

Joachim GŁOMBIK

Rudolf MAKIOŁKA

**KONCEPCJA WYKONAWSTWA TUNELI I KOMÓR NA PRZYKŁADZIE ROBÓT
GÓRNICZYCH HYDROELEKTROWNI CZORSZTYN NA DUNAJCU**

Streszczenie. W pracy podano sposoby wykonawstwa tuneli i komór ze szczególnym uwzględnieniem etapów realizacji robót w poszczególnych fazach w nawiązaniu do warunków geologicznych i projektu technicznego hydroelektrowni Czorsztyn na Dunajcu.

1. WPROWADZENIE

Budownictwo hydrotechniczne szczególnie związane z budową podziemnych wyrobisk górniczych nie ma w Polsce większych tradycji.

W okresie powojennym zbudowano dotąd hydroelektrownię na rzece Sole w Tresnej wyposażoną w pojedynczy tunel energetyczny a na ukończeniu znajduje się budowa hydroelektrowni szczytowo pompowej o poważnym zakresie robót górniczych również na rzece Sole w miejscowości Porąbka-Żar.

Aktualnie rozpoczęta została budowa hydroelektrowni szczytowo pompowej w Młotach na Dolnym Śląsku oraz hydroelektrowni wyposażonej w dwa zespoły tuneli energetycznych i szybków komór uderzeń na rzece Dunajec w Czorsztynie. Brak tradycji w hydrotechnicznym budownictwie tunelowym wynika przede wszystkim z konfiguracji Polski oraz w znacznie mniejszym stopniu z konieczności ponoszenia poważnym nakładem środków technicznych i finansowych na jego realizację. Z reguły roboty górnicze, przy budowie hydroelektrowni w naszych warunkach, zlokalizowane są w zboczach gór o strukturze słabozwieszłej. Taka lokalizacja wymaga specjalnych zabezpieczeń przodków górniczych w trakcie wykonawstwa oraz konstrukcji obudów odpornych zarówno na znaczne ciśnienia górotworu w czasie budowy, jak i ciśnienie hydrodynamiczne podczas eksploatacji. Z tych to powodów roboty górnicze w budownictwie hydrotechnicznym w znacznym stopniu odbiegają w technologii wykonawstwa i przedsięwziętych środków technicznych od klasycznego podziemnego budownictwa górniczego.

Zbiegiem okoliczności, a przede wszystkim brakiem wyspecjalizowanych przedsiębiorstw podziemnego budownictwa inżynierskiego, wykonawcą robót górniczych przy pierwszej hydroelektrowni w Tresnej oraz nowo rozpoczętej

budowie hydroelektrowni w Czorsztynie jest Przedsiębiorstwo Robót Górniczych w Bytomiu, hydroelektrowni w Porąbce-Żar Przedsiębiorstwo Robót Górniczych w Mysłowicach a hydroelektrowni w Młotach - Dolnośląskie Przedsiębiorstwo Robót Górniczych.

Przystępując w roku 1963 do wykonawstwa tuneli hydroelektrowni w Tresnej Przedsiębiorstwo Robót Górniczych Bytom dysponowało jedynie tradycyjnym sprzętem złożonym z wiertarek udarowych ręcznych, ładowarek zasięrzutnych, obudów drewnianych i stalowych oraz pneumatycznych podajników betonu i pomp cementacyjnych. To wyposażenie techniczne powodowało tradycyjny, żmudny proces technologiczny oraz prowadzenie robót w sposób nie zawsze zgodny z wymogami budownictwa hydrotechnicznego.

Rozpoczęte w roku 1978 roboty górnicze przy hydroelektrowni w Czorsztynie, bazując na doświadczeniach budów w Tresnej, a przede wszystkim w Porąbce Żarze, przewidziano wykonywać bardziej nowoczesnymi procesami technologicznymi przy użyciu najnowocześniejszych, dostępnych w kraju maszyn i urządzeń.

