



ПК «ИНСТИТУТ КАЗГИПРОВОДХОЗ»

Алибаев К.У.

БЕЗОПАСНОСТЬ НАМЫВНЫХ ПЛОТИН НА РЕКЕ СЫРДАРЬЯ

**Часть-2. Кайраккумское водохранилище
(литературный обзор)**



АЛМАТЫ -2020 г.

Представленный литературный обзор водохранилища включает основные технические сведения по Кайраккумскому водохранилищу на р.Сырдарья. Составлен по материалам опубликованных изданий, материалов из социальных сетей, а также отчетов международных проектов.

Кайраккумское водохранилище представляет большой интерес для специалистов Казахстана в связи с особенностью конструкции в виде намывной грунтовой плотины. По основным параметрам, срокам строительства, продолжительности эксплуатации, Кайраккумская плотина схожа с Шардаринской плотиной. Оба водохранилища располагаются в каскаде на реке Сырдарья.

Свои замечания и предложения просим направлять в ПК «Институт Казгипроводхоз» , по адресу г.Алматы, пр.Сейфуллина д.434, эл.адрес: kazgipro@mail.ru.

Выпуск подготовил: Алибаев К.У. - главный инженер проектов.

моб. +7 771 7663367

эл.адрес: karimalibaev@mail.ru

Сайт: <https://hydrotechsafety.kz/>

1. ВВЕДЕНИЕ

Кайраккумское водохранилище расположено в среднем течении реки Сырдарья, в 20 км от г.Ходжента Республики Таджикистан. Плотина Кайраккум построена перед выходом реки на равнинную территорию. Площадь водосбора реки Сырдарьи до плотины 136 тыс.км².

Водохранилище предназначено для сезонного регулирования стока реки с целью удовлетворения нужд ирригации, а также для выработки электроэнергии.

Проект разработан институтом САО."Гидропроект" г.Ташкент. Начало наполнения водохранилища в 1956г. Водохранилище введено в эксплуатацию в 1959г.

Плотина состоит из: глухой намывной земляной плотины и водосливной ГЭС.

Средний многолетний расход реки в створе плотины составляет 520м³/сек. Сток 50% обеспеченности составит 15875 млн.м³. В период паводков с апреля по август проходит до 60% годового стока.

Максимальный наблюденный расход 4300м³/сек прошел 2 апреля 1969г.

Расчетные максимальные расходы: 0,01%=5570м³/сек, 0,1%=4400м³/сек.

Средний месячный летний минимальный расход - 122 м³/сек.

Средний месячный зимний минимальный расход - 130м³/сек.

Максимальные сбросные расходы при НПУ - 5040 м³/сек ;

при МПУ - 5600 м³/сек.

Пропускная способность нижнего участка русла не более 2500-3000м³/сек.

Фактический объем заиления за период 1956-1961гг.составил 156 млн.м³, за период 1956-1969годы составил 413 млн.м³, что в среднем составило 318 млн.м³ в год. Наблюденная максимальная мутность составила 50 кг/м³.

2.ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Расположение:	Республика Таджикистан Согдийская область
Источник поступления воды	р. Сырдарья
Тип водохранилища	Русловое
Назначение	Ирригация, энергетика, рекреация, рыборазведение водоснабжение
Год ввода в эксплуатацию	1959 г.
НПГ (м)	347,5
ГМО (м)	340,5
ФГ (м)	348,35
Полный объем (млн.м ³):	4160
Полезный объем (млн. м ³):	2600
Мертвый объем (млн. м ³):	1560
Площадь зеркала при НПГ (км ²):	513,0
Длина (км):	55,0
Ширина (км):	20,0
Максимальная глубина (м):	25
ПЛОТИНА	
Тип плотины	Грунтовая, намывная
Высота (м):	32,0
Длина (м):	1205
Ширина гребня (м)	64,0
Заложение верхового и низового откоса	1:4
а) выше бермы	1:4
б) ниже бермы	
Максимальная пропускная способность всех сооружений при НПУ	
паводке 0.01 % обеспеченности	5040 м ³ /с
через гидроагрегаты	1080 м ³ /с
через водослив	3960 м ³ /с
Класс сооружения	I-й
ГЭС	
Проектная мощность (МВт)	126
Среднегодовая выработка электроэнергии (млн.кВт.ч):	690
Расчетный напор (м):	15,0
Число агрегатов	6



Рис.2.1 Вид на Кайраккумское водохранилище. Космоснимок.



Рис.2.2 Вид на гидроузел плотины.

Координаты:
40° 17' 34" СШ 70° 03' 18" ВД

3.ОПИСАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

Кайраккумское водохранилище, имеющее ирригационно-энергетическое назначение, расположено на р.Сырдарье. Чаша водохранилища асимметричная. Для ликвидации мелководий из-за топографических недостатков чаши отметка НПП была увеличена.

На первом этапе работы водохранилища было предусмотрено развитие орошения на 300тыс.га, на втором этапе Кайраккумское водохранилище совместно с Шардаринским, предусматривалось оросить до 900тыс.га.

Гидроузел по классу капитальности является сооружением I-го класса.

Створ Кайраккумской плотины расположен на реке Сырдарье, выше Фархадского гидроузла, на территории Сагдийской области Таджикистана.

Кайраккумская плотина расположена в сейсмическом районе с предполагаемой интенсивностью землетрясений до 8 баллов.

Водоохранилище предназначено для сезонного и отчасти многолетнего регулирования стока Сырдарьи, главным образом в ирригационных и частично в энергетических целях.

Максимальный расход р.Сырдарьи в створе гидроузла составляет 5000 м³/сек, минимальный 90 м³/сек.

Плотина образует водохранилище длиной 60км, шириной в среднем 8,5км и полным объемом 4,2млрд.м³. Площадь зеркала 513 км², полезный объем 2,6млрд.м³.

Чаша водохранилища занимает низменную часть долины Сырдарьи и представляет собой на левом берегу реки пологую равнину, а на правом берегу – песчаную Кайраккумскую степь, окаймленную склонами гор.

Протяженность реки Сырдарьи от Кайраккумского водохранилища до Шардаринского водохранилища составляет – 250-260 км., общий уклон составляет в среднем -0,0004. Перепад высот 94 м.

Долина реки имеет небольшой продольный уклон – около 0,0003 и пологие склоны со слабовыраженным рельефом, особенно в верхней ее

части. В связи с этим водохранилище распластанное, имеет в северо-восточной ее части значительные площади мелководий с глубинами до 2,5 м.

Согласно Правил эксплуатации водохранилища, в вегетационный период должно производиться регулирование бытовых расходов реки по оросительному графику. Объемы паводкового стока накапливаются в водохранилище для получения электроэнергии в зимний период на собственной предплотинной ГЭС и на нижерасположенной Фархадской ГЭС. Выравнивание паводковых расходов облегчает борьбу с наводнениями.

Правила эксплуатации Кайракумской плотины, ГЭС и водосбросных сооружений имеются. Они составлены на основании "Правил Технической эксплуатации Электрических станций и сетей" Министерством энергетики СССР, г.Москва, 1976год, а также Правила использования водных ресурсов Кайракумского водохранилища на реке Сырдарья.

4.ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Участок расположения основных сооружений Кайракумского водохранилища в геологическом отношении представляет весьма пеструю и сложную картину. Русло р.Сырдарьи в створе плотины сложено переслаивающейся толщей песков, различных глин, алевроитов и алевролитов, залегающих под углом 16-20° к горизонту.

Основанием плотины служат коренные породы. Бетонные сооружения располагаются как на песках, так и на глинах.

На участке створа в пределах основания земляной плотины распространены коренные породы, прикрытые сверху толще аллювия, мощностью до 7м. Коренные породы в русловой части земляной плотины представлены переслаивающейся толщей песков, брекчированной глины, алевроитов, алевролитов, песчаных глин и песчаников. На береговом участке земляной плотины наибольшее распространение имеют пески, переслаивающиеся алевролитами.

Большая разновидность грунтов основания плотины обуславливает неравномерность осадок сооружений, в особенности бетонных, во времени.

Долина реки Сырдарьи в районе водохранилища по формам рельефа имеет различный характер. Правый берег представляет террасированную песчаную степь, примыкающую к предгорьям, где выделяется три продольные аллювиальные террасы, представленные различной крупности песками, супесями, суглинками и глинами. Левый берег выражен в виде волнистой равнины с уклоном в сторону реки и представлен переслаивающейся толщей песчано-гравийно-галечниковых образований.

