczenie wody przez sztolnie umożliwi przystąpienie do realizacji II etapu budowy, tj. sypania zapory głównej oraz montaż turbin.

Po zakończeniu budowy woda będzie skierowana sztolniami energetycznymi na turbogeneratory, natomiast w sztolniach spustowych zabudowane będą zwężki do regulacji odpływu nadmiaru wody ze zbiornika.

3. TECHNOLOGIA WYKONAWSTWA WYROBISK GÓRNICZYCH

3.1. Warunki geologiczno-inżynierskie i górnicze

W czasie drążenia obu sztolni potwierdzone zostały wcześniejsze badania geologiczne mówiące o skomplikowanej budowie geologiczno-górniczej tego rejonu.

Warstwy skalne mają nachylenie około 60°, są silnie spękane z widocznymi licznymi szczelinami uskokowymi oraz strefami zwietrzenia. Górotwór w rejonie sztolni i wież zamknięć tworzą warstwy geologiczne, które można podzielić na dwie grupy:

grupa I - wapienie rogowcowe, twarde margle i radiolaryty,
grupa II - flisz, łupki ilaste, margle.

Wewnętrzna budowa każdego kompleksu, a w szczególności radiolarytów, jest silnie zaburzona tektonicznie (przefałdowania, uskoki, brekcje), co pociąga za sobą duże zróżnicowanie przepuszczalności tych utworów. Sztolnie przechodzą na przemian przez skały przepuszczalne, półprzepuszczalne oraz nieprzepuszczalne.

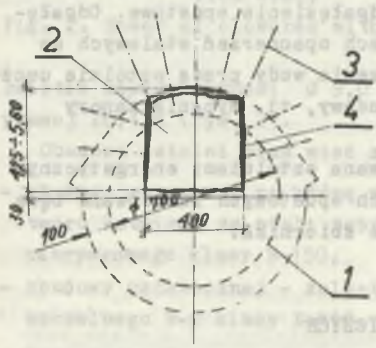
Na lewym brzegu Dunajca warunki geologiczno-górnicze są lepsze, występują tylko dwa zasadnicze kompleksy skalne: radiolaryty i wapienie rogowcowe. Charakteryzują się one znacznymi spękaniami i przepuszczalnością.

3.2. Technologia drążenia tuneli, wież zamknięć i galerii na prawym brzegu

Technologię drążenia wyrobisk górniczych wykonano na podstawie projektu technicznego górniczych wyrobisk hydrotechnicznych przy zaporze w Czorsztynie opracowanego przez OBR-BG "Budokop" Mysłowice.

3.2.1. Drążenie sztolni wykonywano w czterech zasadniczych etapach

Etap I - obejmował wykonanie sztolni pilotowych pod stropem wzdłuż całej długości obu projektowanych sztolni (rys. 3).



Rys. 3. Sztolnia pilotowa w obudowie kotwiowej

1 - obrys sztolni w obudowie ostatecznej, 2 - sztolnia pilotowa, 3 - kotwie żelbetowe mocujące siatkę Nowomag, 4-15 cm warstwa betonu natryskowego

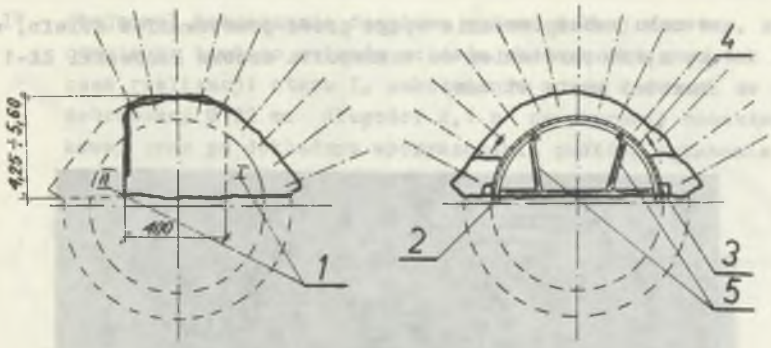
Fig. 3. Pilot drift in anchor lining

Sztolnie pilotowe na odcinkach po 20 m od wlotów i na wylotach wykonane były w obudowie górniczej ŁP-8, na pozostałych odcinkach w obudowie kotwiowej. Siatki Nowomag kotwiono do stropu kotwiami dł. 4,2 m ze stali żebrowanej Ø 22 mm i następnie pokrywano betonem natryskowym.

Sztolnie pilotowe spełniały dwa podstawowe zadania: zapewniały wentylację obiegową przy drążeniu sztolni oraz pozwalały na doskonałe rozeznanie warunków geologiczno-górniczych.

Etap II - obejmował wykonanie wyłomu górnej połowy sztolni przez poszerzenie sztolni pilotowej oraz ułożenie betonów ostatecznych na obwodzie wyłomu (rys. 4).

