

"РОГУН", НАЈВИША БРАНА НА СВЕТУ?

Проф. др Петар С. ПЕТРОВИЋ, дипл. грађ. инж.
Грађевински факултет Универзитета у Београду

РЕЗИМЕ

Већ више од 38 година, у литератури која се односи на бране, наводи се да је највиша брана на свету камено-земљана брана "Рогун" на реци Вахш у Таџикистану, висока 335 m, уз напомену "гради се". Да ли је то тачно?

Грађење бране "Рогун" почело је 1976. године. До распада СССР-а 1991. године завршен је град Рогун за 8 000 становника и асфалтирани су сви путеви до бране. Завршена су два опточна тунела по 1480 m дужине и предбрана висока 40 m (1987. године) за скретање реке Вахш. При завршеку је била већина грађевинских радова на избијању и бетонирању 30 km тунела, огромна подземна хидроелектрана висине 78 m, ширине 22 m и дужине 220 m, као и сличних димензија подземна трафо станица.

По стицању независности, Таџикистан није имао новца за наставак радова. Поплава из 1993. године делом је затрпала опточне тунеле, порушила предбрану, делом потопила подземне просторије за хидроелектрану и трафо станицу, наневши огромну штету градилишту бране.

Влада Таџикистана је 2004. године склопила уговор са руском алуминијумском компанијом о настављању радова на брани, али га је 2007. године раскинула, јер је та компанија хтела да гради брану високу око 285 m, што би значило знатно мање електричне енергије.

Влада Таџикистана је из буџета финансирала даље грађење бране, и по плану је требало да један опточни тунел буде оспособљен до краја 2009. године. Почетком 2010. године Влада је прибегла "народном зајму", али је прикупљена сума новца била исувише мала. Градитељи су успели да оспособе само један опточни тунел до децембра 2010. године. Спремали су се да преграде реку Вахш, тј. направе нову предбрану.

У међувремену је 2010. године Влада склопила уговор са Светском банком о наставку радова на брани и хидроелектрани. Уговором је предвиђено да се радови наставе тек када буду усвојене студије коју раде две пројектантске организације и независни експерти које је Банка изабрала. До завршетка студија, на захтев Банке, обустављени су сви радови на градилишту. Последњи рок за израду студија је март 2013. године.

Уколико се до 2015/16. године не прегради река Вахш, извесно је да брана "Рогун" (335 m) са хидроелектраном, неће бити завршена до 2022. године.

Кључне речи: камено-земљана брана, гравитациона бетонска брана, Таџикистан, река Вахш, Нурек, Рогун, СССР, Русија, РУСАЛ, Светска банка, тунел, расед, стена камена со, поплава.

УВОД

Камено-земљана брана "Рогун" (Рогунская плотина, Rogun Dam) је преградила реку Вахш (Вахш, Vakhsh) у Републици Таџикистан (Таджикистан, Tajikistan) и требало је да буде највиша брана на свету (335 m), а њена акумулација и хидроелектрана (3 600 MW) највеће у Централној Азији.

Да би се боље разумело због чега је грађење бране и хидроелектране "Рогун" и после 37 година (!) скоро на почетку, овде се даје и краћи текст о Таџикистану, сиромашној земљи у којој се гради брана "Рогун". Ово у многоме подсећа на нашу брану и хидроелектрану "Бук Бијела", чије грађење ни после 56 година (!), више идејних и четири главна пројекта, није ни почело.

Република Таџикистан припада групи централноазијских држава. Граничи се са: Авганистаном, Кином, Киргистаном и Узбекистаном (слика 1.). Са површином од 143 100 km² и бројем становника 6 630 000 (попис из 2000. године, или прогноза 7 000 000 за 2008. годину), спада у ред мањих азијских држава. Две трећине становника су Таџици (пореклом из Персије), а остало су углавном Узбеци. Престоница је Душанбе са 676 000 становника. Подељена је на четири покрајине.

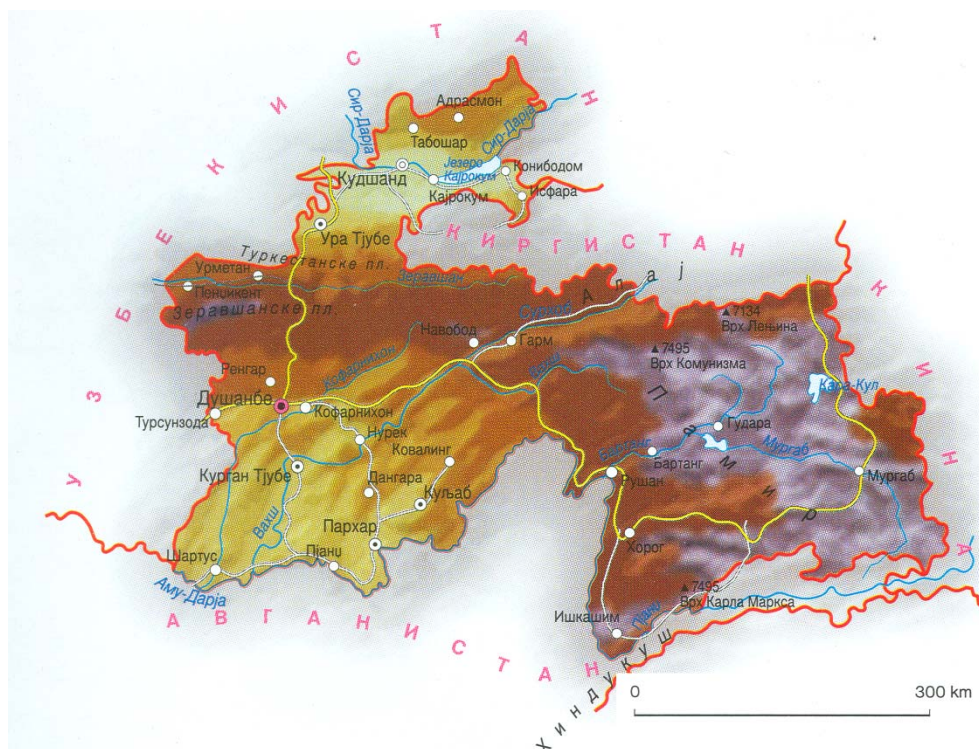
Царевина Русија је 1868. године освојила Таџикистан и одредила да Турци буду гувернери и скупљачи пореза за њу. Под влашћу државе Савеза Совјетских Социјалистичких Република, 14. октобра 1924. године, постао је аутономна покрајина у саставу Узбечке републике СССР. Пет година касније, 5. децембра 1929. године, Таџикистан је постао једна од република СССР, да би распадом СССР-а стекао независност 25. децембра 1991. године. Одмах се прикључио Заједници Независних Држава (ЗНД). Од 1992. до 1997. године је беснео грађански рат са преко 30 000 погинулих.

Таџикистан је планинска земља, где пола земље има просечну надморску висину преко 3 000 m, а поједини врхови планине Памир имају висину преко 7 000 m, као на пример: Исмаил Сомони са 7 495 m, Ибн Сина 7 174 m и Јорженевскаја са 7 105 m.

Земљотреси су у Таџикистану, такорећи, свакодневна појава, у просеку испод $M=5,5$ по Рихтеру (о постојећим сеизмичким скалама видети поглавље 11 лит. [7]). Најјачи земљотрес од 7,3 по Рихтеру био је 1907. године у области Каратаг, а земљотрес јачине $M=7,6$ догодио се 1949. године у области Хаит.

Око 2 % територије земље је покривено проточном или језерском водом. У Таџикистану постоји више од 25 000 река са укупном дужином од преко 69 200 km. Од њих 947 има дужину од 10 до 100 km, а 16 река има дужину од 100 до 500 km, а само три реке преко 500 km. Најдуже реке су (дужина у km): Бартанг (628), Вахш (624), Пјанц (521), Кофарнихан (387), Заравшан (у земљи 310, укупно 877) и Сир Дарја (у Таџикистану 180). Просечно рекама протече годишње око 56,2 km³ воде.

Таџикистан има око 1300 језера са 44 km³ воде, од којих је 20 km³ слатководна и 24 km³ слана вода. Најпознатија језера су: Кајракум, Искендеркулско, Киликалонско, Нуречко, Каракулско и Сареско. Укупна површина језера износи 705 km² [1].



Слика 1. Територија републике Тацикистан [2].

Површину од 6 % државне територије чине глечери и површине покривене "вечитим" снегом. Укупна количина воде која је "заробљена" у глечерима и снежним пољима цени се на 550 km³.

Између 1940 и 2000. године температура је порасла од 1,0 до 1,2 °C, па су се многи глечери скратили. Тако се глечер Федченко (Fedchenko) топио од 16 до 20 m сваке године. Према Оксфаму (Oxfam International), до 30 % тачичких глечера ће нестати до 2050. године. На тај начин ће се смањити производња електричне енергије, доћи ће до поплава и клизања земљишта у долини реке Вахш, а такође и до других природних катастрофа.

Температура у Тацикистану зависи од надморске висине. Просечна температура зими у долинама износи 2⁰ C и -20⁰ C у планинама. Лети у долинама износи 30⁰ C, а у планинама 0⁰ C.

Тацикистан је **прва** земља на свету по хидропотенцијалу по глави становника. Тацикистан је **осма** земља на свету са скоро 4 % целокупног светског хидропотенцијала за коришћење електричне енергије. Само највеће реке и њихове притоке могу да дају 300 TWh/god.

Почетком 1929. године прорадиле су прве електране у највећим градовима: Душанбеу, Хоџенту, Канибадаму и Костакозу. Фебруара 1931. године, започела је градња прве, веће хидроелектране "Варзоб 1", снаге 7,5 MW, која је завршена 1936. године. Више од 95 % електричне енергије у Тацикистану потиче од хидроелектрана. Од већих хидроелектрана су (снага у MW; завршетак грађења, висина бране у m): Варзоб 1 (7,5; 1936; -), Варзоб 2 (14,5; 1947; -), Каиракум (126; 1957; -), Перепаднаја (30; 1959; -). Голојнаја (240; 1963; -), Нурек (3 015; 1980. 300), Баипаза (600; 1986. 70), Сангтуда 1 (670; 2009; -), а гради се Рогун (3 600; ?; 335), док је планирана и Сангтуда 2 (220; -; -).

Тацикистан има 200 канала за наводњавање са укупном дужином од 28 000 километара. Грађење преносне мреже електричне енергије у области Памира било је скопчано са многобројним тешкоћама, па се држава радије одлучивала да ради разне индустријске погоне у близини хидроелектрана. Акумулације иза брана служиле су и за наводњавање земљишта. У време Совјетског Савеза се почело са фармама памука, гајењем винове лозе и разним плантажама, па су оне наводњаване водом из реке Вахш. Пројекти канала у долини реке Вахш и земље за земљорадњу завршени су још 1933. године и практично су одредили положај брана.

Током Другог светског рата многа индустријска предузећа, па и читаве индустријске гране, пребачене су из европског дела СССР-а у крајеве иза реке Волге, Каспијског језера и планине Урала. Дошло је до наглог развитка земљорадње, па је потреба за заливањем усева била све већа, а тиме и потреба за још више електричне енергије.

Шездесетих година прошлог века, пошто су неке акумулације направљене, направљени су тунели да би се и друге долине наводњавале. Акумулације су контролисале речни ток и омогућавале снабдевање водом низводно у Узбекистану и Туркменистану.

Совјетска Централна Азија имала је централну планску економију у којој је свака република у току године једна другој давала различите ресурсе. Лети је Таџикистан испуштао воду из својих акумулација на реци Вахш и извозио електричну енергију у Узбекистан и Туркменистан, а дуж реке Аму Дарје су се пумпама наводњавала поља. Зими је Таџикистан у акумулацијама чувао воду, а фосилна горива, које су низводне државе имале довољно, продавале су Таџикистану са уљем и гасом, да би компензовале добијену електричну енергију.

Са повећаном регионалном затегнутошћу, после независности, систем који је постојао у доба Совјетског Савеза, урушио се. Слање горива из низводних земаља било је све мање и скупље. Таџикистан није могао да повећа испоруке електричне енергије зими, па је то изазвало енергетску кризу, тако да је и престоница Душанбе остала у току зима 2008 и 2009. године без струје и грејања.

Таџикистан је тада покушао да повећа хидроенергетске капацитете градећи више брана на реци Вахш. Планиране су још четири бране, од којих је једна, брана "Рогун", била у току грађења. Приступило се вађењу нафте, производњи горива и хране, а посебно је подстакнут развој лаке индустрије

РЕКА ВАХШ

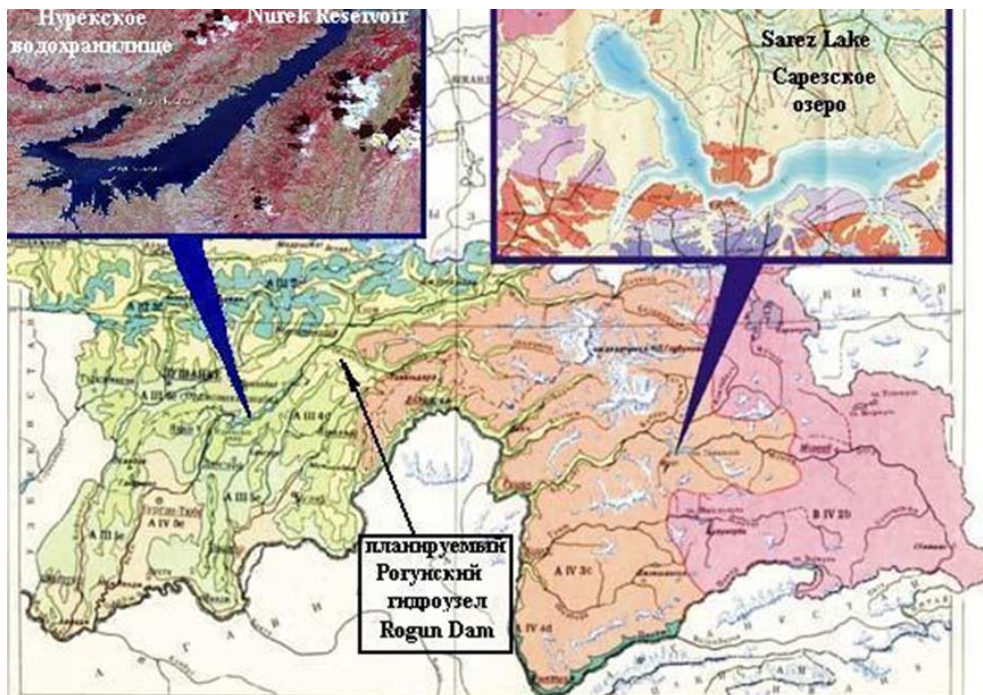
Скоро средином Тацикистана протиче река Вахш, једна од најдужих река ове земље. Од извора у Киргистану тече правцем североисток – југозапад, и на самој граници са Авганистаном, после 624 km тока, улива се у Аму Дарју и даје јој око 25 % њеног протицаја.

