



ПК «Институт Казгипроводхоз»

Алибаев К.У. Горбачев В.М.

**ТАСОТКЕЛЬСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА**
Инженерный справочник. Часть-1. Безопасность плотины.



Алматы -2020 г.

Настоящая брошюра подготовлена ПК «Институт Казгипроводхоз» в целях изучения вопросов безопасной эксплуатации водохранилища, а также мероприятий по повышению сейсмостойчивости плотины Тасоткельского водохранилища в Жамбылской области.

В первой части представлен краткий обзор литературных источников по вопросам грунтовых плотин, в которых также представлены отдельные сведения по Ортокойской плотине и ее особенностях.

Во второй части брошюры более детально будут обсуждены вопросы обеспечения безопасности плотины с учетом строительства малых ГЭС.

ПК «Институт Казгипроводхоз» , г.Алматы, пр.Сейфуллина д.434.

kazgipro@mail.ru.

Алибаев К.У. ГИП

(моб. +7 771 766 33 67 +7-701-229-09-87),

эл.адрес: karimalibaev@mail.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Брошюра подготовлена по материалам Рабочего проекта «Реконструкция 2-й очереди с повышением сейсмоустойчивости плотины Тасоткельского водохранилища в Шуйском районе Жамбылской области», выполненная ПК «Институт Казгипроводхоз» выполненному в 2018 г.

Целью рабочего проекта является разработка технических мероприятий для повышения сейсмоустойчивости плотины Тасоткельского водохранилища в связи с длительным сроком эксплуатации (44 года), а также необходимостью улучшения эксплуатационных характеристик плотины.

Настоящая брошюра также включает краткий литературный обзор Ортотокойской плотины, на основе ранее выпущенных изданий по вопросам строительства грунтовых плотин.



Рис.1.1. Космоснимок Тасоткельского водохранилища (2018 г.).



Рис.1.2. Снимок плотины Тасоткельского водохранилища (2010 г.).



Рис.1.3. Снимок плотины Тасоткельского водохранилища (2010 г.).



Рис.1.4. Снимок нижнего бьефа плотины Тасоткельского водохранилища (2010 г.).

Тасоткельское водохранилище построено по рабочему проекту разработанный Проектным институтом «Казгипровохоз».

Начало строительство водохранилища 1968 год. Водоохранилище эксплуатируется с 1974г (Акт приемки в эксплуатацию от 24 декабря 1974 г.)

Полная проектная емкость водохранилища полная 620,00 млн.м³, емкость пускового комплекса -350,00 млн. м³.

Площадь орошения ирригационно подготовленных земель - 42,67 тыс.га., в т. ч.:

- за счет естественного стока 85% обеспеченности- 14,0 тыс.га;
- за счет водохранилища – 28,67 тыс.га.

Водоохранилище построено на реке Шу, руслового типа, используется для сезонного регулирования с полезной емкостью 551,00 млн м³

В состав плотинного узла водохранилища входят:

- грунтовая насыпная плотина, протяженностью 5850 м;
- рабочий донный водовыпуск, совмещенный с водосбросом. Водовыпуск-водосброс башенного типа с пятичковой трубой. Четыре очка труб работают на сброс рабочих и паводковых сбросов и одно используется для водовыпуска в Тасоткельский магистральный канал.

Водохозяйственные расчеты выполнены применительно к сезонному регулированию стока. Период сработки и наполнения водохранилища определен соотношением притока к створу водохранилища и водопотребления. Наполнение водохранилища начинается в ноябре и наибольшей величины достигает в апреле месяце, сработка начинается со

второй декады июня и продолжается до конца октября. Сбросы воды из водохранилища определены, избытком стока и потребностью в воде низовьев.

Водоохранилище в ноябре-декабре опораживается и работает на транзите притока без наполнения. Все затворы водосброса полностью открыты до величины транзита притока без трансформации.

2.ОСНОВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ

Плотина - выполнена из местных суглинистых грунтов однородная, на длине 1200м имеет высоту 10-12м. Ширина гребня 7,5м. Гребень плотины – 522,40 м.

Верховой откос - заложение верхового откоса: от гребня плотины до отметки 516,0м – 1:3,0, от 516,0м до 510,10 – 1:3,25; от 510,10м и ниже 1:3,5.

Заложение низового откоса: от гребня плотины до отметки 511,40м - 1:2,5; на отметке 511,40 сооружена берма шириной 3м; ниже бермы до подошвы плотины – 1:3,25.

Верховой откос закреплен железобетонными плитами по сплошной гравийно-песчаной подготовке, толщина плит 20 и 15см.

Парапет - по гребню плотины в высоконапорной части от ПК1+19 до ПК24+50 устроен железобетонный парапет с отметкой гребня 523,30м.

Низовой откос закреплен посевом трав.

Гребень плотины - огражден железобетонными сигнальными столбиками и имеет электроосвещение на всем протяжении.

Дренаж плотины – выполнен перфорированными асбоцементными трубами диаметром 0,25 и 0,4м с обсыпкой трехслойным обратным фильтром, толщина каждого слоя 0,2м и устроен в теле плотины для перехвата и отвода дренажных вод. От дренажа плотины вода отводится тринадцатью отводами из ж.б. труб $D=0,4$ м в дренажные каналы.

Для наиболее полного отвода фильтрационных вод дренаж дополняют вскрывающие каналы (дополнительные открытые дрены). Для осмотра и ремонта дренаж оборудован смотровыми колодцами.

Водовыпуск – водосброс сооружен из монолитного железобетона и представляет собой пятичковую трубу. Входная часть водовыпуска оборудована входным оголовком с пазами для установки ремонтных затворов. Порог входного оголовка расположен на отметке 500,0 м, верх входного оголовка расположен на отметке 507,0м. До башни управления труба длиной 36,0м и сечением очка 3х3м работает в напорном режиме.

Затворы - в нижнем ярусе башни управления установлены подъемные механизмы для двух рядов плоских затворов, размером 2х3м. За башней управления четыре нитки направляются на сброс и одна, отклоняясь вправо, направляется к шлюзу регулятору водовыпуска с расходом при горизонте воды в верхнем бьефе 510,0м – 36м³/с, а при горизонте мертвого объема 506,0м – 14,7 м³/с. Макс. расход М.К. - 50 м³/с.

Быстроток - От линии затворов сбросные трубы расширяются до размеров 3х4м и рассчитаны на безнапорный режим работы, по выходе из тела плотины трубы сбросного тракта переходят в лоток, который, разворачиваясь влево, переходит в плавно расширяющийся лоток- быстроток с 13,8м до 21,0м. Лоток быстротока имеет искусственную шероховатость типа «Зигзаг», длиной 59,0м и уклоном I=0,14. Быстроток в центре имеет разделительную стенку. За быстротоком построен водобой, рисберма и отводящий канал в русло р.Шу.

Расчетная пропускная способность четырех ниток водосброса:

При НПУ 519,0м - 321 м³/с

При МПУ 520,0м - 331 м³/с.

Тасоткельское водохранилище расположено в зоне вторичного формирования стока, который складывается из зарегулированных водных ресурсов вышерасположенных плотин и водохранилищ на р. Шу и ее притоках, стока притоков, доносящих свои воды до р. Шу, поверхностных и подземных возвратных вод с орошаемых площадей и естественных русловых выклиниваний.

Таблица 2.1.

Основные параметры Тасоткельского водохранилища

№ п/п	Наименование показателя	Количество
1.	Год ввода в эксплуатацию	1974 г.
2.	Регулирование стока водохранилищем	сезонное
3.	Полный объем водохранилища –	620млн м ³
4.	Полезный объем -	551млн.м ³
5.	Площадь зеркала (при НПУ 519,0 м)	77,6км ²
6.	Длина водохранилища	18 км
7.	Максимальная ширина	8,5км
8.	Средняя ширина	4,3км
9.	Протяженность береговой линии-	93,5км
10.	Максимальный подпертый горизонт воды МПУ-	520,0м
11.	Отметка гребня плотины	522,40 м
12.	Отметка парапета плотины	523,30м
13.	Водосброс. Количество ниток водосброса – 4 шт. Общий расход.	

	При НПГ - 519,0 м БС	321,0 м ³ /с
	При МПГ – 520 м БС	331,0 м ³ /с
14.	Магистральный канал	50,0 м ³ /с
15.	Срок заиления мертвого объема по проекту	58 лет

3. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И РЕЛЬЕФ

Тасоткельское водохранилище расположено в средней части Шуйской долины, расширяющейся в западном направлении ниже устья р. Шонкемин. Равнинная поверхность Шуйской впадины постепенно понижается от 1300 м на востоке, до 120 м на западе.