Участок основных сооружений плотины сложен переслаивающимися пластами глин, песков и слабых песчаников. Коренные породы, залегающие в основании водосливной ГЭС представлены слоями плотных брекчированных глин и частично сцементированных песков. Левый берег от здания ГЭС сложен, в основном, из песков.

Песок для намыва земляной плотины добывался в русле реки и на ее берегах в непосредственной близости от створа плотины из 4-х карьеров. Камень для крепления откосов завозился из карьеров в районе города Бекабада.

Проектом предусматривалось уплотнение песка при намыве его в плотину до объемного веса $1.6\text{т}/\text{м}^3$. Для обеспечения необходимой устойчивости тела в основании верхового и низового откоса были устроены особые упорные призмы из шагала.

Как противofильтрационные мероприятия и для защиты дренажа под верховой зуб здания ГЭС забит металлический шпунт глубиной 3.0 м.

Глухая намывная земляная плотина выполнена из песчаного грунта с упорными призмами из шагала, гравия, и камня. По верховому откосу выполнено каменное крепление. Низовой откос защищен слоем песчано-гравийной смеси. У основания низового откоса, на русловом участке, устроен наклонный дренаж. На пойменном участке – трубчатый.

Для защиты от подтопления, вдоль левого берега водохранилища, устроены дамбы обвалования общей длиной 27км, и комплекс насосных установок для горизонтального дренажа.

5.ОСНОВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ

В состав Кайракумского гидроузла входят глухая намывная плотина из песка и водосливная плотина в ГЭС при размещении оборудования ГЭС в теле плотины с максимальным напором 24,5 м.

Бетонная водосливная плотина, совмещенная с ГЭС, имеет 6 пролетов, по числу турбин. Длина каждого пролета 12,0 м. Общий водосливной фронт участка ГЭС составляет 72,0м. Со стороны берега к водосливной плотине примыкает корпус управления.

Плотина имеет шесть пролетов длиной по 12,0 м каждый и 5 бычков по 5м толщиной, которые создают водобой шириной 97м. Ширина и заглубление водобоя приняты по условиям получения затопленного поверхностного режима на нем.

Для защиты сооружения от размыва предусмотрена 80м рисберма с глубоким зубом.

С правой стороны к водосливной бетонной плотине примыкает глухая земляная плотина.

6. СТРОИТЕЛЬСТВО ПЛОТИНЫ

В ходе проектирования сопоставление нескольких вариантов земляной плотины, различных по конструкции и способу укладки грунта, показало ряд преимуществ намывной плотины: экономичность, меньшая потребность в механизмах, более высокие темпы возведения и т.д.

В непосредственной близости от плотины были обнаружены и исследованы русловой и правобережный карьеры песков. Средневзвешенный механический состав песков, подсчитанный для обоих месторождений,

оказался близким к расчетному по проекту. Расчетный гранулометрический состав был принят с отмывом 20% мелких фракций карьерного грунта.

Грунтовая плотина имеет длину по гребню 1100м. Из них 400м представляют собою русловую часть, остальные 700 м – береговую.

Плотина намывалась по частям в различное время. В период с 9 февраля 1954 года по 19 сентября 1955 года намывалась правобережная часть плотины, из правобережных песчаных карьеров.

Намыв русловой части русловой части плотины производился следующим образом: в тиховод, образованный каменным банкетом, торцевым намывом были возведены 2 песчаные призмы. На этих призмах устанавливались эстакады рабочих пульповодов для последующего двустороннего намыва из выпусков.

До отметки 33м тело плотины намывалось из материала правобережного карьера, предварительно намытого в резерв. Таким образом, этот песок промывался водой в процессе движения по пульповоду дважды. Оставшаяся часть плотины домывалась до гребня плотины из материалов левобережного карьера.

Правобережная часть плотины выполнялась двусторонним намывом. Благодаря двустороннему способу намыва и отсутствию глинистых и пылеватых фракций в составе намывного грунта, образовался безъядерный профиль плотины с тонкопесчаной центральной частью.

По данным изысканий Среднеазиатского треста «Гидромеханизация» проведенные после завершения строительства, материал тела плотины характеризуется геотехническими показателями, средние значения которых представлены в табл.6.1.

Таблица 6.1.

Геотехнические показатели материала тела плотины

Участки плотины	Коэффициент фильтрации, м/сут		Объемный вес скелета, г/см ³	
	Центральная часть	Боковые призмы	Центральная часть	Боковые призмы

Русловой	11-12	12-14	1,5-1.51	1,53
Правобережный	8	11	1.48-1,49	1,49-1,5

Темпы строительства и ввода в эксплуатацию Кайракумской ГЭС вызывают восхищение: в июне 1951 г. вышло постановление Совета Министров СССР о строительстве её и водохранилища, а уже в июле начались работы.

Непосредственно к строительству самой ГЭС, встроеной в бетонный участок дамбы длиной 130 м, приступили в 1954 г. Через два года русло Сырдарьи было перекрыто, и началось возведение намывной земляной дамбы протяженностью в 1,2 км. И уже к декабрю 1956 г. 700 млн. куб. м воды, накопленные в Кайракумском водохранилище, обеспечили работу двух гидроагрегатов. В 1957 г. в строй ввели оставшиеся четыре агрегата ГЭС. К работе на расчетную мощность в 126 МВт ГЭС приступила в конце 1959 г.

До проектной отметки НПУ (нормального подпорного уровня) оно впервые было заполнено в 1959 г.

При наполнении до указанной отметки длина водохранилища составила 56 км, ширина – 15 км, средняя глубина – 8 м, глубина у плотины – 25 м, площадь зеркала – 520 км². Полный объем водохранилища, осуществляющего сезонное и отчасти многолетнее регулирование стока р. Сырдарья, – 4,2 км³; полезный – 2,7 км³. Уровень водохранилища колеблется в пределах 7 м. По разным данным, водохранилище при достижении отметки НПУ затопило до 52 тыс. га земель Кайракумской степи.

7. КОНСТРУКЦИЯ ПЛОТИНЫ

В поперечном сечении плотина состоит из трех основных частей: верховой и низовой боковых призм, и центральной части.

Боковые призмы сформировались из самых крупных частиц намываемого грунта. В центральной части плотины отложились самые мелкие фракции, уменьшающие фильтрацию воды через плотину.

Плотина характеризуется следующими размерами: ширина плотины по гребню -12,0м, максимальная высота русловой части 32,0м, ширина береговой части 21,0 м. Максимальный напор на плотине составляет 20,8 м.

Верховой откос имеет переменное заложение от $m=4,0$ в верхней части, до $m=5,0$ в нижней части.

Низовой откос имеет постоянное заложение $m=4$ до наклонного фильтра. Заложение откоса с наклонным фильтром до каменной призмы $m=3,0$.

Каменная призма в нижнем бьефе возводилась на полуметровой подготовке из гравия (внутренний слой обратного фильтра).

Верховой откос каменной дренажной призмы имеет заложение $m=1,5$, низовой $m=2,0$. Для защиты грунта тела плотины от суффозии перед дренажной призмой уложен двухслойный обратный фильтр. Верховой откос защищен пригрузкой из гравийно-галечникового материала толщиной 2,1 м.

Для определения сейсмической устойчивости намывной плотины из песка были проделаны крупномасштабные полевые исследования. Опыты проводились на установке емкостью 25 т. На основании этих исследований были получены рекомендации о необходимой толщине пригрузочного слоя из гравелисто-галечникового грунта, обеспечивающего требуемую сейсмическую устойчивость плотины при возведении ее из песков разного гранулометрического состава, применительно к плотности, получаемой при гидронамыве.

Анализ результатов наблюдений после завершения строительства показал, что Кайраккумская плотина возведена из мелкозернистых неокатанных песков, с размерами зерен в основном 0,5-0,25 мм и 0,25-0,1 мм. Прочие фракции входят в гранулометрический состав песков в незначительном количестве.

Динамическую устойчивость водонасыщенных песков Кайраккумской плотины обеспечивает фракции 0,1-0,25 мм. По содержанию этой фракции пески, намытые в тело плотины, весьма разнородны. Более крупные пески

боковых призм повышают устойчивость плотины. Весьма благоприятными факторами являются остроугольная форма зерен и шероховатость их поверхности. Эти особенности повышают динамическую устойчивость песков.

