

f. kąt obrotu wysięgnicy dla wyładunku nie przekracza 120°,

g. długość wysięgnicy normalna dla danego rozmiaru maszyny (w/g. katalogu względnie w/g. danych producenta).

Tabl. I.

Wydajność kopaczek z kubłem wleczonym w ciągu 8-mio godzinowego dnia pracy według obmiaru wykopu w ciełe zwartym.

Pojemn. kubła (teoret.) m ³	Piasek sypki, żwir m ³	Gлина lekka m ³	Gлина śr. tw. m ³	Gлина twarda m ³	U w a g i
0,4	230	170	130	—	Kopaczki z lekkimi kubłami wleczonymi mniejszej pojemności niż 0,8m ³ do kopania twardego materiału nie nadają się.
0,6	345	270	210	—	
0,8	420	345	305	150—260	
1,0	500	420	360	270—300	
1,2	575	500	420	300—360	
1,5	720	600	570	380—460	
2,0	850	690	630	470—540	

Zestawiając przytoczone wyżej ogólne wiadomości o ekskawatorach, konstatujemy, że nowoczesna kopaczka służyć może dla co najmniej dziesięciu różnych typowych zastosowań i co najważniejsza, w każdym specjalnym zastosowaniu zachowuje się tak, jak gdyby tylko dla tego właśnie rodzaju robót była zaprojektowana. Czy to jako kopaczka

łyżkowa, czy jako chwytak, czy też wyposażona w kubel wleczony lub inne narzędzia bezpośredniej pracy — jest ona zawsze pełnowartościową maszyną danego typu i rodzaju. Ponieważ nadto ekskawatery jednołyżkowe budują się na wszelkie rodzaje paliwa napędowego i we wszelkich rozmiarach i wydajnościach, należy uznać, że jest to pierwszorzędny instrument pracy, dający się z korzyścią zastosować przy każdej poważniejszej robocie ziemnej. Aby jednak wyniki pracy ekskawatora były istotnie dobre, należy wybór typu maszyny tak pod względem napędu, jak rodzaju i wielkości kubła roboczego, rodzaju wysięgnicy i jej długości i t. d. oprzeć na gruntownej analizie warunków, w jakich praca będzie się odbywała.

Zamieszczone w tekście ilustracje dają pogląd na sposoby wykonywania robót kanałowych i pogłębiarskich przy użyciu kubła wlezonego względnie chwytaka. W Polsce, niestety, niewiele robót takich dotychczas prowadzono, a te, które się prowadzi, nie mają charakteru inwestycyjnego. Olbrzymie obszary bagien i błot, setki i tysiące kilometrów potrzebnych kanałów, dróg żelaznych i bitych, czekają dotychczas na „polską wiosnę pracy”, która nadejść musi. Nowoczesny ekskawator odegra wówczas i u nas niemniej wielką rolę od tej, jaką spełnił i spełnia w krajach szczęśliwszych od naszego, gdzie twórcza myśl i wola znajduje potrzebne środki dla wcielenia w czyn potężnych zamierzeń.

Inż. Dr. Kazimierz Wóycicki

Budowa Zakładu Wodnego na Dnieprze pod Zaporozem.

Zarówno projekt, jak i wykonanie tej potężnej budowli wodnej nie są szablonowymi, a ze względu na swoje rozmiary zasługują na omówienie.

Rz. Dniepr pod względem wielkości obszaru zlewni jest trzecią rzeką w Europie. Na długości 2255 km swego biegu od źródeł, położonych około 250 m nad poziomem morza, do Morza Czarnego zbiera wody z dorzecza 510.534 km².

Pod względem topograficznym i geologicznym zlewnia Dniepru dzieli się na dwie części. Partia górna, powyżej ujścia rzeki Dżisny (rys. 1), o terenie płaskim, charakteryzuje się głębokimi śladami okresu lodowcowego, po którego ustąpieniu wytworzyły się pomiędzy osadami morenowymi liczne jeziora i błota. Część tego obszaru pokrywają rozległe przestrzenie leśne. Partia południowa natomiast jest pagórkowata i pokryta bogatym czarnoziemem.

Umiarkowany klimat i żyzność gleby sprzyjają rozwojowi rolnictwa, jednak na wysokość plonów wpływa niedostateczność oraz nieregularność opadów atmosferycznych. Wysokość ich, wynosząca rocznie w części górnej około 700 — 800 mm, nie przewyższa w części dolnej średnio 400 — 500 mm¹⁾ przy dużych odchyłkach w poszczególnych latach. Znaczną też przestrzeń z tego powodu zajmują stępy, które przy racjonalnym nawodnieniu

¹⁾ Smoleńsk średnio $H = 645$ mm. Cherson — 316 mm.

dałyby się przemienić w jedne z najżyźniejszych gruntów.

W biegu średnim, w pobliżu Dniepropietrowska (dawniejszy Jekaterynosław) rzeka przerywa się przez skrajny występ wschodni granitowego łańcucha Karpat. Na przestrzeni około 65-kilometrowej długości przełomu rzeki (rys. 2) ciągną się słynne Porohy, rozpoczynające się mniej więcej w odległości 430 km od jej ujścia, a utworzone z 9-ciu szypotów i 25-ciu małych wodospadów. Rzeka na tej długości obniża swój poziom o 30 metrów. Gdy poniżej i powyżej przełomu spadek jednostkowy nie przenosi 0,01‰, w partii przełomowej osiąga wartość średnią 0,47‰. Wielkość zlewni Dniepru powyżej porohów wynosi 460.000 km², co stanowi około 91% całości.

Przepływy charakterystyczne wynoszą:

Woda	m ³ /s
najniższa	194
b. niska	386
niska zwykła	845
średnia niska	1010
średnia wysoka	1632
wysoka	2942
śr. wielka	7847
najwyższa	20395

Poziomy wody poniżej porohów wahają się od 12,7 m do 22,6 m ponad poziom Morza Czarnego. Rzekę charakteryzuje fala powodziowa wiosenno-letnia oraz stany niskie jesienno-zimowe.

Górny bieg Dniepru przed przeszło stu laty połączony został przy pomocy licznych kanałów z sąsiednimi dorzecziami, Dźwiny Zachodniej, Niemna i Wisły, rzekami basenu morza Bałtyckiego. Żegluga rozwijała się na wielkich długościach tego kompleksu dróg wodnych, ale nie mogła sięgnąć Morza Czarnego z powodu przerwy, wywołanej zamknięciem odcinka Dniepru pomiędzy Dniepropietrowskiem i Zaporozem przez porohy, uniemożliwiające bezpośrednie dogodne połączenie drogą wodną mórz Bałtyckiego i Czarnego.

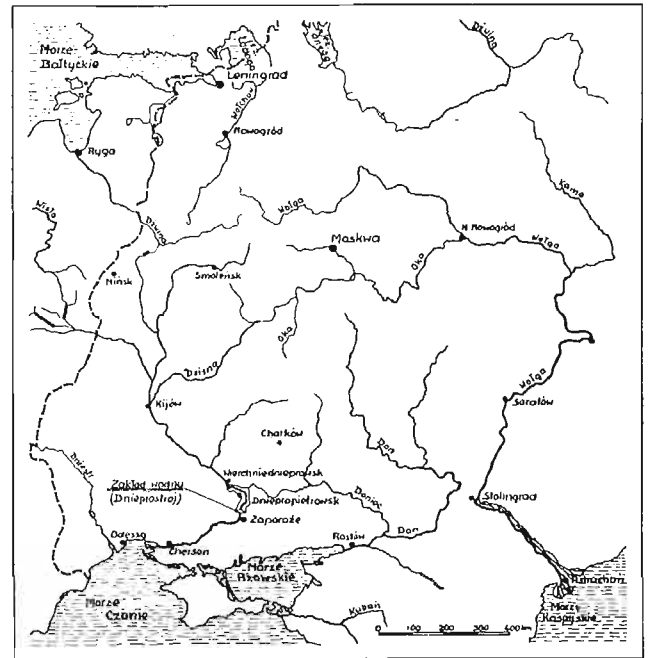
Konieczność zmiany tego stanu rzeczy zrozumianą już była oddawna. Projekty uzeglownienia Dniepru sięgają przeszło 100 lat wstecz. W roku 1796 opracowany był pierwszy projekt przez inż. Desuryolant. Około 20-u projektów powstało przed wojną, rozwiązując zagadnienie przez budowę zapór i kanałów lateralnych. Ostatni z nich, opracowany przez inżynierów Golliez i Chappuis, przewidywał na rzece dwie zapory i dwa kanały lateralne, z zakładami wyciskującymi łącznie 400.000 KM. Z projektów przedwojennych wyróżniały się dwa opracowane przez miejscowych specjalistów ze względu na swoją koncepcję, były to projekty prof. Timonowa (1905) i prof. Bachmietiewa (1914).

Liczne projekty 18 i 19-go stulecia nie mogły być zrealizowane z uwagi na nie wytrzymałe gospodarczej kalkulacji wysokie koszty ich wykonania. Dopiero postęp nowoczesnego wyciskania sił wodnych z jednej strony, dalej zaś gwałtowny rozwój południowo-rosyjskiego przemysłu umożliwiły rozwiązanie tego zagadnienia z punktu widzenia gospodarczego przez wykorzystanie olbrzymiej energii wodnej rzeki. Wykonanie projektu przed wojną natrafiło również na dużą trudność z powodu nadmiernych żądań odszkodowawczych przez posiadaczy przybrzeżnych posiadłości, które uległyby zalaniu. Całkowita zmiana warunków własności po wojnie i daleko sięgające plany szybkiego rozwoju ukraińskiego ciężkiego przemysłu usunęły ostatecznie przeszkody.

Należy wspomnieć, że w ubiegłym stuleciu zapoczątkowane były niektóre roboty dla polepszenia warunków żeglugi, nie doprowadziły one jednak do pożądanego wyniku. W r. 1805 zbudowana została przez pułkownika Falijewa śluza, nie spełniwszy jednak swej roli — uległa zniszczeniu. Wyszadzono też kilka progów dla pogłębienia koryta.