Переход от Киргизского хребта к равнинному рельефу Шуйской впадины выражен в рельефе рядом предгорных и низкогорных возвышенностей с выступами скальных пород и внутригорных впадин широтного простирания, заполненных грубообломочными наносами.

На северо-западе Шуйская впадина переходит в равнинные пространства пустыни Муюнкум и плато Бетпақдала.

Долина р. Шу в районе Тасоткельского водохранилища с правой стороны ограничена пологими юго-западными склонами Шу-Илийских гор (Улантумсук). Левый борт сложен лессовым массивом степной равнины Шуйской впадины.

В поперечном направлении долина р. Шу представляет собой пойменную террасу шириной 50-60 м, проходящую вдоль реки, сложенную галечниками с прослойками разнозернистого песка.

Русло реки в Шуйской долине хорошо выражено, одорукавное с глубиной вреза до 10 м и шириной 30-50 м. Высота берегов составляет 1,-3,0 м, реке более 5 м. Река изобилует поймами и островами.

Орошаемые массивы ниже Тасоткельского водохранилища расположены в пределах Шуского, Мойынкумского и Сарысуского районов Жамбылской области. Площади регулярного орошения расположены в основном в Шуском и Мойынкумском районах.

Климатические условия бассейна испытывают сильное влияние с одной стороны пустыни Бет-Пак – Дала и Мойын-Кумы, с другой – горное обрамление Чу-Илийских гор. В целом, климат бассейна характеризуется высокой теплообеспеченностью.

Однако, недостаток естественной влагообеспеченности и засушливости района не позволяют выращивать большинство сельхозкультур без орошения. Основным источником для орошения является р. Шу.

Река Шу имеет межреспубликанское значение, её сток делится между Кыргызской и Казахской Республиками (52% - 48% соответственно).

Чаша водохранилища расположена в естественной котловине в подготовленном ложе (проведен: вынос строений, вырубка кустарника, перенос захоронений, необходимая санитарная подготовка и др.)

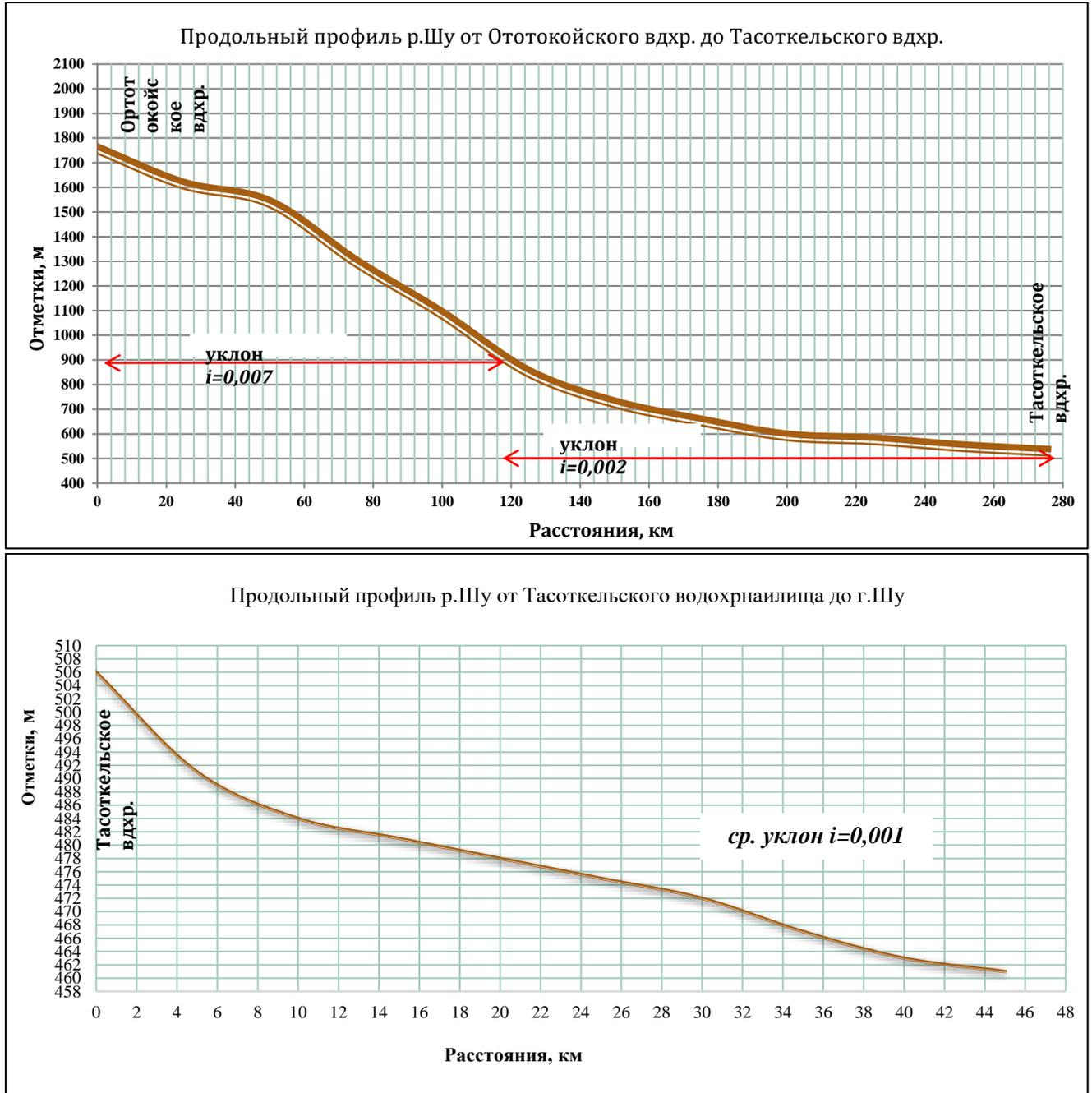


Рис.2.1. Продольные профили по руслу реки Шу, от Оротокойского водохранилища до г.Шу.

4. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Краткая характеристика климата района Тасоткельского водохранилища составлена по многолетним данным наблюдений метеорологических станций Новотроицкое и Шу.

Климат района резко континентальный, сухой, что вызвано большим удалением его территории от крупных водных объектов. Для зимы характерна сухая морозная погода, обусловленная влиянием отрога Сибирского антициклона, частыми северными и северо-западными вторжениями холодного воздуха и резким потеплением при прорыве южных циклонов.

Весна неустойчивая и затяжная, с частыми возвратами холодов. Летом развивается термическая депрессия, вызванная интенсивным прогревом подстилающей поверхности, с преобладанием жаркой и малооблачной погоды.

Осень затяжная с холодными вторжениями. Переход к зиме происходит в короткое время. Средняя годовая температура воздуха равна 8,7-9,3°C.

Наиболее жаркий месяц – июль. Среднемесячная температура которого – 25,2-25,9°C, а абсолютный максимум поднимается до 44°C.

Начиная с августа, температура воздуха постепенно понижается. В сентябре и октябре она еще достаточно высокая (9,0-17,2°). В ноябре начинается переход температуры воздуха к отрицательным значениям. Январь – самый холодный месяц года, средняя месячная температура которого - 8,8°C, - 10°C.

Абсолютный минимум температуры воздуха понижается до минус 45°C. Переход температуры воздуха через 0°C в сторону положительных температур в среднем происходит 10 марта, осенью – в сторону отрицательных значений – 14 ноября.

Видимое испарение (испарение минус осадки) за теплый сезон (IV-X) составляет 850-900мм.

Основным источником увлажнения исследуемого района являются западные и северо-западные вторжения влажных атлантических воздушных масс.

Среднегодовое количество осадков изменяется в пределах 285-336 мм. Максимум осадков наблюдается весной, за которым следует спад до минимума в августе-сентябре; затем второй менее высокий максимум осенью (октябрь-ноябрь). Устойчивый снежный покров формируется в начале декабря. Наибольшая его высота колеблется от 12 до 50 см. Сходит снег в

конце февраля – начале марта. В среднем снежный покров держится 85-100 дней.