Река Вахш углавном настаје топљењем ледника, нарочито са планинског масива Памира, и са сливног подручја од 39 100 km² (од којих је 7 900 km² у Киргистану), има средњи протицај на крају тока од 538 m³/s.

Сливно подручје реке Вахш у Тацикистану се налази између планина Памира и Алтаја, познато је по снегу и ледницима (гледерима). Због планинског земљишта, кроз које се пробија река Вахш, у речном кориту има великог таложења наноса, нарочито узводно од места будуће бране "Рогун".

Протицај воде је веома неравномеран: у зимским месецима је око 150 m³/s, а у летњим месецима је око 1 500 m³/s. Годишње протече реком Вахш око 20 000 000 000 m³. На реци Вахш биле су три метеоролошке станице, из чијих података се види да су највеће 24-то часовне падавине од 104,4 mm биле 1983. године. Максимални протицај реком Вахш у току мерења 1941 -1999. година догодио се 1958. године и износио је 2410 m³/s.

Завршено је пет хидроелектрана које дају 91 % електричне енергије земљи. Хидропотенцијал реке Вахш се цени на 8 GW коришћењем свих пет каскада.



Слика 2. Положај насуте земљане бране "Нурек" и будуће насуте камено-земљане бране "Рогун" [3].

Река Вахш се налази у сеизмички активном региону, па земљотреси и висок ниво подземне воде, изазивају годишње стотине клизишта. Ова клизишта често стварају бране у кориту реке. Клизиште осам km низводно од бране "Баипаза" (Bairaza) преградило је реку два пута (1992 и 2002. године, а брана је завршена 1985. године). Те преграде су биле одмах уклоњене како се вода не би толико издигла да поплави брану са низводне стране. Такви догађаји могу да имају велике економске ефекте па и заустављање Татичке алуминијумске компаније, да пресеку низводне делове земље од снабдевања питком водом и водом за наводњавање. Рушење такве бране (настале клизањем земљишта) може да изазове катастрофалне поплаве.

На слици 2 је дата мапа Тацикистана у коју су уцртани положаји: брана "Бурек", брана у грађењу "Рогун" и будућа брана "Сарез".

ИЗБОР МЕСТА БРАНЕ "РОГУН"

У "Хидропројект"-у (Гидропроект) из Москве је разматрано коришћење хидропотенцијала реке Вахш у Таџикистану. На основу тога је 1959. године почело грађење бране "Перепаднаја" (Перепадная), прве бране на реци Вахш. Исте године на реци Вахш су у карту уцртане још две насуте бране: "Нурек" (Нурек, Норак) и "Рогун" (Рогун).

Подлоге, пројекти и завршетак највише бране на свету "Нурек", са уграђивањем девет агрегата укупне снаге $9 \times 335 = 3015$ MW, трајало је укупно 19 година, од 1961 до 1980. године. Тада је завршена насута земљана брана висине 300 m и потекла је струја из свих девет агрегата. Већ од 1963. године су пројектанти "Хидропројект"-а маштали о другој, још вишој брани "Рогун". Због тога су послате екипе геодета и геолога на терен, да у неприступачним кланцима реке Вахш нађу најпогодније место за будућу брану.

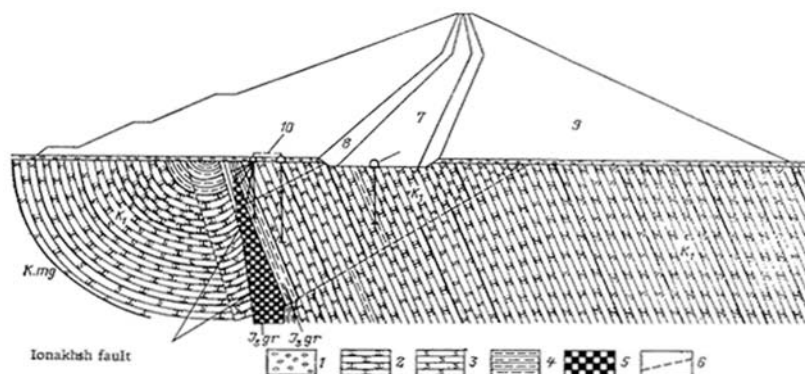
Геолози Количко (А.В. Количко) и Филъ (В.Н. Филъ) из "Хидропројект"-а у Ташкенту (Узбекистан), у чланку [4], су описали избор места бране "Рогун".

Дуж садашњих долина река Сурхоб, Вахш, Об и Гарм пружала се стара долина реке Вахш, која се поклапа са зонама раседа (слика 3), и била је испуњена до дебљине од 300 m наносом, највише шљунком. Испод садашњег нивоа тих река наслаге шљунка се налазе на дубини од 100 до 150 m, и то је граница споја централноазијске-авганистанско-таџикистанске депресије и југозападне Тјен Шан планине, која је овде изражена дубоким раседом реке Вахш, дуж кога су забележени земљотреси интензитета девет по Рихтеру.



Слика 3 Схематски дијаграм испитиваних места: 1- зона Вахш раседа, 2- раседи другог реда, 3- долина старе реке Вахш, 4- место бране Рогун и 5- места испитивања. I- југозападна страна Тјен Шана и II- авганистанско- таџикистанска депресија [4].

Да би се нашло место погодно за грађење бране, 1963. године је испитано осам места у горњем току реке Вахш. У току 1965 и 1966. године седам од њих, која су се налазила у старој долини реке Вахш, одбачена су, јер би брана била на нехомогеном темељу: на десној обали би била чврста стена (гранити, шисти и кречњаци), а на левој обали земља везана кохезијом.



Слика 4. Подужни профил терена испод бране. Легенда: 1- алувијум у кориту реке, 2- пешчари, 3- ситан камен, 4- аргилошисти, 5- стене соли, 6- разне фрактуре, 7- језгро бране, 8- филтерске зоне, 9- потпорна тела бране, 10- инјекциона завеса због соли [4].

Осмо место, место будуће бране "Рогун", разликовало се од напред споменутих. Налази се 2,5 km од Вахш раседа и старе долине Вахш, а темељ бране чине чврсте стене које се пружају преко долине, док дебљина наслага шљунка у речном кориту не прелази 10 до 15 m. Инжењерско-геолошки радови су почели 1968. године. Да би се омогућило пројектовање бране, од 1974 до 1979. године извођени су геодетски радови.

У току овог периода 3 620 m додатних бушотина је избушено. На месту будуће бране је 8 350 m бушотина избушено, од којих је на 568 извршено испитивање ВДП. Много геофизичких и лабораторијских испитивања је урађено. На местима грађевина, приступних путева, наслагама природних грађевинских материјала, и у самој акумулацији 4 700 m рупа је ископано и 640 m је бушотина избушено и екстензивни експериментални радови су учињени.

Слика 5 показује неприступачну клисуру реке Вахш на месту будуће камено-земљане бране "Еогун" пре почетка грађења.



Слика 5. Место будуће камено-земљане бране "Рогун" у клисури реке Вахш пре почетка грађења [5].

ПРОЈЕКТОВАЊЕ БРАНЕ "РОГУН"

При пројектовању бране "Рогун" са подземном хидроелектраном, консултовани су, између осталих, академије наука: СССР-а, Таџикистана и Узбекистана, Универзитет у Москви и стручњаци "Хидропројект"-а из Мослве и из Ташкента. Посебно су узети у обзир резултати опита на брани "Нурек", чија је изградња била при крају.

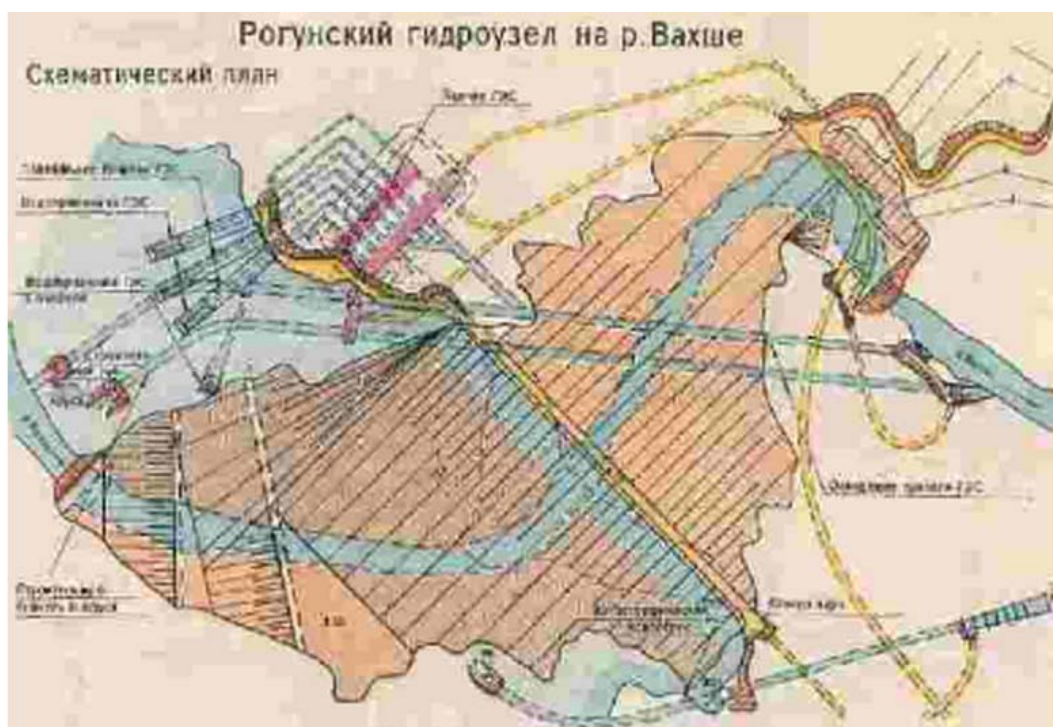
Пројектовање бране са хидроелектраном "Рогун", техничко-економско образложење и грађење, било је иницирано 70-тих година прошлога века од стране влада Узбекистана и Туркменистана уз сагласност Таџикистана, на чијој се територији "Рогун" и налазио. Та иницијатива је била због тога да би се предупредила еколошка катастрофа помањкања воде и регулисање права коришћења воде у новим условима наводњавања земље, а такође, обезбеђивање целог региона еколошки нешкодљивом електричном енергијом.

Још су 1963. године геодете и геолози изашли на терен, јер се знало да ће се градити брана "Рогун", али се није знало које ће висине бити. Одређивање погодног мета за брану, геодетска снимања и геолошка истраживања су, због неприступачности места будуће бране, трајала веома дуго, тако да су идејно решење и идајни пројект били готови тек крајем 1973. године. То је урађено од стране совјетског пројектантског института "Хидропројект" (Москва) и филијале из Ташкента (Узбекистан).

Већ 1974. године био је, од стране Госстроем СССР, потврђен идејни пројект бране и хидроелектране "Рогун", који је разрадио Среднеазијско одељење института "Гидропројект"-а у Ташкенту [14].

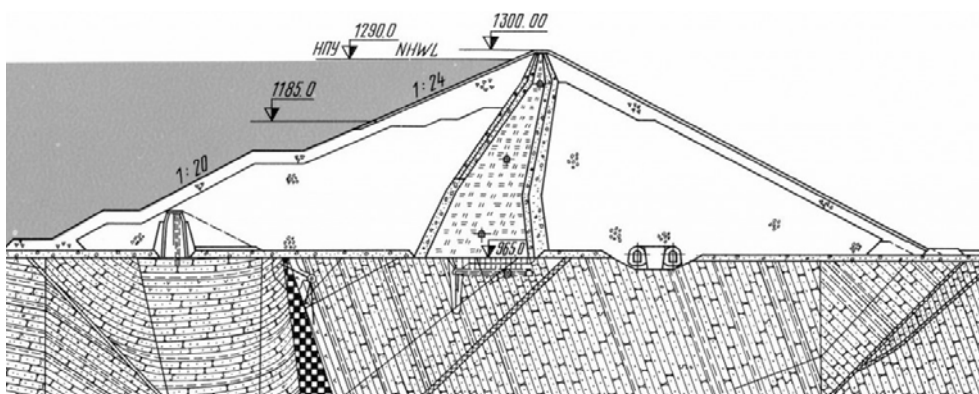
Пројект бране "Рогун" био је конципиран за производњу електричне енергије и за наводњавање. Подземна хидроелектрана "Рогун" ће, поред производње електричне енергије, имати и позитивне ефекте на постојеће низводне хидроелектране, повећавајући њихову производњу у току зимског периода. Поред тога, лети ће вода из акумулације "Рогун" служити за наводњавање низводног земљишта дуж тока реке Вахш у Таџикистану и дуж тока реке Аму Дарја, првенствено у Узбекистану и Туркменистану.

У то време било је планирано да се брана изведе до висине од 350 m, ради освајања и наводњавања нових земљишта, а такође за побољшање мелиоративних система на више од 1 000 000 хектара земље поглавито у Узбекистану и Туркменистану. Касније се од тога одустало, па су пројектанти усвојили висину од 335 m. Са усвојеном котом круне бране 335 m Таџикистан би, коме зими недостаје око 1 000 MW, могао да вишак енергије добијен из хидроелектране "Рогун", продаје Пакистану и Авганистану.



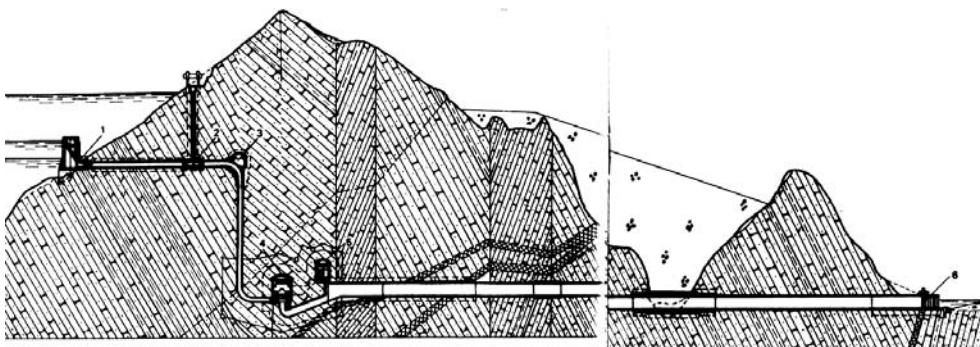
На слици 6 је дата основа будуће бране "Рогун", али се, због не одговарајућег снимка велике основе и претрпаности, добро не види сложеност у положају тунела. То се боље види на слици 7, на којој су уцртани и разним бојама обојени тунели појединих подземних грађевина. Ипак се ни на њој не виде: затварачнице, вертикални шахтови, а ни цела преливна грађевина. На основу ове слике тешко је оценити који тунели и на ком месту морају да буду пломбирани када предбрана буде готова.