2. CHARAKTERYSTYKA ROBÓT GÓRNICZYCH HYDROELEKTROWNII NA DUNAJCU W CZORSZTYNIE

Roboty górnicze hydroelektrowni na Dunajcu w Czorsztynie /rys.1/ obejmują wykonawstwo dwu tuneli o średnicy w świetle obudowy 7,0 m, grubości obudowy żelbetowej 0,9 m i długości 195 m i 214 m, dwóch rozgałęzień tuneli oraz dwóch komór szybków uderzeń o średnicy 9,0 m grubości obudowy żelbetowej 1,0 m oraz głębokości 17,9 i 27,0 m. Łączny zakres robót obejmuje wykonanie około 44,4 tys. m³ wyłomu około 3,8 tys. m³ betonu natryskowego jako obudowy wstępnej oraz około 15,3m³ żelbetu konstrukcyjnego, jako obudowy ostatecznej. Tunele oraz komory szybków uderzeń zlokalizowane są w żmliwym górotworze złożonym z wapieni, radiolarytów i iłżupków. Stan skarp, w których rozpoczęto drążenie tuneli wymagał w celu scalenia górotworu wykonania głębszej, wysokociśnieniowej cementacji.

3. TECHNOLOGIA WYKONANIA TUNELI ENERGETYCZNYCH

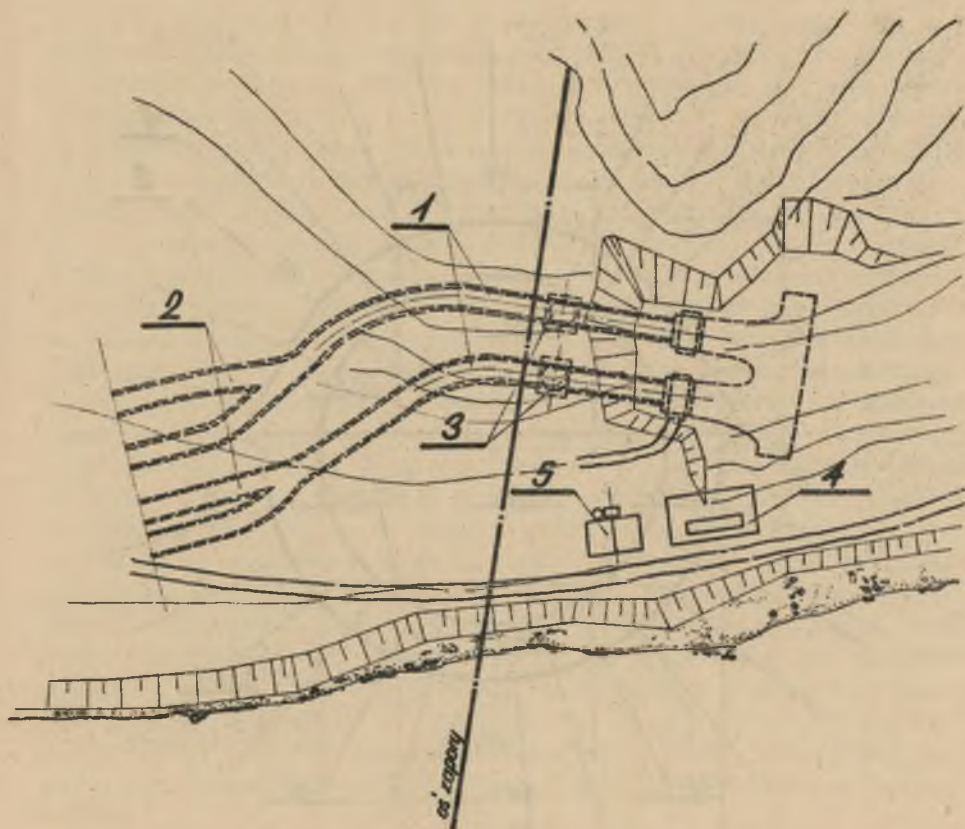
Z uwagi na znaczne rozmiary tuneli oraz ich wykonawstwo w słabo-związanym górotworze postanowiono je zrealizować w następujących etapach /rys.2/.

Etap I

Faza 1 - wyłom sztolni pilotowych w obudowie wstępnej.

Faza 2 - poszerzanie sztolni pilotowej w obudowie wstępnej.

Faza 3 - betonowanie obudowy ostatecznej części stropowej tunelu.