Ветровой режим формируется под влиянием циркуляции свободной атмосферы, главным образом, западных переносов и рельефа местности. В холодный период года под влиянием сибирского антициклона дуют восточные и северо-восточные ветры. В теплый период года (IV-X) преобладают ветры южного и юго-восточного направлений. Максимальная скорость ветра достигала 40 м/с в сентябре при северо-западном вторжении. В мае-июне максимальные скорости ветра достигали 28-35 м/с при западных и юго-восточных вторжениях. Расчетная скорость ветра при разгонах менее 100 км определена по данным наблюдений над максимальными ежегодными значениями скоростей ветра в свободный ото льда период на водохранилище без учета их продолжительности: юго-восточные $W_{2\%}=20$ м/с, юго-западные $W_{2\%}=24$ м/с.

5. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ

5.1. Годовой сток и его внутригодовое распределение

Тасоткельское водохранилище расположено в зоне вторичного формирования стока, который складывается из зарегулированных водных ресурсов вышерасположенных плотин и водохранилищ на р. Шу и ее притоках, стока притоков, доносящих свои воды до р. Шу, поверхностных и подземных возвратных вод с орошаемых площадей и естественных русловых выклиниваний.

Приток в Тасоткельское водохранилище определяется попусками в нижний бьеф Шумышской плотины, стоком левобережных притоков (рр. Аламедин, Алаарча, Аксу), правобережных (рр. Калгута, Кокпатас) и возвратными водами.

Основной объем воды, поступающий в водохранилище, измеряется с 1974 года в створе гидропоста с. Благовещенка. В пределах участка с. Благовещенка – Тасоткельское водохранилище, длиной 26 км, впадает левобережный приток р. Аксу, сток которого определяется службой эксплуатации гидроузла.

Среднемесячный и годовой многолетний бытовой сток в створе Тасоткельской плотины приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	год
Q, м ³ /с	88,4	93,7	109,6	57,8	61,9	36,7	26,9	26,1	44,5	84,1	99,8	95,9	23,7	71,3
%	10,3	11,0	12,8	10,3	7,2	4,3	3,1	3,1	5,2	9,8	11,7	11,2	33,2	100

5.2. Максимальный сток р.Шу

Максимальные расходы воды проходят в период половодья. Они формируются за счет таяния снегов и ледников в горах, таяния снегов на равнине, от дождей и от совместного действия таяния снега, льда и дождей. Максимальные расходы воды, поступающие к створу Тасоткельской плотины, чаще всего бывают смешанного происхождения – снего-дождевые. Катастрофические расходы воды проходят при выпадении ливней в период таяния снега (март 1969 г., апрель 2002 г.).

В годы, когда процесс снеготаяния сопровождается возвратами холодов, или выпадением обильных ливневых осадков, половодье растягивается во времени и гидрограф приобретает многомодальную форму.

Параметры максимальных расходов воды весенних паводков р. Шу – Тасоткельское водохранилище приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Параметры максимальных расходов воды весенних паводков

Годы	Q _{max} , м ³ /с	Максимальные расходы различной обеспеченности, м ³ /с				
		0,01%	0,10%	1%	5%	10%
1936- -2015	142	520	440	340	270	240

В 1969 году гидрограф паводка имел 2 резко выраженных пика наибольших расходов: первый – на 15 сутки, а второй – на 22 сутки от начала паводка. Второй пик паводка по величине расхода выше первого.

С учетом трансформирующего влияния водохранилища по модели 1969 года сбросной расход составляет 376,6 м³/с при максимальной отметке водохранилища 519,43 м; по модели 2002 – соответственно 375,2 м³/с и 519,27

м. В обоих случаях максимальные отметки в водохранилище ниже ФПУ 520, а объемы – меньше 694,5 млн.м³.

Для проверки устойчивости плотины дополнительно выполнены расчеты трансформации водохранилищам паводка 0,01% обеспеченности, максимальный расход которого с гарантийной поправкой – $Q_{0,01\%} = 590 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальные сбросные расходы воды, при этом, составят: по модели 1969 г. 382,7 м³/с, максимальная отметка 520,11 м; по модели 2002 года – соответственно – 378,9 м³/с и 519,69 м.

Трансформация большого паводка в Тасоткельском водохранилище рассчитана также для двух вариантов: без дополнительного сброса и с дополнительном сбросом.

Выбран вариант при котором общий расход через сооружения плотины (с дополнительным сбросом) 632 м³/с, из них 270 м³/с через водосброс, 362 м³/с – дополнительный сброс, при отметке водохранилища 521,33 м.

6. ОРОШАЕМЫЕ ЗЕМЛИ

Орошаемое земледелие на рассматриваемом участке бассейна достаточно развито, но дальнейшее её развитие полностью зависит от работы Тасоткельского водохранилища.

Основным видом мелиорации в бассейне является регулярное орошение, которое занимает 95% всех орошаемых площадей. Остальную площадь занимают лиманы. Лиманное орошение, несмотря на острую потребность этого животноводческого района в кормах, развито весьма слабо.

В бассейне р. Шу в Шуском, Мойынкумском и Сарыусском районах числится - 44,64 тыс.га орошаемых земель, в том числе – 42,67 тыс.га регулярного орошения.

Все лиманы в бассейне базируются исключительно на стоке р. Шу и сосредоточены в низовье реки.

Под Тасоткельским водохранилищем в хозяйствах имеется 42,67 тыс.га орошаемых сельхозугодий, при следующем их использовании:

- Пашня - 40,16 тыс.га
- Многолетние насаждения - 0,66 тыс.га
- Пастбища - 1,25 тыс.га
- Прочие - 0,6 тыс.га

Самой крупной оросительной системой на участке является Тасоткельский массив площадью – 33140га, который состоит в основном, из

3-х магистральных каналов: Тасоткельский М.К., Правобережный и Левобережный.

Тасоткельский М.К. подает воду на 18310 га земель с учетом староорошаемых и рассчитан на пропуск $45,0 \text{ м}^3/\text{сек}$. Общая длина построенной части Тасоткельского канала составляет 39 км. Канал выполнен в сборно-монолитной облицовке с применением противофильтрационной пленки. По длине канала построены 12 водовыпусков.

Правобережный и Левобережный М.К. имеют общий водозабор на р. Шу в 30 км ниже водохранилища. Каналы в земляном русле. Левобережный М.К. протяженностью 60 км и рассчитан в голове на пропуск $13,8 \text{ м}^3/\text{сек}$. Канал проходит в земляном русле. Правобережный М.К. протяженностью 46,9 км имеет пропускную способность в голове $13,9 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Ниже Тасоткельского массива до Фурмановского гидроузла расположены 4 системы из р. Шу общей площадью 9533 га. Две из которых являются продолжением Тасоткельского массива в Мойынкумском районе. Все системы старые. Каналы проходят в земляном русле и имеют низкий КПД (0,42).

Ниже Фурмановского гидроузла имеется всего 2 системы регулярного орошения общей площадью 3300 га. Каналы систем проходят в земляных руслах.

7.ОСОБЕННОСТИ ПЛОТИНЫ

Тасоткельская плотина на р.Шу полностью возведена из связных суглинистых грунтов. Основанием плотины служат аллювиальные грунты долины р.Шу, представленные в основном песками различной зернистости, перекрытыми с поверхности толщей связных суглинисто-супесчаных грунтов различной мощности от 1-2 до 5-8 м. Мощность толщи аллювиальных песчано-гравелистых грунтов превышает 40 м.

Тело плотины на высоконапорном участке сложено в основном супесчаными грунтами с числом пластичности от 4 до 5,5. Суглинистые грунты преобладают лишь на участке размещения поперечника на ПК12, а также встречаются в виде прослоев на других поперечниках главным образом в нижней части плотины.

Основание плотины в верхней части сложено также преимущественно супесчаными грунтами, вниз по разрезу переходящими в рыхлообломочные образования, представленные песками различной зернистости от пылеватых до гравелистых, также гравийными грунтами. Все разновидности

рыхлообломочных образований содержат включения мелкой гальки от 5 до 15%. В разрезе рыхлообломочных грунтов преобладают гравийные грунты.

В песчано-гравийной толще вскрытой части разреза местами встречаются линзы и прослои связных грунтов мощностью от 10-15 см до 1м. Связные грунты как тела плотины, так и основания находятся в основном в сильноуплотненном состоянии с объемного веса скелета более $1,66\text{г/см}^3$.

Среднеуплотненные грунты отмечены лишь в верхней части гребня плотины на глубине до 5м от поверхности, а также в отдельных прослоях в самом теле плотины. Мощность таких прослоев колеблется от 0,5 до 4,0м, причем прослойки носят линзообразный характер и не выдержаны ни по мощности, ни по простираанию.