W roku 1920 rząd sowiecki zaaprobował generalny projekt prof. Aleksandrowa, przewidujący budowę dużej przegrody w km 10-ym poniżej porohów w pobliżu osady Kiczkas. Spiętrzona woda pokrywałaby cały odcinek porohów, umożliwiając łodziom przy zanurzeniu do 4,25 m przejście z Morza Czarnego w głąb kontynentu. Żeglugę umożliwiałoby się przez budowę przy lewym przyczółku przegrody śluz komorowych, gdy zakład wodno-elektryczny pozwalał wyciskać energię wody na skoncentrowanym przez zaporę spadzie. Zasadniczo prof. Aleksandrow projektował 3-y przegrody i zakłady o sile wodnej. Obydwa stopnie dolne mają spąd oraz moc znacznie mniejsze i mają służyć

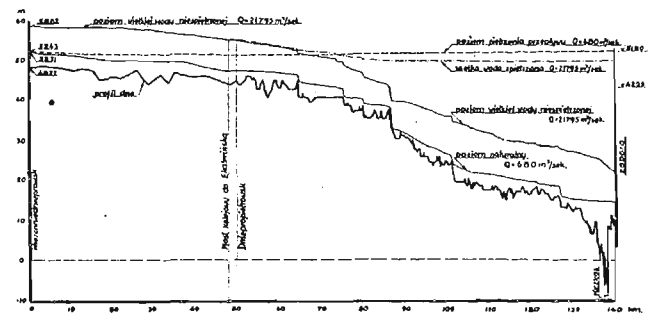
głównie celom żeglugowym oraz stworzeniu dogodnej drogi dla wielkich statków morskich i nawodnienia północno-tauryjskich obszarów stepowych.



Rys. 1.

Zakład wodny, którego projekt i budowa omówione będą dalej dokładnie, jest największym zakładem wodno-elektrycznym w Z. S. R. R. i Europie, a obecnie z uwagi na zainstalowaną moc jednym z największych w świecie. Położony on jest ok. 70 km poniżej centrum przemysłowego Dniepropietrowska, pomiędzy potężnym rejonem złóż mineralnych Kriwoj Rog, bogatym w żelazo i mangan, a rejonem Donieckim, obfitującym w pokłady węgla (ok. 60 miliardów ton).

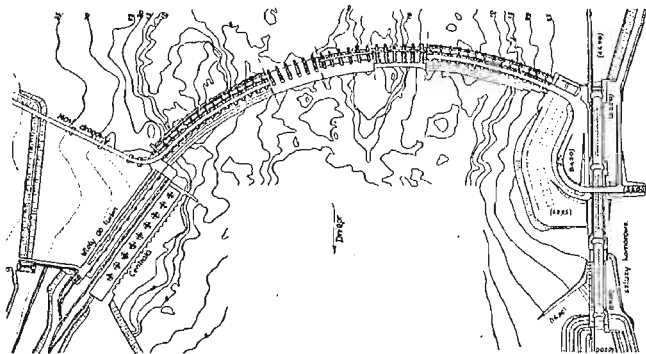
Ostateczny projekt, wybrany z pośród wielu wariantów, poddany został ocenie amerykańskich fachowców pod przewodnictwem H. Cooper'a.



Rys. 2. Profil podłużny odcinka Dniepru od Wierchnie-dnieprowska do osady Kiczkas.

W przekroju wybranym przegroda przekracza dwie wyspy większą i mniejszą. Kształt zapory w planie lekko łukowy (rys. 3) dla zmniejszenia robót ziemnych pod siłownią, umieszczoną w przedłużeniu zapory na prawym brzegu rzeki. Śluzy komorowe usytuowano na brzegu lewym. Rozplanowanie takie miało za zadanie jak największe ułatwienie robót przy budowie, wobec istnienia dwóch wysp i stosunkowo małych głębokości, przy

bardzo dobrej jakości skalistego podłoża. Szerokość doliny nie jest tu najwęższą, lecz konieczność przeprowadzenia wód wielkich bez nadmiernego piętrzenia poziomu wody zdecydowała o umieszczeniu zaporę w tym przekroju.



Rys. 3. Sytuacja zapory, zakładu i służ komorowych.

Rozmieszczenie urządzeń przewidzianych w projekcie ostatecznym wykazuje rys. 3.

Zbiornik.

Ustalony poziom maksymalny piętrzenia zapewnia żeglugę na całym odcinku porohów bez zatopienia jednocześnie w czasie powodzi miasta Dniepropietrowska. Chcąc zapewnić zasadnicze minimum głębokości 4,25 m nad skalistym dnem w czasie niskich przepływów rzeki, trzeba było ustalić poziom piętrzenia w zbiorniku na wysokości 51,20. Odpowiada to w sąsiedztwie miasta Dniepropietrowska poziomowi niższemu, niż osiąga Dniepr w czasie zwykłych wód powodziowych bez wpływu niekorzystnego na okolicę.

Przy przepływach ponad 700 m³/s, poziom piętrzenia na zaporze jest obniżany. Dla utrzymania pod Dniepropietrowskiem przy 20.500 m³/s, niezmiennego poziomu 51,20 należy obniżyć piętrzenie na zaporze do poziomu 48,76. Światło więc przelewów tak obrano, aby przepuścić przy tym piętrzeniu wody wielkie. Poziom piętrzenia 51,20 na zaporze odnosi się tylko do przepływów nieprzekraczających 700 m³/sek.

Zalew rozciąga się w górę na odległość około 140 km, a pojemność jego dochodzi okraży do 3 miliardów m³. Pojemność, którą uzyskuje się do regulacji przepływów w warstwie 6 m wynosi 1,1 miliarda m³. Zalew pokrywa powierzchnię 165 km². Około 20 miejscowości, znajdujących się na terenie zalewowym zostało przebudowanych.

Zapora.

Zaporę zastosowano typu ciężkiego, w planie lekko łukową (o promieniu 600 m). Cała fundamentowana jest na podłożu granitowym.

Liczne sondowania i próby laboratoryjne pozwoliły określić bardzo dobrą jakość skały.

Wysokość maksymalna piętrzenia równa jest 39 m, wysokość zaś maksymalna budowli, od najniższego poziomu fundamentu aż do górnego mostu służbowego dla zasuw — 62 m, maksymalna szerokość 39,5 m.

Długość zaporę wynosi 760 m. Całkowita zaś długość urządzeń piętrzących 1400 m. Zapora na

całej swej długości posiada przelew na wielką wodę, dzielony filarami o grubości 3,25 m na 47 przęseł po 13 m w świetle, co daje w sumie 611 m. Może on przepuścić przy wysokości przelewającej się wody 6,50 m — 20500 m³/s.

Obliczenia statyczne przeprowadzono dla poziomu piętrzenia do wysokości 51,20 przy uwzględnieniu wyporu zmiennej liniowo, przyjmując go w wartości 50%, przy przyjęciu współczynnika tarcia betonu i skały 0,70, parcia lodu o sile 20 t/m². Uwzględniono również parcie wywołane przez możliwe przy zaporze stałe osady aż do poziomu 14. Dla obranego profilu maksymalne naprężenia osiągają wartość 17 kg/m² od strony odwodnej w wypadku zbiornika próżnego i 12 kg/cm² od strony powietrznej przy zbiorniku pełnym.

Profil poprzeczny zaporę charakteryzuje się stroną odwodną pionową, oraz stroną powietrzną paraboliczną (rys. 4). Kształt ostatni został ustalony na podstawie wyników badań doświadczalnych modelu zaporę, wykonanych w laboratorium hydrodynamicznym w Moskwie, i składa się z dwóch krzywych parabolicznych o równaniu:

$$y = 0,044 x^2 (1 + 0,063 - 0,0044 x^2)$$

$$y = 0,032 x^2 + 0,324 x - 1,206$$

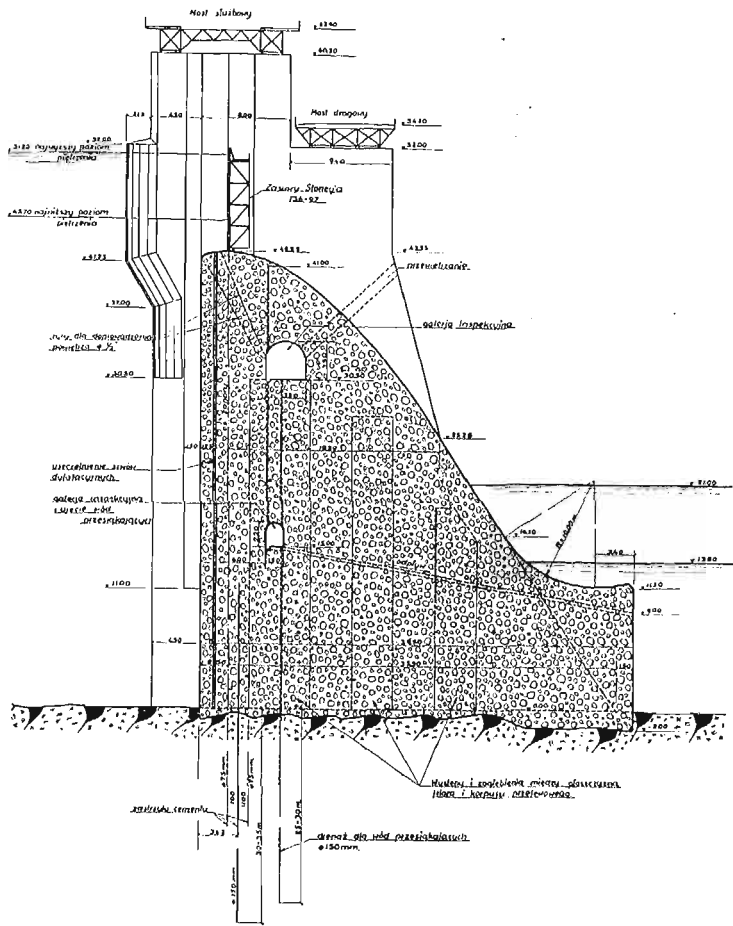
Od poziomu 25,28 do 16,10 profil wyraża styczna paraboli z nachyleniem 57% do poziomu, przechodząc u spodu w łuk o promieniu 10 m, za którym zaporę kończy się stopniem pionowym. Takie ukształtowanie profilu powoduje wyrzucenie strugi spływającej wody, przez co ochrania się przed erozją skałę przy stopie zaporę; żadnej ochrony dodatkowej nie przewidziano.