Rys.1. Plan sytuacyjny robót górniczych hydroelektrowni Czorsztyn na Dunajcu

1. Tunele energetyczne
2. Rozwidlenie tuneli
3. Szybiki komory uderzeń tuneli
4. Bezpośrednie zaplecze budowy
5. Centralny punkt przygotowania masy betonowej

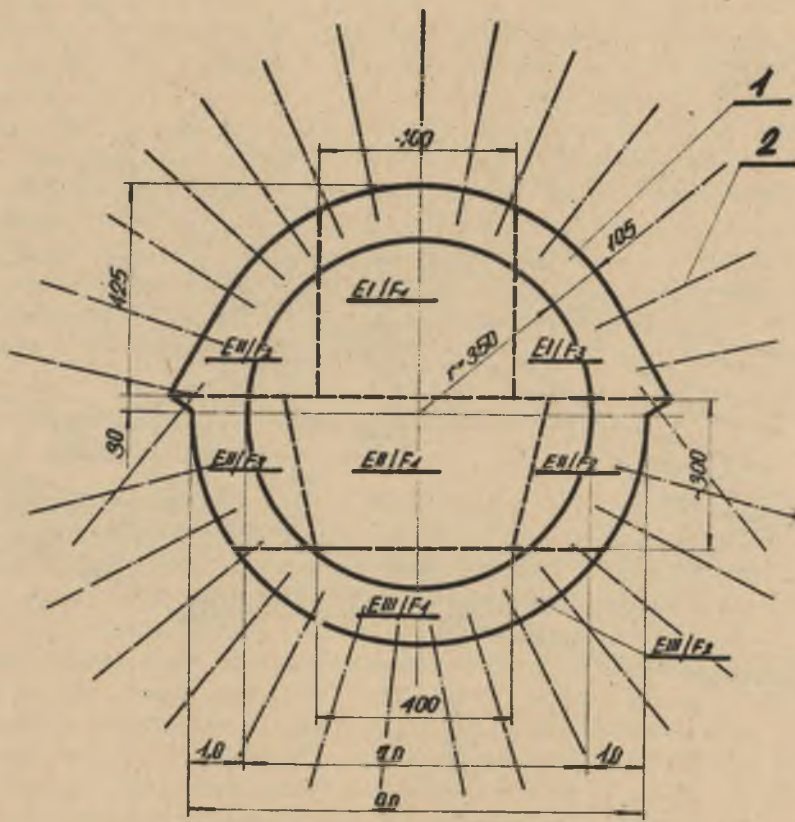
Etap II

- Faza 1 - wyłom części środkowej tunelu bez obudowy ociosów
 Faza 2 - wyłom ociosów części środkowej tunelu w obudowie wstępnej.
 Faza 3 - betonowanie obudowy ostatecznej części środkowej tunelu.

Etap III

- Faza 1 - wyłom części spagowej tunelu w obudowie wstępnej.
 Faza 2 - betonowanie obudowy ostatecznej części spagowej tunelu.

Etap IV - cementacja uszczelniająca obudowę ostateczną tunelu oraz górotwór otaczający.



Rys.2. Przekrój poprzeczny tuneli z podziałem na etapy wykonawstwa

1. Obudowa ostateczna żelbetowa 0,9 m i wstępna z betonu matryksowego
2. Kotwie wkładane
EI/F₁ do F III/V₂ - etapy i fazy robót

Jak z przebiegu prac poszczególnych etapów wynika ich celem jest kolejno zabezpieczanie górotworu przed odprężaniem i niszczeniem oraz maksymalne ograniczenie pracy załóg przodkowych pod nieobudowanym stropem.

W porównaniu do robót prowadzonych w Tresnej, gdzie obudowę wstępną stanowiły wyjątkowo szczelnie podsadzane sztywne odrzwia i łuki stalowe, obecnie w Czorsztynie wykonuje się ją w postaci obudowy kotwiono-betona-