Wyłomy wykonywane były zasadniczo przy użyciu materiałów wybuchowych z ograniczonym strzelaniem obrysowym z odstępem ok. 0,5 m od projektowanego wyłomu. Pozostałą skałę do teoretycznego obrysu wyłomu urabiano ręcznie przy użyciu młotków pneumatycznych.



Rys. 4. Fazy poszerzania sztolni pilotowej

1 - I, II kolejność wykonywania wyłomu, 2 - kantówka zabetonowana w spągu, 3 - krążyny metalowe, 4 - deskowanie, 5 - rozparcie krążyn

Fig. 4. Stages of pilot drift widening

Wyłomy na bieżąco zabezpieczane były obudową wstępną składającą się z 5 cm warstwy betonu natryskowego, siatki Nowomag mocowanej do ociosów kotwiami dł. 4,2 m ze stali żebrowanej Ø 22 mm osadzonych na zaprawie cementowo-piaskowej.

Kotwy zakładano co 1,0 x 1,0 m. Następnie wykonywano 10 cm warstwę betonu natryskowego mającą na celu zabezpieczenie skał przed wietrzeniem oraz wzmacniającą obudowę wstępną.

Wyłom etapu II obejmował również wykonanie wyłomu stóp stanowiących podparcie części górnej obudowy.

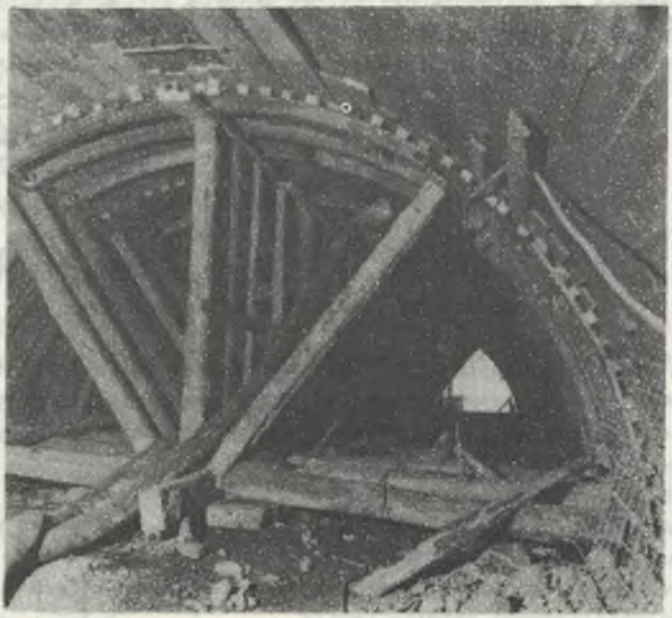
Po wykonaniu wyłomu i zabezpieczeniu obudową wstępną na odcinku od 20 do 30 mb, w zależności od warunków geologiczno-górniczych wykonywana była ostateczna obudowa żelbetowa odcinkami po około 5-6,0 m.

Wykonanie obudowy ostatecznej obejmowało kolejno następujące czynności:

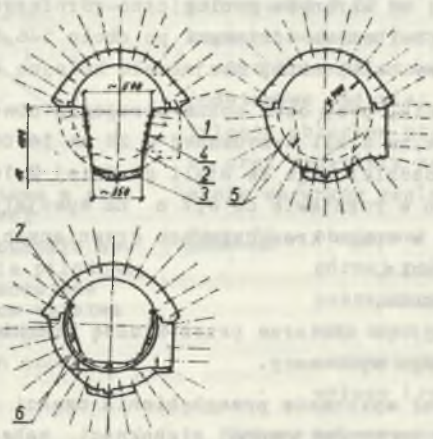
- wykonanie zbrojenia, przy czym nośne zbrojenie obwodowe składało się z czterech prętów, ze stali żebrowanej Ø 28 mm 34 GS montowanych co 25 cm oraz zbrojenia rozdzielczego ze stali gładkiej Ø 16 mm co 30 cm,
- ustawienie krążyn w rozstawie co 0,7 m na specjalnie przygotowanych i zabetonowanych w spągu krawędziakach drewnianych,
- wykonanie deskowania,
- rozparcie deskowania,
- betonowanie sekcji po odbiorze przez służbę mierniczą i inspektora nadzoru generalnego wykonawcy.

Etap III - obejmował wykonanie przegłębienia części środkowej dolnej warstwy do projektowanej głębokości, zabezpieczenie ociosów siatką ogrodzeniową, a następnie wykonanie płyty jezdnej z betonu B-150 grubości 0,4 m (rys. 5). Płytę jezdną wykonano

w celu zabezpieczenia spągu przed powstawaniem kolein, w związku z wykorzystaniem do transportu urobku ładowarki ŁK-1 o całkowitej masie 11 ton.