Wzdłuż zaporę wykonane są dwie galerie. Pierwsza — w poziomie 30,50 o szerokości 3,50 m, druga — w poziomie 15,00 o szerokości 1,50 i do nich doprowadzono wyloty rur drenujących średnicy 0,15 m. Są one ustawione w dwóch pionowych szeregach, pierwszy o 6 m od strony odwodnej, drugi 7,50 m. Odległość pozioma drenów wynosi 2 m. Rury bliższe stronie odwodnej wychodzą z galerii dolnej i, przechodząc górną, sięgają u góry rzędnej 41,0 w sąsiedztwie powierzchni przelewu, dalsze zaczynają się w galerii górnej, sięgając włąb fundamentu.

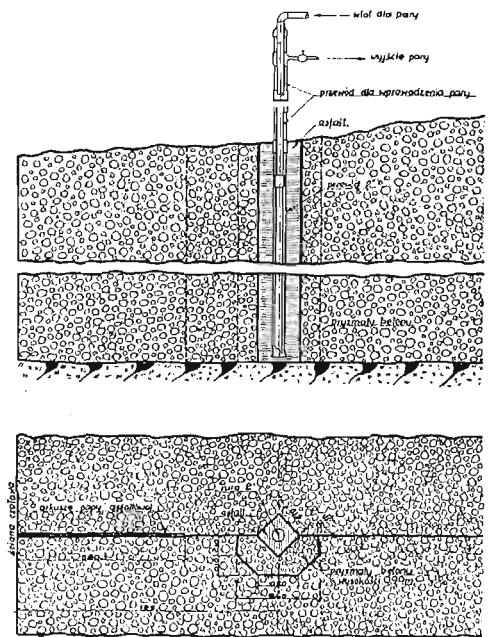
Sączące się wody są ujęte w galeriach przez kinety, które przechodząc w kanaliki 0,2 × 0,3 m wychodzą w stopie zaporę na poziomie 9,0.

Galeria dolna komunikuje się z górną przy pomocy dwóch szybów pionowych 0,8 × 1,0 m. Chodnik górny wentylowany jest przez przewody prostokątne, otwarte w filarze i wychodzące na powierzchnię od strony dolnej wody. Z galerii wychodzą rury do powierzchni przelewu przed zasuwą, dla wprowadzenia pod ciśnieniem powietrza, wywołującego poruszenie wody przy zasuwach, dla ochrony przeciwko tworzeniu się przy nich lodu. Tutaj znajdują się też aparaty dla badań nad zaporą — tensometry i termometry elektryczne.

Według projektu obliczano całkowitą kubaturę zaporę na 732.000 m³ przy zastosowaniu do budowy betonu plastycznego, o stosunku wody i cementu 0,62 i dozowaniu normalnym 285 kg P. C. (1:3:5). Przy tym stosunku wytrzymałość betonu po 28 dniach wynosiła ok. 320 kg/cm²; przesiąkli-



Rys. 4. Przekrój zapory.



Rys. 5. Fuga dylatacyjna.

wość (na ciśnienie 5 atm przez kostkę o wymiarach boków 15 cm) w większości wypadków żadna. W masie betonu miały być umieszczone bloki granitowe w proporcji nieprzekraczającej 4%. Zbrojenia żelazne dano tylko u stopy i w obrębie nisz filarów.

Fugi dylatacyjne oddzielają filary od części przelewowej, oraz przedzielają na pół każdą część przelewową. W ten sposób podzielono zapórę na bloki o szerokościach, odpowiadających grubościom filarów 3,25 m i połowie światła między nimi 6,5 m. Te bardzo niewielkie odległości pomiędzy fugami są uwarunkowane sposobem wykonywania budowli.

Konstrukcja fug (rys. 5) jest następująca. Na głębokość od powierzchni zewnętrznej 0,80 m (głębokość, na której najbardziej dają się odczuwać wahania temperatury zewnętrznej) są ułożone pomiędzy obie płaszczyzny betonu arkusze papy asfaltowej w ilości zmiennej, zależnie od temperatury, przy której blok był wykonywany. W odległości 2,50 m pozostawiono szyb pionowy o wymiarach 0,15 × 0,15 m, wypełniany asfaltem. W środku jego umieszczona jest rura z dwoma otworami u góry, schodząca aż do szybu, wewnątrz jej siedzi druga rura, służąca do wprowadzenia pary. Asfalt rozgrzany do stanu płynnego zapełnia wszystkie powstałe otwory i szczeliny, zapewniając szczelność fugi.

Filary mają grubość 3,25 m i występują ponad czoło zapory w wodę na 4,50 m od podstawy do poziomu 30,50, powyżej wyprofilowany jest wspornik, wystający o 7,0 m do poziomu 52,0. Podtrzy-

mują one od strony dolnej wody most drogowy, przekraczający zapórę, a wyżej w poziomie 60,5 most służbowy dla zasuw i zamknięć prowizorycznych.

W filarach umieszczono wnęki dla 47 zasuw Stoney'a 9,7 × 13,6 (dla maksymalnego efektywnego piętrzenia 8,95 m). Z przodu wykonano wnęki dla zamknięcia prowizorycznego, a przedłużono je w dół aż do poziomu 11,0 dla zamykania otworów w czasie budowy części przelewowej zapory.

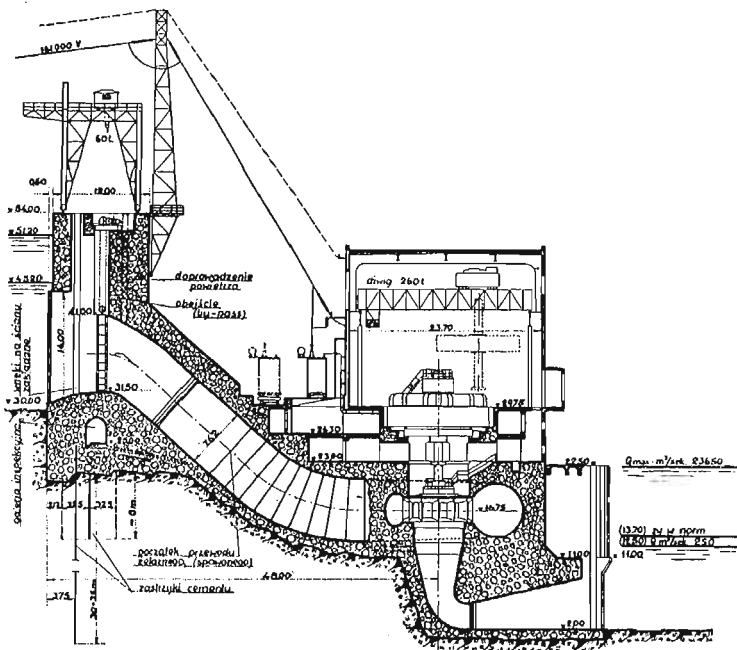
Ściany zakładane są wykonane w postaci szkieletu stalowego o klatkach zamykanych przy pomocy małych zasuw. Zarówno zasuw Stoney'a, jak i ściany zakładane poruszają się przy pomocy ruchomego dźwigu z mostu górnego.

Na lewym brzegu zapórę złączono ze słuzą komorową przy pomocy ciężkiego muru, poniżej którego znajduje się teren przygotowany na rewizję i reperację zasuw zapory. Dla przejścia ryb nie przewidziano żadnego urządzenia. Mimo zarzutów, Naukowy Instytut Gospodarki Rybnej stwierdził na podstawie swych badań, że roboty Dnieprostroju nie spowodują szkód dla warunków życia jesiotra, gdyż migracja tych ryb nie miała już od dawna miejsca.

Na prawym brzegu zapora łączy się z ujęciem wody do centrali.

Centrala i ujęcie wody.

Centrala hydro-elektryczna, budowle ujęcia i doprowadzenia wody pomieszczone są w prawym



Rys. 8. Przekrój przez zakład wodny.

Generatory umieszczono osiowo z turbinami. Konstrukcję niosącą wykonano całkowicie z profili stalowych, jedyną część łąną stanowi rotor wagi 440 tonn. Łożysko jest obciążone maksymalnie ciężarem 900 tonn (z czego około 2/3 wynosi waga części ruchomych). Podczas dłuższych okresów postoju łożysko odciąża się przez podniesienie rotora i oparcie go na specjalnych cokołach metalowych. Podtrzymywanie prowadzenia umieszczono poniżej pomiędzy generatorem i turbiną. Z dziesięciu generatorów głównych 5 zbudowano w Ameryce przez „General Electric Co”, 4-y pozostałe przez Elektrosiłę w Leningradzie. Moc każdego generatora wynosi 77500 KVA, prąd trójfazowy o 50 okresach i napięciu 13800 V.

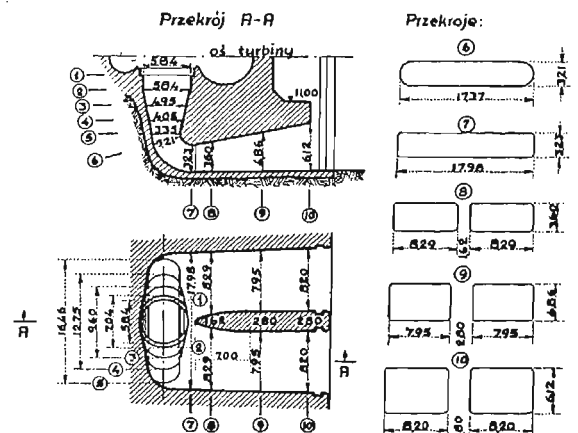
Sprawność gwarantowana waha się w granicach minimum 0,968 dla obciążenia średniego przy $\cos\varphi = 0,8$, oraz maksimum 0,984 dla pełnego obciążenia przy $\cos\varphi = 1$. Wzbudzenie jest zapewnione przez 10 grup (jedna rezerwowa) dynamomaszyn 375 KW.

Kształt przewodów ssących przedstawiono na rys. 9. Szybkość maksymalna wody wynosi 6,60 m/s u wlotu.

W filarach dzielących przewody ssące, przy ich wylocie umieszczone są wnęki na ściany zakładane dla ewentualnego zamknięcia rezerwowego. Do zakładania ścian służy dźwиг 40 tonn ruchomy na szynach.

Część górną centrali wykonano jako konstrukcję żelazną ramową, podtrzymującą dwa ruchome dźwigi 260 tonnowe. Wymiary sali maszyn uwzględniają możliwość przesunięcia rotora wzdłuż hali. Dach budynku płaski z dwóch płyt żelbetowych, oddzielonych żużlem i warstwą smołowca.

Ogrzewanie hali maszyn osiąga się przez doprowadzenie ciepłego powietrza z wentylacji generatorów, oświetlenie uzyskuje przez okna, umieszczone u góry i z szerokiego wykuszu w poziomie posadzki, a to w celu uniknięcia zbytznego nagrzewania się hali podczas okresu letniego.