wej. Kotwie, zależnie od strefy odprężeń o długości od 2,1 do 4,2 m, wklejane są w górotwór tworzywami sztucznymi lub zaczynem cementowym. Beton na kotwie i górotwór nanoszony jest kilkoma warstwami mechanicznie. Beton obudowy ostatecznej z uwagi na krzywizny tuneli wykonywany będzie w odeskowaniu drewnianym. W poszczególnych etapach górotwór urabiany będzie materiałem wybuchowym, przy czym wpływ robót strzałowych na górotwór i otoczenie mierzony będzie przez placówkę Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. Do wiercenia otworów strzałowych wykorzystana zostanie prototypowa dwuwysięgnikowa wiertnica zespołowa typu BW32R wykonana w kooperacji Zakładów Mechanicznych Zamet i firmy Salzgitter Maschinen AG. Strona polska dostarczyła w tym przypadku samojedźnego podwozia kołowego typu Fadroma o napędzie spalinowym a strona niemiecka zespół wysięgników i wiertarek hydraulicznych o napędzie elektrycznym. Samojedźne podwozie wiertnicy zespołowej umożliwiła jej stosunkowo szybkie przemieszczanie i zastosowanie szeregowo w przodkach obu równoległe drążonych sztolni. Zastosowanie wiertnicy poprzez odsunięcie wiertaczy od czoła przodka umożliwiło poważną poprawę bezpieczeństwa i komfortu pracy załóg przodkowych. W trudnych warunkach górotworowych, wykluczających stosowanie głębokich otworów strzałowych oraz powodujących częste kleszczenie wiertek, wiertnica zespołowa nie jest wykorzystana w pełnym zakresie. Do jej niedomogów zaliczyć można ponadto niemożliwość wykończenia do wiercenia otworów kotwicznych rozmieszczonych po obwodzie wyrobiska, prostopadle do jego osi podłużnej. W wyniku powyższego na wyposażeniu przodków poza wiertnicą zespołową znajdują się typowe wiertarki udarowo-obrotowe, przystosowane we własnym zakresie do wiercenia głębokich otworów kotwicznych. Otwory te szczególnie w partiach śrópopowych z uwagi na gabaryty wyrobisk wiercone muszą być ze zwałów urobku i przodkowych pomostów wiszących. Konieczność takiego postępowania zakłóca tok pracy przodkowej, powodując poważne opóźnienie w zamykaniu cykli.

Odstrzelony materiałami wybuchowymi urobek wybierany i odstawiany jest z przodków na miejsce czasowego odkładu poza tunelami na powierzchni ładownikami typu Fadroma. Ładowniki z czerpakami opróżnianymi czołowo zamontowane są na analogicznym podwoziu kołowym co wiertnicy zespołowa BW 32 R. Taki dobór urządzeń ułatwia w pewnym stopniu gospodarkę częściami zamiennymi zespołów jezdnych maszyn.

Ładowniki, tak jak i wiertnica zespołowa, wykorzystywane są w przodkach obu równoległe drążonych tuneli. Ponadto z uwagi na własny napęd oraz niezależenie od torowisk używa się ich do przewozu maszyn i urządzeń elementów obudowy i zabudowywanych konstrukcji technologicznych oraz przemieszczania technologicznego kruszyw i mas ziemnych. Z uwagi na silnie spękany górotwór przy wiertnicy a szczególnie ładownikach notuje się nadmierne zużycie ogumienia.

Niezależnie od podanego sposobu mechanizacji wiercenia otworów strzałowych oraz wybierania i odstawy urobku zmechanizowano sposób przygoto-

wania, dowozu i nanoszenia na górotwór masy betonu natryskowego. Jest on odmienny od stosowanego w robotach kopalnianych. Składa się z centralnego punktu przygotowania masy betonowej, środka jej przewozu do przodków oraz przodkowych urządzeń betonacyjnych. W skład centralnego punktu przygotowania masy betonowej wchodzi składowisko i zbiornik kruszyw, zbiornik cementu, wagowe urządzenia dozujące składniki oraz betoniarka talerzowa. Elementem łączącym centralny punkt przygotowania masy betonowej z przodkami jest betoniarka samochodowa. W przodkach zastosowano wieloczynnościowe urządzenie betonacyjne typu WUBST, które wykorzystywane jest wyłącznie do tłoczenia masy betonowej. Przedstawiony zestaw urządzeń zapewnia możliwość uzyskiwania wysokiej jakości betonu natryskowego przy minimalnych stratach jego składników w procesie produkcji. Ponadto charakteryzuje się on przy zaangażowaniu znikomej ilości maszyn, sprzętu i ludzi dużą elastycznością, umożliwiającą obsługiwanie równolegle kilku przodków. Odmiennym tokiem wyróżniać się będzie proces wytwarzania, transportu i zalewania betonu obudowy ostatecznej. Tu beton o wymaganych parametrach wytrzymałościowych wytwarzany będzie w centralnej betoniarni obsługującej całą inwestycję to jest kilku wykonawców. Z centralnej betoniarni beton przewozić się będzie do wlotu tuneli skąd do przodków tłoczyć się go będzie za odeskowania drewniane pompą betonacyjną typu Schwing EB 250E. Należy tu wspomnieć, że wysokie wymagania wytrzymałościowe stawiane wszystkim betonom hydrotechnicznym zmuszają wykonawców do utrzymywania laboratorium badania betonów.