Fot. 1. Deskowanie stropowej części sztolni, widoczne krążyny stalowe, rozparcie i węże tłoczne do podawania betonu

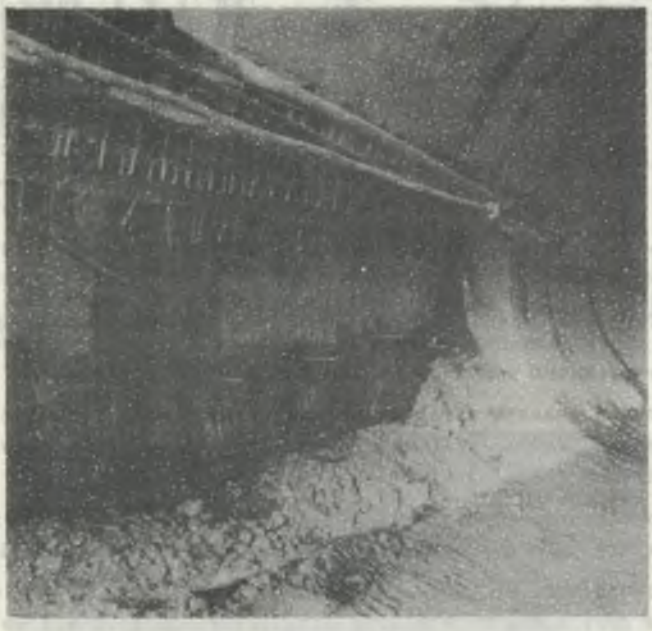


Rys. 5. Fazy wykonania części spągowej sztolni

1 - ostateczna obudowa żelbetowa części stropowej, 2 - wyłom części środkowej, 3 - płyta betonowa, 4 - siatka mocowana kotwiami, 5 - poszerzanie wyłomu środkowego, 6 - krążyny metalowe, 7 - belka mocująca krążyny

Fig. 5. Stages of making drift floor part

Etap IV - obejmował poszerzenie docelowe wyłomu dolnej warstwy, zabezpieczenie na bieżąco wyłomów ociosów obudową wstępną, tak jak podczas realizacji etapu I, zakotwienie spągu kotwiami ze stali żebrowanej Ø 22 mm długości 2,1 m na zaprawie cementowo-piaskowej oraz po dokładnym wyczyszczeniu podłoża wykonanie izolacji spągu 15 cm warstwą betonu B-150.

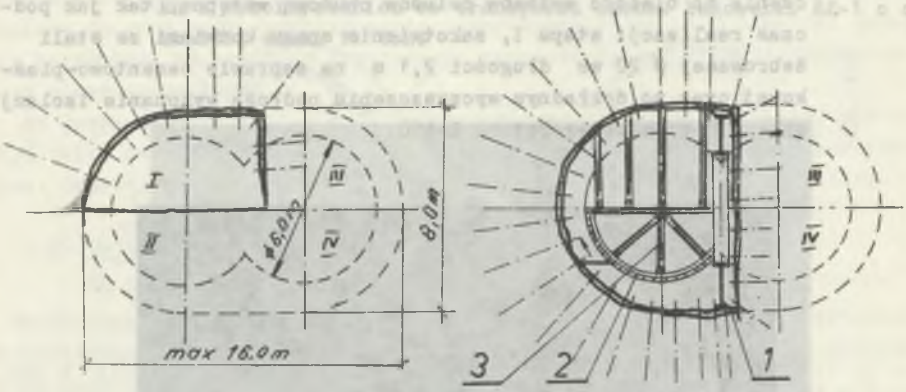


Fot. 2. Widok części spągowej sztolni poszerzonej do wymiarów ostatecznych

Podczas realizacji etapu III wyłomy wykonywano odcinkami 15-30 m w zależności od warunków geologiczno-górniczych, a następnie po wykonaniu zakresu etapu IV wykonywana była obudowa ostateczna w kolejności opisanej w etapie II.

W celu przyspieszenia robót wyłomy i betony dla etapu II oraz III i IV wykonywane były na przemian, z zachowaniem odstępów pomiędzy frontami robót około 10-15 m.

W innej kolejności wykonywane były jedynie rozgałęzienia ze względu na duże gabaryty wyrobiska (szerokość w wyłomie max 16 m (rys. 6).



Rys. 6. Fazy wykonywania wyłomu i obudowy rozwidleń sztolni
1 - rama stalowa, 2 - krążyny drewn., 3 - rozparcie krążyn
Fig. 6. Stages of making breakout and lining of drift forks

3.2.2. Wykonanie wież zamknięć

Ze względu na znaczną średnicę projektowanych wież zamknięć, wynoszącą w świetle wyłomu 11,0 m oraz trudne warunki geologiczne, głębienie odbywało się w trzech fazach technologicznych (rys. 7).