Rys. 9. Przekroje przewodu ssącego.

Na poziomie 23,30 umieszczono halę sprężarek, zaopatrujących w powietrze wspomniany wyżej system rur, założonych w zaporze dla ochrony zasuw przed tworzeniem się lodu.

Każdy z generatorów połączono z grupą trzech transformatorów jednofazowych 26.000 KVA, które transformują napięcie z 13800 V na 161.000 V. Są one połączone w trójkąt dla niskiego napięcia, a w gwiazdę od strony wysokiego napięcia. Transformatory ułożono od górnej strony centrali.

Przewody, zawieszane na portalach zakotwiczonych w zaporze, doprowadzone są do stacji rozdzielczej powietrznej na prawym brzegu. Z niej wychodzi 11-cie linii przeniesienia, zaopatrujących poszczególne centra przemysłu.

S ł u z y k o m o r o w e .

Słuzy usytuowano na lewym brzegu rzeki, a składają się one z trzech komór, umożliwiających łodziom o maksymalnej szerokości 16 m i długości 106,5 m pokonanie spadku 37,4 m w trzech stopniach po 12,47 m.

Słuzy obliczono na transport roczny 1,9 mili. tonn¹⁾ (z czego 1,350 w dół; 0,550 w górę); w tym zawarty jest także spław drzewa. Przewidziano możliwość wykonania w następnym okresie drugiej, równoległej linii słuzy.

Długość komór wynosi 120 m, światło 18,0 m, głębokość najmniejsza nad progiem 3,6 m (zagłębienie łodzi kursujących w dolnym i górnym biegu Dniepru wynosi 2,84 m). Słuzy są zbudowane z murów pionowych o koronie 0,80 m wyżej ponad osiąganą najwyższy poziom wody, wysokość murów 18,9 m. Przytykają one do przyczółka zapory, którego długość wynosi 20,5 m.

Komorę środkową całkowicie wykuto w skale, pierwszą i trzecią częściowo. Obydwa mury dwóch pierwszych słuzy są zdrenowane systemem, złożonym

¹⁾ W górę przeważnie nafta, w dół przeważnie zboże i drzewo.

z 3 rur o średnicy 0,25 m, w ostatniej śluzie założono tylko jedną rurę.

Wjazd do śluz od góry ochrania moło długości 226 m.

Budowle projektowane u wylotu dolnej śluzy były przedmiotem starannych badań w laboratorium hydrodynamicznym w Moskwie, miały one za zadanie ustalić rodzaj urządzenia, które pozwoliłoby na żeglugę w tym odcinku, aż do przepływu 8000 m³/s (dla wartości większych nie jest możliwa żegluga na całym odcinku powyżej zapory). Wybudowano dla tego celu moło długości 224,6 m od dolnej głowy śluzy.

Odrzwia śluzy górnej mają wysokość 7,40 m i szerokość 9,66 m, ciężar ich wynosi 36 t. Obracają się one na oparciu sferycznym w dole i są podtrzymywane w górze przez stalowe ścięgno, oś obrotu jest lekko pochylona dla ułatwienia czynności otwierania i zamykania. Szczelność uzyskano u dołu przez drażek gumowy średnicy 110 mm przyciskany przy zamknięciu pomiędzy krawędzią dolną odrzwi i płaszczem metalowym progu.

Odrzwia śluzy środkowej i dolnej mają wysokość 18,20 m i szerokość 11,20 m oraz wagę 129 tonn — konstrukcja analogiczna. Uruchomienie następuje przy pomocy kół zębatach, poruszanych motorami elektrycznymi.

Dla ewentualnych reperacyj śluz przewidziano zamknięcia rezerwowe. Są to walce z blachy o średnicy 1,50 m, zakładane w specjalne wnęki. Miejsce styku (rys. 10) dla uzyskania szczelności wykonano z belek dębowych. Otwory w płaszczu pozwalają na wypełnienie wnętrza wodą dla opuszczenia walca. Wnęki zaopatrzone są w zęby, zapewniające przy skończonym opuszczeniu kontakt pomiędzy belkami uszczelniającymi dwa nałożone na siebie walce. Zakładanie odbywa się przy pomocy derricka o udźwigu 20 tonn.

Przeciwko uderzeniom łodzi zastosowano urządzenie ochronne (łańcuch bezpieczeństwa) pierwszych i drugich odrzwi. Wykonane jest ono jako łańcuch nawinięty na bębny pływające, umieszczone we wnęce muru śluzy zaraz powyżej odrzwi. Łańcuch jest napięty przez przeciwwagę o wadze po 21 tonn. Jeśli łódź uderzy w łańcuch, ten się roz-

wija, wywołując gwałtowny obrót wału i podniesienie przeciwwagi. Przy przewidzianej szybkości maksymalnej łodzi 0,6 m/s, będzie ona zatrzymana w odległości 6,5 m. W czasie przejazdu łodzi łańcuch zostaje opuszczony.

Pływaki metalowe, suwające się na kołach we wnękach pionowych, umieszczone w ilości 3 dla każdego muru śluzy, pozwalają na zamocowanie liny łodzi w czasie przejazdu. Belki dębowe, umocowane na murze w odległościach 6 m jako odbojnice, chronią ścianę śluzy od uszkodzeń.

Czynność napełnienia i opróżnienia śluzy osiąga się przez dwa przewody o średnicy 3,0 m, przebiegające równolegle pod dnem śluzy i komunikujące się ze sobą przy pomocy 42 otworów prostokątnych o wymiarach stopniowo zmniejszających się od góry w dół.

Dopływ do przewodów odbywa się przy pomocy wlotów, rozpoczynających się tuż przed wnękami zamknięć rezerwowych. Wloty o wymiarach 2×3 m ochronione są przy wejściu kratami. Zamknięcie wykonano w postaci kłapy motylkowej o średnicy 2,50 m.

Holowanie łodzi, przechodzących przez śluzy, odbywa się przy pomocy trakcji elektrycznej, dwoma motorami umieszczonymi na koronie śluzy w jej dolnym końcu. Czas potrzebny na napełnienie komory wynosi ok. 10 minut, przejście łodzi przez wszystkie trzy śluzy trwa ok. godziny.

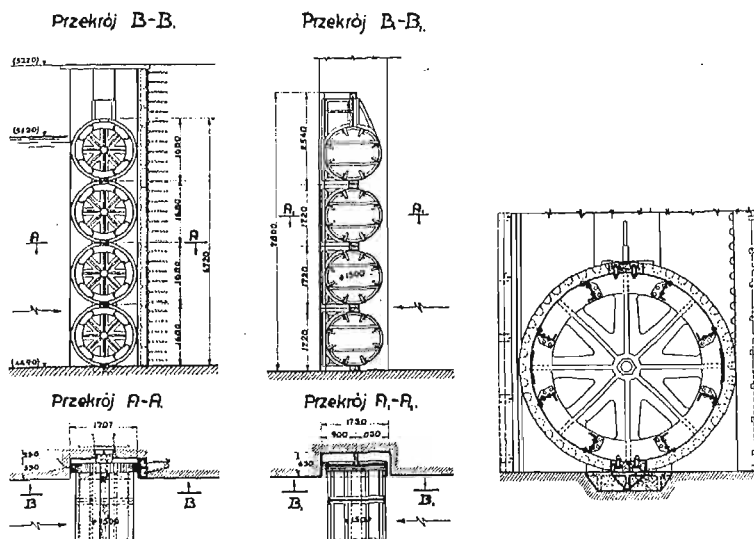
Produkowana energia.

Na rys. 11 przedstawiono krzywe czasu trwania przepływu i spadów brutto w miejscu zapory, oraz krzywą czasu trwania mocy centrali.

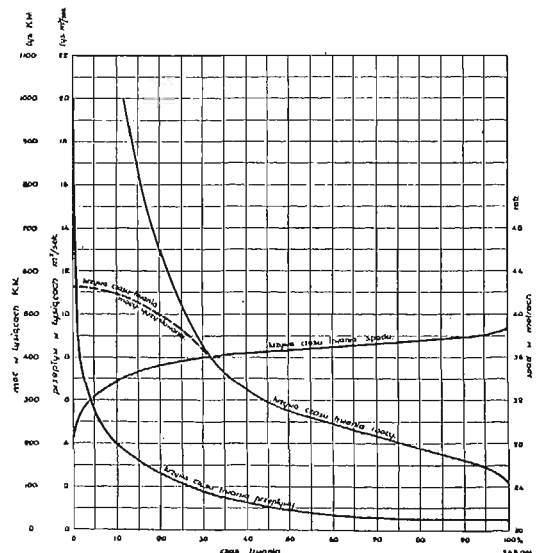
Maksymalna moc wynosi ok. 560.000 KW przy przepływie w rzece 2150 m³/s, któremu odpowiada spadek brutto 35,27 m.

Minimalna moc gwarantowana na podstawie obserwacji (okres 50 lat) równa się 140000 KW.

Energia produkowana w roku hydrologicznym średnim wynosi ok. 3 miliarda KWh, w suchym ok. 2,5 miliarda KWh, a w mokrym 4,4 miliarda KWh. Dla porównania warto przytoczyć, że cał-



Rys. 10. Zamknięcie prowizoryczne śluz.



Rys. 11. Krzywe czasu trwania przepływu, spadów i mocy.

kwite roczne zużycie energii elektrycznej w Polsce wynosi według ostatnich zestawień 2,816 miliardów kWh.

Z energii produkowanej w roku średnim 45% odpowiada mocy stałej, ok. 55% stanowi moc rozporządzalną tylko w niektórych miesiącach roku.

Zakład jest przeznaczony do współpracy z pobliskimi centralami ciepłowodnymi. Średni współczynnik wyzyskania przyjęto 0,6¹⁾.

B u d o w a.

Według programu, miano wykonać w ciągu okresu około 5-ciu lat wszystkie roboty, których rozmiar wykazują następujące cyfry:

Roboty ziemne	1.480.000 m ³
Wykopy skalne	1.900.000 "
Betony	1.190.000 "
Nasypty kamienne	440.000 "

Olbrzymia ilość betonu rozdzielona była następująco: zapora 820.000 m³, centrala 220.000 m³, śluzki komorowe 150.000 m³.