Пристап месту бране "Рогун" је веома тежак, јер се будућа брана налази у клисури реке Вахш. Изабрано место за будућу брану је око 100 km источно од главног града Таџикистана (Душанбе) и око 70 km узводно од највише бране на свету (300 m) "Нурек". На месту будуће бране стране клисуре се уздижу око 400 m на левој и 600 m на десној обали. Њихов средњи нагиб у односу на хоризонталну раван је око 55° , са појединим вертикалним деловима. Ширина долине на нивоу речног корита је око 40 m, а на коти круне бране (1300 mnm) је преко 600 m. Непосредно низводно долина се шири.



Слика 9. Попречни пресек камено-земљане бране "Рогун" (коначна фаза пројектовања) на реци Вахш, Таџикистан [11].

Слика 8 представља снимак цртежа попречног пресека бране у првој фази пројектовања, који је, током разраде пројекта, претрпео извесне измене. Део тих измена се види на слици 9, на којој су, на пример, унети положаји два опточна тунела који се претварају у излазне ваде хидроелектране (низводно од глиеног језгра). На слици 9 су унети резултати истражних радова после усвајања главног пројекта. Ниједан од ова два цртежа не даје праву слику о попречном пресеку бране, јер недостају многе коте, нагиби филтра и глиеног језгра. Положаји појединих галерија и тунел, поједине димензије, итд. Галерија из које се врше инјектирања ради спречавања растварања и одласка слоја камене соли низводно, спуштена је тридесетак метара дубље, како би се што ефикасније извршило специјално инјектирање. Избачено је инјектирање испод предбране, итд.



Слика 10. Подужни пресек кроз улазну грађевину, затварачницу, довод, хидроелектрану и излазну ваду -тунел [11].

Слика 10 представља снимак цртежа подужног пресека кроз довод, хидроелектрану и одвод воде у коју су унети геолошки подаци. На овој слици нема ниједне димензије, ниједне коте. Сигурно да све то постоји на неком цртежу, али то није могло да се пронађе.

Главне карактеристике оригиналног пројекта постројења "Рогун", према разним изворима а нарочито према [8] и [13], би биле:

- брана:

- насута камено-земљана:
 - са глиеним језгром
 - са филтрима
 - гради се у две фазе
- надморска висина круне 1 300 mm
- кота најнижег дела 965 mm
- грађевинска висина 335 m
- највећа ширина у попречном пресеку:
 - при дну (по дужини реке) 1 500 m
 - узводна страна 810 m
 - ширина у круни 20 m
 - низводна страна 670 m
- највећа дужина у подужном пресеку:
 - дужина у круни око 620 m
 - дужина при дну око 50 m
- нагиби страна брана:
 - узводна косина 1:2 и 1:2,4
 - низводна косине 1:2
- нагиби филтра:
 - узводни нагиб узводног филтра 1:0,9
 - низводни нагиб низводног филтра 1:0,4
- нагиби глиеног језгра:
 - узводни нагиб глиеног језгра 1:0,9
 - низводни нагиб глиеног језгра 1:0,4
- дебљина глиеног језгра при дну је преко 100 m

- материјали бране:

- укупно, уграђени материјал 71 000 000 m³
- укупно, надземни ископ 30 000 000 m³
 - од тога ископ стене 14 000 000 m³
- подземни ископ стене 5 100 000 m³
- укупно, уграђени бетон 2 500 000 m³
 - од тога у подземљу 1 500 000 m³

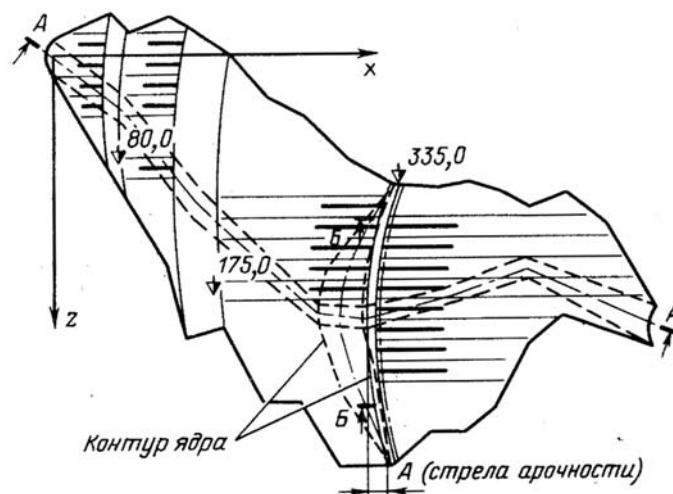
- брана прве фазе:

- кота круне 1 060 mm
- грађевинска висина 95 m
- хидрауличка висина 65 m
- узводна страна, нагиб косине 1:2

- акумулација:

- кота максималног успора 1 290 mm
- кота нормалног успора 1 290 mm
- кота дна реке Вахш 990 mm
- хидрауличка висина 300 m
- запремина воде:
 - укупна око 13 300 000 000 m³
 - корисна:

- на почетку око $10\,300\,000\,000\text{ m}^3$
- после 50 година око $8\,600\,000\,000\text{ m}^3$
- мртав простор после 50 година $4\,700\,000\,000\text{ m}^3$
- допунско гарантовано снабдевање $4\,400\,000\,000\text{ m}^3$
- површина при коти нормалног успора 170 km^2
- дужина око 70 km
- просечна годишња испаравања 800 mm
- пуњење акумулације ће трајати од 7 до 12 година
- годишње падавине у сливу су 700 до 838 mm
- при минималном радном нивоу:
 - кота воде $1\,185\text{ mm}$
 - површина $50,6\text{ km}^2$
- средњи протицај у профилу бране $631\text{ m}^3/\text{s}$
- слив реке Вахш до профила бране $30\,390\text{ km}^2$
- **акумулација прве фазе:**
 - кота:
 - максималног успора $1\,055\text{ mm}$
 - нормалног успора $1\,055\text{ mm}$
 - минимална радна $1\,055\text{ mm}$
 - запремина око $250\,000\,000\text{ m}^3$



Слика 11. Схематски приказ основе камено-земљане бране "Рогун" ради просторног прорачуна померања [6].

- **подземна хидроелектрана:**
 - димензије: 22 m (ширина) $\times$ 78 m (висина) $\times$ 220 m (дужина)
 - број агрегата 6
 - инсталисана снага по агрегату 600 MW
 - укупна инсталисана снага $3\,600\text{ MW}$
 - инсталисани протицај $6 \times 274\text{ m}^3/\text{s} = 1\,644\text{ m}^3/\text{s}$
 - средња укупна годишња производња електричне енергије $13\,100\,000\,000\text{ kWh} = 13,1\text{ TWh}$
 - номинални притисак 245 m
 - дужина доводног тунела 514 m
 - дужина излазних вада (тунела) $2 \times 850\text{ m}$

- за напон од 500 kV у проширењу тунела

- димензије: 20 m шир. x 40 m вис. x 200 m дуж.
- спољашње разводно постројење је 500 kV

- **саобраћајнице:**

- приступни путеви брани и хидроелектрани:
- дужина тунела свих врста и димензија 63 km
- до најближе железничке станице 80 km

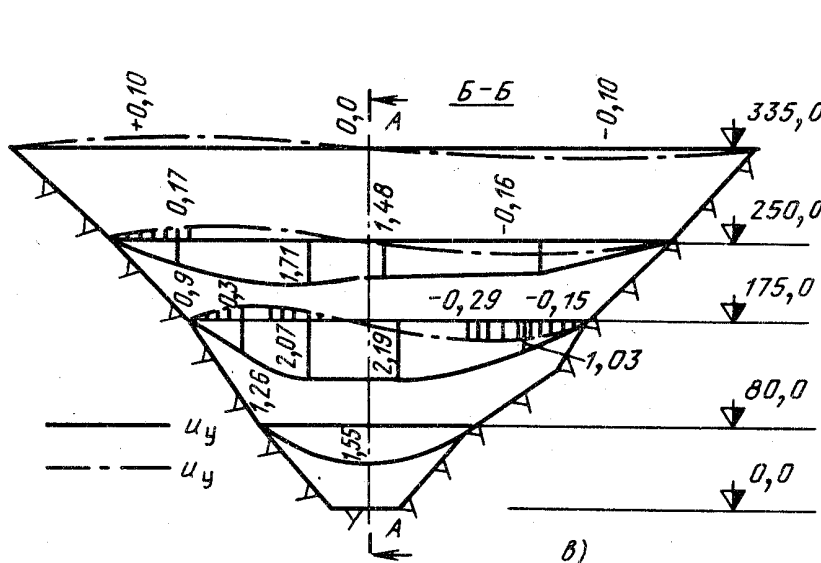
- **услови рада:**

- надморска висина од 950 до 1700 m
- температура од -20° до 40° C
- комфорни станови (обданиште, школа, . . .) за 8 300 радника са породицама, град Рогун [12]

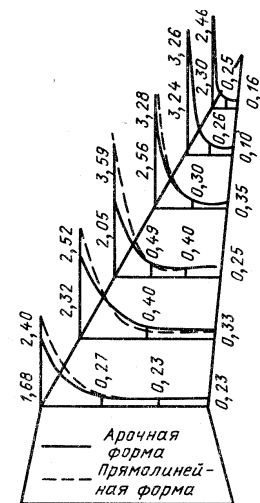
- **коштање бране и хидроелектране (у US\$) [1]:**

- бране и хидроелектрне око 2 200 000 000
- прве фазе око 500 000 000
- 1 kWh износи 0,0008

У књизи [6], у којој су аутори прво схематизовали основу бране "Рогун" (слике 11, 16 и 22.), па су на осталим цртежима приказали брану нереално као да је скоро цела брана укопана око 25 m, а не само један део ње. Подужни пресек бране (А-А) је дат по оси реке Вахш, па није реалан. Судећи по померањима, брана лежи на недеформабилној и водонепропустљивој подлози, што није тачно. Ово је вероватно био једини могући начин да се дође до како-тако прихватљивог модела бране за статички прорачун просторног стања напона и деформација. Ниво воде са узводне стране је на круни бране, што је недозвољено за ову камено-земљану брану. Разматрано је насипање бране у хоризонталним слојевима. Јасно је да је прорачун рађен у време када метод коначних елемената још није био примењиван на ове бране. Координатни центар је постављен на левој обали у средину узводне предбране: оса X на коти 965 mmn у низводном смеру, оса Y навише и оса Z ка десној обали.



Слика 14. Померања u_y и u_z (по оси глинеог језгра) у телу камено-земљане бране "Рогун", у средњем пресеку Б-Б (видети слику 11) [6].

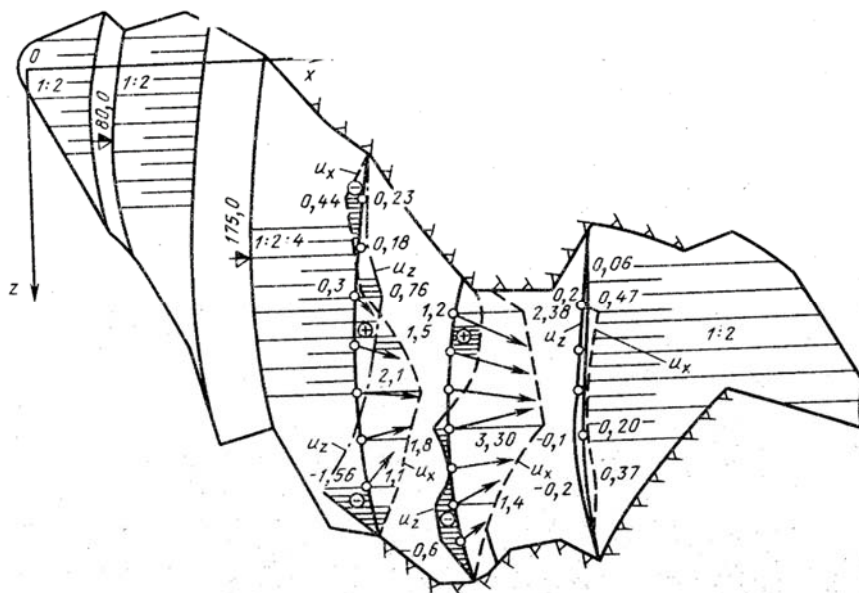


Слика 15. Померања u_x по глинеом језгру у телу камено-земљане бране "Рогун", у пресеку А-А, слика 11 [6].

На слици 11. је приказана основа камено-земљане бране "Рогун" ради просторног прорачуна померања услед деловања воде до коте 1300 mmn. У погледу банкина на висинама 80 и 175 m, по ширини, основа је схематизована. То се види и на цртежима 16 до 19, а ништа није боље ни на осталим, до 20. цртежа, на којима су изложени резултати прорачуна.

Резултати вертикалних (u_y), хоризонталних (u_x) и попречних (u_z) померања дати су на сликама 12, 13, 14 и 15. То су померања у попречном пресеку бране А-А. Хоризонтална померања глинеог језгра дата су за два

Највећа слегања (вертикална померања) су 2,39 m на трећини висине бране од дна. Ако би се овај проблем решавао као стање равне деформације, на истом месту би се добило 3,2 m. За брану "Нурек", која је изведена са сличним материјалима и сличног облика (висока је 300 m), прорачуном је добијено: за просторно стање 2,5 m, а за равно стање деформација 3,7 m [6].