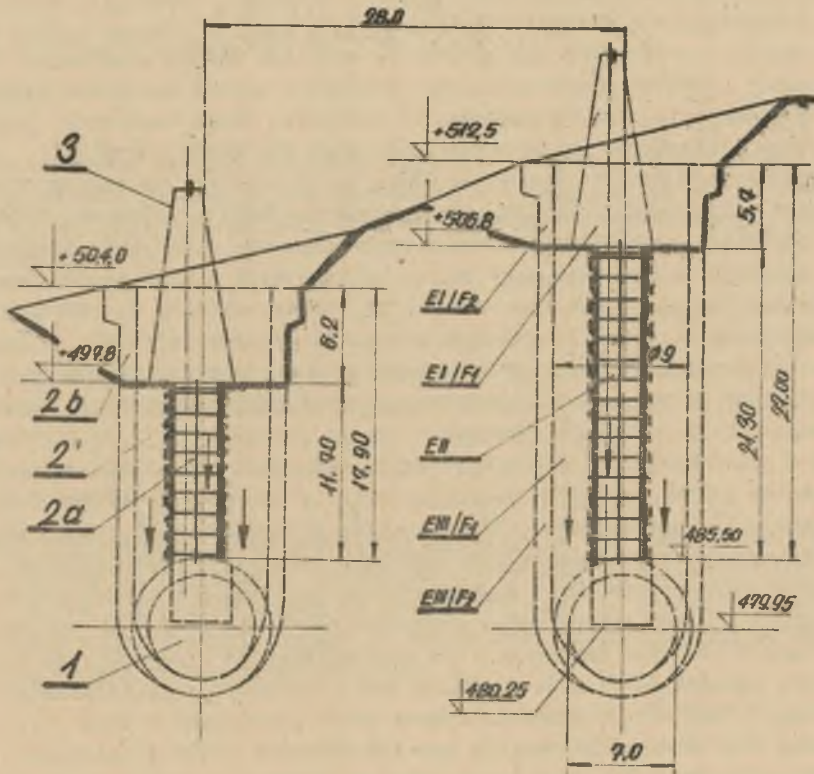
4. TECHNOLOGIA WYKONYWANIA SZYBIKÓW KOMÓR UDERZEŃ

Ze względów hydrotechnicznych każdy tunel energetyczny wyposażony musi być w szybik komorę-uderzeń. W przypadku hydroelektrowni Czorsztyn szybiki te /rys.3/, przy znacznej średnicy 9,0 m w świetle, charakteryzują się stosunkowo małą wysokością 17,9 i 27,0 m. Te dane techniczne, brak uzasadnienia ekonomicznego dla zastosowania typowych maszyn wyciągowych i odeskowań stalowych oraz bardzo złe warunki górotworowe, eliminujące zastosowanie wierceń wielkośrednicowych lub drążenie nadsięwłomów-spowodowały realizację szybików w nietypowym dla podziemnego budownictwa górniczego następującym cyklu:

Etap I

- Faza 1 - wyłom głowicy szybików wykopem wielkoprzestrzennym z zabezpieczeniem skarp wstępną obudową kotwioną.
- Faza 2 - betonowanie obudowy głowic szybików w odeskowaniu drewnianym.

Etap II- głębianie szybików wąskim przekrojem około 8,0 m³ w obudowie tymczasowej drewnianej z trójnogu wyposażonego w kołowrót.



Rys.3. Szybiki komory uderzeń

1. Przekrój tunelu
2. Szybik komora uderzeń
- 2a. Wąski przekrój szybika
- 2b. Głowica szybika
3. Trójnóg wyciągowy

Etap III

- Faza 1 - poszerzanie wąskiego przekroju do ostatecznych gabarytów szybików w obudowie wstępnej kotłowo-betonowej w kierunku z góry w dół bez zaangażowania urządzenia wyciągowego.
- Faza 2 - betonowanie obudowy ostatecznej szybików w kierunku z dołu do góry przy użyciu urządzenia dźwigowego typu Demag, pomostów przekładanych oraz odeskowań drewnianych.