Okres pięciu lat budowy należy uważać za bardzo krótki, gdyż w okolicach tych często temperatura w czasie miesięcy XI—III spada do —20° C, a czas, w którym można prowadzić roboty betonowe, ogranicza się tylko do 7—7½ miesięcy w roku.

Długość linii powietrznej od ujścia Dniepru do źródeł wynosi więcej niż 1000 km, z tego względu wiosenny wzrost temperatury nie następuje jednocześnie na całym obszarze dorzecza, co w konsekwencji powoduje niejednolite topnienie śniegów. Z tego też względu dość długo trwa w biegu dolnym okres powodzi wiosennej. Przy projektowanych wysokościach grodz przewidywano zatapanie robót w czasie okresu powodzi, ograniczało to prowadzenie robót przy budowie dolnej części zapory do nie więcej niż 3—4 miesięcy rocznie.

P r o g r a m r o b ó t.

Kierownictwo naczelne budowy oddane zostało inżynierowi rosyjskiemu A. Winterowi. Program i sposób wykonania robót miał być przedstawiony przez zaproszone firmy: niemiecką Siemens—Bauunion i amerykańską Hugh L. Cooper Co. N. Y.

Z uwagi na wysokość przepływów nie było możliwym przerzucenie wód na czas budowy do innego koryta i należało zaprojektować wykonanie fundamentów na całym odcinku robót pod ochroną grodz.

Zagadnienie ich konstrukcji było szczególnej ważności ze względu na wymiary, jakie należało im nadać. Ponieważ wody powodziowe niekiedy przekraczają 20.000 m³/s, nie można było myśleć o wykonaniu grodz takiej wysokości, aby nie były one przelane w czasie najwyższych stanów wiosennych. Przyjęto wobec tego, że grodze zapory będą zalewane przez przepływy większe niż 2000 m³/s i w tym czasie zawieszane wszystkie roboty przy budowie zapory. Natomiast grodze, chroniące cen-

tralę miały być nie zalewane nawet w okresie wód najwyższych.

Wysokość grodz miała przekraczać 15—20 m, gdy ich całkowita długość od góry i dołu zapory miałyby osiągnąć ok. 8000 m. Ustawienie konstrukcji w bieżącej wodzie zwiększało trudności wykonania.

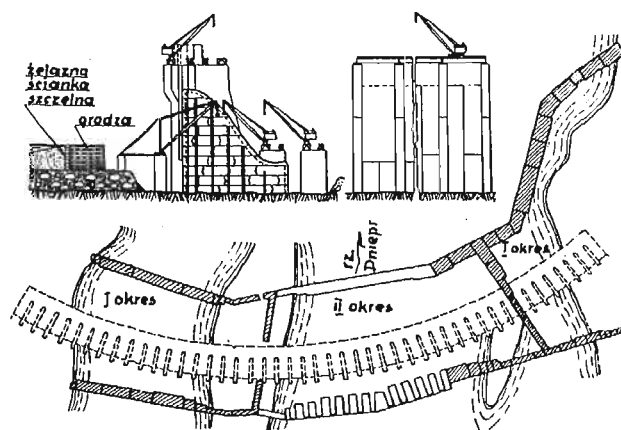
Według programu przedstawionego przez Siemens-Bauunion wykonanie robót miało się odbyć pod ochroną grodz betonowych, zakotwionych w skale teownikami Grey'a. Na grodzach miały się wznosić filary, podtrzymujące most służbowy. Odległość grodz od krawędzi zapory wynosiłaby po 3-y m. Całość wykopu możliwie zwężona, gdyż ponad nim wznosiłyby się dźwigi portalowe, oparte na mostach służbowych. Przeprowadzenie robót rozpoczęte byłoby z obu brzegów rzeki, co wymagałoby założenia dwóch placów budowy.

Dla przepuszczenia wody w czasie budowy część grodz w miejscu głównego koryta miała być wykonana z elementów oddzielnych, między którymi pozostawały wolne światła, zamykane ściankami szczelnymi, przez to ułatwiano się znacznie wykonanie grodz. Projektowano dla przepuszczenia przepływu w korpusie zapory 10 otworów o przekroju 6×9 m, umieszczonych odpowiednio do światła grodz. Otwory te po ukończeniu budowy zapory miały być zabetonowane.

Według propozycji Cooper'a, prace przy zaporzach miały być prowadzone tylko od brzegu prawego i tu miały się koncentrować wszystkie urządzenia potrzebne dla budowy śluz komorowych.

Program przewidywał w pierwszym okresie budowę filarów jeden za drugim, aż do poziomu 29,50, posuwając się od brzegu prawego ku lewemu i pozostawiając wolnymi, na całej wysokości ponad dnem rzeki, każde co drugie światło pomiędzy filarami. Stopniowo, postępując z obu brzegów, w sposób podobny miały być podwyższone filary do poziomu początkowo 50,0, a później 58,50, jednocześnie miały być wykonywane partie pomiędzy co drugim filarem.

Po skończeniu mostu na poziomie 50,0, dla budowy pozostałych partii przelewowych zapory miały być światła pomiędzy filarami zamknięte przy pomocy diafragm, utworzonych z dużego szkieletu, który miał stanowić oparcie dla mniejszych zasuw, a to dla zmniejszenia wagi opuszczonych partii metalowych.



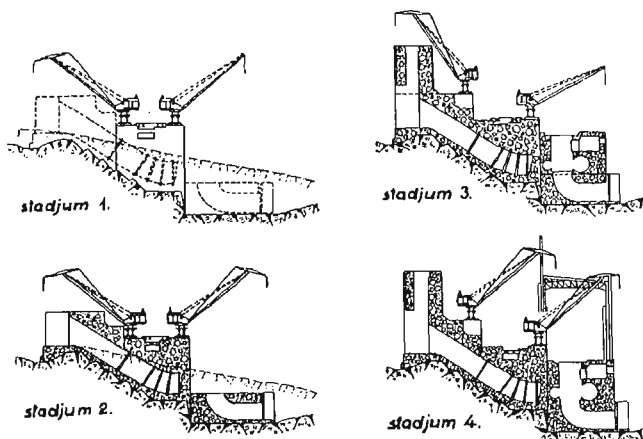
Rys. 12. Sposób wykonania zapory.

¹⁾ Współczynnikiem wyzyskania nazywamy stosunek sumy rocznego rozbioru energii do sumy energii możliwej do wyzyskania.

Grodze miało usunąć z jednego ramienia rzeki przez wyciągnięcie ścianki szczelnej i podniesienie kaszyc. W ramieniu tym filary doprowadzono tylko do rzędnej 29,50 i nie kończono partyj przelewowych. W pierwszym okresie miała być pozostawiona wolna lewa strona rzeki — w następnym okresie prawa strona od centrali. Przepływ wody odbywałby się początkowo przez wolne ramie rzeki, następnie przez pozostawione otwartymi światła między filarami. Przy stopniowym zamykaniu poziom zw. wody powyżej budowy stopniowo by wzrastał.

Grodze zaprojektowano z jednego lub dwu szeregów kaszyc drewnianych, wypełnionych kamieniem. Szczelność osiągnięto przez umieszczenie przed kaszycami, opierając o nie od strony wody, żelaznych ścianek szczelnych. Spód ścianki miał być obsypany kamieniem. Przed ustawieniem kaszyc należało wybagrować z dna osady piasku. Odstęp grodz od zapory tak wielki, aby umożliwić dużą swobodę w instalacji i manewrowaniu środkami pracy, składającymi się zasadniczo ze stałych derricków i ruchomych dźwigów.

Derricki ustawiano na podstawach z drzewa w dwu rzędach, wzdłuż stopy od góry i dołu zapory (rys. 12). Dźwigi ruchome miały posuwać się po moście służbowym umieszczonym na już wykonanych filarach. Zastosowano beton plastyczny ubijany. Zakończenie robót przewidywano po pięciu okresach budowlanych (od 1928 do 1932 r.).



Rys. 13. Sposób wykonania zakładu w/g propozycji Cooper'a.

Do wykonania wykopów pod centralę miały być użyte dźwigi ruchome, operujące z mostu służbowego, opartego na specjalnych filarach ustawionych w przerwach między rurociągami (rys. 13). Te same dźwigi miały służyć do robót betonowych.

Przyjęta metoda pracy.

Ze względu na brak dokładnych danych o układzie skalistego dna i licząc się z ewentualną potrzebą budowy podłoża u stopy zapory, wypadła konieczność oddalenia grodz od zapory na 25—40 m. Wobec tego racjonalniejszą okazała się organizacja robót proponowana przez firmę amerykańską, jak również urządzenie placu budowy według konsultacji amerykańskiej.

Co się tyczy grodz, zdecydowane było pierwotnie przez kierownictwo robót zastosowanie

grodz kaszycowych w ramieniu prawem rzeki i dookoła miejsca budowy centrali, natomiast grodz betonowej, typu proponowanego przez Siemens-Bauunion w części środkowej i lewej. Ostatecznie zdecydowano jednak budowę grodz kaszycowych na całej długości budowy. Propozycję amerykańską zmieniono o tyle, że przyjęto budowę tylko jednego szeregu kaszyc, powiększając w miarę potrzeby ich wymiary.

Wymiary zastosowane dochodziły do 26 m szerokości i 64 m długości. Dla ułatwienia konstrukcji, grodz górna w korycie głównym była zaprojektowana z elementów oddzielnych ze światłami zamykanymi przez ścianki (rys. 12).

Na grodzach miały być umocowane mosty słuźbowe dla utworzenia stałego połączenia pomiędzy obu brzegami, wreszcie według propozycji Siemens-Bauunion, na każdym z brzegów byłyby zbudowane urządzenia mniej więcej równej wydajności dla przygotowania betonu.

Urządzenie placu budowy.

W roku 1927 rozpoczęto roboty przy urządzeniu placu budowy. Na brzegu prawym zostały wykonane budynki mieszkalne dla 15000 ludzi zatrudnionych przy budowie, składające się z 440 domów, 108 baraków i 80 budynków dla inżynierów oraz techników. Dużą uwagę zwrócono na urządzenia dla celów higieny i rekreacji: jak kąpiele, szpitale, kluby, kina, szkoły, tereny sportowe itp. Każde mieszkanie zaopatrzone było w światło elektryczne i bieżącą wodę.



Rys. 14. Grodz na prawym brzegu.

Do zaopatrzenia placu budowy w energię elektryczną była przeznaczona centrala parowa mocy 13000 KW, z której przy pomocy linii niskiego napięcia, ogólnej długości 50 km zaopatrywano 500 motorów ogólnej mocy 16000 KM.