Прочностные и деформационные показатели связных грунтов в основном достаточно высоки: угол внутреннего трения, как правило, превышает 23° ($24\div 35^\circ$), резко уменьшаясь до 20° (пять случаев) или до 12° (десять случаев). Величина удельного сцепления превышает $0,4\text{кГс/см}^2$, редко уменьшаясь до $0,150\text{кГс/см}$.

В основной своей массе грунты тела плотины находятся в твердом состоянии, однако встречаются локализованные участки, где супесчаные грунты находятся в пластичном ПК9 и ПК9+50 и даже в текучепластичном состоянии ПК5 и ПК12, где угол внутреннего трения составляет $18\div 12^\circ$ и удельное сцепление $0,09\div 0,05\text{ кг/см}^2$. Но такие участки разобщены между собой и не выдержаны ни по мощности ни по простираанию, наибольшее простираание в 25 м определено в пределах ПК 5+00 (по данным 1972года).

Депрессионная кривая инфильтрационных вод из водохранилища отражает характер работы водохранилища в период его опорожнения при горизонте воды 516,13м, при максимальном наполнении на начало 1993г – 517,97м. Отмечено низкое положение кривой депрессии и её пологий характер от оси плотины до низового откоса, что говорит о хорошей дренирующей способности грунтов основания и при ежегодном опорожении водохранилища к исходу лета, до отметок близких к горизонту мертвого объема.

Также отмечено наличие сильно влажных участков грунта с пластичной консистенцией значительно выше зафиксированной депрессионной кривой, что говорит о том, что при стабильном положении максимального уровня воды в водохранилище депрессионная кривая инфильтрационных вод значительно выполаживается.

Прочностные характеристики рыхлообломочных грунтов основания плотины, полученные по результатам динамического зондирования характеризуются углами внутреннего трения порядка $31 \div 36^\circ$ при величине удельного сцепления $0,01 \text{ кГс/см}^2$, что несколько ниже аналогичных показателей, полученных по тем же грунтам на стадии рабочих чертежей в лабораторных условиях.

Все рыхлообломочные грунты находятся ниже уровня грунтовых вод, поэтому природная влажность их превышает 20%. Коэффициент фильтрации рыхлообломочных грунтов основания плотины равен 35 м/сут .

Основная сейсмичность района расположения плотины 7 баллов (СНиП РК 2.03.04-2001). Категория грунтов основания плотины – III.

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТАСОТКЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.

Начало работы Тасоткельского водохранилища относится к 1966 году. С этого времени водовыпуск–водосброс находится в постоянной эксплуатации.

Режим работы водохранилища осуществляется в соответствии с Правилами эксплуатации водохранилища (2001г.).

1988 год - В 1988 году, спустя 12 лет с начала эксплуатации, создалась аварийная ситуация в зоне лотка, быстротока и водобоя. Были обнаружены пустоты под днищем быстротока, с угрозой разрушения. Пустоты под днищем наблюдались до 2,5 м в районе 125 м от оси плотины, имели место и застенные пустоты (провалы).

Основной причиной образования пустот явилось отсутствие предусмотренного проектом застенного дренажа вдоль всей лотковой части быстротока. Застенный дренаж призван был снизить гидростатический напор до величины менее 1,0 м и представлял собой каменную наброску и гравийно-песчаную насыпь (фильтрующую отсыпку). Однако застенное пространство было заполнено суглинистым грунтом с низкой фильтрационной способностью, что мешало разгрузке фильтрационного потока от водохранилища. По этой причине фактическое гидростатическое давление на сооружение (особенно в случае быстрого полного закрытия затворов) оказалось значительно выше установленного проектом, на что была рассчитана толщина днища величиной 0.7 м. Днище избыточным давлением подняло и в результате нарушилась герметизация швов. В свою очередь разгерметизация швов привела к местному выносу песчаных и суглинистых грунтов основания.

Отдельные ремонтно-восстановительные работы выполнены в 1988 году

в условиях большой обводненности. Качественной работе мешали напорные грунтовые воды от водохранилища и поверхностные воды от неплотно закрытых затворов. В этот период было выполнено частичное заполнение пустот гравием, частичное усиление днища.

Однако выполнение работ по застенному дренажу и герметизации швов, были отнесены на дальнейшее более благоприятное время, через три – четыре года. Однако в последующие годы, в силу ухудшения экономической обстановки, эти работы не были выполнены.

2003 год - В процессе проведения исследовательских работ по телу плотины, а также в системе дренажа обнаружен ряд нижеследующих дефектов:

На низовом откосе выявлена сеть промоин и провалов, развивающихся в результате воздействия дождевой и талых потоков, устремляющихся сюда с близлежащих сопков по поверхности бермы. Образовавшиеся воронки диаметром 1-1,5 м протягиваются в глубь тела плотины на 1,5-2 м, приводя к образованию провалов и проседания поверхности откоса.

Промоины протяжённостью от 10 до 30 метров имеют место фактически на всём протяжении откоса от ПК 0 до ПК 16, достигая в ширину 1,5 м, в глубину порядка 0,3-1,2 м.

В районе ПК 5 вблизи подошвы откоса образовался ряд провалов поверхности. Данное нарушение является следствием неработающего дренажа, заиливанием сливных труб в колодцах, расположенных на ПК 4+50 и ПК 5, в которых на момент проведения работ наблюдалось скопление воды глубиной до 1,5 м.

На выходе сливной трубы, соединяющей западную оконечность вскрывающей канавы на ПК19+50 с каналом, вследствие воздействия водного потока из трубы на откос канала произошло сползание плит.

В процессе непрерывной эксплуатации водовыпуска-водосброса его конструкция претерпела ряд нарушений, выраженных в проседании отдельных блоков, нарушении герметичности швов, возникновении выбоин в вертикальных стенках плит с обнажением арматуры.

На участке с ПК 15 по ПК 16 произошло проседание гребня плотины, глубина провала варьируется в пределах 10-40 см.

Пропускная способность дренажной системы нарушена и нуждалось в реконструкции.

Для ликвидации различных дефектов на плотине был разработан рабочий проект «Реконструкция гидроузла Тасоткельского водохранилища в Жамбылской области» 1-я очередь.

В проекте был проведен анализ гидрологических параметров р. Шу с учетом ряда наблюдений за период 1969-2003гг. Проведено уточнение расчетных максимальных расходов в створе гидроузла и проверка пропускной и аккумулирующей способности водохранилища в том числе и с учетом работы выше расположенного Ортокойского водохранилища. Анализ показал достаточность пропускной способности существующего водосброса даже в «особый период».

Проектом установлено, что для гарантированного водообеспечения существующих площадей орошения на ближайшую перспективу, необходим объем водохранилища в 350 млн.м³, что соответствует уровню воды –515,0 м. При сейсмическом воздействии в 8 баллов до уровня воды в водохранилище не выше отметки 515,5 м – плотина устойчива, поэтому работы по усилению плотины отнесены на более позднее время.

Основные дефекты гидроузла по состоянию на 2003 год:

- Нижний бьеф водосброса потерял герметичность температурно-осадочных швов, происходит вынос мелкозернистых грунтов основания с образованием пустот под днищем. Произошла деформация лотка, быстротока, водобоя, рисбермы, отводящего канала. Затворное и электрооборудование требуют обновления.
- Земляная плотина, со временем, дала осадку на всем протяжении в среднем на величину 0,45м.
- Согласно СНиП Р.К. 2.03.04.2001г. изменились сейсмические условия водохранилища, с 6 до 8 баллов. Плотина требует усиления и ремонта.
- Сооружения гидроузла находятся в аварийном состоянии и не обеспечивают расчетных параметров водохранилища.
- Трубчатый дренаж плотины заилен и требуется ремонт.
- Водосбросные и вскрышные канавы заилены; требуют очистки и ремонта.
- Крепление верхового откоса плотины требует ремонтно-восстановительных работ.
- Низовой откос плотины имеет трещины и промоины, требует их расчистки и заделки.
- Освещение плотины устарело и требует ремонтно-восстановительных работ.

- Подъездная эксплуатационная дорога разбита и требует ремонтно-восстановительных работ.
- Надбашенное строение водосброса требует капитального ремонта.
- Жилой дом и складские помещения службы эксплуатации требуют капитального ремонта.