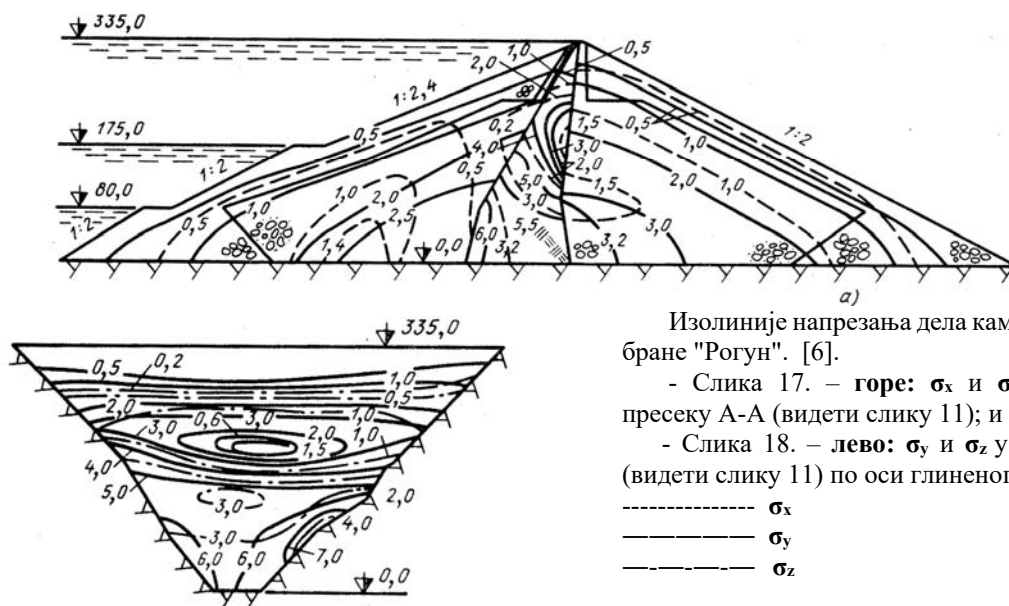


Највећа хоризонтална померања су на круни бране и износе 3,26 m. Приближно исти резултат се добија прорачуном равне деформације. Највећа хоризонтална померања глиеног језгра су при врху (слика 15) и брзо се смањују, тако да при дну језгра не прелазе 0,4 до 0,5 m. Код бране "Нурек" одговарајућа померања су 0,6 до 0,9 m.

Код напонског стања тела бране се већ на први поглед види утицај криволинијског облика глиненог језгра. То може да се најбоље види код напона σ_y у пресеку по оси глиненог језгра, слика 17. Са порастом дубине напон σ_y брзо расте, тако да при дну достиже 7 МПа [6].

На слици 19 приказан је распоред коефицијената сигурности на образовање пукотина на узводној

страни глинеог језгра по хоризонталним равнинама $K_y^{\Pi} = \frac{\sigma_y + \tau_p}{P_B}$, где је: σ_y вертикални притисак на узводној страни језгра; τ_p је коефицијент кохезије; и P_B је притисак воде у пресеку.



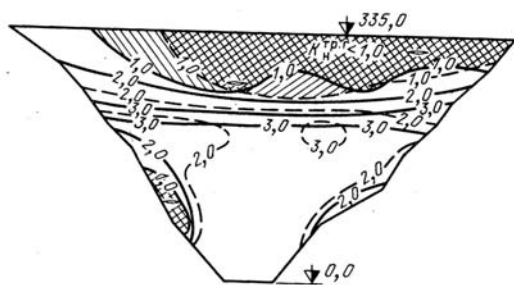
Изолиније напрезања дела камено-земљане бране "Рогун". [6].

- Слика 17. – **горе:** σ_x и σ_y у средњем пресеку А-А (видети слику 11); и

- Слика 18. – **лево:** σ_y и σ_z у пресеку Б-Б (видети слику 11) по оси глинеог језгра.

----- σ_x
 ————— σ_y
 - · - · - σ_z

На слици 19 у пресеку Б-Б по низводној прелазној зони, а по хоризонталним равнинама, приказане су две фамилије изолинија K_y : до потпуног пуњења акумулације и када је акумулација пуна. Иако су вредности K_y у том пресеку довољно високе, на боковима и круни примећују се зоне граничних стања земљишта [6].



Слика 19. – **лево:** Изолиније коефицијената сигурности на образовање пукотина на узводној страни глинеог језгра по хоризонталним

равнинама [6], $K_y^II = \frac{\sigma_y + \tau_p}{P_B}$, где је: - - - -

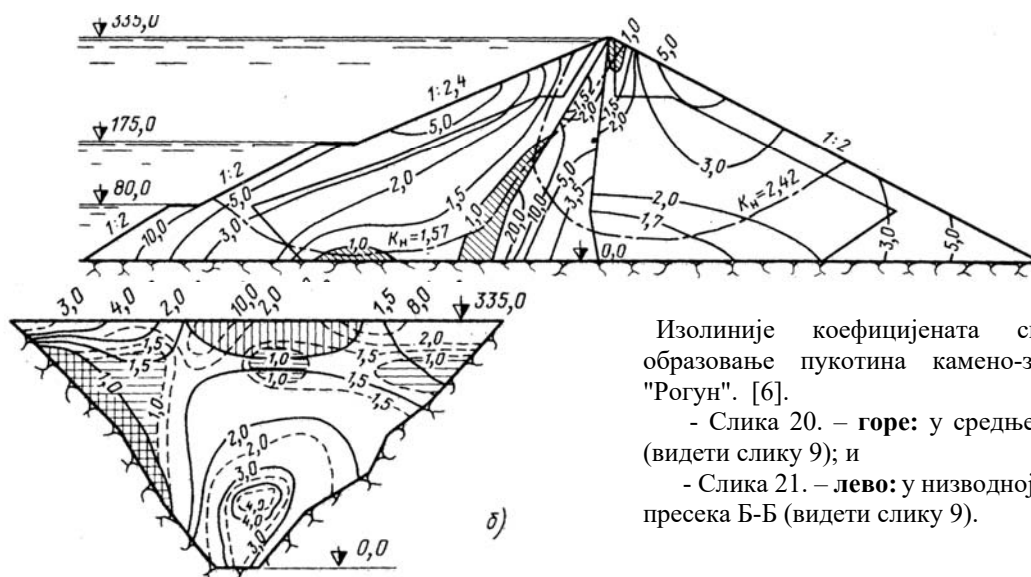
варијанта са праволинијском осом $A=0$, и ---- са закривљеношћу $A=45$ m; σ_y вертикални притисак на узводној страни језгра; τ_p је коефицијент кохезије; и P_B је притисак воде у пресеку.

У глинеом језгру, слике 19 и 21, коефицијенти K_y су високи. У нижим деловима глинеог језгра вредности K_y расту приближавајући се ка притиснутом делу језгра. У горњој потпорној призми, близу контакта са глиненим језгром (слика 21), примећује се зона граничних вредности као резултат растеређења потпорне призме [6].

У хоризонталним пресецима на сликама 22а и 22б, види се да се та гранична зона распростире и ка боковима бране. Код потпорне призме вредност K_y брзо расте ка крајевима бране [6].

Подземна зграда хидроелектране је огромних димензија: дужина 220 m, ширина 22 m и максимална висина од 78 m. Подземна трафо станица такође је великих димензија: дужина 200 m, ширина 20 m и висина од 40 m.

Средња годишња производња електричне енергије је 13.1 TWh (за висину бране од 335 m). што одговара средњем протикају (у профилу бране "Рогун") од 631 m³/s.



Изолитије коефицијента сигурности на образовање пукотина камено-земљане бране "Рогун". [6].

- Слика 20. – **горе**: у средњем пресеку А-А (видети слику 9); и

- Слика 21. – **лево**: у низводној прелазној зони пресека Б-Б (видети слику 9).

Главне замерке пројекту "Рогун" биле су [12]:

- 1 - да се гради у подручју високе сеизмичности, и да неки од многобројних земљотреса могу да доведу до рушења бране;
- 2 - да се у темељу бране налази моћан слој камене соли који може да буде испран;
- 3 - да ће низводне земље имати такав мањак воде да неће моћи да наводњавају поља дуж Аму Дарје, у Узбекистану и Туркменистану, као пре грађења камено-земљане бране "Рогун", и да ће се ниво Аралског језера спустити толико да ће и Казахстан бити угрожен; и
- 4 – стене у профилу бране су растресене и нису чврсте, код којих скоро да није могућеградити тунеле.

Пројектанти су успешно одговорили на ове и многе друге мање примедбе, па је ревизија пројекта 1974. године успешно завршена, тако да је исте године Госстрой СССР-а прихватио технички пројект "Рогун", урађен од стране "Хидропројект"-а из Ташкента (Узбекистан).

Одговори на четири главне примедбе на брану и подземну хидроелектрану биле би [12]:

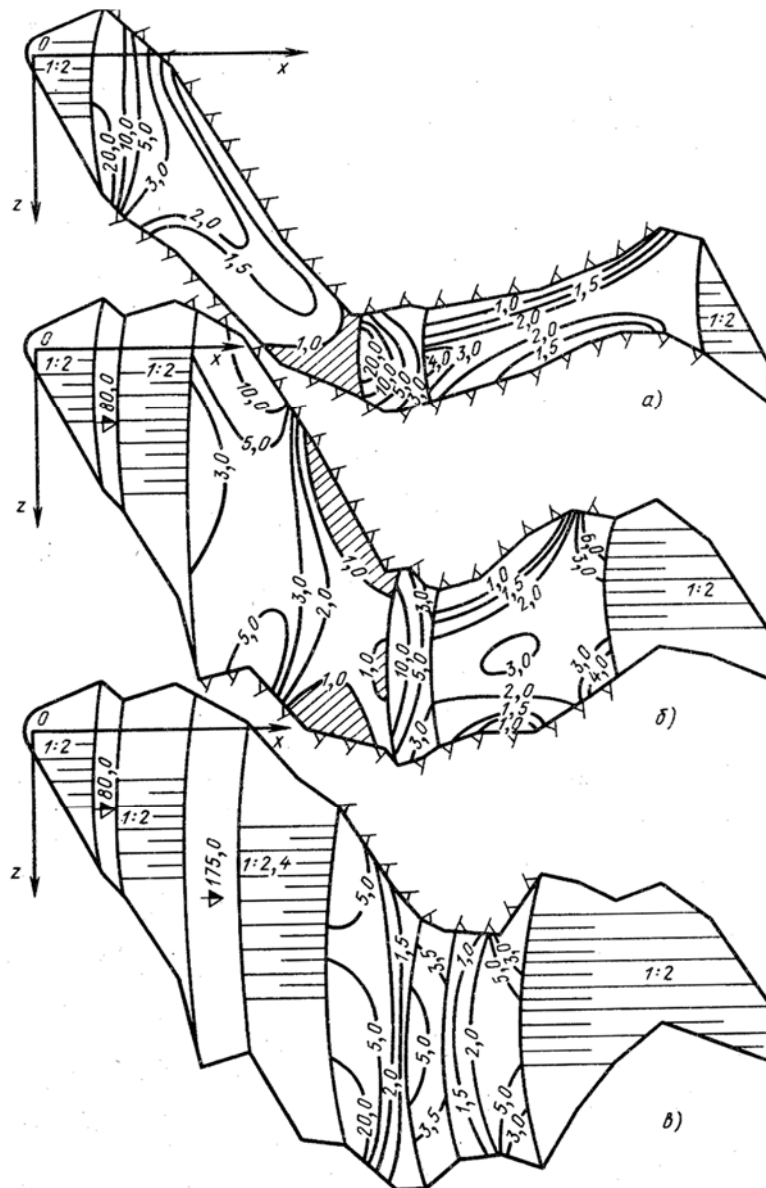
1- Високу сеизмичност, која је описана у уводу, пројектанти су узели у обзир - ону сеизмичност коју су им налагали тада важећи прописи - по скали МСК-64 (слична је скали ГОСТ 6249-52). То је међународна скала УНЕСКО-а за одређивање јачине земљотреса. У употреби је од 1964. године. Направили су је: С. В. Медведев (Москва), В. Спонхер (Јена) и В. Карник (Праг) [7]. Пројектанти су срачунали брану на 9-ти степен, а скала има 12 степени и одговара $M = 7,5$ -ом степену Рихтерове скале, која има 9 степени. Пројектанти су узели за хоризонтална померања вредност $0,56xg$, па чак и већу. Пошто се глинено језгро састоји из глиновитог земљишта и шљунка, то се реално очекује да ће се, при земљотресу, евентуалне пукотине у језгру саме затварати околном меком глином.

2- За слој камене соли, који би могао да се раствори и део оде низводно, и тиме поруши брану, пројектанти су нашли решење помоћу специјалног инјектирања (изолације) слоја. Овај слој испуњава зону раседа, па су пројектанти предвидели онемогућавање провирање воде под високим притиском у зону око слоја камене соли. У слој камене соли додају засићен раствор соли, у коме је више немогуће растворити ни грам соли. Благодарећи таквим мерама у оближњој каменој соли настаје динамичка равнотежа.

3- Бојазан да ће Аму Дарја имати мање воде него раније због пуњења акумулације "Рогун" отпада, јер се та акумулација пуни и до 12 година, а њено пражњење зависи и од хидролошких услова. Можда ће на то утицати и наводњавање нових чак 300 000 хектара земљишта у Узбекистану.

4- Грађевинци су нашли решење за растреситу стену: прво се почело са избијањем тунела у растреситим и мање чврстим стенама које се налазе под великим притиском. Према томе зашта служи и каква је обрада облоге, тунел (тунелска облога) је одмах бетониран. Да би брже био готов, избијање тунела је вршено са два краја, а често

и из средине путем шахтова, а материјал из ископа је транспортован на површину путем специјалних тракастих транспортера.

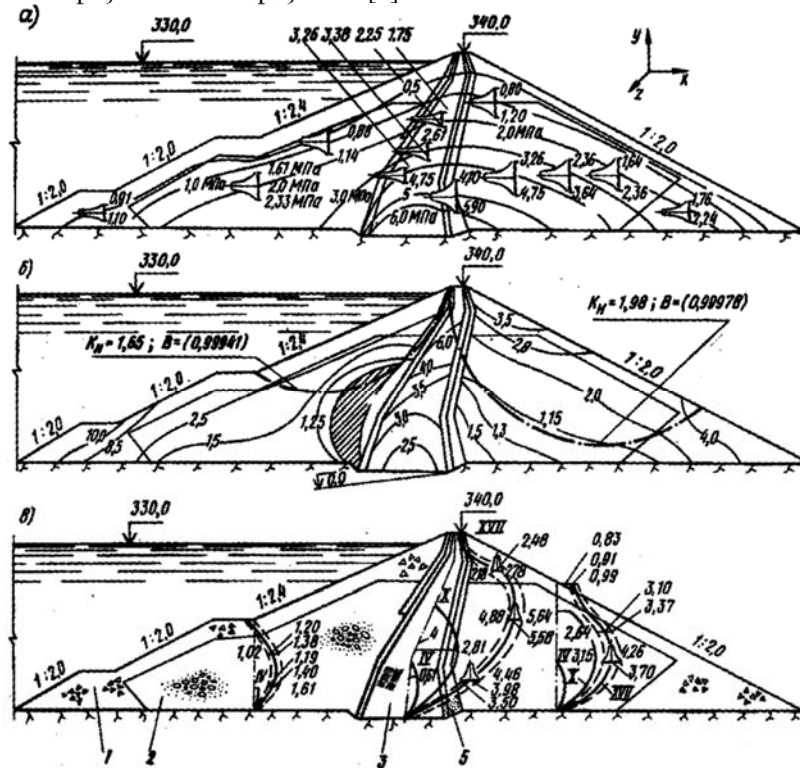


Слика 22. Распоред коефицијента сигурности у хоризонталним пресецима камено-земљане бране "Рогун". Пресеци су на висинама од 80, 130 и 250 m [6].