Na placu budowy zainstalowano: 3 agregaty dla wytwarzania płynnego tlenu do robót ziemnych przy fundowaniu o wydajności 100 kg/godz., 17 sprężarek powietrza o wydajności łącznej 270 m³/minutę, 2 urządzenia dla łamania kamienia, 6 betoniarni, z których 5 w ruchu, jedna rezerwowa. Dalej wielki warsztat mechaniczny, gisernię, tartak i stolarnię.

Do robót ziemnych i ładowania wagonów materiałem z urządzenia łamiącego przeznaczono parowe ekskawatery łyżkowe o pojemności łyżki 1,3—1,5 m³ i elektryczne 3 m³. Dla wierceń w terenie skalistym używano maszyn wiertniczych Sanderson, konstrukcji niedosięgniętej przez inne systemy. Świdry miały średnicę do 20 cm.

Zgodnie z propozycją amerykańską urządzenia mechaniczne dla budowy reprezentowane były głównie przez dźwigi ruchome i derricki. Pierwsze w liczbie 30, o ciężarze 90 t, miały udźwąg maksymalny 40 t, zredukował się on do 5 tonn dla maksymalnej długości ramienia 21 m. Derricki, używane głównie do robót betonowych, postawione i zakotwione w wykopie, miały udźwąg 5—10 tonn, przy maksymalnym zasięgu 25—35 m. Koszt maszyn, wyłączając betoniarnie i urządzenie łamiące kamień, wynosił 3,5 mili. dolarów.

Transport betonu odbywał się przy pomocy kubłów o pojemności 1,5 m³ z otwieranym dnem, każdy pociąg składał się z 2 do 3 wagonów, na których ustawiano kubły w ilości do 5. Stosowano również wagony wywrotne o pojemności 15 m³.

Długość torów kolejowych na placu budowy łącznie z odnogą do sąsiedniej linii wynosiła 90 km.

Dla określenia najstosowniejszej mieszaniny betonu dla zapory robiono w przeciągu blisko roku w świetnie wyposażonym laboratorium betonowym liczne próby. Jako spoiwo stosowano specjalny rodzaj portland-cementu, z wymaganą wytrzymałością 250 kg/cm² po 28 dniach. Przy używanym temencie osiągnęto wytrzymałość 320 kg/cm².

G r o d z e.

Grodze zapory zalewane, o koronie w poziomie 19 i 18,50 od górnej wody oraz 17,0 i 17,5 od dolnej wody — i niezalewane grodze zakładu z poziomem 22, różniły się konstrukcją jedynie w niektórych szczegółach, dotyczących się obsypu stosowanego od strony wody.

Elementem nośnym były klatki z drzewa, konstruowane sposobem następującym. Na brzegu, względnie na części już wykonanej skrzyni kładziono krzyżujące się belki o przekroju 24×24 cm w ten sposób, by tworzyły się klatki 2—3 m długości. Belki wieńcowe dolne, nie używane powtórnie, zmocowywano w miejscach skrzyżowania gwoździami, górne — przy pomocy bolców.

Dolna część każdej skrzyni była dostosowywana kształtem do dna, które określano przez dokładne sondowanie.

Po wykonaniu dolnej partii grodzy, po ułoże-

niu 7—8 warstw belek, była ona spławiona na wodę i obciążana częściowo przy zamkniętym dnie, poczem następowała budowa części wyższej. Przy pomocy urządzeń holowniczych i kotwicznych na rzece, kaszycę przesuwano w miejsce stosowne i opuszczano aż do oparcia się o dno (wybagrowywane w miarę potrzeby), obciążając ją tylko w ¼ części klatek.



Rys. 15. Roboty ziemne w partii środkowej.

Po skonstruowaniu całości grodzy wypełniało się klatki do reszty kamieniem i zabijało się w dno skaliste od strony wody ścianką szczelną typu Lachkawana. Obsypanie ścianki szczelnej, do poziomu 12 stosownie do pierwotnego programu było wykonane z piasku i podniesiono je aż do krawędzi górnej kaszycy.

W ogólności grodze kaszycowe okazały się konstrukcją dobrą i sztywną. Zostały potwierdzone ich znaczne zalety w stosunku do grodz betonowych. Szczelność konstrukcji okazała się bardzo dobrą, tak że dla osuszenia wykopu wystarczała niewielka pompa.

Jak zaznaczono, grodza od góry w łozysku głównym rzeki skonstruowana była z elementów oddzielnych, urządzone u czoła wnęki pozwalały zamknąć światła przy pomocy płyt żelbetowych. Poza zamknięciami przychodziło częściowe zapełnienie kamieniem.

B u d o w a z a p o r y.

Budowa grodzy dla zapory zaczęta była w lipcu 1927 r. w prawym ramieniu rzeki, a w listopadzie tegoż roku w ramieniu lewym. Zamknięcie poszczególnych odcinków robót było wykonane przy pomocy grodz poprzecznych. Przepływ wody miał swobodne przejście korytem głównym.

Po osuszeniu odcinków wykopu rozpoczęto roboty ziemne. Należało usunąć warstwę alluwiiów o grubości zmiennej, średnio 2,5 m — 3,0 m, oraz warstwę rumowiska w ilości całkowitej ok. 74.000 m³, a nadto ok. 170.000 m³ części górnej skalistego podłoża dla odkrycia zdrowej skały. W przeciwieństwie do tego co stwierdzono na podstawie badań poprzednich¹⁾, grubość warstwy znacznie spękanej

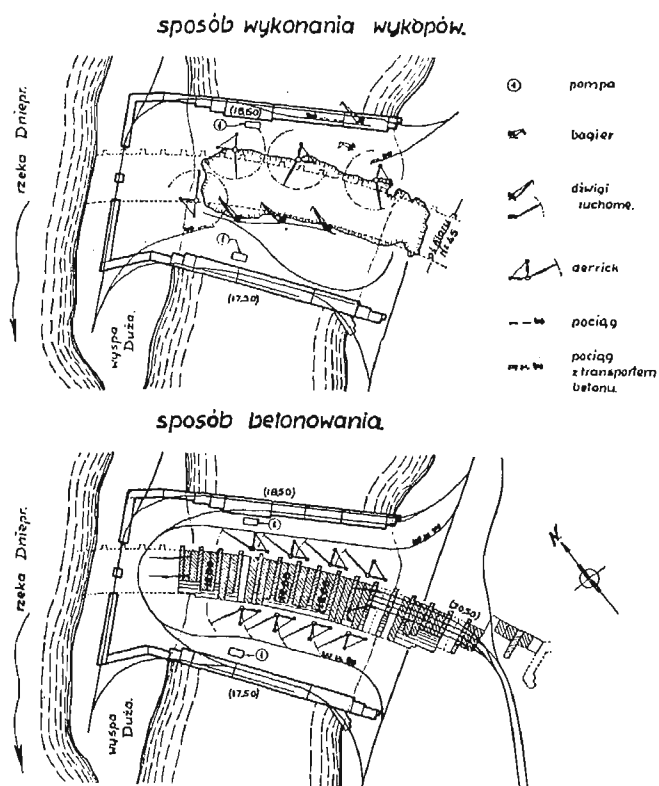
¹⁾ Dla zbadania podłoża wykonano 700 wierceń.

i skruszałej skały była większą, sięgała 6—7 m w ramieniu lewym i prawym rzeki oraz 4,5—5,0 m w partii środkowej.

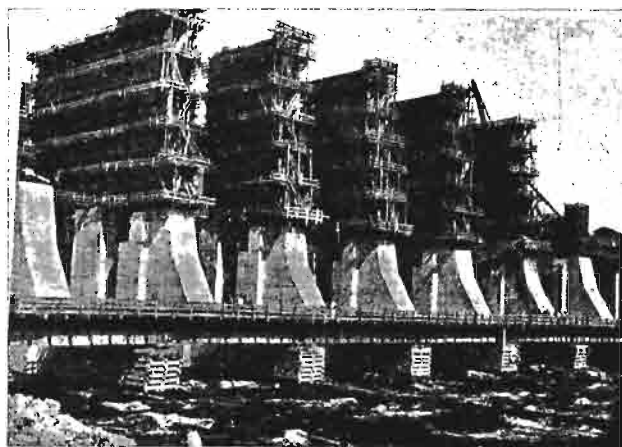
Alluvia aż do skały były wybrane w większej swej części ręcznie i odtransportowane konno. Dla warstwy niższej usunięcie materiału rozkruszonego minami było wykonane przy pomocy koszy o 1,5 — 3,0 m³ pojemności, podnoszonych derrickami, oraz dźwigami ruchomymi.

W miesiącu lipcu 1929, po przejściu fali wiosennej, skończeniu robót osuszających i oczyszczeniu terenu, mogły być rozpoczęte roboty betonowe w ramieniu prawym i lewym.

W partii brzegu lewego i wyspy większej zostało zainstalowanych 8 derricków ustawionych mniej więcej symetrycznie w stosunku do fundamentu zapory (rys. 16).



Rys. 16.



Rys. 17. Budowa filarów pomiędzy brzegiem lewym a wyspą.

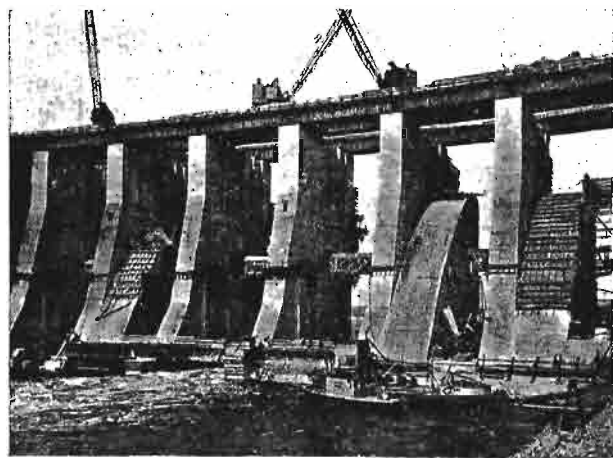
Betonowanie filarów od poziomu 18 do poziomu 30,50 było wykonane przy pomocy dwóch dźwigów ruchomych, które przesuвано wzdłuż mostów, opartych na filarach po ich podniesieniu. Betonowanie prowadzono w warstwach 4 m wysokości. Dwa drugie dźwigi były umieszczone przy końcu odcinka w kierunku rzeki i przeznaczone jak i derricki dla robót części dolnej.