Натурные обследования сооружений показали, что путем бурения днища водосброса требуется ликвидации пустот, без ликвидации которых невозможна безаварийная работа водохранилища. В частности:

- Требуется локальное лечение бетонной поверхности труб и локально ослабленного бетона в районе строительных и температурно-осадочных швов.
- Обнаружено смещение смежных секций труб относительно друг друга в районе температурно-осадочных швов до 1 см по вертикали.
- Обнаружены пустоты в основании трубы величиной от 1 до 8 см, дальнейшее их распространение бурением не отмечено.
- Поверхность лотка водосброса требует восстановление бетона на величину защитного слоя арматуры 5 см.
- Смещение смежных секций лотка составляет от 1 до 6 см по вертикали.
- Пустоты под днищем лотка.
- Требуется работы по восстановлению герметичности температурно-осадочных швов.
- Поверхность лотка (стены, днище, искусственная шероховатость) требует восстановления бетона величиной до 10 см (локально оголена арматура), требуют лечения строительные швы.
- Температурно-осадочные швы потеряли герметичность и являются местом суффозионного выноса грунтов основания. Швы требуют полной реабилитации.
- Смещение смежных секций днища и стен доходит до 25 см по вертикали. Общая осадка лотка на стыке секций № 2 и 3 составляет 60 см от проектной отметки, а выпор на стыке секций № 4 и 5 составляет 40 см.
- Застенный дренаж отсутствует. Требуется восстановление застенного дренажа.
- Проектная геометрия лотка быстротока нарушена. Требуется усиление днища и стенок лотка путем наращивания их толщины для восстановления проектного уклона.

- Требуется реабилитация стенок, днища, температурно-осадочных швов и полная ликвидация пустот под днищем.
- Водобой и рисберма - Здесь также потребуется восстановление бетона, ликвидация пустот под плитами и стенками, восстановление застенного дренажа и температурно-осадочных швов.
- Осадка смежных секций стен левого борта составляет от 1 до 17см; правого борта стен от 0 до 4 см.
- Требуется ликвидация пустот под днищем водосброса, путем нагнетания цементного раствора.
- Ввиду значительного износа, большой коррозии металлоконструкций затворов башни управления требуется замена на новые затворы в количестве 10 штук.
- Здание башни управления с начала строительства (1968) обветшало и требует ремонтно-восстановительных работ.

Учитывая все выявленные проблемы, в 2005-2006 годах в соответствии с Проектом «Реконструкция гидроузла Тасоткельского водохранилища Жамбылской области» была проведена реконструкция водовыпуска гидроузла и плотины согласно I-й очереди.

Проект был разработан ПК «Институт Казгипроводхоз», 2003 г.

9.АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЯ КРИВОЙ ДЕПРЕССИИ.

Анализ кривой депрессии проведен по результатам натуральных инженерно-геологических исследований, проведенные по состоянию на июль месяц 1993г.

Семь поперечников исследованных бурением при горизонте воды в водохранилище на отметке 516,13 (НПГ 519,0м) показали низкое стояние пьезометрического уровня (на 5÷20м ниже проектной величины) и только в районе низового клина плотины фактическое положение кривой депрессии близка к проектной величине.

По избыточной влажности грунтов слагающих тело плотины можно судить о фактическом предельном положении кривой депрессии.

Анализ показывает, что на ПК5+5,5 в пределах бермы отметка пьезометрического уровня не превышала отметки 498,5м при проектной величине 506,0м; на ПК6 в пределах бермы отметка пьезометрического уровня не превышала отметки 498,6м (506,0м); на ПК7 эта отметка была не выше 498,8м; на ПК8 эта отметка была не выше 502,9м; на ПК9 эта отметка была не

выше 501,5м; на ПК9+50 эта отметка была не выше 502,9, что говорит о фактически более высокой+ дренирующей способности грунтов основания по отношению к проектным величинам, а сама кривая депрессии на этих участках не доходила до проектной на 3,1÷7,2м.

Наиболее высокое положение кривой депрессии зафиксировано на ПК12+00, здесь фактический уровень на период наблюдений в районе бермы находился на отметке 500,61м (при проектной величине 506,0м), а по повышенной влажности грунтов тела плотины можно сделать вывод, что кривая депрессии приближалась к проектной величине.

По сравнению с другими поперечник на ПК12+00 выглядит аномальным, что можно объяснить влиянием подпора со стороны грунтового потока правого берега.

Поскольку поперечник на ПК12+00 имеет наибольшее фактическое положение кривой депрессии, это её положение и принято для расчетов по устойчивости низового откоса плотины.

На стр. приведены: фактическое положение кривой депрессии при горизонте воды в водохранилище 516,13м на ПК12+00; ожидаемая по натурным наблюдениям для горизонта воды в водохранилище при отметке НПГ 519,0м, и предельное положение кривой депрессии согласно проекта.

В дальнейшем при эксплуатации водохранилища службе эксплуатации необходимо постоянно следить за положением кривой депрессии не допуская её повышения выше проектной величины – уровень кривой депрессии не должен превышать по оси плотины отметки 514,0м, а по берме отметки 506,0м. Достижение этих уровней служит сигналом прекращения наполнения водохранилища.

10.ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОТИНЫ И СОПУТСТВУЮЩИЕ РАБОТЫ.

Для оценки устойчивости плотины на сейсмические воздействия были выполнены инженерно-геологические исследования по изучению прочностных и деформационных свойств грунтов тела плотины и основания в их существующем состоянии. Исследованиями охвачены левобережное примыкание, староречье р.Шу, место прокола, примыкание к первой правобережной надпойменной террасе. Для исследования на месте были выбраны 7 шт поперечников наиболее подверженной сейсмическому воздействию высоконапорной части плотины

10.1. Расчет на общую и сейсмическую устойчивость низового откоса плотины по натурным данным.

Расчеты устойчивости откоса на оползание в результате нарушения равновесия внешних и внутренних сил слагаются из собственного веса, гидростатического и гидродинамического давления воды и сейсмических сил.

Расчет устойчивости откосов выполнен методом круглоцилиндрических поверхностей сдвига, удовлетворяющим условиям равновесия призмы обрушения и её элементов применительно к конкретным геологическим условиям и конструкции плотины.

Расчеты проведены с нахождением наиболее опасных призм обрушения, характеризуемой минимальным отношением обобщенных предельных реактивных сил сопротивления к активным сдвигающим силам при установившейся фильтрации в теле плотины для нормального подпорного уровня воды в водохранилище на отметке 519,0м (проектная кривая депрессии).

Нахождение минимального коэффициента запаса производилось путем последовательных попыток, задавшись рядом наиболее правдоподобных кривых обрушения, по методике, изложенной в книге Г.А.Айрапетян «Проектирование каменно набросных и каменно-земляных плотин» - Москва, издательство Энергия 1968г. причем в начале находился минимальный коэффициент запаса призмы обрушения для работы в нормальных условиях, а затем она проверялась с учетом добавления сейсмических сил.

Сейсмические силы принимались в зависимости от расчетной сейсмичности района согласно СНиП Р.К. 2.03.04.-2001 с учетом грунтовых условий основания плотины.

Для гидрогеологических условий площадки размещения плотины Тасоткельского водохранилища категория грунтов по сейсмическим свойствам – III. При фоновой сейсмичности 7 баллов и III категории грунтов основания для расчетов принята сейсмичность в 8 баллов.

Результаты расчетов

Поперечник на ПК	Миним.коэфф-т.общей устойчивости		Миним.коэфф-т.устойчивости с учетом сейсм.8 баллов		Миним. коэфф-т.устойчивости с учетом пригрузки.	
	по расч.	по СНиП	по расч.	по СНиП	общ.устойч.	при 8балл

5+5,5	1,26	1,15	1.0	1.04	1.36	1.06
6+00	1,68	-“-	1.36	-“-	-	-
7+00	1,36	-“-	1.1	-“-	-	-
8+00	1,75	-“-	1.48	-“-	-	-
9+00	1,40	-“-	1.12	-“-	-	-
9+50	1,18	-“-	0.97	-“-	1.33	1.07
12+00	1,16	-“-	0.95	-“-	1.39	1.08

Для поперечников, где коэффициент устойчивости ниже допустимой величины проведен поиск величины необходимого увеличения низового клина за счет присыпки гравийно-песчаным грунтом.

Поиск расчетом осуществляется до тех пор, пока присыпка не стабилизировала откос до величины коэффициента устойчивости требуемого СНиП. В результате установлена необходимая величина присыпки шириной 20м с отметкой верха 505,0м и заложением откоса 1:3,25.

При современном состоянии плотины (до усиления) её устойчивость можно повысить, в том числе и в случае сейсма, за счет снижения наполнения водохранилища. Положение кривой депрессии находится в прямой зависимости от наполнения водохранилища, а чем ниже горизонт воды в теле плотины, тем выше её устойчивость.