Крепление верхового откоса осуществлено каменной наброской. Верховой откос плотины защищен от волнового воздействия каменной наброской толщиной слоя 1,1м. Каменная наброска уложена на подготовку из несортированного гравия.

Многолетняя практика эксплуатации плотины показала надежность положений, заложенных в основу ее конструкции.

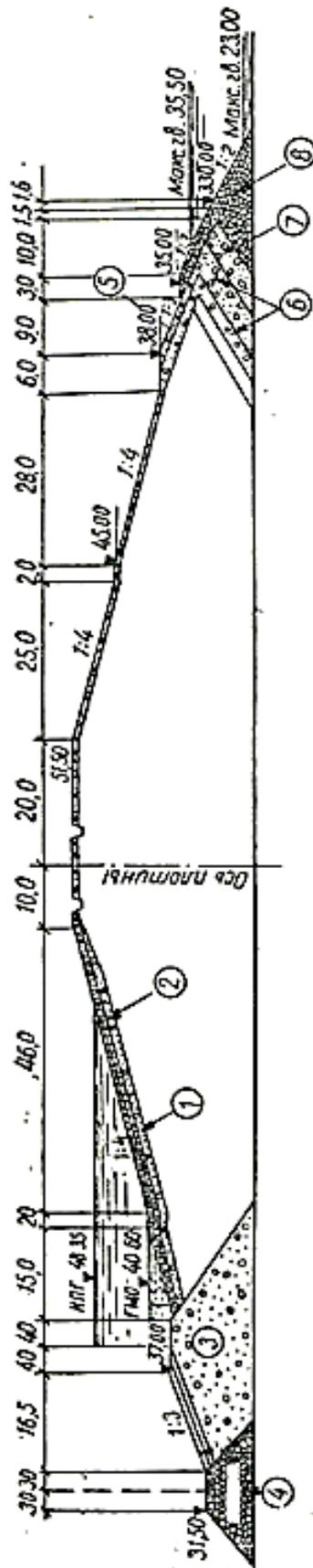


Рис. 31. Поперечный разрез по русловому участку земляной плотины Кайракумского гидроузла.
 1 — шагал $t = 0,70$ м; 2 — рваный камень $d = 35-48$ см, $t = 1,40$ м; 3 — верхняя упорная призма (из шагала); 4 — верховой ка-
 менный банкет; 5 — двуслойный фильтр; 6 — отсыпка из отходов гравийного завода, $d = 20-100$ мм; 8 —
 шизовой каменный банкет.

Рис.7.1. Поперечное сечение руслового участка Кайракумской плотины.
 (Все отметки на чертеже – условные)

Средняя глубина водохранилища 8,2 м, максимальная у плотины – 23,0 м. Высота грунтовой плотины на русловом участке 32,0 м, в пойменной части она уменьшается до 10-20 м.

Гидроузел Кайраккумского водохранилища состоит из глухой грунтовой намывной плотины длиной по гребню 1202 м и водосливной ГЭС с водосбросами над генераторными помещениями. Левый берег обвалован дамбами общей длиной 27 км. Имеется комплекс насосных установок для горизонтального и вертикального дренажа зоны подтопления.

По плотине проходит автомобильная дорога с мостом установленный на бычках ГЭС. Специальных сбросных сооружений, обособленных от ГЭС, в составе гидроузла не имеется. Сооружения гидроузла рассчитаны на паводковый расход 4400 м³/сек.

На ГЭС установлено шесть вертикальных гидроагрегатов, каждый из которых состоит из турбины с максимальным расходом 185м³/сек и генератора мощностью на зажимах 26,3тыс.квт. Максимальный напор на ГЭС 24,0 м.

I. Гидротурбины штук 6 тип ПЛ- 495-85-500

1. Мощность - 23,6 МВт каждый
2. Расчетный напор - 15 м.
3. Диаметр рабочего колеса -4,995 м
4. Расход воды при расчетном напоре - 180 м³/сек
5. Частота вращения - 125 об./мин.

II. Генераторы штук 6 тип ВГС - 700/100 - 48

1. Мощность - 21 МВт
2. Коэффициент мощности - 0,8
3. Напряжение - 10,5 кв
4. Частота вращения - 125 об./мин.

Установленная мощность шести агрегатов- 126 мВт. Расход воды на выработку 1 квт/ч. энергии - 24 м³.

Водосливная ГЭС размещена у левого берега реки. С плотиной здание сопрягается массивным устоем.

На ГЭС установлено шесть гидроагрегатов, каждый 26,3тыс.кВт. Каждый агрегат размещен в отдельном помещении под водосливом. Расстояние между агрегатами 17м. Над генераторными помещениями устроен поверхностный водослив общим фронтом 72м для пропуска расчетного расхода 3960 м³/сек при отметке МПГ - 48.35м.

Через гидроагрегаты пропускается 180х6 шт=1080 м³/сек. Отверстия водослива оборудованы двумя рядами затворов - ремонтными ВхН=12х24 м (6шт) и рабочими ВхН=12х10м (6шт). Все затворы управляются козловым краном грузоподъемностью 2х125т. На турбинных водоводах установлены плоские глубинные затворы ВхН=12х6м с управлением гидроподъемниками грузоподъемностью 2х110 т.

Электропитание приводов козлового крана и гидроподъемников осуществляется от собственных источников электроэнергии. Резервное питание в случае необходимости осуществляется через ОРУ 220/110 кВ от других источников электроэнергии.

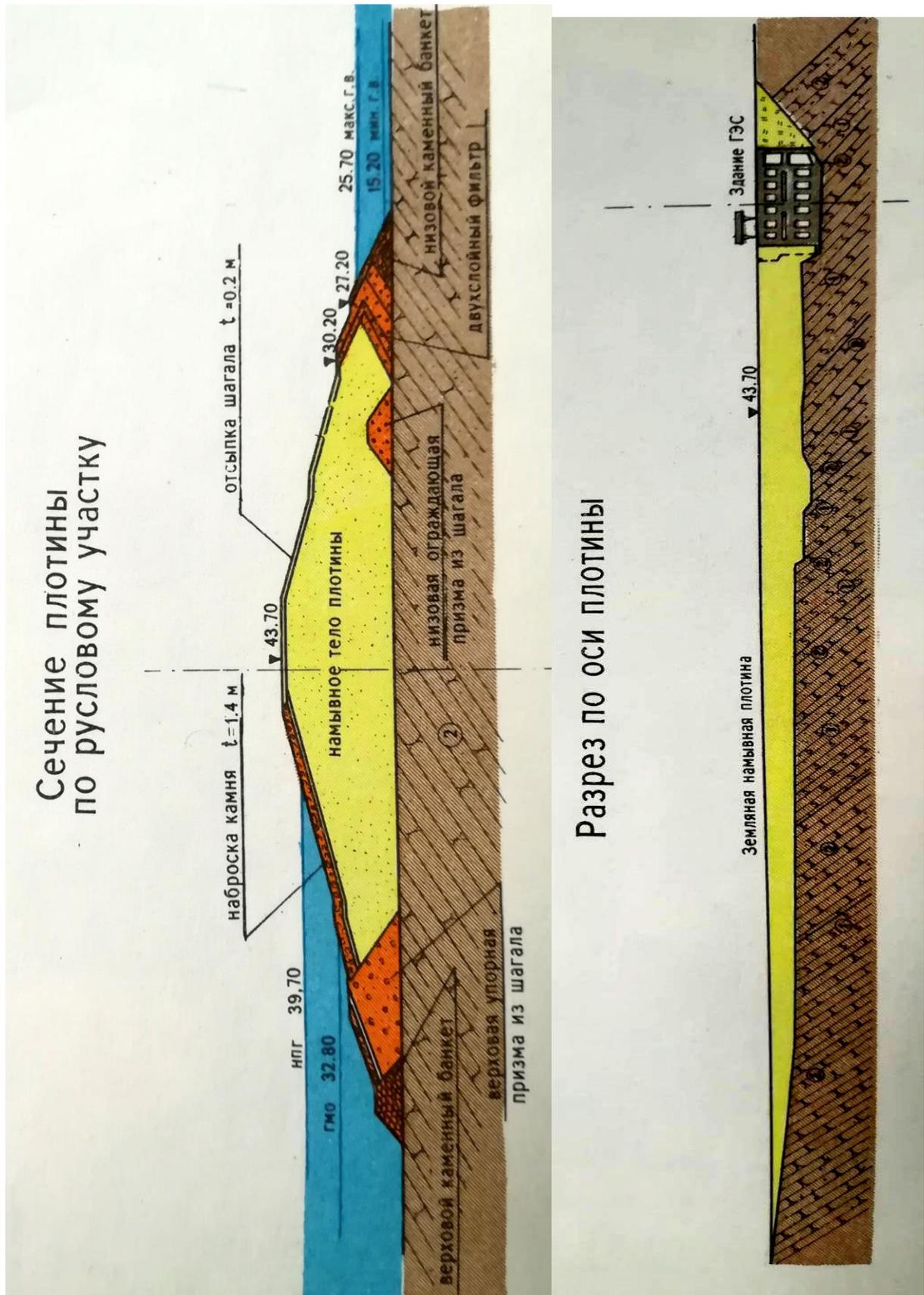


Рис.7.2. Сечение и разрез по оси плотины.
(Все отметки на чертеже – условные)