Transport betonu do derricka odbywał się wzdłuż linii roboczej niskiego poziomu, opartej na filarach drewnianych w przestrzeni zamkniętej grodzą, do dźwigów ruchomych wzdłuż wspomnianego wyższego poziomu.

W 1929 ułożono w budowlu 147.500 m³ betonu. Jednocześnie skonstruowano w łóżyisku głównym rzeki grodzę od góry z elementów oddzielnych i przygotowano się do usunięcia grodzki z ramienia lewego, pozostawiając jedynie elementy potrzebne dla podtrzymania torów roboczych. W styczniu 1930 zostały przepuszczone wody przez lewe ramię, zamykając przy pomocy płyt światła pomiędzy elementami grodzki części środkowej. Po osuszeniu terenu wykonano podstawy dla 8 derricków do prac przy wykopach. Dalsze prace były zatrzymane przez wiosenną falę powodziową.

Pierwsze roboty przy wykopach mogły być rozpoczęte w lipcu z jednoczesnym, jak uprzednio, przygotowaniem fundamentów. W pobliżu podstawy od dołu zapory oparto na filarach drewnianych linię kolejową roboczą dla przesuwania dźwigów. Do robót betonowych były użyte derricki wzdłuż podstawy od góry i dźwigi ruchome od dolnej wody. Ruchome dźwigi przesuвано od brzegu prawego w kierunku środka rzeki na moście, stopniowo podnosząc filary i połowę prawej części korpusu przelewowego (rys. 18). Jednocześnie w ramieniu lewym rzeki, dwa derricki ruchome wzdłuż mostu, ustawione jeden w kierunku środka rzeki, drugi w kierunku prawego brzegu, służyły do budowy filarów, podnosząc stopniowo most służbowy.

W czasie sezonu budowlanego 1930 było położonych w zaporze 313.000 m³ betonu, całości zaś na całym terenie budowy 518.000 m³, co stanowi rekord światowy. Maksymalna kubatura miesięczna osiągnięta w miesiąc-



Rys. 18. Budowa filarów i korpusu przelewowego od strony brzegu lewego.

cu październiku wynosi 110.000 m³; w jednym dniu 5.300 m³ betonu.

W czasie zimy 1930-31 usunięto grodze już więcej niepotrzebne dla prowadzenia robót i zrobiono podpory dla torów roboczych.

W sezonie budowlanym 1931 transport betonu odbywał się po mostach wyższych, opartych na filarach w poziomie 54,20. W połowie lata ukończono betonowanie filarów aż do tegoż poziomu i złączono mosty górne. Biegły po nich cztery tory, z których dwa zewnętrzne służyły dla ruchu dźwigów ruchomych, obsługujących betonowanie, a dwa zewnętrzne dla transportu betonu.

Po przejściu fali wiosennej w marcu 1931 r., podczas której zanotowano maksymalny dotychczas obserwowany przepływ 23400 m³/s, rozpoczęto zamykanie światła (względnie półświatła), pozostawionych swobodnymi pomiędzy filarami, podnosząc stopniowo korpus przelewowy. Ponieważ w partii zapory ramienia lewego rzeki betonowanie korpusu pomiędzy filarami zostało doprowadzone do poziomu 12, niższego niż poziom wód niskich (ok. 14 dla góry zapory), koniecznym było od górnej i dolnej wody dla każdego światła (części przelewowej), wykonanie zamknięcia. Pod ochroną zasłon wykonano betonowanie połowy korpusu przelewowego, a następnie drugiej połowy. Zamknięcie od góry było wykonane z dużej specjalnej ramy szkieletowej i zamknięciami partii ażurowych przy pomocy zasuw, założonych po wstawieniu ramy. Założenie ramy wagi 40 ton dla światła 13 m było dość trudnym, zaś uzyskanie szczelności wymagało nie małych wysiłków.

Ponieważ w korycie środkowym rzeki prawą połowę korpusu przelewowego wykonano aż do poziomu znacznie wyższego od poziomu wód niskich, a połowę lewą aż do poziomu 15, stan robót betonowych przedstawiał się teraz analogicznie na całej długości zapory. Można było wykończyć konstrukcję, podnosząc stopniowo każdą połowę przęsła. Użyto do tego celu podobnych ram szkieletowych o rozmiarach połowy poprzednio używanych, co znacznie ułatwiło ich założenie. Ramy stopniowo przenoszono z jednej połowy do drugiej, wykonywując betonowanie warstwami wysokości 3 m.

Podczas sezonu budowlanego 1931 było położonych 186.000 m³ betonu. Budowa korpusu przelewowego zapory była skończona w marcu 1932. Fala kwietniowa przelała się już przez wykonaną zaporę.

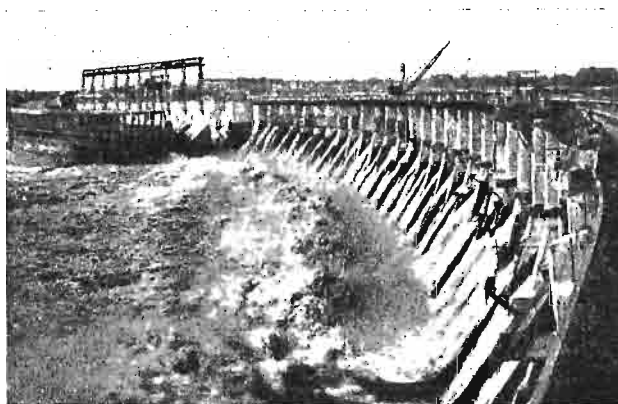
Ubijanie betonu odbywało się przy pomocy udeptywania nogami przez partię 6—8 ludzi. Ten niepraktykowany sposób dawał bardzo dobre rezultaty. Miarodajnymi dla wyboru takiego sposobu pracy były przyczyny socjalne, zaś z punktu widzenia technicznego nie można było zrobić zarzutów.

Do szalowania stosowano gotowe, duże, ciężkie tafle, używane parokrotnie. Powierzchnie desek smarowano naftą dla łatwiejszego obejmowania ich od betonu.

Budowa centrali.

Grodzę ochronną dla odcinka robót przy centrali wykonano do wysokości wyższej niż poziom

maksymalnego przewidywanego przepływu 20.500 m³/s. Fala marcowa 1931 — 23.400 m³/s, spowodowała zalanie wykopu, lecz bez specjalnych szkód. Roboty mogły być prowadzone dalej po 3-ch tygodniach przerwy.

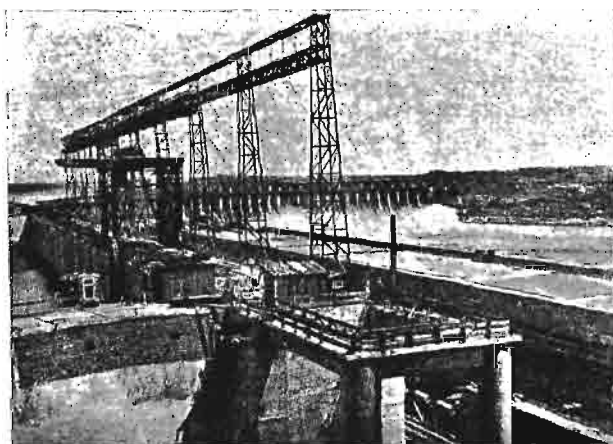


Rys. 19. Przejście fali powodziowej w kwietniu 1932 r.

Wykop dla uporządkowania partii przed ujęciem, ze względu na kruche podłoże był wykonany częściowo przy pomocy ekskawatorów, częściowo ręcznie.

Duże trudności powstały przy wykonywaniu wykopów w skale pod fundament zakładu i kanału odpływowego. Roboty rozpoczęto w czerwcu 1928 r. Aż do połowy września były wykonywane bez użycia urządzeń mechanicznych. Następnie po zainstalowaniu sprzężarek uruchomiono świdry, oraz ekskawatory parowe i elektryczne o pojemności łyżki 1,33 do 3,0 m³, wagony wywrotne 18 m³ oraz inne rodzaje środków dla mechanizacji robót. Wykopy początkowo prowadzono ręcznie przy ładowaniu ręcznym materiału w kosze, podnoszone przez dźwigi, które wysypywały je do podstawionych wagonów. Dalej większą część robót wykonano przy pomocy ekskawatorów, ładujących materiał bezpośrednio na wagony.

W lipcu rozpoczęto betonowanie fundamentów. Z powodu konfiguracji odcinka robót, znacznych różnic poziomów pomiędzy piętrami pracy, powodującymi trudności instalacji i wykonania linii transportowych, zwrotnic, mijanek i t. p., użyto 5 derricków, zakotwiczonych w wykopie, o nośności



Rys. 20. Budowa zakładu i linii wysokiego napięcia.

15 tonn i ramieniu 35 m. Były one wzniesione na filarze murowanym wysokości 21 m, ulegającym następnie zburzeniu. Wysokość derricka tak dobrano, aby można było wykonać część stalową budynku centrali i urządzeń manewrowych zasuw ujęcia.

Ponieważ z drugiej strony same derricki nie pozwoliłyby skończyć betonów na przyjęty termin, zastosowano również dźwigi ruchome, w liczbie zmiennej od 5 do 25, ustawione wzdłuż linii obsługi przed wylotami do przewodów.

Dla dostarczenia betonu pod dźwigi służyły dwie linie obsługi: w poziomie 6,0 poniżej wylotu kanałów odpływowych i poziomie 33,4 na dnie basenu przed ujęciem, trzecia linia o podwójnym torze w poziomie 33,16 obsługiwała dowóz zarówno do derricków, jak i dźwigów.

Ilości betonu ułożone w poszczególnych sezonach budowy są następujące: w 1929 — 33400 m³, 1930 — 134.000 m³, 1931 — 102.000 m³.

Stwierdzono racjonalność robót i dobroć wybranych środków pracy przez możliwość wykonywania robót betonowych i montażowych z maksymalną szybkością i elastycznością.

W kwietniu 1932 nastąpił odbiór pierwszego zespołu turbo-generatorów. Centrala była skończona w październiku tegoż roku.

Budowa śluz komorowych.

Śluz komorowe. Budowę śluz projektowano na okres krótszy od pozostałych obiektów, z tego względu traktowano ją do pewnego stopnia jako robotę rezerwową, na okresy przymusowych przerw, względnie zwolnienia tempa roboty w innych odcinkach.