Расчет на общую и сейсмическую устойчивость для условий поперечника на ПК12+00 показали.

Горизонт воды в водохранилище м	Минимальный коэффициент общей устойчивости		Минимальный коэфф-т устойчивости с учетом сейсмики	
	по расчету	по СНиП	по расчету	по СНиП
514,0	1,29	1,15	1,21	1,04
515,0	1,26	-“-	1,17	-“-
516,0	1,23	-“-	1,01	-“-

До проведения работ по усилению плотины сейсмоустойчивость её обеспечивается при наполнении водохранилища до горизонта воды не выше отметки 515,0м(при объеме~360 млн.м³).

10.2 Предложения по усилению устойчивости плотины.

Как отмечено основным мероприятием усиления низового откоса плотины для предотвращения сползания в период сейсма является увеличение объема его низового клина. В качестве материала для выполнения этого мероприятия наиболее целесообразно использовать гравийно-песчаные грунты, разведанные на месте карьеров в пойме реки Шу.

Гравийно-песчаный материал рекомендуется еще и потому, что он хорошо останавливает суффозионные процессы в случае образования трещин или аномального повышения кривой депрессии, работая как фильтр: рассеивает случайное повышение напорного градиента; хорошо локализует местный выпор грунта; в нем не устраивают ходов землерои; в силу меньшей величины капиллярного поднятия менее подвержен пучению в холодный период года.

На площадке вновь предлагаемой упорной призмы размещены дренажные устройства – смотровые колодцы, дренажные коллекторы, вскрывающие каналы, поэтому эти элементы подлежат реконструкции при условии сохранения их функций.

Дренажные колодцы поднимаются на отметку намечаемой присыпки 505,0м.

В качестве водосборной дренажной канавы, которая засыпается новой призмой, будут использованы вскрывающие каналы, куда и предстоит транспортировать дренажную воду удлиняемыми коллекторными выводами (трубы асбоцементные $\varnothing=400\text{мм}$).

Кроме работ по усилению низового откоса плотины для улучшения технического состояния водохранилищного гидроузла необходимо дополнительно выполнить следующие работы:

- Ликвидация промоин (оврагов) в левом примыкании плотины со стороны нижнего бьефа (глубина промоин до 3,5м), реконструкция лотка по отводу ливневых вод, Ликвидация промоин провалов(овражков) на низовом откосе, ликвидация трещин.
- Каптаж зон интенсивного выклинивания инфильтрационных вод в районе староречья р. Шу и прокопа (путем присыпки гравийной пригрузки).
- Восстановление проектной отметки гребня плотины и парапета, за счет их наращивания средней величиной 40см.
- Восстановление ограждения плотины.
- Ремонт крепления верхового откоса плотины.

- Реконструкция контрольно-измерительной аппаратуры.
- Реконструкция освещения гребня плотины.
- Ремонт жилого дома службы эксплуатации.

Ремонтно-восстановительные работы крепления верхового откоса.

Натурным обследованием 2003г. установлено наличие растрескавшихся и ослабленных плит крепления, требующих реставрации.

По креплению верхового откоса выявлено наличие пустот под плитами крепления, пустоты расположены отдельными пятнами.

За период эксплуатации уплотнения температурно-осадочных швов, представленные деревянной доской на длине 27800м, утратило свои свойства, особенно в зоне переменного увлажнения. Доски частью сгнили, частью выкрошились и шов стал не герметичным. Намечено восстановить разрушенные бетонные плиты, пустоты заполнить цементно-песчаным раствором, швы уплотнить полимерным герметиком.

Контрольно-измерительная аппаратура - Согласно проекта контрольно-измерительная аппаратура должна быть представлена

- Двадцатью пятью пьезометрами по 8 створам, для измерения положения кривой депрессии в теле плотины и бортах.
- Одиннадцатью створовыми знаками, позволяющими следить за плановым перемещением плотины.
- Девятнадцатью глубинными и поверхностными марками, необходимыми для изучения хода вертикальных деформаций тела плотины, как отдельных слоев по высоте, так и плотины в целом.
- Кроме того, все блоки водовыпуска- водосброса должны быть промаркированы и пронивелированы.

Так например, оцененная осадка гребня плотины и парапета максимальной величиной соответственно 0,75 и 0,57м, как минимум наполовину складывается из недоделок строительства. Осадка тела плотины должна зависеть от её высоты, а фактическая осадка по длине плотины практически одинакова.

Сравнение нивелировок по гребню плотины, выполненных институтом, в 1983 и 2003гг показало большую сходимость величин просадок за этот период и составила в пределах от ПК8 до ПК13 величину - 5 см, что говорит о практической стабилизации просадочных явлений тела плотины и основания.



Рис.10.1. Сбросное сооружение плотины.



Рис.10.2. Плотина Тасоткельского водохранилища

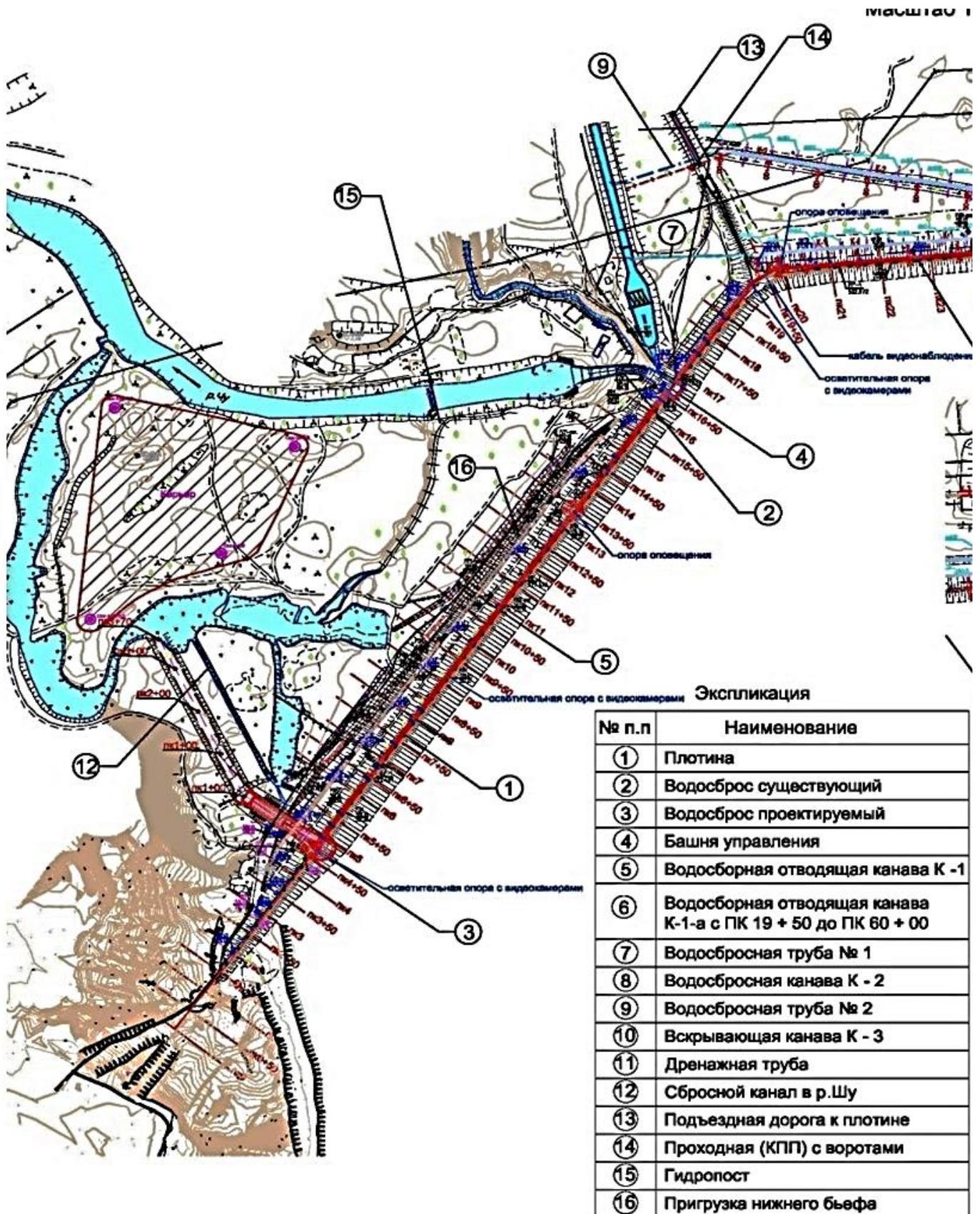


Рис.10.3. План плотины Тасоткельского водохранилища.