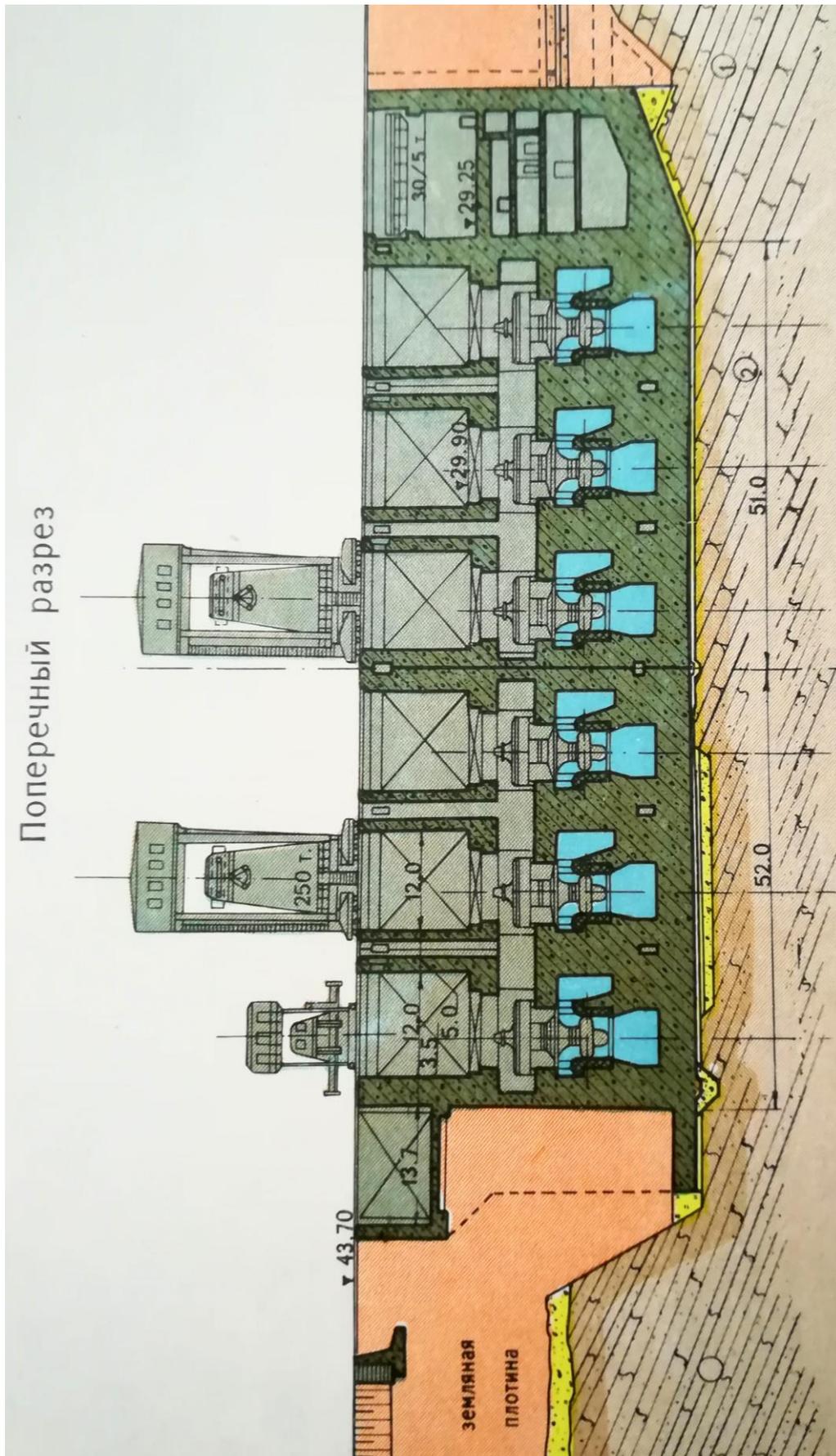


Рис.7.4. Продольное сечение по оси ГЭС.
(Все ометки на чертеже – условные)

8.ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Кайраккумская плотина была запроектирована и построена до строительства двух больших водохранилищ, расположенных выше по течению, это Токтогульская и Андижанская. Так как, эти два водохранилища имеют значительную аккумулирующую емкость, их влияние на пики паводков в створе Кайраккумского водохранилища является полезным, срезая пики и уменьшая в определенной степени объемы больших паводков.

Кайраккумские водосбросные сооружения были запроектированы на расход гидрографа 0,1% обеспеченности и проверены на пропуск расхода 0.01% обеспеченности. Расчетный гидрограф паводка трансформируется через призму форсировки ($0,8\text{км}^3$), которая находится между отметками 347,5 и 348,2 мБС (0,7 м).

Расчетный гидрограф определялся при помощи статистического анализа гидрологических рядов. Пиковые расходы гидрографа различных обеспеченностей отсчитывались с теоретической кривой соответствующей ряду наивысших годовых расходов. Полученное значение корректировалось на поправку, которая не превышает 20%.(1 раз в 20 000).

Объем гидрографа также определялся статистическим анализом многолетних максимумов. Совпадение наблюдаемых пиков расходов и максимальных объемов паводка приводит к двум переменным с полной зависимостью. В этом случае обеспеченность совмещенного гидрографа равна обеспеченности пикового расхода. Однако, наблюдаемые величины пиков расходов не обязательно совпадают с максимальными объемами паводка. Другими словами, эти две переменные частично зависимы, в результате получается гидрограф с обеспеченностью ниже ранее принятой обеспеченности.

При практическом подборе теоретической кривой обеспеченность вычислялся коэффициент асимметрии C_s на основании наблюдаемых ежегодных максимумов ряда лет. Этот коэффициент далее использовался для подбора подходящей кривой. На практике применяется теоретический

коэффициент асимметрии, который выше расчетного. Чем выше коэффициент, тем более асимметрична теоретическая кривая, получая в результате большие расходы для низких обеспеченностей. Такая практика представляет собой дополнительный консерватизм при определении проектных величин расходов.

Указанные выше три фактора приводят к занижению обеспеченности расчетного гидрографа. Предполагается, что расчетная обеспеченность будет пределах 0.001% (1раз в 100000лет). Тем не менее необходимы дальнейшие исследования для подтверждения этого утверждения.

Ранее, все данные по стокам реки обеспечивались УзГидрометом (Бюро по Метеорологии) Узбекистана, который обеспечивал прогнозами речных стоков в начале влажного периода года (ранней весной). Прогнозы были основаны на накоплениях снега в бассейнах этих рек. Настоящем и в перспективе, Гидромет Узбекистана дополняет свою методологию расчетов снежных запасов и водного эквивалента используя снимки из космоса. На основе этих прогнозов, эксплуатирующие организации определяют потребности поддержания уровней воды в водохранилище перед началом периода таяния. В случае, если имеет место многоводный год, потребный уровень воды должен быть ниже чем НПУ. Этот механизм может представить наличие дополнительной емкости для трансформации паводка, увеличивая безопасность плотины во время паводков (2).