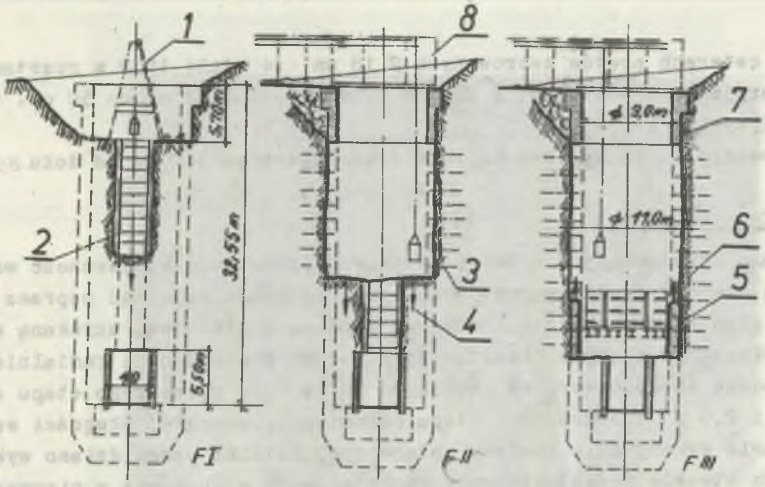
Faza I - obejmowała głębienie szybika wąskim przekrojem 3,0 x 2,6 m w kierunku z góry w dół, w obudowie drewnianej wieńcowej,

Faza II - obejmowała poszerzenie wąskiego przekroju szybików w kierunku z góry w dół do wymiarów ostatecznych w obudowie wstępnej składającej się z betonu natryskowego i siatki Nowomag, mocowanej do calizny kotwiami ze stali żebrowanej Ø 22 mm, długości 4,2 m na zaprawie cementowo-piaskowej w rozstawie 1,0 x 1,0 m,

Faza III - obejmowała wykonanie obudowy ostatecznej w kierunku od dołu do góry odcinkami 3,0 m. Obudowę ostateczną stanowi żelbet zbrojony czterema prętami ze stali Ø 28 mm w gatunku 34GS, w rozstawie co 20 cm i prętami rozdzielczymi Ø 16 mm.

3.2.3. Roboty na lewym brzegu Durajca

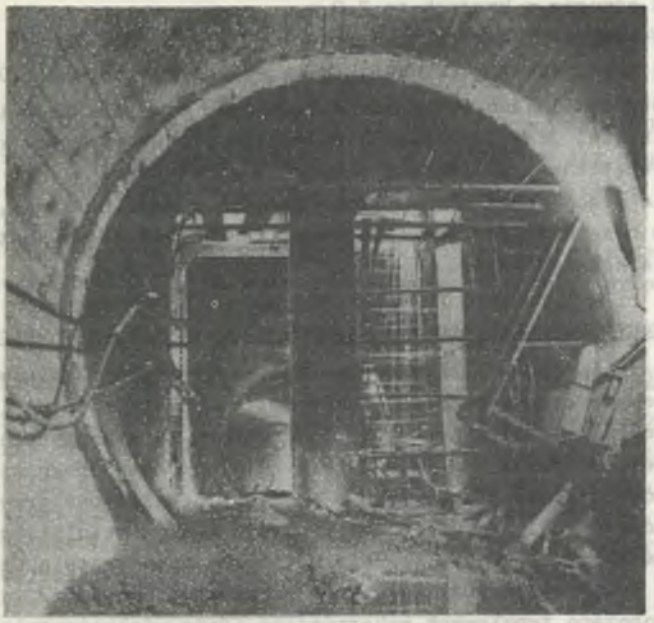
Obejmują docelowo wykonanie wyłomów galerii oraz szybu. Ze względu na lepsze warunki geologiczno-górnicze oraz mniejsze przekroje wyrobisk roboty prowadzone są przy użyciu MW z ograniczonym strzelaniem obrysowym, tak jak dla sztolni. Obudowę wstępną stanowi siatka Nowomag mocowana do górotworu kotwiami ze stali żebrowanej Ø 22 mm długości 3,0 m oraz betonu natryskowego. Po wykonaniu docelowych wyłomów wykonana będzie obudowa ostateczna żelbetowa. Zbrojenie zasadnicze obwodowe nośne zaprojek-



Rys. 7. Fazy głębienia szybów wież zamknięć

1 - trójnóg wyciągowy, 2 - tymczasowa obudowa wieńcowa, 3 - obudowa kotwiowa, 4 - poszerzanie szybika, 5 - betonowanie szybu, 6 - deskowanie, 7 - głowica szybu, 8 - konstrukcja wyciągu materiałowego

Fig. 7. Stages of shaft sinking of tower of closures



Fot. 3. Połączenie sztolni z wieżą zamknięć w czasie spawania blach opancerzenia

towane z czterech prętów żebrowanych Ø 18 mm ze stali 18G2 w rozstawie 25 cm, zbrojenie rozdzielcze z prętów żebrowanych Ø 12 mm co 30 cm. Grubość obudowy 1,0 m.