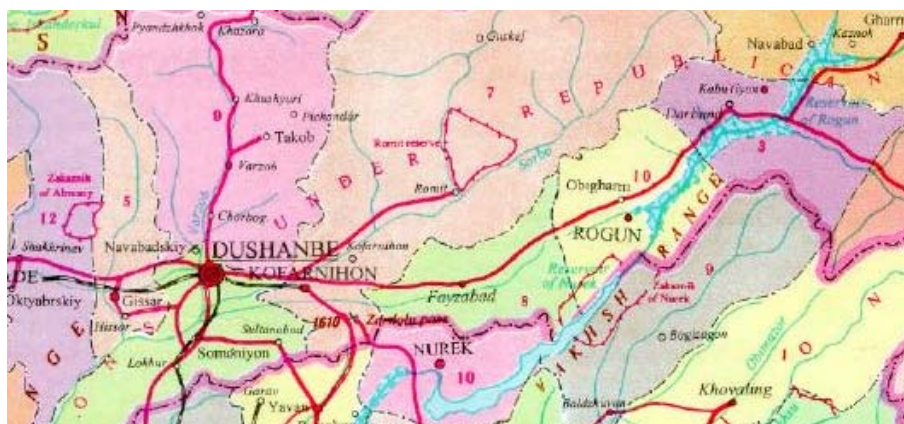
Пошто је прихваћен пројект бране "Рогун" високе 335 m, на основу података са већ изведене бране "Нурек" (1980. године), у "Хидропројект"-у (Ташкент) анализиране су варијанте бране "Рогун" високе 340 m, 345 m, па и 350 m. Једна од тих варијанти (340 m) изложена је у књизи [9], одакле је и преузета слика 23.

Резултати приказани на слици 23, добијени су за просторни модел бране висине 340 m, и за овај модел би важиле исте примедбе као за претходно приказани модел бране висине 335 m. Овде су добијене вредности у свакој тачки, не само математичког очекивања тих или других компоненти напрезања, коефицијенти сигурности померања, већ и закон њихве расподеле, тј. установљавања могућег опсега одступања ($\pm 3 \cdot \sigma$, где је σ средње

квадратно одступање, по стандарду). Такво решење допушта на крају периода грађења коришћење података контролних осматрања за грађење баш те грађевине [9].

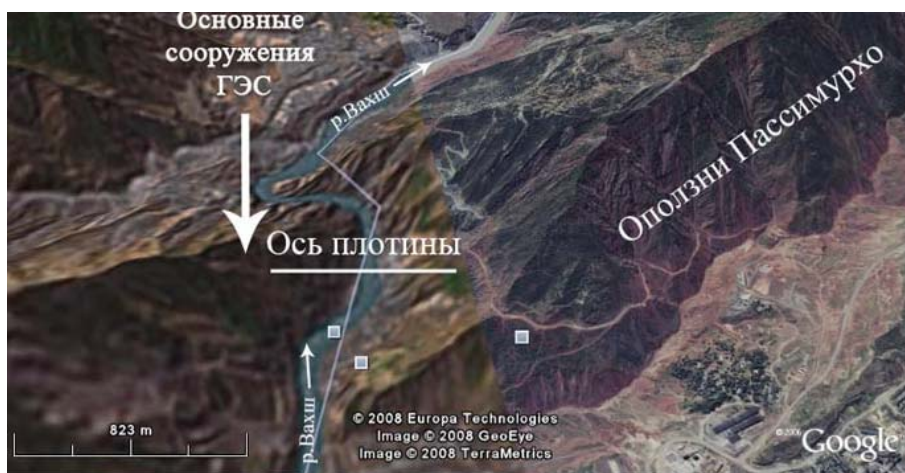


Слика 23. Резултати прорачуна просторног стања напрезања и деформација варијанте бране "Рогун" висине 340 m. а)- расподела напрезања σ_y у пресеку бране (у појединим тачкама резултати одступања од средње вредности на величину "три стандарда"); б)- линије једнаких вредности математичких очекивања коефицијента сигурности (у заградама су дате величине безбедности нагиба бране); в)- крива могућег обрушавања; г)- дијаграми вертикалних померања по оси глиненог језгра и у вертикалним пресецима узводне и низводне призме при разним фазама грађења (цртицама је приказано одступање од средње величине померања у односу на "три стандарда"); Легенда: 1- материјал предбране, 2- шљунковито-камени материјал, 3- глинено језгро, 4- оса глиненог језгра 5- филтарске зоне [9].



Слика 24 Положај акумулација "Нурек" (већ изграђена, са висином од 300 m сада је највиша брана на свету) и "Рогун" (када буде саграђена, са висином од 335 m, биће највиша брана на свету) [5].

Слика 24 представља део Тацикистана око престонице Душанбе са главним саобраћајницама. На њој се виде положај највише бране на свету "Нурек" и будуће бране "Рогун". Брана "Нурек" се налази скоро југоисточно од града Душанбе, а њена акумулација југоисточно до источно. Брана "Рогун" се налази источно од града Душанбе. Иако још не постоји, њена акумулација је уцртана у ову карту.



Слика 25. Сателитски снимак места будуће бране "Рогун", начињен после 34 године од почетка радова [10]!



Слика 26 Када буде изграђена 335 m висока брана "Рогун", акумулација на слици ће бити њена [10].

На слици 25 је приказан сателитски снимак места будуће бране "Рогун", који је начињен после 34 године од почетка радова на њеној изградњи. Снимак је начињен 2008. године (па се на њему не види предбрана, коју је вода однела 1993. године), а откупио га је Google. Оса бране је обележена дебелом хоризонталном цртом.

На слику 26 је уцртана будућа акумулација "Рогун" за висину бране од 335 m.

ГРАЂЕЊЕ БРАНЕ "РОГУН" ДО 1991. ГОДИНЕ

Претходни грађевински радови на месту бране "Рогун" званично су почели септембра 1976. године. До места бране није било никаквих путева. Најближа железничка станица била је удаљена око 80 km. За будућу хидроелектрану и брану било је потребно да се изгради довољно широк и асфалтни пут за транспорт великих комада, као што су затварачи, турбине, генератори и трансформатори. Требало је изградити приступне путеве самој брани. Због неприступачности профила бране, то били тунели. А за подземну хидроелектрану морали су тунели да буду врло великих димензија.

Пре почетка радова, до места будућег града Рогун, направљен је пут од оближњег места Обапхамин и даље, наспрам улаза у будуће оптичне тунеле.

У оквиру припремних радова, поред путева које су градили и одржавали пуних 14 година, било је зидање зграда у граду Рогун и избијање тунела. Пошто је већина тунела била на левој обали (слика 7), а градитељи и механизација су били на десној обали реке Вахш, требало је направити мост.



Слика 27. Снимак је начињен 1981. године. На њему се види први изграђени мост преко реке Вахш ради превозења материјала из тунела и почетка радова на бетонирању облоге тунела бране "Рогун" [5].

Мост на слици 27 је снимљен 1981. године, али је направљен још 1976. године. Био је знатне носивости, како би механизација могла да пређе на узводну леву обалу и извлачи материјал из тунела, а посебно транспортовање бетона и арматуре за тунелску облогу. Прво се почело са избијањем два оптична тунела, ОТ1 и ОТ2 са узводне стране. Оптичним тунелом треба да се пребаци река са узводне на низвону страну, и уз помоћ мањих брана, низводно од улаза у тунел и узводно од излаза из тунела, омогући несметан рад у простору између тих брана, тј. рад на подизању главне бране.



Слика 28. Улази у опточне тунеле ОТ1 (лево) и ОТ2 (десно), на почетку грађења, код камено-земљане бране "Рогун" (Интернет: "Rogun" Hydropower Project, Tajikistan).



Слика 29. Будући портали - улази у опточне тунеле ОТ1 (лево) и ОТ2 (десно), на почетку грађења, код камено-земљане бране "Рогун" (Интернет: The Rogun Dam Project As Seen Through Uzbek Eyes).

Опточни тунели ОТ1 и ОТ2, а и остали тунели, избијани су у растреситој стени слабе носивости, која је под великим притиском средине. Споро је напредовало избијање и бетонирање тунела. Месечно не више од 20 до 30 m. Иако се у исто време радило на неколико тунела, очевидно је да се оваквим темпом не могу да буду по плану завршени сви предвиђени тунели (63 km). Због тога се убрзано приступило изградњи пута до низводне стране будуће бране "Рогун".

На сликама 28 и 29 виде се поједине фазе грађења улаза у опточне тунеле ОТ1 (лево) и ОТ2 (десно). Са ових снимака још неизведених улазних гађевина може се видети, према снимцима аутомобила, колико су велики сами тунели.

Тек при извођењу радова (ако пројектанти немају довољно искуства), може се уочити код положаја улазних грађевина, да су:

- морале да буду још 15 до 20 m удаљеније од будуће бране, јер је предбрана део главне бране (код лучне бране "Мратиње" пројектант је морао да после ревизије пројекта продужи опточни тунел);
 - требало да буду под што мањим углом са речним током;
 - недовољно "извучене" из брда, тј. морале су да буду што више, макар и по цену прављења загата, удаљене од могућности затрпавања од стења са планине или саме бране;
 - имале темеље који нису, а требало би да буду, у попречном пресеку као слово "П", са дужином кракова слова "П" од пет – шест метара, да би се избегло подлокавање;
 - у подужном пресеку, на почетку и крају, све слично претходном ставу;
 - вероватно били од обичног или армираног бетона М20; требало би да су од хидротехничког армираног бетона М30;
 - статички срачунати на "оптерећење вода споља, вода изнутра", али и на додатно оптерећење споља слојем камена знатне висине, и на динамичко оптерећење од удара стена када је ниво воде испод калоте;
 - пројектовани у стени слабих карактеристика, са чијих стрмих косина може да се очекују осулине, котрљање великог камења, посебно ако је, услед кише, влажно; и
 - све што је напред написано не мора да важи за нормално високе бране и нормалне услове извођења;
- аутор овога чланка није располагао ситуацијом нити снимцима завршених улаза у тунеле.



Слика 30. Део завршеног тунела за одвођење каблова из подземне трансформаторске сале [16].

Када је после годину - две био завршен пут до низводне стране будуће бране, а да би се убрзало избијање и бетонирање облоге тунела, уведено је и избијање тунела и са низводне стране. Када ни то није довело до жељеног напредовања, почело се са избијањем тунела (не свих) и "из средине".

Знатно појевтињење транспорта ископаног материјала из тунела добијено је тако што је материјал из ископа одвожен конвејерима до излаза из тунела, одакле је пребациван киперима на депонију. Конвејери су, за овакве радове, први пут примењени у СССР. Сматра се да је, транспортом материјала конвејерима, уштеђено најмање 60 000 000 рубаља.



Слика 31. Један од транспортних тунела изведених на градилишту камено-земљане бране "Рогун" за потребе подземне хидроелектране [18].



Слика 32. Овај снимак је начињен скоро 15 година по "привременом" престанку радова, који траје од зиме 1991/1992. године, на градилишту камено-земљане бране "Рогун". На њему се види помоћни улаз у један од транспортних тунела Т3 [16].

Опточни тунели ОТ1 и ОТ2 су најкомпликованије и најтеже грашевине за извођење на целом градилишту. ОТ1 је први са лева на сликама 28 . 29, 6 и 7 на левој обали реке Вахш. Нижа му је улазна гражевина за 10 m у односу на ОТ2. Оба тунела су исте дужине од по 1 480 m и исте промене попречног пресека. До затварача, ти тунели су кружног попречног пресека унутрашњег пречника 11 m (!), па са армираном бетонском облогом од бар један метар, добија се минимални светли отвор од 13 m (!).

Овај део опточних тунела је димензионисан као "тунел под унутрашњим притиском воде", и може да пропусти велику воду вероватноће појаве једанпут у 50 година, која износи око 3 000 m³/s. Уколико би у току грађења предбране до коте 1 060 mm, наишла већа велика вода, тунели би је лако пропустили. До 1987. године изведен је тунел ОТ1, да би омогућио да дође до грађења предбране.

Низводни део оба опточна тунела изведен је скоро правоуглог попречног пресека са горњом кружном калотом. Димензије су 14x17 m (!) уз претпоставку да при највећем протицају гранична брзина воде у тунелима неће бити већа од 24 m/s, и да је течење воде без притиска. Ако претпоставимо да је дебљина облоге бар 125 cm, онда је светли отвор 16,5x19,5 m (!).

Пошто опточни тунели прелазе реку Вахш, јер се на десној обали налазе излазне гражевине са слапиштима, то је посебан проблем представљао прелазак реке. Ово је решено путем два загата. Корито реке Вахш је узано, претпоставља се да је морало претходно да се прошири ([15], пог.33.1.4.; тако је изграђена брана и хидроелектране "Ћердап 1").

У зимском периоду, када реком тече 250 до 350 m³/s воде, корито реке је проширено (претпоставка) на дужини од стотину метара. Тада је река текла знатно ширим коритом. Следеће зиме је изведен са десне обале до половине реке загат за тунел ОТ1. У њему је изведен наставак тунела са десне обале. По завршетку тих радова срушен је део загата на десној обали, и изведен је загат са леве обале. Река тече десном страном свога корита, преко завршеног дела тунела ОТ1. У загату са леве обале је изведен наставак тунела са леве обале. Када су делови тунела спојени, срушен је и загат на левој обали. Река Вахш поново тече целим коритом преко тунела ОТ1, који је завршен.



Слика 33. На "тераси", на десној обали реке Вахш, у непосредној близини бране "Рогун", али узводно од ње, направљене су радионице и стовариште материјала потребних градилишту [5].