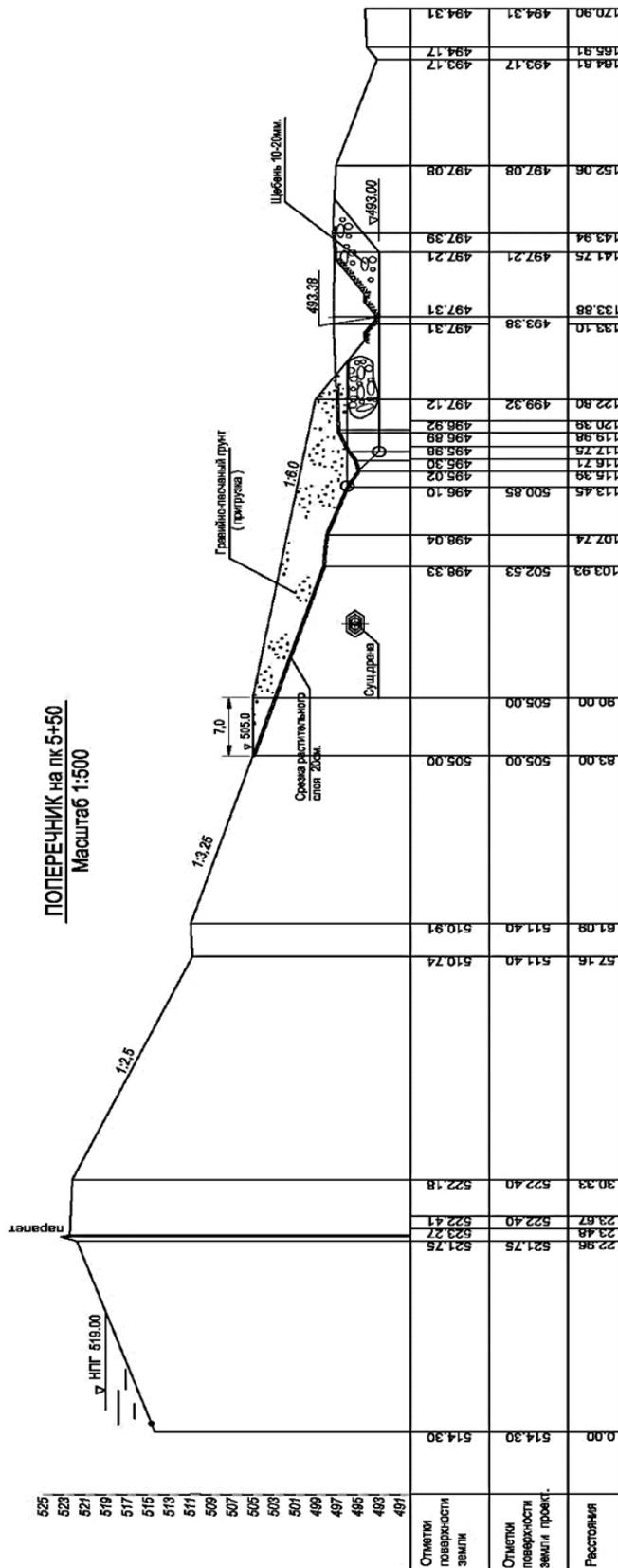


Рис.10.4. Поперечное (проектное)сечение плотины Тасоткельского водохранилища после пригрузки низового откоса.

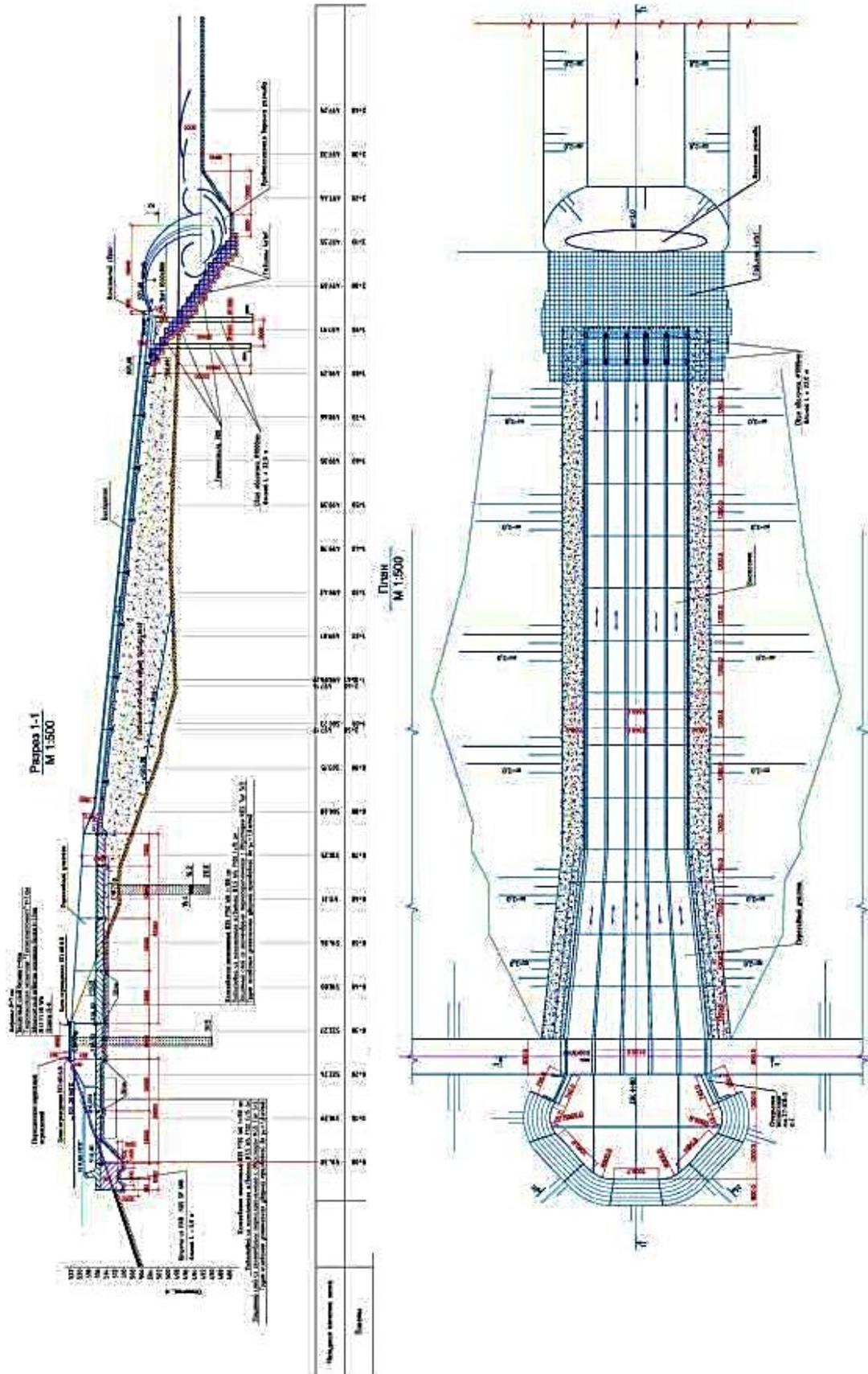


Рис.10.5. План (проектного) катастрофического водосброса

Для получения своевременной информации о чрезвычайных явлениях на гидроузле управлению эксплуатации Тасоткельского гидроузла необходимо наладить надежную связь с управлением Эксплуатации Ортокойского гидроузла.

При получении сигнала о прогнозе катастрофического половодья, ведущий к прорыву Ортокойской плотины определен запас времени, за который есть возможность сработать Тасоткельское водохранилище и тем самым понизить в нем отметки горизонтов воды.

Согласно водобалансных расчётов с учётом вероятной гидродинамической аварии Ортокойской плотины и строительстве новой ГЭС на одной из водосбросных донных труб на Тасоткельской плотине требуется строительство автоматического водосброса с отметки НППГ – 519,0 на расход $Q=362\text{м}^3/\text{сек}$.

Местоположение водосброса выбрано на участке левобережного примыкания плотины, где отметки пойменной террасы выше, чем на правом берегу. Основанием водосбросного тракта служит суглинок плотины уплотнённый ударным способом из гравийно-песчаного грунта, насыпаемый на откос плотины и уплотнённый виброкатками.