9.РЕЖИМ РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩА

В соответствии с Рабочим проектом Кайраккумского водохранилища, режим работы водохранилища был направлен на удовлетворение потребностей ирригации и частично в энергетических целях. В вегетационный период, с апреля по сентябрь, производилось регулирование расходов реки по оросительному графику. Излишки паводкового стока накапливались в водохранилище для получения

гидроэлектроэнергии в зимний период на собственной приплотинной ГЭС.

В настоящем водохранилище в основном работает в энергетическом режиме.

При прохождении паводка, превышающего расходы $1080\text{ м}^3/\text{сек}$ (пропускается через агрегаты) вступают в пропуск воды в поверхностные водосбросы и доводят суммарный расход до $5040\text{ м}^3/\text{сек}$. При паводке 0,01% обеспеченности используется аккумулирующая емкость высотой 0,85 м., а горизонт воды доводится до отметки 348,35м.

10.КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Для контроля за состоянием плотины и сооружений ГЭС предусмотрено проведение наблюдений, в частности:

- За осадкой основания плотины;
- За осадкой тела плотины;
- За положением кривой депрессии;
- За фильтрацией через сооружения;
- За поперечной деформацией профиля плотины.

Для проведения наблюдений на плотине установлено 74 пьезометра в 11 створах, глубинных и поверхностных марок и реперов. Ведется сбор, обработка и анализ многолетних данных наблюдений.

Проектная величина максимального фильтрационного расхода составляет 171 л/сек. Максимальный фильтрационный расход через тело плотины наблюденный в 1959г. составил 147 л/с, что на 24л/с меньше расчетного. Максимальный расход фильтрации за период с 1958 по 1999 изменялся в пределах от 82 до 129 л/сек. Исходя из выполненных наблюдений можно сделать вывод о безопасности тела плотины в отношении фильтрации.

С момента ввода в эксплуатации плотины аварийной ситуации не возникало.

11. ПРОПУСК ПАВОДКОВЫХ РАСХОДОВ ЧЕРЕЗ СООРУЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ.

Во время больших паводков проектом предусматривается сброс воды через 6 турбин ($Q_{турб}=1080\text{м}^3/\text{сек}$) и через водосбросы, расположенные над турбинами и генераторами ($Q_{в}=3960\text{ м}^3/\text{сек}$).

Обеспеченность гидрографа 0.01% для Кайраккума была определена для естественных условий без учета водозабора на орошение. Максимальная водоотводящая способность выше створа плотины является $1000\text{м}^3/\text{сек}$. Сезонная вариация принята в размере 20% в апреле, 50% в мае, 80% в июне, 100% в июле, 80% в августе и 20% в сентябре. Не следует исходить из того, что потребности в воде на орошение достигнут максимума в период большого паводка. Вполне возможно также, что некоторые водозаборные сооружения были бы заблокированы наносами и мусором, и некоторые каналы размыты. Поэтому гидрограф притока был уменьшен вычитанием 0%, 25%, 50% и 75% отводящих максимумов.

Таблица 11.1

Максимальные уровни воды в Кайраккумском водохранилище

Описание сценария	Потребности в воде на орошение выраженные в процентах от максимальной потребности			
	0%	25%	50%	75%
$Q_{\text{водосбросов}}+$ $Q_{\text{турбин}}$	348.7 (4)	348.6 (3)	348.4 (1)	48.25 (0)
Q_s	349.65 (12)	349.5 (9)	349.3 (8)	349.15 (6)
$5*Q_s/6$ (пять из шести затворов)	350.6 (44)	350.4 (28)	350.2 (16)	349.9 (13)

Примечание: величины в скобках это количество дней, когда уровень воды в водохранилище находится выше максимально подпорного уровня.

Из таблицы видно, что максимальные уровни воды в водохранилище всегда находятся ниже гребня плотины (351.5 м), с минимальным запасом 0,9м. Проектный запас – 3,2м, подразумевает, что

плотина будет находиться в безопасном состоянии при расчетной обеспеченности 0,01% при условии, что все турбины и затворы открыты и что ирригационные попуски составляют 75% от максимальных.

Сработка уровней воды в водохранилище в случае возникновения аварийной ситуации может быть достигнута при помощи действий затворов водосброса, а если и при помощи сброса через турбины, сбрасывая свыше 2500 м³/сек, то это вызовет затопление нижерасположенных земель. Суммарная максимальная пропускная способность через шесть затворов шириной по 12м составляет около 4000 м³/сек давая возможность при этом соблюдение необходимой скорости сработки уровней 0,7 м/день начиная от нормального подпорного уровня.

12.ЗАИЛЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

В октябре 2008 года таджикскими учеными было проведено исследование состояния Кайраккумского водохранилища [3].

В ранний период (условно-естественный) до 1950 года суммарный сток взвешенных наносов рек Нарын и Карадарья равнялся 18,5 млн.т в год. Средний сток взвешенных наносов Сырдарьи у г. Беговат, что на 40 км ниже Кайраккумской плотины составлял 22,7 млн.т год.

Общая емкость Кайраккумского водохранилища в момент строительства была равна 4,16 км³, полезный объем 2,6км³, мертвый объем 1,56км³.

Кайраккумское водохранилище начало заполняться в 1950 году. Особо активное накопление Кайраккумским водохранилищем продолжалось в период с 1950 по 1973 годы. В 1973 году началось накопление воды и соответственно или в Токтогульском и Андижанском водохранилищах. За 23 года работы Кайраккумского водохранилища было накоплено не менее 522 млн.тонн ила. По данным, приведенным в работе, реками Нарын и Карадарья в год выносилось 18,5 млн. тонн ила, остальной ил (4,2 млн. т/год) выносился

боковыми притоки Сырдарьи (Исфайрамсай, Сох, Исфара, Акбура, Шахимардан и др.).

За период с 1973 по 2016 годы было дополнительно накоплено не менее 200млн.тн ила. Всего Кайраккумским водохранилищем было накоплено не менее 750 млн.тн принесенного ила. При допущении, что объемная плотность илов составляет $1,5 \text{ г/см}^3$ суммарный объем нанесенных илов составляет более 500 млн.м³, что близко к значению 1/3 «мертвого объема» водохранилища (1560 млн.м³). Следует отметить, что расчеты носят весьма приблизительный характер.

Практически невозможно оценить первоначальный уровень заиления Кайраккумского водохранилища. В этот период происходил сильный размыв песчаных островов- прежних песчаных барханов, и тем самым выравнивание дна водохранилищ в верхней части. Предположительно первоначальный объем топления был значительным, так как ранее в верхней части водохранилища наблюдалась гряда песчаных барханов, а устье реки образовывало широкий залив. В настоящее время исчезли все песчаные барханы, а залив превратился в мыс. Этот факт свидетельствует о том, что уменьшился не только мертвый объем водохранилища, но и полезный объем. В то же время невозможно оценить общий вклад в заиление водохранилища за счет размыва берегов. Общий объем образованного ила можно представить суммой

$$V_{tot} = V_{int} + V_{beach} - V_{silt},$$

где: V_{tot} - общий объем заиления, V_{int} - первоначальное заиление, вызванное поглощением песчаных барханов, V_{beach} - заиление вызванное размывом берегов, V_{silt} - заиление за счет ила принесенного с верхних участков Сырдарьи.

В ноябре 2008 года были проведены первые работы по определению современного рельефа дна Кайраккумского водохранилища. 2008 год был охарактеризован как очень засушливый год. Уровень всех водохранилищ Центральной Азии опустился до критических отметок. Наименьший уровень

воды был зарегистрирован на Токтогульском и Кайраккумском водохранилищах. Кыргызстан и Таджикистан испытывали серьезный дефицит электроэнергии. Налаженная в Советский период система энергоснабжения Центральной Азии в связи выходом Узбекистана перестала существовать. Токтогульская ГЭС была переведена на чисто-энергетический режим работы. Андижанская ГЭС была переведена на чисто-ирригационной (накопительный) режим. Кайраккумская ГЭС осуществляла только транзит поступающей воды и также была переведена в энергетический режим.

Проведенное исследование состояния Кайраккумского водохранилища показывает, что в верхнем сечении водохранилища глубина дна не превышает 1 метра в межень, то есть в период маловодья. Водоохранилище подверглось сильному заилению. Объем накопленного ила на период 2008 года превышал 700 млн.тн. Особенно активно илы накапливались в период с 1950 по 1973 годы. В 1973 году началось накопление воды и соответственно ила расположенными выше по течению Сырдарьи Токтогульским и Андижанскими водохранилищами. Начиная с этого периода основными поставщиками илов в Кайраккумское водохранилище стали боковые притоки Сырдарьи.