Betonowanie szybu wykonywane będzie odcinkami po 3,0 m od dołu do góry.

3.3. Cementacje

Założenia konstrukcyjne obudowy betonowej przewidują konieczność współpracy tej obudowy z górotworem. Współpracę tę można osiągnąć poprzez powiązania górotworu z obudową betonową warstwą kontaktową, uzyskaną w wyniku wtłoczenia zaczynu cementowego otworami odwierconymi radialnie przez obudowę do górotworu na głębokość 30 cm dla pierwszego etapu cementacji i 2,0 m dla drugiego etapu cementacji, na całej długości sztolni. W czasie wykonywania obudowy ostatecznej sztolni przewidziano wykonanie takich otworów przez osadzenie rur stalowych w obudowie w pierwszym okresie, a później przez pozostawienie gołych otworów o średnicy Ø 57 mm. Głównym zamierzeniem takiego rozwiązania technologicznego było uniknięcie trudności z wierceniem otworów cementacyjnych przez gęsto zbrojony beton obudowy. Rozmieszczenie otworów do cementacji w kręgach prostopadłych do osi sztolni było następujące:

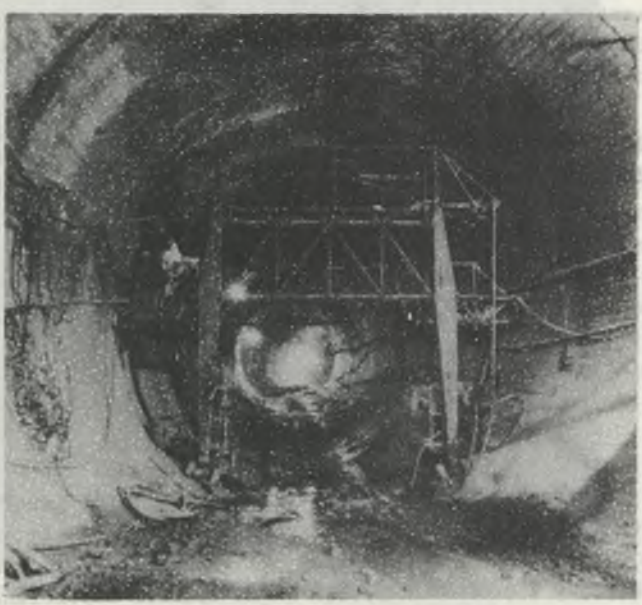
- odległość otworów w kręgach co 2,0 m,
- odległość pomiędzy kręgami co 1,0 m,
- sąsiednie rzędy otworów przesunięte są względem siebie o 1,0 m.

Łącznie w obu sztolniach wykonano około 5 tys. otworów. Zadaniem cementacji wypełniającej jest zapewnienie sztywnego i równomiernego kontaktu pomiędzy zewnętrzną powierzchnią obudowy a górotworem.

Aktualnie prace cementacyjne prowadzone są w sztolni lewej, przy użyciu pomostu przejezdnego umożliwiającego stosunkowo łatwy dostęp do miejsca wiercenia każdego otworu.

3.4. Wykonywanie wiertniczych otworów mało- i wielkośrednicowych

W czasie drążenia sztolni wykonano dwa otwory małośrednicowe Ø 180 mm, które zarurowano rurami o średnicy 159 mm. Otwór dla sztolni lewej miał długość 15 m, dla sztolni prawej 35,0 m. Otwory te wykorzystane były do podawania betonu. Dzięki takiemu rozwiązaniu skrócono drogę transportu betonu, a równocześnie przez okres 6 miesięcy umożliwiono prowadzenie robót betonowych pomimo zamknięcia przejazdu wzdłuż sztolni, ponieważ w komorach zamknięć były w tym okresie montowane opancerzenia stalowe. Po zakończeniu robót zostały zlikwidowane przez zabetonowanie. Po raz pierwszy przy robotach tunelowych wykorzystano otwór wielkośrednicowy przy drążeniu szybu galerii na lewym brzegu Dunajca.



Fot. 4. Pomost przejezdny do wykonywania cementacji

Otwór o średnicy Ø 1016 mm wykonano wiertnicą Turmag EH-1200 z napędem pneumatycznym. Otwór ten wykorzystano jako otwór zsypny dla opuszczania urobku podczas głębienia szybu, ponadto zapewnił on wentylację obiegową w drążonym szybie.

Rozwiązanie to w znacznym stopniu skróciło okres drążenia szybu, a wiercenie otworu łącznie z montażem i demontażem wiertnicy wykonano w ciągu 10 dni.