Зашто је важно да загати буду изграђени и уклоњени у истој маловодној сезони? Због тога што после маловодног периода долази лето и протицаји преко 1 500 m³/s, што би захтевало знатно већи загат. Тако је први опточни тунел ОТ1 завршен у зиму 1986/87. године.

На слици 30 је приказан део завршеног "кабловског" тунела којим треба да прођу каблови високог напона (500 V) из хидроелектране. Слика 31 представља улаз у "транспортни" тунел којим ће се пребацивати сва опрема

у трансформаторску и у машинску и салу. То је најкраћи тунел, иако је дуг преко једног километра, којим се може доћи до подземне хидроелектране у току грађења бране "Рогун". Улаз у транспортни тунел на слици 31 налази се низводно од бране.

Тако се на слици 32 види помоћни улаз ("улаз из средине") у транспортни тунел Т3, који је служио у време грађења тунела, да би се из њега износио на површину ископан материјал. После потпуног завршетка транспортног тунела, овај тунел ће бити пломбиран. Снимак је направљен 2005. године.

На десној обали реке Вахш, на најнижој "тераси" коју је давно начинило престало клизиште Пассимурхо (слика 25), на висини од 1350 до 1450 mnm, градитељи су изградили бараке, магацине и све остало што је потребно једном великом градилишту. Овде је стизала сва хидромеханичка, машинска, електро и остала опрема. Као што се види на слици 33, која је снимљена у јеку свих радова на подземним конструкцијама, 1989. године. Било је места и за арматуру, која је "трошена" у огромним количинама, а у ограђеном простору и за цеви које су чекале на превоз до одређеног места за њихову монтажу, што се види на слици 35.

У то време у нашој земљи и у СССР-у било је строго забрањено снимање хидроелектрана, брана и других објеката значајних за државу. До данас нигде нису објављени снимци, на пример, завршене улазне и излазне грађевине опточних тунела, сале подземне хидроелектране, итд.

Извођење дела другог опточног тунела ОТ2 у проширеним описаним загатима за ОТ1 би било веома скупо и можда неизводљиво. Због тога је тај део преко реке Вахш довршен тек када је урађена предбрана. Тада више није био потребан загат, па је то урађено 1990. године.

Подземна затварачница за оба опточна тунела је подземна сала дужине 90 m, ширине 17 m и висине 21 m са два приступна "тунела" дужине 200 m, ширине 19 m и висине 9 m, односно дужине 113 m, ширине 19 m и висине 10 m. У њу би требало уградити по два затварача за сваки тунел: табласти (ремонтни, предњи) и сегментни затварач. Сала је бетонирана са анкеровањем, али нису постављени сви затварачи.



Слика 34. Део града Рогун, који је изграђен за потребе радника и инжењера у току изградње и рада бране и хидроелектране "Рогун". Снимак је из 1992 године [17].

Велики габарити, растресена стена слабе носивости, под великим притиском средине, опрезно избијање стене уз непрекидно бетонирање облоге и уз непрекидно анкеровање, знатно су успоравали грађење тунела. Због тога је од почетка радова (1976. година) урађено до краја 1991. године "свега" око 21 km тунела и подземних сала од предвиђена 63 km.

Град Рогун се налази узводно од бране "Рогун", на десној обали реке Вахш, поред и на одрону Пассимурхо (слика 25). Удаљен је мање од 2 km од наеља Обапхамин, и лежи на надморској висини од око 1600 mnm. Пројектован је за нешто више од 8 000 градитеља, а 1991. године је имао и до 25 000 градитеља са породицама. У њему су живеле 42 националности из целог СССР-а (!). Има и школу за 1 200 ученика, дечје вртиће, болницу, продавнице, итд. Од бране град одваја планински венац висине преко 2 000 m, тако да ће техничко особље подземне хидроелектране, када буде направљен тунел кроз планину на десној обали реке, морати да савлада висину од скоро 600 m. Од подземне хидроелектране град је удаљен око 2 km.



Слика 35. Допремљене цеви за вертикалан тунел довода воде до подземне хидроелектране бране "Рогун", леже у радионичком простору чекајући да буду уграђене [17].



Слика 36. Депонија од око 14 милиона m^3 каменог материјала за потпорна тела бране "Рогун", лежи низводно од бране [5].

Поред опточних тунела са значајним деловима: улазне грађевине, затварачнице, део ОТ1 као излазна вада из хидроелектране, прелаз преко реке Вахш и излазне грађевине, извођачи су вредно радили на подземним салама: машинској и трансформаторској. Да би градитељи допрли до места где су пројектоване, требало је урадити приступни транспортни тунел знатних димензија. Поред тога, овај тунел Т3 је био дуг више од километра, па је морао да се прави "помоћни улаз из средине" (слика 32).



Слика 37. Један од многобројних тунела из којих је конвејерима извлачен ископан материјал [19].



Слика 38. Снимљена је у току грађења улазних грађевина за подземну хидроелектрану. Не виде се још две улазне грађевине [18].

У току избијања транспортног тунел у једном његовом делу су постављени конвејери, па је материјал из ископа директно пребациван до излаза тунела, одакле је одвожен камионима на депонију низводно од бране. Тако је на депонији низводно од бране, до распада СССР-а, било укупно прикупљено 14 милиона m^3 каменог материјала (слика 36). Слично је урађено и са многим тунелима чија је ширина то омогућавала (слика 37).



Слика 39. Снимак је начињен 27. децембра 1987. године. На њему се види како са леве и десне обале почиње преграђивање реке Вахш ради грађења узводне предбране, која ће бити део главне бране "Рогун" [5].

У току 1985 и 1986 године "Средазгидропроект" (Ташкент), по захтеву "Миненерго" СССР-а, урадио је допуну пројекта (записник № 1079-Т4 ДП, 1985-86 г.). Допуна пројекта је разматрана и потврђена од стране "Миненерго" СССР, да је у духу последњих научних сазнања, и одобрен је даљи рад на изградњи бране "Рогун" (№ 248 от 27.12.85г. и № 66 от 01.12.86г.). Са допуном пројекта су се сагласили 1987. године и експерти института "Гидропроект" (Москва).

Почетком 1987. године јавно мњење Таџикистана је поставило питање о сврсиходности грађења бране "Рогун" и подземне хидроелектране, када се морају десетине хиљада људи иселити из својих вековних домова, преместити гробља, а посебно што ће света места бити потоњена акумулацијом. О томе је било речи на ЦК КПСС и Савету Министарстава СССР-а (№ 1110 од 19.8.1988. г.), као и о мерама еколошке и санитарне заштите реона Аралског мора.

У том периоду се Академија Наука СССР-а, са аргументима Таџикистана, обратила Госплану СССР-а са предлогом о хитној привременој обустави грађења бране "Рогун" по постојећем пројекту, и да је неопходно спровести анализу снижавања висине бране за 50, 70, 100 и више метара, као и допунској анализи пројекта у делу сеизмичке безбедности бране, уз учешће еколошких и социјалних проблема, који произилазе из грађења бране. Тај предлог је подржан од ГКНТ СССР-а, Госкомприроды СССР-а и Госстроем СССР-а.

У 1989. години "Средазгидропроект" ("Гидропроект" из Ташкента) је извршио допуну пројекта о запремини акумулације - ако се кота нормалног успора смањи за 30 и 50 m (записник № 1079-Т23 ДП, 2-а редакција, 1989г.).

Једновременно су на адресе "Средазгидропроект"-а, Миненерго СССР-а и Савета Министара Таџикистанске ССР-а (састављено 23.11.1989. г. и 27.12.1989 г.) послати резултати оцене техничко-економске анализе бране Рогун при снижењу КНУ за 50 m. Са предлогом дораде пројекта узимајући у обзир сва питања која се односе на све грађевине уз брану, екологију и акумулацију.

Део пројекта је 1990. године прошао независну експертизу при "ГЭК Госплана СССР"-а, у вези са трајношћу материјала уграђених у подземне конструкције, а с обзиром на раније дате примедбе.

Решење о спроведеној експертизи послато је писмом Госплана СССР-а (№ ПП-5799 од 10.2.1990. г.). У њему се потврђују раније експертизе дате од стране експертне групе ГЭК Госплана СССР-а (од 5.7. и 4.10.1990 г.). Тако су привремено прекинути радови настављени. Ко зна шта би се стварно догодило да није било овог прекида у грађењу бране "Рогун".

Улазна грађевина за свих шест турбина представљала је проблем, јер је морала да се копа са спољашне веома стрме стране, на веома неприступачном терену. А тек њено бетонирање! Материјал који је могао да буде одвезен, заједно са материјалом из улазних грађевина опточних тунела, одвожен је на депонију, из које је грађена предбрана. Почетак грађења улазне грађевине види се на слици 38.

Вертикалним шахтовима са шест хоризонталних тунела, вода се доводи до шест предтурбинских затварача, а затим се улази у машинску салу са шест турбина. Подземна машинска сала "Рогун" је заиста огромна: дужина јој је 220 m, ширина "свега" 22 m, а висина на појединим местима 78 m (!). Да би боље схватили величину ове подземне сале, поредићемо је са нашом надземном хидроелектраном на Дунаву, са "Ђердап-ом 1". Њене спољашње димензије су: дужина (са монтажним простором) 214 m, ширина (са узводном грађевином и низводном вадом у згради је 79,70 m) машинске сале 25 m, док је висина на појединим местима 73,70 m.

У тој сали би шест агрегата (турбина, генератор), при инсталисаном протицају од 1 644 m³/s и инсталисаној снази од 3 600 MW, производило у просечној години укупно годишње 13 100 милиона kWh електричне енергије. Поредимо ли "Вахш" и "Ђердап 1", видећемо да при инсталисаном протицају од 8700 m³/s и средњем паду од 27,17 m, инсталисана снага заједно српска и румунска хидроелектрана "Ђердап 1" износи 2050 MW, па производња електричне енергије, заједно српске и румунске хидроелектране, износи око 10 500 милиона kWh у просечној години.

До распада СССР-а испоручене су две турбине РО310-В-483,5, које је произвело харковско предузеће (Украјина) "Турбоатом", снаге по 200 MW, и чак су постављене у њихова лежишта 1990. године. Касније, ове турбине (заједно са генераторима) требало је да буду замењене са две турбине од по 600 MW, односно турбинама типа РО 310 / 3207, В-600. За ових (нових) шест турбина снага на осовини при рачунском притиску је 615 MW; могу да раде при притиску воде од 200 до 320 m. Генераторе је произвело руско предузеће из града Свердловска, па до 1992. године нису били монтирани.

Када вода прође турбине, улази у излазне ваде. Постоје две ваде које улазе у тунел ОТ1 низводно од затварачнице, где је овај тунел пресека 14 x 17 m. Прва вада (тунел) прихвата воду из прве три турбине, а друга вада (такође тунел) прихвата воду из друге три турбине.

Иако није постављен ниједан генератор, овде ће се рећи само да су предвиђени генератори типа СВФ 1275 / 250 = 3664 (као што ће се даље видети, срећа је да два генератора нису постављена иако су била донета у складиште).

Трансформаторска подземна сала је нешто мањих димензија од машинске сале, али је још увек огромна: ширина 20 m, дужина 200 m и висина 40 m. У њу би требало да буду смештени трансформатори типа ТЦ630000/500, трофазни са 500 KV. Транспортна тежина сваког од тих трансформатора је око 400 тона. Трансформатори су поручени за прву фазу, и обадва су била у складишту а не у трансформаторској сали.

Машинска и трансформаторска сала нису биле потпуно завршене, јер је негде недостајало анкеровање бетона на плафону.

Преграђивање корита реке Вахш је трајало два дана (постоји снимак о томе). Река Вахш је врло брза и широка 30 до 40 m. Почетно преграђивање је изведено са материјалом који је у ту сврху нагомилан непосредно поред улаза у опточне тунеле ОТ1 и ОТ2, а то значи да је изведено са каменим и бетонским блоковима. У поређењу са преграђивањем корита Дунава на профилу бране "Ђердап 1", загат друге фазе, било је неупоредиво лакше. Код нас је, такође, преграђивање изведено каменим и бетонским блоковима тежине и до 25 тона. Преграђивање корита Дунава је изведено за осам дана и ноћи, и спада у најтежа у свету за ову врсту радова. Ради преграђивања су румунски градитељи направили мост ширине 20 m. Овим преграђивањем на средини Дунава омогућена је изградња загата са низводне стране и грађење преосталих 11 преливних поља.

После 13 година мукотрпног рада на изградњи приступних путева, тунела и подземних сала, хидроелектране, дошао је дан када је требало да се почне са изградњом сале бране "Рогун". Био је 27. децембар 1987. године. И док се цела Русија спремала за дочек Нове 1988. године, дотле је група инжењера и радника за два дана преградила реку Вахш и натерала је да тече новим коритом – опточним тунелом ОТ1. Одмах је изграђена мања брана нешто узводније од излаза опточних тунела ОТ1 и ОТ2.

На тај начин је потез између брана био слободан за даље радове. Тако је, после пуних 13 година, почело грађење саме бране "Рогун"! Ових 13 година се у грађевинарству рачунају у "припремне радове за изградњу бране". Ово је веома дуг период с обзиром да су градитељи већ имали искуства са грађењем бране "Нурек".



Слика 40. Предбрана је већ 1990. године достигла висину од 40 m (треба да буде висока 100 m). Предбрана је скренула реку Вахш у оптични тунел ОТ1 бране "Рогун" [5].

Само летњи протицаји могу да напуне акумулацију створену предбраном; зими је ниво воде знатно испод круне предбране. На слици 40, која је снимљена у лето 1990. године, предбрана је већ достигла висину од 40 m. На тој висини ће остати и следеће године, до распада СССР-а, јер је требало да се уради доста тога испод те висине, што је и урађено:

- потпуно је уклоњена вода из речног корита и тиме су омогућени радови на грађењу бране (слика 41);
- уклоњен је вишак материјала из речног корита - органски депозит и муљ, као камен који је упао у реку са стрмих обала, и са бокова будуће бране - стене које су се могле обрушити на градитеље, то се нарочито лепо види на слици 41;
- одмах је урађен недостајући део оптичног тунела ОТ2; са леве и десне обале до самог речног корита су урађени делови тунела, а када су они завршени, копано је речно корито и у њему је комплетиран оптични тунел ОТ2, што се види у горњем делу слике 42;
- отпочело се са изградњом тунела из кога ће бити инјектирана низводна страна сочива камене соли; и
- отпочело се са изградњом тунела испод глиненог језгра, ради једноредне (дворедне) инјекционе завесе.