Jak z przytoczonego cyklu wykonawstwa wynika głowice realizowane będą sposobem budowlanym a elementy łączące głowice z podszybiami prymitywnymi, nienowoczesnymi sposobami górniczymi. W tym zakresie jedynie wstępna obudowa kotłowo-betonowa Fazy 1 etapu II i sposób jej wykonania wyróżniają się cechami nowoczesności.

Szczególnie prymitywne jest głębianie szybików wąskim przekrojem w tymczasowej obudowie drewnianej przy wybieraniu urobku naczyniem kubkowym o pojemności 0,3 m, zawieszonym na trójnogu. Etapu tego mimo jego wad nie da się uniknąć ani unowocześnić, gdyż dla robót etapu III a szczególnie jego fazy 1 tworzy on drogę do opuszczania znacznych ilości urobku przedziałem stokowym, gdzie wybierany będzie ładowarką Fadroma na podszybia umieszczone w tunelu oraz podawania przedziałem drabiniowym z podszybi do przodków masy betonu natryskowego wieloczynnościowymi urządzeniami betonacyjnymi typu WUBET. Przy takim układzie technologicznym, umieszczanie w tunelu głównych maszyn do wybierania urobku i nanoszenia betonu obudowy wstępnej na ociosy niezależnie w znacznym stopniu ich pracę od wpływów atmosferycznych uciążliwych w warunkach górskich szczególnie w okresie zimowym.

Jak z przedstawionych koncepcji technologicznych i mechanizacyjnych wykonawstwa robót górniczych hydroelektrowni w Czorsztynie wynika, charakteryzując się one znacznym zróżnicowaniem w stosunku do typowych robót podziemnego budownictwa górniczego oraz połączonym, zaszczepiającym się ustawieniem nowoczesnych procesów technologicznych z technologiami klasycznymi a nawet wstecznymi w przypadku głębiania szybików wąskim przekrojem w obudowie drewnianej. Ta niekonsekwencja w organizacji wykonawstwa całości robót jest wynikiem braku sprzętu specjalistycznego i znikomych doświadczeń przedsiębiorstw robót górniczych w tego typu robotach. Brak wyspecjalizowanego przedsiębiorstwa robót górniczych dla potrzeb budownictwa tunelowego powoduje nawet u projektantów tego rodzaju obiektów dla potrzeb hydrotechnicznych, kolejowych i drogowych poszukiwanie rozwiązań innych, niejednokrotnie technicznie i ekonomicznie nieuzasadnionych. Zagadnienie to z pewnością pogłębi się wskutek realizowania w przyszłości generalnego programu uregulowania Wisły i jej dorzecza.

5. PODSUMOWANIE

Rozwój nowoczesnego budownictwa hydrotechnicznego i komunikacyjnego, bazującego na rozwiązaniach górniczych uzależniony jest od:

1. Utworzenia przedsiębiorstwa lub przedsiębiorstw górniczych dla wykonywania specjalistycznych robót tunelowych i komorowych.
2. Wychowanie specjalistów górników w zakresie projektowania i wykonywania robót tunelowych.
3. Wyposażenia przedsiębiorstw w specjalistyczny sprzęt i urządzenia.

4. Wypracowania i doskonalenia nowoczesnych technologii budownictwa tunelowego i komorowego.

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТУННЕЛЕЙ И КАМЕР НА ПРИМЕРЕ ГОРНЫХ РАБОТ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЧОРШТЫН НА РЕКЕ ДУНАЙЦЕ

Резюме:

В статье даются способы разработки туннелей и камер с особым учётом этапов производства работ в отдельных фазах и в соответствии с геологическими условиями и технического проекта гидроэлектростанции Черштын на реке Дунайце.

THE CONCEPT OF CARRYING OUT THE WORK IN TUNNELS AND CHAMBERS
BASED ON AN EXAMPLE OF MINING WORKS IN THE HYDRO-ELECTRIC
GENERATING STATION CZORSZTYN ON THE RIVER DUNAJEK

S u m m a r y

The paper presents the method of carrying out the work in tunnels and chambers paying special attention to the stages of realization of work in the particular phases in connection with the geological conditions and technological project of the hydro-electric generating station Czorsztyн on the river Dunajec.