3.5. Zagadnienie odstawy urobku i transportu materiałów wsadowych

Odstawa urobku, jak i transport niezbędnych materiałów wsadowych, w tym mieszanki betonowej, nie sprawiło żadnych problemów dzięki zastosowaniu doskonałego środka transportu, jakim jest ładowarka ŁK-1. Wybieranie urobku dzięki dużej pojemności czerpaka, wynoszącej 1,5 m^3, odbywało się stosunkowo szybko. Sprawni operatorzy potrafili wybierać urobek bardzo dokładnie, przez co czyszczenie ręczne ograniczone było do minimum. Na budowie były stale zatrudnione dwie ładowarki ŁK-1. Jedynie w końcowych odcinkach sztolni, przy dużych nachyleniach przegłębień przy portalach wylotowych, dodatkowo do odstawy urobku wykorzystano zgarniak ciągniony kołowrotem DEKO. Podczas wykonywania szybów wież zamknięć stal zbrojeniową, krążyny metalowe, deskowanie oraz drewno na pomosty opuszczano

do szybu urządzeniem wyciągowym (elektrowciągiem), zainstalowanym na szynie jezdnej zabudowanej powyżej głowicy szybu.
Wyprofilowanie szyny w kształcie koła, o promieniu zbliżonym do wewnętrznego promienia obudowy szybu umożliwiało dostawę ciężkich segmentów zbrojenia bezpośrednio do miejsca ich zabudowy.

3.6. Zagadnienie przygotowania transportu mas betonowych dla betonu natryskowego i betonu konstrukcyjnego

Beton natryskowy klasy B-150 wykonywany był bezpośrednio w miejscu pracy i podawany urządzeniem BEPO. W czasie napełnienia zbiornika następuje jednocześnie mieszanie składników masy betonowej (kruszywo o średnicy do 20 mm). Po przygotowaniu masy betonowej podawana jest ona giętkim przewodem Ø 50 mm zakończonym końcówką z rury Ø 57 m długości 1,2 m pod ciśnieniem 6 at. Wykonywanie betonu natryskowego wymaga od operatora dużego doświadczenia ze względu na dobór odpowiedniej konsystencji masy betonowej.

Beton konstrukcyjny klasy B-150, o wodoszczelności W-6 o konsystencji plastycznej wykonywany był przez centralną betoniarnię generalnego wykonawcy hydroelektrowni i dostarczany przez wloty sztolni betonowozami o poj. 6,0 m^3. Następnie transportowany był w czerpaku ładowarki ŁK-1 do pomostu zsypnego. Z pomostu zsypnego dwoma rynnami napełniano betonem 2 urządzenia WUBET-400, skąd poprzez węże wysokociśnieniowe beton pod ciśnieniem 5 at. podawany był równomiernie za deskowanie.

Za pomocą urządzeń WUBET wykonano około 80% betonów sztolni i wież zamknięć.

Około 15% betonów podawanych było pompą do betonowania typ "Stetter". Pompa zabudowana była we wlotach do sztolni, beton podawany był za deskowanie rurociągiem Ø 108 mm na odległość do 100 mb. Przy pierwszych betonowaniach pompą "Stetter" duży problem stanowiło dobre doszczelnienie między dolną a górną powłoką obudowy betonowej, tzn. uszczelnienie szwów roboczych. Ze względu na duże ciśnienie podawanej masy betonowej problem ten jednak rozwiązano poprzez odpowiednie wykonanie szalunku.

Około 5% betonów podawanych było za szalunek bezpośrednio z betonowozów lub czerpaka ładowarki ŁK-1 rynnami spływowymi. Przy wykonywaniu szalunku dla typowych przekrojów sztolni i wież zamknięć stosowane były krążyny stalowe umożliwiające ich wielokrotne wykorzystanie. Jedynie na rozgałęzieniach i końcówkach sztolni energetycznych ze względu na zmienną geometrię stosowane były krążyny drewniane jednorazowego użytku, wykonane w całości przez warsztat stolarski na budowie.

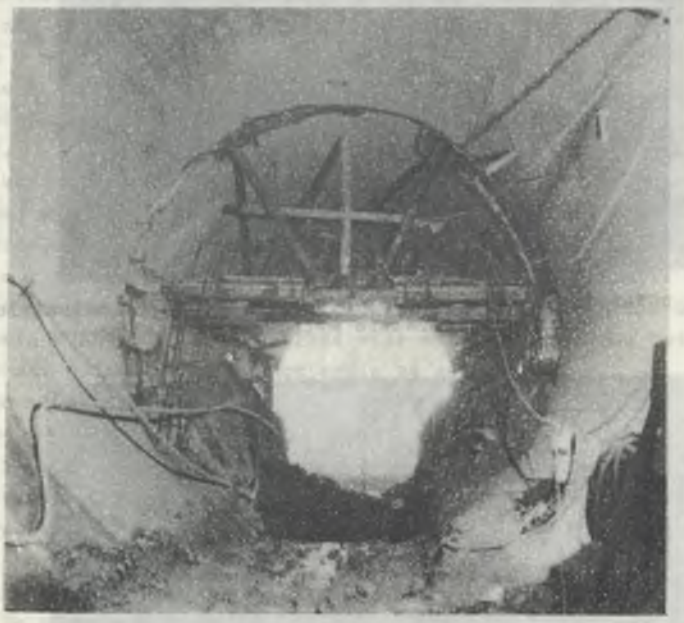
Fot. 5. Węzeł podawania masy betonowej urządzeniami WUBET zainstalowanymi w górnej warstwie wyłomu sztolni