Z tego względu wykonanie nie nosi charakteru organizacji i racjonalizacji, jak dla poprzednio omówionych części konstrukcji Dnieprostroju.

Wykonanie śluz wymagało poruszenia znacznych ilości mas, ziemi ok. 685.000 m³ i wykopu skalnego ok. 770.000 m³. Śluzy są prawie całkowicie wykute w skale. Roboty rozpoczęto w marcu 1927 roku.

Materiał uzyskany z wykopu i z komór śluz częściowo użyto jako materiał do betonu, częściowo zaś do wykonania grodz zapory oraz grobli, która ogranicza od rzeki kanał wylotowy ze śluz.

Zmechanizowaną pracę przy robotach ziem-



Rys. 21. Montaż spiral turbin.

nych prowadzono sposobem zastosowanym w partii zakładu, to jest przy pomocy bagrów łyżkowych, z nakładaniem bezpośrednim na wagony. Ze względu na trudność linii roboczej, przy piętrowych robotach stosowano ładowanie materiału w kosze, podnoszone do góry dźwigiem i wysypywanie materiału do podstawionego pociągu biegnącego górą.

Betonowanie rozpoczęto w czerwcu 1929. Beton przychodził przygotowany z sąsiedniej betoniarni, umieszczonej na brzegu lewym, transport jego z uwagi na duże różnice poziomów do pokonania sprawiał znaczne trudności. Odbywał się w częściach górnych przy pomocy derricków stałych, używanych wyłącznie w pierwszym okresie.

W sezonach budowlanych ułożono dość różne ilości betonu w związku z charakterem robót rezerwowych, za jakie uważano budowę śluz, a mianowicie w 1929 — 6400 m³, w 1930 — 63000 m³ i w 1931 — 48000 m³.

Do wykonania poważnej ilości ruchu ziemi ok. 2 mili. m³, koniecznego dla uporządkowania kanału wjazdowego z góry, łącznie z portem, zastosowano na dużą skalę bagry. Równolegle do tych urządzeń stosowano dla terenów lżejszych urządzenia hydrauliczne. Strumieniami wody pod ciśnieniem 20 atmosfer uderzano w czoło wykopu. Dzięki korzystnej konfiguracji terenu usunięcie materiału odbywało się bez budowy specjalnych kanałów. Część materiału, usuniętego hydraulicznie, użyto do wykonania obsypu z tyłu grobli kamiennej, która oddziela od brzegu kanał wjazdowy. Sposób hydrauliczny okazał się w tym wypadku bardzo praktycznym.

Roboty przy zastrzykach.

Stan podłoża skalistego fundamentu okazał się gorszym niż spodziewali się geolodzy, w szczególności stwierdzono warstwę dość silnie spękaną, przy zmniejszaniu się spękań z głębokością. Dla uniemożliwienia przesiąkania pod zaporą wykonano w stopie budowli od góry zastrzyki cementu.

Prace iniekcyjne wykonano w dwóch okresach. Po przygotowaniu wykopu fundamentowego i usunięciu warstw wierzchniej skały wykonano otwory na głębokość 8 m o średnicy 50 mm w odległościach 3—4 m w jednym lub więcej rzędach i wstrzyknięto cement pod ciśnieniem odpowiednio do wagi warstwy skały. Po ułożeniu betonu fundamentu do poziomu 8 lub nieco wyżej, wykonano serię otworów średnicy 150 mm, w odległości 2,75 — 3,25 m, sięgających 25—30 m w skałę. Ściany otworów 150 mm były starannie zbadane przy pomocy specjalnego peryskopu, składającego się z tuby, zaopatrzonej w otwór. Oświetlająca lampa elektryczna poprzez otwór ściany tuby i zwierciadło pod 45° pozwalały zbadać strukturę przy pomocy lunety, umieszczonej u góry tuby. Wysokość ciśnienia stosowanego określano w zależności od ciężaru skały i betonu. Łącznie z otworami dla iniekcji wykonywano otwory kontrolne, dla poznania zakresu działania poszczególnych zastrzyków oraz wykonania próby szczelności.

W otwory te wtłaczano powietrze pod ciśnieniem równym ciśnieniu zastrzyków cementowych,

cementację uważano za zadawalną, jeśli w ciągu pierwszych 10 minut ciśnienie nie spadało więcej niż o 15%. W otworach kontrolnych, sięgających aż do 30 m w skałę, ciśnienie 9 atm. spadało średnio po 10 minutach na 7,5 atm. Jeśli próby nie dawały wyników zadawalnych to otwory kontrolne uszczelniano i wiercono nowe dla dalszych prób. W ten sposób od brzegu do brzegu pod stopę od strony górnej wody stworzono płaszcz nieprzepuszczalny na długość około 1400 m i na głębokość 30—35 m.

Wtłaczana mieszanina była złożona z cementu i wody w stosunku wagowym 1:1. Z postępowaniem cementacji konsystencję zmniejszono do wartości cement : woda = 0,5. Ogólna długość wymienionych otworów wyniosła 24 km, zaś na zastrzyki zużyto 600 tonn cementu.

Kierownictwo robót i wykonanie robót.

Wszystkie roboty konstrukcyjne zakładu na Dnieprze i kombinatu przemysłowego były wykonane pod kierownictwem naczelnym inż. A. Wintera (rosjanina) i jego pomocnika inż. B. Wedeneewa.

Kierownictwo robót na Dnieprze spoczywało w rękach inż. I. Kandałowa i G. Wesełego.

Firma amerykańska H. Cooper i Sp. opracowała program wykonawczy, oraz była zaproszona na rzeczoznawcę dla robót konstrukcyjnych. Sześciu inżynierów tej firmy pozostawało stale na miejscu w czasie wykonywania robót.

Inż. Jan Szowhenow

Przyczynek do ustalenia katastrofalnych przepływów oraz odpowiednich poziomów zwierciadła wody w potokach.

(dokończenie)

Po ustaleniu przepływu wysokich wód o pożądanym prawdopodobieństwie oraz obraniu współczynników szorstkości tak dla głównego koryta, jak też dla terenów zalewowych, mamy częstą potrzebę wyznaczyć na pewnym odcinku rzeki, na przykład między wałami, rzędne zwierciadła wysokiej wody. Jeśli łóżysko nie jest regularne, wtedy dla stałego przepływu Q ruch wody będzie nierównomierny, lecz ustalony, dla którego można napisać:

$$\Delta h = \left(\frac{Q}{C}\right)^2 \frac{P}{F^3} \Delta l + \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{1}{F_d^2} - \frac{1}{F_g^2}\right) \dots (13)$$

$$\text{lub } \Delta h = \left(\frac{Q}{CF}\right)^2 \frac{1}{R} \Delta l + \alpha \left(\frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_g^2}{2g}\right) \dots (14)$$

$$\text{lub } \Delta h = \frac{i_1 + i_2}{2} \Delta l + \alpha \left(\frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_g^2}{2g}\right) \dots (15)$$

gdzie Δh — absolutny spadek w metrach między sąsiednimi przekrojami,
 Q — wyznaczony w sposób wyżej opisany przepływ w m³/s.

Z małymi wyjątkami roboty wykonywano akordowo. Zapadł do pracy nie pozostawiając nic do życzenia. Panowało ogólne zawodnictwo. Co wieczór wywieszano świetlnie osiągnięte wydajności. Praca odbywała się na 3 zmiany po 7½ godzin. W roku 1928-1929 było zatrudnionych przy budowie 9000 ludzi, liczba ta stopniowo wzrastała osiągając maksimum 25000 w sezonie budowlanym 1931 r.

Literatura.

1. J. Aleksandrow: Le Projet d'utilisation du Dniepre The Transactions of the first Word Power Conference, London 1924 Vol 2 str. 251.
2. O. Walch. Der Ausbau der Wasserkraftanlage „Dnieprostroi“, Siemens Jahrbuch 1928.
3. O. Walch. Die Wasserkraftanlage „Dnieprostroi“ mit besonderer Berücksichtigung der Zerkleinerungs- und Mischanlagen. Die Bautechnik 1929 str. 417.
4. S. Steuermann. Die Baustelleinrichtung der Wasserkraftanlage Dnieprostroi. Bauingenieur. 1931 str. 781.
5. P. Bergeon. Les aménagements hydroélectriques du Dniepr. Revue Générale De L'Electricité 1931 str. 874.
6. Vogeler. Der Bau der Dniepr-Staumauer in Süd Russland. Zentralblatt der Bauverwaltung. 1930 str. 191.
7. Marquardt. Vom Bau der Dnjepr — Wasserkraftanlage. Die Bautechnik 1931 str. 794.
8. K. Pohl. Das neue Wasserkraftwerk am Dnjepr. E.T.Z. 1932 str. 741.
9. C. Marcello. L'impianto idroelettrico sul fiume Dniepr a Kichkas (Dnieprostroi). Energia Elettrica 1935 str. 249.
10. U.R.S.S. en construction.
11. C. Krasiuskij. Nasze Hidroelektroostroitelstwo. Moskwa. 1933.
12. American Methods Win Fight To Control Russian River. Engineering News-Record. 1932. str. 877.

- F_d — powierzchnia przekroju dolnego w m²
 F_g — powierzchnia sąsiedniego przekroju górnego.
 V_d — średnia szybkość w przekroju dolnym w m/s,
 V_g — średnia szybkość w przekroju górnym w m/s,
 F — powierzchnia przekroju średniego dla badanego odcinka.
 P — obwód zwilżony przekroju F .
 R — promień hydrauliczny = $\frac{F}{P}$
 Δl — odległość między profilami w m.
 α — współczynnik = 1,1.
 i_1 — spadek zwierciadła wody w profilu dolnym,
 i_2 — spadek zwierciadła wody w profilu górnym.

Jeśli przekrój poprzeczny rzeki nie jest zwarty, a więc, składa się z głównego koryta oraz terenów zalewowych, wtedy przed rozpoczęciem obliczeń należy ustalić wartość współczynników szorstkości; dla głównego koryta n_1 i dla terenu zalewowego n_2 ewentualnie n_2 i n_3 . Dalej zaś postępujemy w taki sposób: W pierwszym z dołu profilu przyjmujemy ruch równomierny, spadek zaś i_1 — bezpośrednio zaniwelowany lub średni wyrównany. (Pewny błąd w przyjęciu pierwszego spadku nie ma praktycznego znaczenia). Obliczamy wypełnienie koryta dla przepływu danego Q_{max} , a