Слика 41. Направљене су 1987. године две низводне бране и предбрана, па је у простору између њих почела обрада и копање за глинено језгро бране "Рогун" [5].

Када су радови на грађењу бране и хидроелектране били у пуном замаху, дошло је до распада СССР-а 1991. године.

На отварању радова, поред пројектаната, били су и представници извођачких предузећа: железничари, путари и тунелције, сви они који ће у почетку имати највише посла, као и високи партијски и државни функционери СССР-а и совјетских средњеазијских и других република. Тада је речено да ће брана и подземна хидроелектрана, по предрачуна, коштати: прва фаза око 590 000 000 \$, а цео пројект 2 200 000 000 \$ (напомена: то је било пре 16 година!). А сада је био хладан децембарски дан. Сви су слушали последње вести. А знали су да са распадом СССР-а нема ко да финансира изградњу бране и подземне хидроелектране.

Ускоро је град Рогун био скоро полупразан. Стручњаци из свих сада бивших република СССР-а су убрзо отишли. Нису стигли ни да конзервирају градилиште. Тацици су прикупили скоро сву исправну механизацију и одвезли је на оно исто место одакле је пре доста година кренула на градилиште. Када је механизација прикупљена, и они су кренули тражећи негде посао. Остао је само градоначелнк Рогуна са државним чиновницима, неким физичким радницима који нису имали куда и чуварима објекта, у чији сплет тунела нису ни смели да уђу, јер није било ни електричне енергије! Није било никога (од стручњака) ко би погледао да ли је све у реду, па макар улазио у тунеле само са батеријском лампом. Тек очишћена темељна јама је била нестварно празна. А река Вахш је журно протицала оптичним тунелом ОТ1.

Таџикистан је постао независна република, а скоро истовремено је дошло до грађанског рата! Непосредно после распада СССР-а, у Таџикистану је 1992. године почео грађански рат. Под тим условима ни о каквим грађевинским и другим радовима на брани "Рогун" и подземној хидроелектрани није могло бити ни речи. Осим турбина, објекти нису били конзервирани. Грађански рат је трајао пуних пет година и завршио се 1997. године.



Слика 42. Снимак је начињен ка низводној страни, вероватно крајем лета 1991. године, непосредно пре распада СССР-а. Темељна јама и бокови бране "Рогун" су очишћени, оптични тунел ОТ2 је завршен, и почели су радови на тунелима за инјектирање (не виде се на овој слици) [18].

До тренутка распада СССР-а градитељи су успели да изграде Град Рогун са целом инфраструктуром, изведу брану - предбрану до висине од 40 m, ураде – пробију и бетонирају 21 километар тунела, заврше машинску (70%) и трансформаторску (80%) салу и део хидромеханичке и електро опреме.

ПОПЛАВА И РУШЕЊЕ БРАНЕ "РОГУН"

Још пре него што је ико могао да претпостави шта ће се догодити маја 1993. године, затражена је експертиза од стране "Минэкономики СССР-а" (№ 108 од 16.11.1992. г.) о подацима о социјално-политичким аспектима грађења бране "Рогун".

У 1993. години у Тацикистану се догодила велика поплава. Према "Архиви великих поплава које су се догодиле у свету у 1993. години" (Интернет, 1993 Flood Archive), 7. и 8. маја, у округу Кофарнихон (Kofarnikhon), престоници Душанбе и сливу реке Вахш. Река Вахш се излила и поплавила 3 000 кућа са више од 9 000 становника.

Процењена штета за све три наведене области је износила око 8 400 000 америчких долара, не рачунајући штету брани "Рогун" и . Киша великог интензитета је непрекидно падала два дана на површини од 20 200 km² и проузроковала је клизишта, одроне и направила је "броне" у речном кориту. Велика штета је нанета градилишту бране и подземне хидроелектране "Рогун" .



Слика 43. Снимак је начињен неколико десетина минута пошто је вода преплавила предбрану и однела материјал од кога је била направљена [5].

У току те поплаве, опточни тунели су били блокирани гомилама камена, а улазне грађевине обадва тунела ОТ1 и ОТ2 су разбијени великим каменовима који су падали или се котрљали низ стрмине изнад њих. С обзиром на то да надолazeћа вода није могла да тече кроз тунеле, дошло је до наглог подизања нивоа воде испред предбране, која је тада била висока 40 m, њеног потапања, рушења и одношења. Вода је однела и низводну брану, тако да је ниво воде низводно био, бар неколико часова, висок изнад двадесетак метара. Пошто су сви тунели за изношење материјала из подземних објеката били на нижим котама, потпуно су поплавлени. Слично се догодило и са транспортним тунелима који су директно водили до електране и трансформаторске сале. И оне су делом потопљене.

Ни приступни путеви ка градилишту бране нису ништа боље прошли. Неке су су бујице однеле, а неки су били засути каменом, да није било могуће доћи до места будуће бране. Са узводне стране будуће бране није

се могло ни прићи брани, јер су сви путеви били под водом бар три године, од када је предбрана достигла висину од 40 m. Најгоре су прошле комуникације низводно од бране.

Све фотографије о поплави и рушењу констрикција бране "Рогун", осим неколико, снимљене су 10 до 15 година касније.

После завршетка грађанског рата 1997. године, формирана је државн комисија (ово је претпоставка) са циљем да процени штету која је настала на градилишту бране и подземне хидроелектране "Рогун" у току поплава из маја 1993. године. Никада јавности нису били доступни њени резултати, јер вероватно није могла да види ни десетину онога што је требало да процени.



Слика 44. Вода која се сливала низ падину планине покренула је и веће комаде стена, које су слично бомбама, падале на портале оптичних тунела ОТ1 и ОТ2, пробијале бетон и запуњавале тунеле камењем [14].



Слика 45. Киша која је непрекидно падала два дана, и сливала се низ стрме падине изнад портала оптичних тунела ОТ1 и ОТ2, покренула је и веће комаде стена, које су "бомбардовале" и пробиле облогу тунела, а портале бациле у воду, запуњавајући тунеле камењем [14].



Слика 46. Сателитски снимак места бране Роогун" неколико дана после поплаве [14].



Слика 47. Снимак је начињен 2008. године из сателита. Десна обала нитвидно, на којој се налазе прелив, опточни тунели ОТ1 и ОТ2 са слапиштима. Покренута је запремина од око 0,9 km³ Google) [14]. =

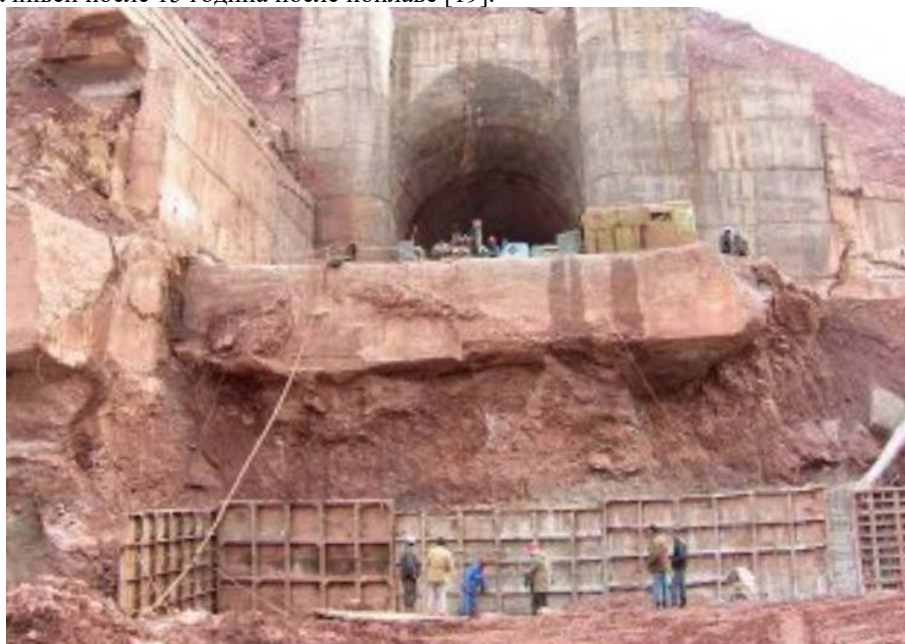
Рушење бране "Рогун", (тј. њене предбране) и потапање грађевина будуће подземне хидроелектране, које се догодило 8. и 9. наја 1993. године, било је у току грађанског рата који је трајао пет година (1992 – 1997.). Штету која је била далеко већа од оне коју је званично објавио "Архив поплава 1993.", требало је да да Владаина комисија.



Слика 48. Један од транспортних тунела чији је улаз уништен у поплави 1993. године, а тунел је потопљен. То је увеличана слика 49, снимљена је из даљине. Начињен је после 15 година. [19].



Слика 49. Улаз транспортног тунела са слике 48, чији је улаз уништен у поплави 1993. године. Снимак је из даљине. Начињен после 15 година после поплаве [19].



Слика 50. Улаз у други транспортни тунел, који је био потопљен поплавом из 1993. године. Улаз је био са стране, а киша која је падала два дана, успела је да раскваси стену помешану са земљом. Та маса се сручила

низ падину планине и делом затрпала улаз у тунел. Надошла река Вахш је провалила предбрану и поплазни телас је однео све испред улаза и вода је плавила тунел [19].



Слика 51. Уклањање материјала који се сручио са падине брда изнад тунела на улаз једног од транспортних тунела у току поплаве која се догодила 1993. године. Надошла река Вахш је провалила предбрану и поплазни телас је однео све испред улаза и вода је плавила тунел [19].



Слика 52. Санација излазне грађевине оптичног тунела ОТ2. Дизалица је подигла раднике скоро до врха калоте тунела да би спојницу измалтерисали и изглачали до "црног сјаја". Видети и слику 53 [19].



Слика 53. Санација излазне грађевине оптичног тунела ОТ2. Скоро при врху попречног пресека тунела, налазе се радници, који треба да измалтеришу спојницу и изглачају је до "црног сјаја". Видети слику 52 [19].

БРАНА "РОГУН" ПОСЛЕ ПОПЛАВЕ

После поплаве из маја 1993. године, камено-земљана брана "Рогун" више не постоји. Река Вахш и даље тече својим коритом, додуше преко облога оптичних тунела ОТ1 и ОТ2. Нису то биле тако велике падавине да их пројектанти нису узели у обзир. Сам оптички тунел ОТ1 би пропустио сву воду која је долазила реком Вахш. Уколико не би била довољна његова пропусна моћ, у помоћ би "прискочио" оптички тунел ОТ2. Због мале (недовољне) пропусне моћи два оптичка тунела, сигурно није дошло до поплаве.

Изгледа да ствари стоје сасвим другојачије. Пошто, по мом мишљењу, до "поплаве" није дошло због великог дотицаја воде реком, онда преостаје само да је до ње дошло од стране трошних стена са обала и кише. Киша је тако добро натопила површински слој трошне стене, да је она почела да клизи низ стрме обале. Да ли су пројектанти предвидели једну такву могућност? Очигледно је да нису.

У прилог овом тврђењу говори и чињеница да се олако схватило и клизиште од половине будуће бране па низводно на десној обали, где су геолози из Ташкента ("Гидропроект") тврдили [19] да је у питању маса од неколико стотина хиљада кубних метара, а испало је $900\,000\,000\text{ m}^3$ (слика 47). Тврдили су да је то старо клизиште (другог реда) и да није опасно. Кише из маја 1993. године показале су супротно.

Све подземне кпнструкције, које су биле до око 20 m (претпоставка) изнад корита реке, потопљене су или само делимично под водом, као машинска и трансформаторска сала. Аутор овога текста није нигде нашао тачно због чега је дошло до поплаве. и шта је све тачно потопљено.



Слика 54. Минирање огромних стена које су се у току поплаве из 1993. године скотрљале у реку Вахш, на почетку наставка грађења бране "Рогун" децембра 2006. године (фото Reuters/Nozim Kalandarov, Tajikistan).

После поплава из 1993. године, Русија је 1994. године склопила уговор са Тацикистаном о завршетку конструкција бране и хидроелектране "Рогун". Пошто споразум није примењен, вероватно због тога што је у то време беснео грађански рат у Тацикистану, тачички парламент га је поништио. Такође је био неспоразум о вредности совјетске помоћи пројекту бране "Рогун". Русија је сигурно рачунала да ће влада Тацикистана бити сувласник а не власник "Ругун"-а.

После завршетка грађанског ата 1997. године, радови на брани "огун" су настављени у тако малом обиму, да се и не могу тако звати. Недостајао је новац. Буџети Владе нису имали ставку грађење бране "Рогун", а помоћ ни од куда. Сви су се надали да ће Русија помоћи.

Године су пролазиле, а стање на брани и подземној хидроелектрани се није ништа променило. Оно што је поплава уништила, није санирано, већ је полако пропадало у води коју нико није одстрањивао.

Руска страна је била заинтересована за брану чија ће енергија бити и за алуминијум, а Таџикистан је желео брану која ће помоћи да добије електричну енергију за унутрашње и спољашње потрошаче.

Због тога су октобра 2004. године Руска алуминијумска компанија (РУСАЛ), власништво руског бизнисмена Олега Дерипаске, и Влада Таџикистана склопили уговор о довршењу грађења бране са хидроелектраном "Рогун", и изградњи нове Таџичке компаније за производњу алуминијума.

Већ фебруара 2005. године РУСАЛ склапа уговор са немачком пројектантском компанијом "Лахмејер" ([Lahmeyer International, Germany](#)), о изради идејног пројекта фазе 1 доградње бране "Рогун". Требало је оценти целокупну геологију и хидрологију, хидраулику и сеизмику, статистику и динамику објекта бране "Рогун" и дати, уколико је то могуће, боља решења. "Лахмејер" је учинио оно што је тражено, у границама свога знања и могућности, заснивајући све на ICOLD-у. Мишљења сам да би било много боље за РУСАЛ да је ангажовао "Гидропроект" из Москве.

Идејни пројект и све што је тражено, "Лахмејер" је завршио децембра 2006. године.

Фебруара 2007. године објављено је да су Русија и Таџикистан склопили уговор по коме ће Русија завршити брану и хидроелектрану "Рогун". Нешто касније је споразум одбачен, јер Таџикистан није прихватио да Русија има 51 % акција у "Рогун"-у.



Слика 55. Поглед (ка узводној страни) на место будуће бране "Рогун" са места нешто узводније од осе бране. Снимак је начињен 8.4.2011, године (фото Robert Zwahlen, Poyu Energy Ltd.).