Были проведены измерения рельефа дна на трех створах водохранилища в нижнем, среднем и в верхнем течении водохранилища. В межень максимальная глубина в измеренных створах не превышают 10 метров, а ни меньшая менее 1 метра, и соответственно в период половодья глубина измеренных створов составила бы 17 и 8 метров соответственно. Уровень заиления оказался значительно больше ожидаемых величин, особенно в верхнем участке водохранилища. В верхнем и среднем разрезе водохранилища заилению полностью подверглось старое русло Сырдарьи и лишь в нижнем течении угадываются контуры строго русла реки.

Следует ожидать, что при дальнейшем накоплении ила водохранилище потеряет способность к сезонному регулированию воды и перейдет в режим месячного регулирования.

13.ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Плотина Кайраккумского водохранилища, также, как и плотина Шардаринского водохранилища, имеет повышенный риск разрушения плотины высокими волнами редкой повторяемости, образующиеся при землетрясениях более 8 баллов, и в следствие недостаточной устойчивости и крепления откосов.

Также, для намывных плотин имеется риск разжижения и потери прочности материала насыпи под воздействием разрывных движений земной коры при землетрясениях. Риск больших деформаций от воздействия сейсмических нагрузок увеличивается из-за высокого стояния уровня фильтрационных вод в теле плотины.

В соответствии с общепринятыми нормативами и стандартами безопасности, Кайраккумская плотина может столкнуться с такими проблемами как:

Опасность целостности сооружения от волнового воздействия из-за неадекватного крепления верхового откоса.

Разрушение от землетрясений, которое может быть вызвано разжижением водонасыщенных мелкозернистых песков тела плотины и ее основания, которое может привести к большим деформациям, либо к частичному разрушению.

14.РАЗВИТИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ КАЙРАККУМСКОЙ ГЭС.

В целях дальнейшего развития водохранилища руководство Республики Таджикистан обратилось к международным партнерам с просьбой о содействии в реабилитации Кайраккумской ГЭС. В 2012-2013 гг. Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) произвел отбор консультанта для подготовки проекта модернизации ГЭС, а Австрийский фонд технической помощи выделил для этого грант в размере 800 тыс. евро.

Перед специалистами были поставлены задачи, которые позже стали основой проекта «Модернизация Кайракумской ГЭС в целях климатической устойчивости»:

- увеличение установленной мощности со 126 МВт до 174 МВт за счет установки новых турбин при сохранении существующего количества турбин и диаметра их рабочего колеса,
- предотвращение излишнего сброса воды через водосливы,
- увеличение выработки электроэнергии при сохранении объемов проходящего через ГЭС потока воды,
- повышение уровня безопасности ГЭС и дамбы,
- разработка прогнозных климатических сценариев и связанных с ними изменений параметров функционирования ГЭС и водохранилища,
- повышение устойчивости ГЭС к различным прогнозным сценариям изменения климата, гидрологии и др. факторов, влияющих на стабильную работу гидроэлектростанции.

Кроме того, в рамках подготовки и реализации проекта были проведены комплексные социально-экологические проверки ГЭС, по итогам которых был выработан ряд рекомендаций.

Так, например, уменьшение гибели рыбы было включено в план экологических и социальных мероприятий проекта. Для реализации этой задачи на всех шести заменяемых гидроагрегатах установят безопасные для рыбы турбины со специальными формами и менее острыми лопастями рабочего колеса и более широкими промежутками между ними. Это, по расчетам специалистов, сможет до 90% уменьшить гибель рыбы, проходящей через турбины.

К моменту завершения проекта будут проведены модернизация гидромеханического и электромеханического оборудования, установка новых систем управления и сигнализации для напорной дамбы ГЭС, замена оставшихся четырех гидроагрегатов с увеличением мощности ГЭС до 174 МВт и внедрение системы социально-экологического управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. «Ирригация Узбекистана», Том II, Современное состояние и перспективы развития ирригации в бассейне р. Сырдарья. Ташкент 1975 г.
2. Исполком МФСА Агентство GEF Программа бассейна Аральского моря. Проект управления окружающей средой и водными ресурсами. Компонент С: безопасность плотин и управление водохранилищами. Кайраккумская плотина. Отчет по оценке безопасности. Март 2000 г.
3. Вестник Таджикского национального университета. *(научный журнал)* Серия естественных наук, Душанбе: «СИНО» 2016, СОСТОЯНИЕ КАЙРАККУМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, Д.А. Абдушукуров, Ш.Ш. Азимов, А.А. Джураев, В.Н. Петухов. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ, Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН РТ

ПРИЛОЖЕНИЕ

СП РК 3.04-105-2014

ПЛОТИНЫ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

6. ЗЕМЛЯНЫЕ НАМЫВНЫЕ ПЛОТИНЫ

6.1 Конструктивные решения

6.1. Конструкции плотин, возводимые методом отсыпки грунтов в воду, рекомендуется назначать в соответствии с Таблицей 4, Рисунками 3, 4 и п. 4.1.3, а также рекомендациями Приложения Б.

6.1.2 При выборе конструкции плотины стремятся к максимальному использованию естественных грунтов, не требующих сортировки при разработке карьера или выемки.

6.1.3 При наличии соответствующих карьерных грунтов предпочтение отдают однородным песчаным плотинам, характеризующимся высокой технологичностью производства работ.

Однородные песчаные плотины распластанного профиля со свободно формируемыми откосами применяют при технико-экономическом обосновании в случае залегания слабых грунтов в основании, необходимости уменьшения объема крепления откосов, а также при намыве под воду.

При проектировании плотин на слабых и заторфованных грунтах основания, обводненных и заболоченных территориях, допускается не предусматривать полностью или частично работы по удалению поверхностного слоя грунта основания и растительности при условии, что это не приведет к нарушению устойчивости и фильтрационной прочности сооружения.

При возведении однородных плотин на слабых грунтах основания, как правило, намывают уширенную нижнюю часть («подушку»), а верхнюю часть возводят после стабилизации осадок «подушки».

Таблица 4 - Классификация земляных намывных плотин

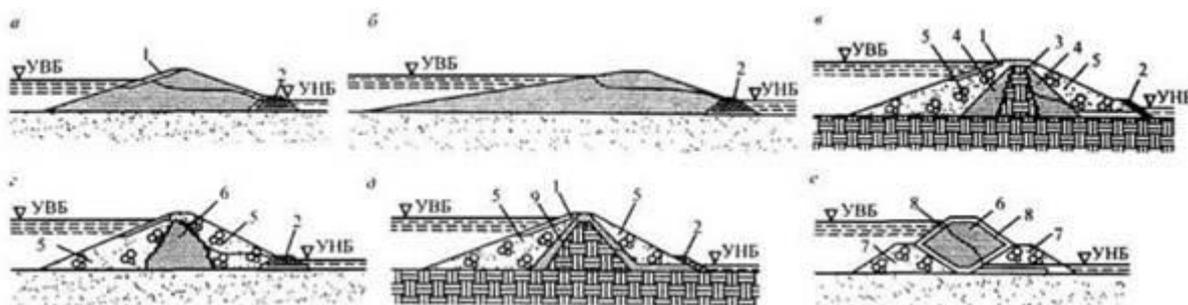
Вид плотины	Грунты тела плотины	Способ возведения плотины
Однородная:		
с принудительно формируемыми откосами (Рисунок 3, а)	Пески, супеси, суглинки (в том числе лёссовидные)	Двусторонний намыв с дамбами обвалования на откосах
со свободно формируемыми откосами - верховым (Рисунок 3, б) или обоими	Пески, гравийные (дресвяные)	Односторонний намыв с дамбами обвалования на низовом откосе (Рисунок 4, б) и центральный намыв без дамб обвалования
узкопрофильная (Рисунок 4, в)	Пески, гравийные (дресвяные)	Пионерный намыв с выпуском пульпы из торца трубы и непрерывным устройством обвалования по откосам
Неоднородная:		
с ядром (Рисунок 3, в)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) с содержанием песчаных и глинистых фракций	Двусторонний намыв с дамбами обвалования на откосах и отстойным прудом в центральной части плотины (Рисунок 4, а)
с центральной зоной (Рисунок 3, г)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) или песчаные разнотернистые, содержащие мелкозернистые фракции	Двусторонний намыв с дамбами обвалования на откосах и отстойным прудом в центральной части плотины (Рисунок 4,а)
Комбинированная:		
с насыпным ядром из глинистого грунта и намывными боковыми зонами (Рисунок 3, д)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) или песчаные	Двусторонний намыв без пруда
с насыпными банкетамии из горной массы и намывной однородной центральной зоной (Рисунок 3, е)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) или песчаные	Двусторонний намыв без пруда

с центральной негрунтовой диафрагмой и намывными боковыми призмами	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) или песчаные	Односторонний намыв
--	--	---------------------

6.1.4 Неоднородные плотины проектируют при наличии соответствующих карьерных грунтов и необходимости снижения фильтрационного расхода по сравнению с однородными плотинами, а также для уменьшения объема тела плотины. При этом учитывают усложнение технологии производства работ по созданию ядра с заданным размером и составом грунта и недопущению его перемыва крупным грунтом.