Fot. 6. Deskowanie drewniane dla wzniesienia obudowy betonowej końcówki sztolni

3.7. Zagadnienie techniki strzałowej i wyłomów ponadnormatywnych

W czasie prowadzenia robót wyłomowych przy użyciu materiałów wybuchowych prowadzone były strzelania obrysowe ograniczonymi ładunkami ze względu na:

- ochronę zabytkowego zamku w Niedzicy,
- ochronę górotworu, tj. niedopuszczenie do powstania spękań oraz przekroczenie projektowych wyłomów,
- ochronę dojrzewających betonów świeżo wzniesionej obudowy.



Fot. 7. Wykonywanie przegłębienia wylotu sztolni za pomocą kołowrotu DEKO-55 zabudowanego na pomoście

W związku z tym należało opracować podstawowe parametry prowadzenia robót strzałowych dostosowane do ww. warunków technologicznych. Zagadnienia te zostały rozwiązane przez OBR - Budokop w kooperacji z zespołem pracowników AGH Kraków. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów efektów sejsmicznych opracowano "Wytyczne realizacji i technologii robót strzałowych w wyrobiskach górniczych przy równoległym wykonywaniu stałej obudowy sztolni hydrotechnicznych". Wytyczne te wyznaczały dopuszczalne wielkości ładunków MW w funkcji odległości od chronionych obiektów, z uwzględnieniem wytrzymałości obudowy w zależności od czasu wiązania betonu oraz sposób włomowania zapewniający skuteczne urabianie, a równocześnie minimalizację efektu sejsmicznego.

Dla zapewnienia właściwej ochrony górotworu stosowano strzelanie obrysowe z odstępem 0,5 m od projektowanego wyłomu. Pozostałą skałę do teoretycznego wyłomu urabiano ręcznie. Pozwoliło to na zminimalizowanie przekraczania wyłomów projektowych a równocześnie nie powodowało spękań pozostałego górotworu. Przekroczenia wyłomów sięgające 20% wystąpiły przy wykonywaniu wyłomów warstwy stropowej, natomiast przy wyłomach spągu do 10%.

Pomimo prowadzenia robót w tak trudnych warunkach geologiczno-górniczych, w czasie drążenia nie powstały żadne obwały, a uzyskane przekroczenia wyłomów, sięgające średnio 15%, można uznać za bardzo dobre osiągnięcie. Uzyskanie tak dobrych wyników wymagało od wykonawcy opracowania odpowiednich technologii prowadzenia robót, ścisłego przestrzegania przyjętych reżimów technologicznych oraz dużego doświadczenia górników strzałowych.

4. ORGANIZACJA PRACY

4.1. Organizacja zaplecza technicznego i socjalno-bytowego

W celu zapewnienia sprawnego prowadzenia robót, przy znacznej odległości od macierzystego zakładu, konieczne było zorganizowanie podstawowego zaplecza technicznego na placu budowy. W skład tego zaplecza wchodziły następujące obiekty:

- podręczny magazyn materiałów wsadowych,
- magazynek paliw i olejów,
- warsztat bieżących remontów sprzętu,
- stolarnia,
- podręczny magazyn sprzętu.

Ze względu na specyfikę robót, w początkowym okresie realizacji sztolni 90% zatrudnionej załogi stanowili wysoko kwalifikowani pracownicy oddelegowani z Bytomia. Wymagało to zapewnienia odpowiedniej bazy hotelowej.

4.2. Zagadnienia kooperacyjne

Ze względu na duży zakres robót i ich różnorodność przy realizacji inwestycji zatrudnionych jest, oprócz generalnego wykonawcy Energopolu-2 z Krakowa, aż 8 podwykonawców. Sytuacja ta wymaga od poszczególnych podwykonawców wzajemnej kooperacji i koordynacji, szczególnie w przypadkach bezpośredniego styku robót.

Podczas realizacji sztolni montaż opancerzeń w wieżach zamknięć oraz na wylotach sztolni prowadzony był przez Energomontaż Katowice. Wypełnianie betonami wtórnymi przestrzeni za opancerzeniami było z kolei realizowane przez ZRG-Bytom.