Грађење бране "Рогун" је настављено 2004. године када је РУСАЛ почела да финансира припремне радове. РУСАЛ се није трудио да одмах крене пуним капацитетом док не стигну резултати из "Лахмејер"-а. Углавном су грађени стамбени објекти низводно од места бране "Рогун" и испумпавање воде из тунела и других објеката.

Влада Таџикистана је објавила августа 2007. године да раскида уговор са компанијом РУСАЛ. До раскида уговора је дошло јер је компанија РУСАЛ хтела да изгради гравитациону бетонску брану високу 285 m

(према препоруци и оптимизацији "Лахмејер".а), док је Влада Таџикистана инсистирала да брана буде камено-земљана висине 335 m, како је то пројектом и предвиђено.

Ширинбеков (Ukmatsho Shirinbekov), шеф пројекта "Рогун" до 2000. године, је 10. новембра 2007. године, на конференцији за штампу, показао колико је од пројекта било завршено до распада СССР-а, и објаснио је шта је све потребно да се пројект заврши. Према њему РУСАЛ је инвестирао само 3,5 милиона долара у протекле три године, и то за изградњу неколико десетина четвороспратних префабрикованих зграда за спавање низводно од будуће бране "Рогун". Међутим, РУСАЛ тврди да је инвестирао више од 50 милиона долара у пројект бране "Рогун", али ова цифра можда укључује хотел "Хајат" и бизнис центар РУСАЛ, који је саграђен у Душанбеу.

Затим је Ширинбеков додао да је у време СССР-а Узбечка академија наука срачунала да када акумулација "Рогун" буде пуна, даваће довољно воде Узбекистану. Председник Узбекистана Каримов (Каримов) не жели да сусед има већи стандард. Узбекистан је против грађења бране "Рогун".



Слика 56. Поглед на део реке Вахш низводно од будуће бране "Рогун" [20].

Августа 2007. године Влада Таџикистана је објавила да ће утршити 5,5 милиона долара, и можда још 50 милиона долара, за наставак грађења бране "Рогун" са хидроелектраном.

Маја 2008. године Таџикистан је објавио да је у току грађење бране "Рогун". И заиста, радови на брани и подземној хидроелектрани су обновљени јула 2008. године. Тада је из државног буџета утрошено \$ 50 милиона. У 2009. години у буџету се предвиђа \$ 200 милиона. Коначна вредност целог пројекта се цени од \$ 2 до \$ 6 милијарди.

Од године 2008. пројектовање бране и подземне хидроелектране "Рогун" преузима "Хидропројект" из Москве.

Годину дана касније, на дан 25. августа 2009. године, стање радова на градилишту бране "Рогун": завршавају се радови на оба диверзиона тунела, продужавају се радови на повећању депоније камена број 15, складиштење материјала за потпорно тело бране и обнављају се и асфалтирају се путеви. Две старе бетонске станице су успостављене, као и још једна резервна. Ради се у две смене.

По плану је први опточни тунел требало да буде потпуно обновљен до краја 2009. године, па је према истом плану преграђивање корита реке Вахш планирано за децембар 2009. године. Тада се пуштање у рад прва два агрегата укупне инсталисане снаге од 400 MW, предвиђало за крај 2012. године. Међутим, када је план прављен, није се тачно знало на какве ће се све тешкоће наићи и какве ће све проблеме морати да решавају градитељи. Већ крајем године се увидело да без додатних пара неће моћи да се оствари план.

Због тога је расписан "народни зајам" за изградњу бране и хидроелектране "Рогун" 2010. године. Поред тог новца, таџички председник Рахмон (Emomali Rakhmon) је објавио да ће брана "Рогун" бити изграђена државним новцем. Становници Таџикистана су куповали обвезнице за грађење брану "Рогун". Од 6. јануара до 1. априла уплаћено је \$182 милиона, а до 10 јуна исте године укупно \$187 милиона.

Влади Тацикистана већ је потпуно јасно да, иако ће склопити уговор са Светском банком, да од тога уговора неће бити ништа, па марта 2010. године, према агенцији Bigpower News, склапа уговор са ГП "лектротяжмаш" из Кијева, вредан \$ 40 милиона. По томе уговору "лектротяжмаш" треба да испројектује, направи и угради у подземну салу бране "Рогун" два генератора снаге по 400 MW (раније је било по 200 MW). Први агрегат треба да буде у пробном погону крајем 2011. године, а други крајем 2012. године. Ови агрегати су привремени док се не заврши брана и монтирају још четири агрегата инсталисане снаге по 600 MW сваки. Модернизацијом ова два привремена, на по 600 MW, добиће се пројектована инсталисана снага од 3 600 MW.

Званично је саопштено да су сви грађевински радови на обнови првог опточног тунела ОТ1 завршени 8.12.2010. године. На тај начин су остварени сви услови за почетак несматаног грађења предбране. Други опточни тунел ОТ2, по коригованом плану (ако се река прегради исте године), требало је да буде завршен у јуну или у јулу 2011. године, до наилаaska великих вода реке Вахш. Решење о преграђивању корита реке Вахш ради извођења предбране, има Државни комитет и Светска банка, која финансира радове. Уколико се до пролеће 2011. године не направи предбрана, то ће се за рад првог агрегата чекати још годину дана, односно 2013. године.



Слика 57. Поглед на део реке Вахш низводно од бране "Рогун" [20].

Најзад је 2010. године склопљен споразум између Владе Тацикистана и Светске банке. Светска банка је потврдила да је спремна да са Владом гради брану "Рогун". Она ће дати средства за спровођење физибилити студије о потенцијалним ефектима бране, и да ће испитати техничке и економске могућности пројекта. Уговор за вођење ове студије биће поверен компанијама са великом интернационалном репутацијом.

Студија ће узети у обзир потребе и жеље суседних држава: Авганистана, Киргистана, Казахстана, Туркменистана и Узбекјстана. Затим ће Светска банка направити комисију од независних експерата која ће прегледати физибилити студију и дати своје мишљење о њој. Избор је пао фебруара 2011. године на две фирме, тако да студије треба да ураде француска фирма Коен и Белије (Coynе et Bellier) и швајцарска фирма "Појри" (Pouy Energy Ltd.).

Радови на обнављању другог опточног тунела ОТ2 бране "Рогун" су завршени 3.11.2011. године, скоро три месеца пре плана.

Монтирани су и затварачи, који су лежали 20 година конзервирани у складишту у радионичком кругу. Други опточни тунел ОТ2 се употребљава само у току поплава, тј. у пролеће.

За првих девет месеци 2011. године, за радове на брани "Рогун", утрошено је \$ 138.3 милиона, а за преостала три месеца предвиђено је још \$ 44.6 милиона. За даље радове у буџету за 2012. годину биће предвиђено \$ 223 милиона.

Расељавање људи са земљишта које ће бити под водом акумулације "Рогун" почело је 2009. године. Из 63 села око 4 700 породица са око 30 000 становника. Кампања против расељавања тих породица почела је још раније. До 1991. године то је било углавном из иностранства, а после 1992. године разне не владине организације и опозиционе странке. У томе је предњачио Узбекистан, који је отворено био против грађења овако високе бране "Рогун". Влада Таџикистана је обуставила расељавање све док не буду готове физибилити студије.

Светска банка је 16. августа 2011. године препоручила Влади Таџикистана да не почиње са грађењем прве фазе радова на брани "Рогун" (брана висине 120 m) бар за шест до осам месеци, јер су је за то замолили интернационални консултанتي који воде физибилити студију за брану "Рогун", а које је ангажовала Банка.



Слика 58. Поглед на део реке Вахш низводно од бране "Рогун" [20].

Главни разлог је био да сада река Вахш носи велику количину наноса. Очекује се да ће студије бити завршене до новембра 2012. године. Консалтинг компаније су презентирале резултат тиму Светске банке новембра 2012.

године, пре свега за еколошке и социјалне услове (пресељење становништва) за прву фазу грађења бране "Рогун".

Светска банка је обавестила Владу Таџикистана да њено коначно изјашњавање у погледу грађења бране "Рогун" неће бити ни на последњем састанку са независним експертима, који ће бити марта 2013. године. Интересантно је да међу експертима је и Љиљана М. Спасић (удато Gill), дипломирала у Београду 1981. године, а била је задужена за брану. њену сигурност и прорачуне сеизмичности.

У буџету Таџикистана за брану "Рогун" за 2013. годину било је предвиђено око \$ 250 милиона што је, у односу на буџет за 2012. годину, повећање од око \$ 60 милиона. Дошла је 2013. година, месец март. Светска банка је требало да обавести Владу Таџикистана да ли ће финансирати "доградњу" бране и подземне хидроелектране "Рогун". Експерти које је финансирала Светска банка дали су позитивно мишљење да **брана "Рогун" може да се гради али не до висине од 335 m**, Са грађењем треба да се сагласе низводне земље. Због једне од тих земаља, Узбекистана, који се противи грађењу бране "Рогун" високе 335 m још од времена распада СССР-а, брана "Рогун" није до сада изграђена.

Претпоставља се да за брану висине 170 m, коју предлажу банчини експерти, није потребно тражити сагласност низводних земаља. Док су биле у СССР-у, Владама низводних земаља није сметало грађење бране "Нурек" (завршена 1980. године) на истој реци са нешто мањом акумулацијом, а сада им смета то што ће имати више воде за наводњавање, или то што ће после изградње бране и хидроелектране "Рогун", Таџикистан имати довољно електричне енергије за себе и за извоз?

Таџикистан и даље верује да ће само велика брана учинити крај њиховом хроничном недостатку електричне енергије. Још тражи партнера за процењене две милијарде долара, колико још треба да се доврши хидроелектрана "Рогун" са 3 600 MW.

Већ у јесен 2013. године све је било спремно за поновно преграђивање пеке Вахш (зими је протицај најмањи), али је Светска банка упозорила Таџикистан да не одваја новац из буџета за грађење бране "Рогун".

Фебруара 2015. године расписан је међународни тендер за прву фазу грађења, али није успео. После тога је расписан тендер за домаће извођаче. За прву фазу грађења већ је наручено комплетирање прва два агрегата. За остало - надају се у помоћ Русије.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет: Tajik rivers
2. Д. ЧЕХИЋ: Атлас Азије, Нолит А.Д., Београд, 2007.
3. Интернет: Sarez, Rogun, Aral
4. А.В. КОЛИЧКО и В.Н. ФИЛЬ: са Интернета Инжењерско-геолошки услови грађења бране Рогун, Гидротехническое строительство, Но. 10, пп. 11-15, октябрь 1981.
5. Интернет: Proyecto presa más alta del mundo
6. А.Л. ГОЛЪДИН и Л.Н. РАССКАЗОВ: Проектирование грунтовых плотин, “Энерго-атомиздат”, Москва, 1987.
7. ПЕТАР С. ПЕТРОВИЋ: Хидротехничке конструкције, први део, друго издање, Грађевински Фа-култет Универзитета у Београду, Београд, 1997.
8. РЉУРУ и ЗЕРКАЛО, ИНТЕРНЕТ: Environmental and Social Impact Assessment for Rogun Hydro Power Plant
9. Л.Н.РАССКАЗОВ, С.М. СЛИСЕКОГО и другие: Гидротехнические сооружения, Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва, 2008.
10. ИНТЕРНЕТ: 104 results found on Vandex. Images
11. ЯНДЕКС: Рогунская ГЭС, История проектирования, преимущества эксплуатации и проблемы достройки
12. ЯНДЕКС: Города Таджикистана, город Рогун
13. ЯНДЕКС: РОГУНСКАЯ ГЭС, Технические характеристики
14. ЯНДЕКС: Рогунская ГЭС, Ологически
15. ПЕТАР С. ПЕТРОВИЋ: Хидротехничке конструкције, трећи део – бране, Грађевински Фа-култет Универзитета у Београду, Београд, 2005.
16. ЯНДЕКС: МОСГЕОПРОЕКТ - Библиотека Вода и стихийные бедствия
17. ЯНДЕКС: ЭкономикаТаджикистана, Рогунская ГЭС сегодня. Фоторепортаж
18. ЯНДЕКС: Рогунская ГЭС
19. ЯНДЕКС, Леонид Папырин: Водные проблемы Центральной Азии.Часть 1
20. ЯНДЕКС: Rogun Design Criteria (на руском језику)

"ROGUN", THE HIGHEST DAM IN THE WORLD?

By

Professor Petar S. PETROVIĆ, C. E. PhD
University of Belgrade Civil Engineering faculty

SUMMARY

For more than 30 years, a 335m high rock-earth dam "Rogun" on the river Vakhsh in Tajikistan has been in the literature on dams considered as the highest dam in the world, with a note that it is "currently being built". Is this true?

The construction of the dam "Rogun" began in 1976. Until the collapse of the USSR in 1991, the city of Rogun for 8000 inhabitants was built and all roads to the dam paved with asphalt. Two diversion tunnels, each 1480 m long, were also built. In 1987, a 40 m high cofferdam to divert the river Vakhsh was completed. Final construction works mostly included penetration and concreting 30 km of tunnels, a huge 78m tall, 22m wide and 220m long underground hydroelectric power plant and an underground transformer's hall of a similar size.

Upon gaining its independence, Tajikistan had no money to continue financing works on the dam. Flood in 1993 partly buried diversion tunnels, destroyed upstream cofferdam, partly submerged underground hall for hydroelectric power plant and transformers hall, causing enormous damage to the dam site.

In 2004, the Government of Tajikistan signed an agreement with a Russian aluminum company about a continuation of works on the dam. However the contract was terminated in 2007 because the company wanted to build a dam about 285 m high, which would result in producing significantly less electricity.

Further works on the dam were financed by the Government of Tajikistan, and the plan was to complete a diversion tunnel by the end of 2009. At the beginning of 2010 the Government resorted to taking a "National Loan", but the amount of money collected that way was too small to finance the continuation of the dam construction. Only one diversion tunnel was completed by December 2010. The damming of the river Vakhsh with a new upstream cofferdam, was yet to be undertaken.

Meanwhile, in 2010, the Government signed an agreement with the World Bank about the continuation of works on the dam and hydroelectric plant. The contract stipulates that the work continues only after feasibility studies are completed by two organisations and independent experts appointed by the Bank. Until then, at the request of the Bank, all work on the site has been suspended. The deadline for completing the feasibility studies was in March 2013.

If in the winter of 2015/16 the damming of the river Vakhsh is not completed, it is clear that the building of the dam "Rogun" (335 m) with the power station will not be finished until 2022.

Keywords: rock-earth dam, Tajikistan, river Vakhsh, Nurek, Rogun, the USSR, Russia, RUSAL, the World Bank, tunnel, fault, rock, rock salt, flood.