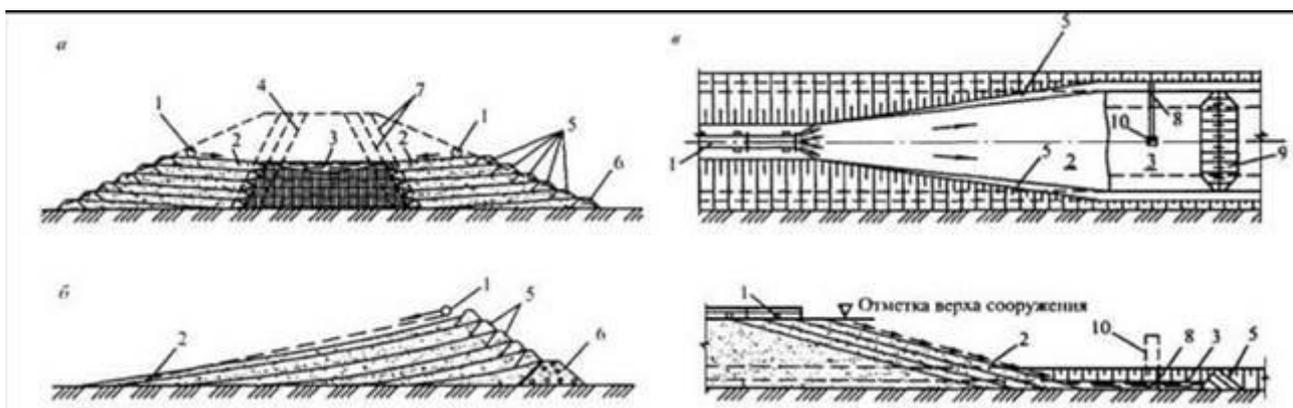
Для обеспечения однородных свойств ядра заданного размера и исключения перемыва крупным грунтом допускается включать в проекты при соответствующем обосновании, принудительное перемешивание грунта в пределах прудковой зоны ядра плотины.

6.1.5 Намывные плотины с боковыми насыпными или каменно-набросными призмами применяют при условии использования высоких перемычек или камня из полезных выемок котлована. При проектировании плотин для сейсмических районов предусматривают устройство каменно-набросных призм и сейсмостойкого крепления откосов.



a-e см. Таблицу 4; 1 - крепление верхового откоса; 2 - дренаж; 3 - намывное ядро; 4 - намывные промежуточные зоны; 5 - намывные боковые зоны; 6 - намывная центральная слабопроницаемая зона; 7- боковые насыпные призмы (банкеты); 8 - сейсмостойкое крепление откоса; 9 - насыпное глинистое ядро

Рисунок 3 - Виды намывных плотин



а - двусторонний намыв неоднородной плотины с ядром; б - односторонний намыв однородной плотины с верховым откосом, формируемым при свободном растекании пульпы; в - намыв узкопрофильной плотины; 1 - распределительный пульпопровод; 2 - откос намыва; 3 - отстойный пруд; 4 - граница ядра; 5 - дамба попутного обвалования; б - дамба первичного обвалования; 7 - граница прудка; 8 - водоотводящая труба; 9 - временная перемычка; 10 - водосбросный колодец

Рисунок 4 - Основные схемы возведения намывных плотин

6.1.6 Намывной способ возведения плотины допускается совмещать с насыпным, когда, например, верховую призму плотины намывают из песка, а низовую из гравийно-галечникового грунта.

6.1.7 В проекты намывных плотин включаются мероприятия по обеспечению качества намыва грунта и установленной плотности его укладки, а также устойчивости откосов плотины в строительный период, в частности, с учетом фильтрационного потока, образующегося за счет водоотдачи свеженамытого грунта, инфильтрации с поверхности намыва и из отстойного пруда. Для намывных плотин устанавливается предельная интенсивность их наращивания по условию обеспечения водоотдачи намытого грунта, а для частей плотин, намываемых под воду - пределы подводной и надводной крутизны откоса.

Интенсивность намыва нужно контролировать, дополнительно наблюдая за величиной порового давления.

6.2 Требования к материалам

6.2.1 Зерновой состав карьерных грунтов считают основной характеристикой для оценки технической возможности возведения намывных плотин и экономической целесообразности выбранной конструкции.

Содержание органических и водорастворимых примесей в грунтах для намыва плотины допускают в количествах, при которых их остаток в теле намывной плотины после производства работ по ее намыву будет не выше величин, указанных в 5.2.1.

6.2.2 Предварительную оценку пригодности карьерного грунта для намыва плотин в зависимости от зернового состава производят по графику, приведенному на Рисунке 5.

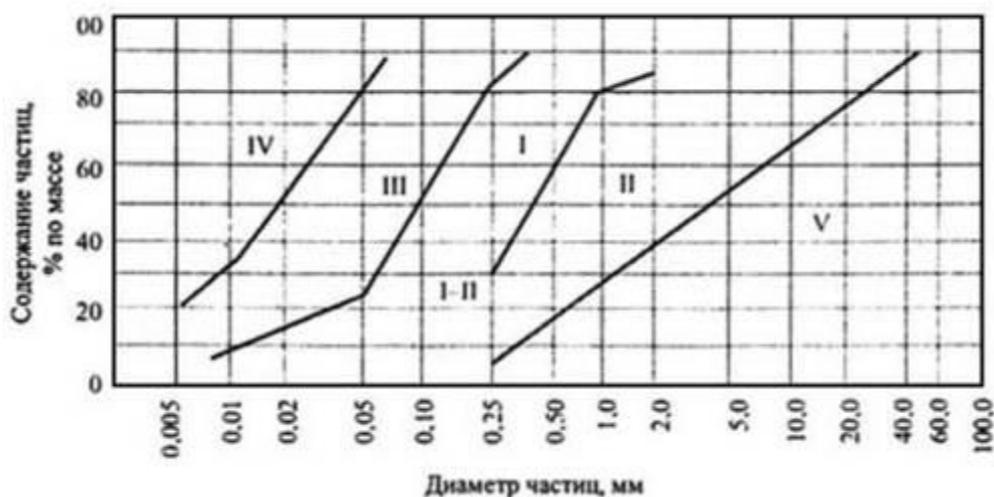


Рисунок 5 - Группы грунтов, используемых для намыва плотин

Предпочтительными для намыва однородных плотин являются песчаные грунты I группы; песчаные и гравийные грунты II группы целесообразно предусматривать для неоднородных плотин с мелкопесчаной центральной зоной или глинистым ядром.

Супеси (III группа), суглинки (IV группа), гравийные и галечниковые грунты (V группа), а также лессовидные грунты можно использовать для

намыва при соответствующем технико-экономическом обосновании. При этом супеси и лессовидные суглинки используют для намыва однородных плотин, а также для намыва центральной слабОВОдопроницаемой зоны неоднородных плотин, гравийно-галечниковые грунты - для намыва боковых зон этих плотин.

Запас грунта в карьере, как правило, в 1,5-1,8 раза больше объема грунта, принятого в проекте плотины.

При выборе карьеров инженерно-геологические изыскания проводят с детальностью, позволяющей выделить и исключить из запасов участки грунта, не отвечающего требованиям укладки в плотину, а также не поддающегося разработке средствами гидромеханизации.