Wykonywanie robót cementacyjnych prowadzone jest przez podwykonawcę, tj. Oddział Robót Specjalnych Energopolu - 2.

5. WNIOSKI

5.1. Właściwy dobór sprzętu

Właściwy dobór sprzętu zapewnia sprawną realizację zadań, a równocześnie umożliwia uzyskanie wysokiej jakości betonów. Jako środek transportowy doskonale zdały egzamin ładowarki ŁK-1. Również podawarka betonu BEPO spełnia swoje zadanie przy wykonywaniu betonu natryskowego.

Natomiast WUBET-400 jako urządzenie do podawania betonu konstrukcyjnego jest jak na współczesne warunki i wymagania techniczne urządzeniem bardzo przestarzałym i prymitywnym, ponadto opóźnia proces betonowania ze względu na małą wydajność max 6-8 m^3/godz. Równocześnie proces przygotowania tych urządzeń do pracy jest bardzo pracochłonny i wymaga odpowiednio dużej przestrzeni, bowiem dodatkowo trzeba wykonać pomost do podawania betonu do WUBET-ów. W czasie betonowania napełnianie WUBET-ów odbywa się ręcznie, co jest bardzo uciążliwą i pracochłonną czynnością.

5.2. Braki sprzętowe budownictwa hydrotechnicznego w kraju

Najlepszym rozwiązaniem przy wykonywaniu tego typu obiektów jest stałe stanowisko do podawania betonu ze stacjonarną pompą betonacyjną. Były przeprowadzane próby z polską pompą BP-30, nie zdały one jednak egzaminu, a zakup szwajcarskich pomp do betonowania typu "Schwing" nie doszedł do skutku.

Również krajowe węże wysokociśnieniowe średnicy Ø 100 mm nie zdały egzaminu. Doskonale spisywały się węże francuskie firmy "Klebber".

5.3. Wpływy czasu realizacji robót na koszty i jakość wykonawstwa

Realizacja tej inwestycji przebiega w okresie trudnej sytuacji gospodarki polskiej, co w znacznym stopniu wydłużyło okres realizacji tej inwestycji. Braki stali lub cementu na całe tygodnie przerywały postęp prac.

Również w dalszym ciągu toczące się dyskusje o celowości budowy zapory na Dunajcu w Czorsztynie nie sprzyjały postępowi robót. Wynikające stąd opóźnienia robót w znacznym stopniu zwiększyły koszty budowy.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz PODGÓRSKI

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1987 r.

ТЕХНИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ЧОРШТЫНЕ НА Р. ДУНАЕЦ

Р е з у м е

В работе представлены применяемые технологии выполнения горных выработок для гидроэлектростанции на р.Дунаец. Оценены технические условия и организация с точки зрения правильности реализации работ. Показана система горных выработок гидроэлектростанции в Чорштыне и горно-геологические условия. Описана технология проходки тоннелей, башен и затворов.

Определено, что в результате правильного подбора и применения техники можно быстро реализовать задание. При выполнении гидротехнических объектов наиболее правильным является постоянное место для подачи бетона при помощи стационарной помпы. Проведены были эксперименты с польской помпой ВР-30, которые не дали ожидаемых результатов.

Для получения требуемых условий совместного действия крепи и горного массива, предполагается нагнетание цементного замеса в пространство контакта крепи с горным массивом.

Чтобы избежать трудности бурения отверстий для цементирования в железобетонной крепи выполнены стальные трубы во время строительства конечной крепи штольни. Отверстия для цементирования расчеканки размещено по окружности через 2 м., а вертикально через I м. В обеих рассматриваемых штольнях выполнено около 5 тыс. отверстий.

TECHNICAL-ORGANIZATIONAL PROBLEM OF MINING WORKS PERFORMANCE FOR HYDRO-ELECTRIC POWER STATION IN CZORSZTYN ON DUNAJEC RIVER

S u m m a r y

The paper presents technologies used at making mining headings for hydro-electric power station on Dunajec. Evaluation of technical and organization conditions has been presented from the point of view of correctness of works realization.

The system of mining headings of hydro-electric power station in Czorsztyn and geological-mining conditions have been given.

It has been found out that proper selection and aplication of equipment result in quick realization of tasks. The best solution at making hydro-technical objects is to prepare constant stand for concrete feeding with stationary concrete pump. The attempts with Polish pump 13P-30 did not give expected effects.

To archieve required conditions of cooperation of lining with rock mass, forcing cement ground in space on lining-rock contact has been proposed.

To avoid difficulties in drilling of cement holes through reinforced concrete lining, steel pipes were built during making final lining of the drift. Holes for fullering, cementation were distributed on perimeter every 2 m, and vertically every 1 m. In both discussed drifts about 5 thousands of holes were made.