Грунт для намыва плотин проверяется на содержание негабаритных включений (валунов, камней и т.п.), не проходящих через грунтовые насосы.

6.2.3 Для неоднородных плотин предпочтительны грунты с высокой степенью разнозернистости, например, гравийные с пылеватыми, глинистыми фракциями и при содержании песчаных частиц не менее 25-30%. Содержание в ядре глинистых частиц размером $d < 0,005$ мм допускается не более 20% по условиям консолидации грунта; более высокое содержание глинистых частиц допускается при специальном обосновании.

Границы зон фракционирования и осредненного зернового состава намывного грунта определяются в соответствии с рекомендациями Приложения Е.

6.2.4 Возможность применения для намыва искусственных смесей грунтов из разных карьеров или сортированных карьерных грунтов обосновывается технико-экономическим расчетом.

6.2.5 При необходимости предусматривается дополнительное искусственное уплотнение (глубинное гидровибрирование, уплотнение взрывами, послойное уплотнение или укатку и др.). Мероприятия по дополнительному уплотнению обосновываются, как правило, полевыми опытными работами.

6.3 Фракционирование грунта в теле плотины

6.3.1 Фракционирование грунта в поперечном профиле плотины в результате гидравлической раскладки учитывают при коэффициенте разнозернистости намываемого грунта $K_{60,10} > 2,5$ или $K_{90,10} > 5$. Раскладка грунта зависит от его зернового состава, расхода пульпы и ее консистенции, ширины пляжа намыва.

6.3.2 При определении зернового состава грунта намывных плотин учитывается отмыв и сброс мелких частиц грунта. При возведении песчаных однородных плотин обеспечивается сброс глинистых и частично пылеватых частиц, однако технологически неизбежен отмыв и более крупных частиц вплоть до мелких песчаных. Потери грунта при намыве плотин рекомендуется определять в соответствии с рекомендациями Приложения Г.

Расчет нормы отмыва осуществляется по данным Приложения Д.

При намыве неоднородных плотин сброс глинистых частиц назначают с учетом 6.2.3.

6.3.3 При проектировании однородных плотин зерновой состав намываемого грунта принимают по средневзвешенному составу карьерного грунта с учетом отмыва мелких частиц грунта при условии незначительной вариации в поперечном сечении плотины состава грунта и коэффициента фильтрации. При этом учитывают небольшое увеличение содержания мелких частиц грунта в центральной части плотины при ее двустороннем намыве и в наиболее удаленной от выпуска пульпы части плотины при одностороннем намыве.

6.3.4 При проектировании неоднородных плотин зерновой состав грунта в отдельных их частях необходимо устанавливать с учетом фракционирования при намыве.

Фракционирование грунта при намыве определяют по аналогам или расчетом.

Осредненный зерновой состав грунта определяется отдельно для ядра и боковых зон плотины, а также для промежуточных зон. Разбивка профиля плотины на части принимается в соответствии с имеющимися аналогами.

Для плотин I и II классов фракционирование грунта уточняют при проведении опытного намыва, соблюдая условия технологии возведения данной плотины.

6.3.5 Ширину ядра неоднородной плотины предварительно назначают в зависимости от состава карьерного грунта в пределах 10-20% ширины плотины на данной высоте, а центральной зоны из мелкопесчаного грунта - в пределах 20-35% указанной ширины. Эти размеры надлежит корректировать в соответствии с требованиями раздела 7 или по результатам начального этапа намыва.

6.4 Очертание и крепление откосов плотины

6.4.1 Крутизну откосов намывных плотин и вид их крепления назначают в соответствии с пп. 5.3.1 - 5.4.23; при этом крутизну откосов устанавливают не только с учетом конструкции и высоты плотины, характеристик грунтов ее тела и основания, но и с учетом неблагоприятного для устойчивости откосов фильтрационного режима, возникающего в процессе намыва плотины, а также отсутствия в период строительства постоянных дренажных устройств.

Предварительно средние значения крутизны откосов намывных плотин можно назначать по аналогии с построенными сооружениями в соответствии с данными Таблицы 5.

Таблица 5 - Средние значения крутизны откосов намывных плотин

Вид плотины	Грунты основания	Крутизна откоса
Однородная песчаная	Песчаные, супесчаные	1:3,5 - 1:5
	Старичные отложения, торф, ил	1:5 - 1:8
Неоднородная гравийно-песчаная с ядром	Скальные, плотные глины	1:3 - 1:4

6.4.2 Если в результате расчета устойчивости откосов плотины в стадии ее намыва с учетом технологии производства работ получаются более пологие откосы, чем по расчетам откосов в период эксплуатации плотины, крутизна принимается по расчетам для строительного периода.

При необходимости выполнения более крутых откосов изменяют технологию или применяют конструктивные мероприятия, например, строительный дренаж.

6.4.3 Откосы намывных плотин распластанного профиля, формирующиеся при свободном растекании пульпы, допускается проектировать без крепления или с облегченным гравийным, галечниковым или биологическим креплением при обеспечении его сохранности в условиях волнового и ветрового воздействий.

На откосах таких плотин при необходимости предусматривают поперечные буны для предотвращения перемещения грунта течениями вдоль плотины.

6.4.5 Ширина гребня намывных плотин устанавливается в соответствии с 5.3.4.

Минимальную ширину гребня намывной части профиля плотины строительного периода назначают с учетом возможности работы гидротранспортной установки и используемых при укладке грунта средств механизации: для неоднородных плотин с центральной зоной - не менее 50 м, с ядром - не менее 70 м, для однородных плотин - не менее 20 м.

При необходимости возведения плотины с меньшей шириной по гребню верхнюю ее часть выполняют отсыпкой грунта насухо или отсыпкой в воду (прудки).

6.4.6 При проектировании дренажных устройств в теле намывной плотины учитывают пп. 5.6.1 - 5.7.6, отдавая предпочтение конструкциям дренажа, представленным на Рисунке 2, б, д, е. Дренажные устройства, галереи, вертикальные дрены и другие возводятся до намыва и надежно защищаются слоем грунта тела плотины. Если дренажные устройства

возводятся после намыва, то выполняют их при отсутствии напора на сооружение или под защитой водопонижения.

6.4.7 Средние значения уклонов откосов при свободном намыве песчаных и гравийных грунтов (при торцевом и эстакадном способе намыва с 10%-ной концентрацией пульпы) можно ориентировочно назначать по Таблице 6 с последующей корректировкой по данным начального этапа намыва.

При консистенции пульпы, отличающейся от 10%-ной, уклон откоса i рассчитывают по формуле:

$$i = i_{10} \cdot \sqrt[3]{\frac{C}{10}}, \quad (4)$$

где C - консистенция пульпы, % по массе;

i_{10} - уклон откоса при $C = 10\%$.

Таблица 6

Грунт	Уклон откоса при расходе пульпы, м ³ /ч		
	до 2000	2000-4000	св. 4000
Песок:			
мелкий	1/40	1/60	1/100
средний	1/33	1/40	1/65
крупный	1/25	1/33	1/40
гравелистый	1/20	1/25	1/30
Гравий	1/15	1/20	1/25

6.4.8 Уклон откоса при намыве ниже уровня воды определяют по расчету в зависимости от зернового состава грунта. Предварительно уклон откоса может быть принят от 1/10 до 1/4, причем меньшие значения уклона соответствуют мелким пескам при наличии течения воды в водоеме. С увеличением крупности грунта и снижением скорости течения уклон откоса увеличивается.

6.5 Требования к реконструкции плотин

6.5.1 При реконструкции земляных намывных плотин повышение гребня однородной плотины может быть обеспечено за счет примыва низовой призмы к существующему откосу плотины. Примыв выполняют из карьерного грунта более крупного состава, чем грунт, из которого намыт основной профиль плотины. Допускается выполнять низовую призму плотины отсыпкой грунта насухо с послойной укаткой.

6.5.2 При повышении гребня намывной плотины с ядром, кроме примыва низовой призмы, предусматривается создание противofильтрационного устройства, выполненного, например, в виде экрана, сопряженного с существующим ядром, или противofильтрационного устройства из негрунтовых материалов («стена в грунте» и др.).

6.5.3 При выполнении работ по реконструкции перед возведением низовой призмы снимается растительный слой на существующем низовом откосе плотины.

До начала промыва низовой призмы плотины реконструируются все действующие дренажные устройства.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____