Рис.10.7. Космоснимок Малой ГЭС построенная в нижнем бьефе плотины Тасоткельского водохранилища.

11.ОРТОТОКОЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Литературный обзор

11.1. Общие данные

Ортотокойское водохранилище построено в 1956 году, на территории Иссыкульской области Кыргызской Республики.

Ортотокойская котловина образует чашу водохранилища полным объемом 470 млн.м³, из которых 20 млн.м³ составляет мертвый объем.

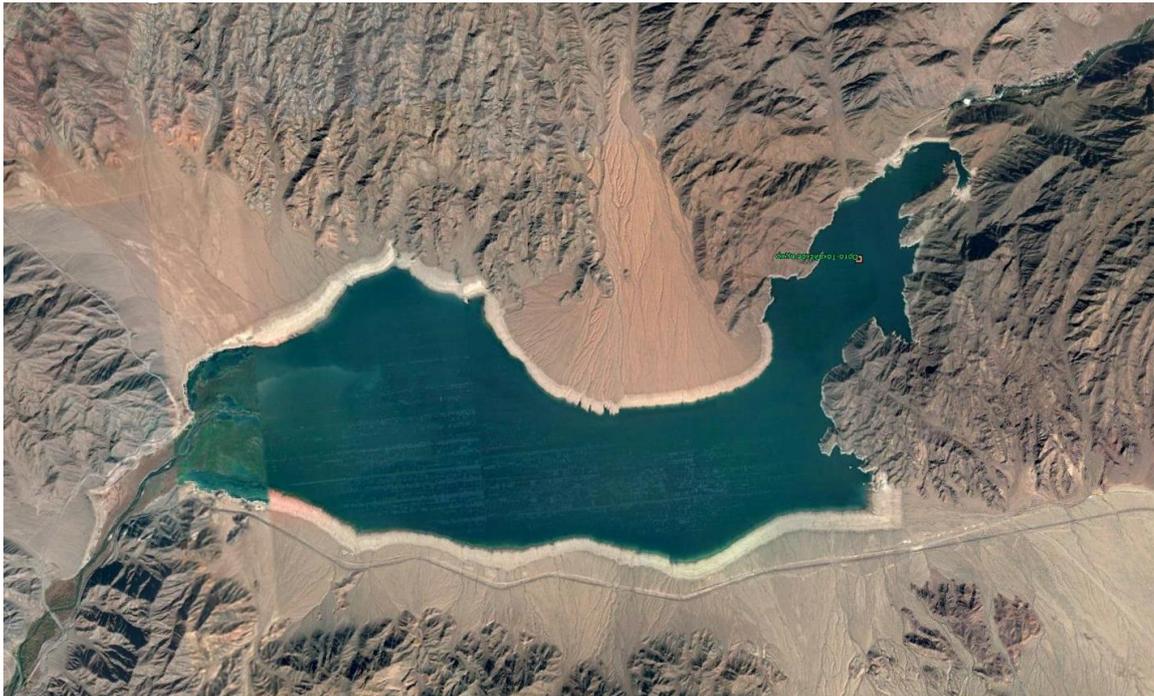


Рис.11.1. Космоснимок Ортотокойского водохранилища.

Створ плотины расположен в начале ущелья с крутыми скальными бортами, местами покрытыми щебенистыми осыпями. В створе плотины ширина ущелья по дну составляет 130-140 м, по гребню плотины – 365 м.

Среднемноголетний расход р. Шу в этом створе составляет 28,8 м³/с, максимальный расход – 0,01 % обеспеченности составляет – 370 м³/с.

Плотинный гидроузел состоит из следующих сооружений:

- А) грунтовая плотина высотой $H=52$ м;
- Б) туннельный водовыпуск с расходом $Q=125$ м³/с;
- В) открытый катастрофический сброс на расход $Q=240$ м³/с.

Правобережным примыканием плотины служит скальный откос, левобережным – скальный останец.

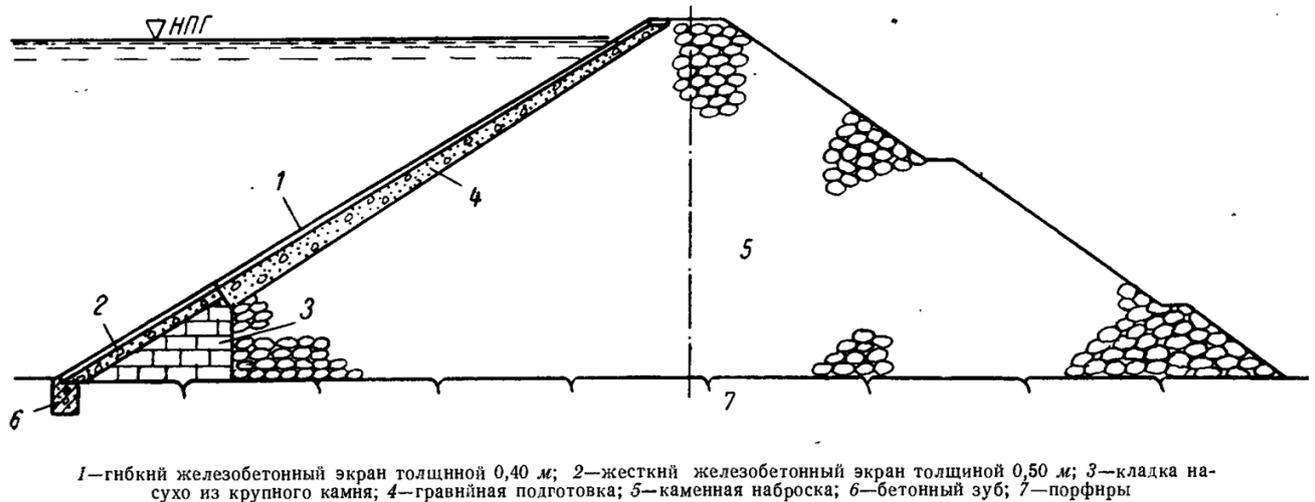


Рис.11.2. Поперечный профиль плотины.

1. гибкий железобетонный экран толщиной 0,40 м; 2- жесткий железобетонный экран толщиной 0,50 м; 3-кладка насухо из крупного камня; 4- гравийная подготовка; 5-каменная наброска; 6- бетонный зум; 7-порфиры.

11.2. Геологическое условия

Ущелье сложено магматическими горными породами: сиенит-порфирами, микросиенитами и порфирами.

Правый берег в районе створа плотины – скалистый, левый прикрит мощными делювиальными отложениями щебенистых грунтов.

Пойменная часть каньона заполнена аллювиально-делювиальными отложениями с объемным весом 1,98-2,05 т/м³.

В створе плотины на левом берегу находится крупный останец скальных пород, отделенный от основного скального массива широкой трещиной, заполненной щебнистым материалом.

Скальный массив сильнотрещиноватый, коэффициент фильтрации в нем доходит до 5 м/сут. Коэффициент фильтрации аллювиальных отложений – до 130 м/сут. Сооружение возведено в районе с расчетной сейсмичностью в 9 баллов.

В основании плотины залегают слабоводопроницаемые полевошпатовые и кварцевые порфиры. Прочность камня на сжатие для каменных набросков составляла 1522-2750кГ/см². Средний гранулометрический состав камня в наброске: 30% -200-40см, 20% -40-15 см, 15% -8 см, 10% -8-3 см, 15% - менее 3 см.

11.3. Состав сооружений

Плотинный гидроузел состоит из следующих сооружений:

- А) земляная плотина высотой 52 м;
- Б) туннельный водовыпуск на расход 125 м³/с;
- В) открытый катастрофический сброс на расход 240 м³/с.

Правобережным примыканием плотины служит скальный откос, левобережным – скальный останец.

Туннельный водовыпуск - расположен на правом берегу. Длина его 560 м, сечение круглое диаметром 4,5 м. Облицовка туннеля принята комбинированная. Внешняя – бетонная – толщиной 32 см, внутренняя – железоторкретная толщиной 8 см. Для уменьшения давления на обделку и снижения фильтрации произведена укрепительная цементация по контуру выработки.

Катастрофический сброс - расположен на левом берегу. Входная часть катастрофического сброса выполнена в виде водослива практического профиля. Гребень водослива расположен на отметке НПП гидроузла. Водослив переходит в быстроток, который заканчивается рассеивающим устройством.

Земляная плотина - Первоначально плотина была запроектирована из галечникового грунта с суглинистым экраном на верховом откосе и дренажной призмой – на низовом откосе. Плотина имеет распластанный профиль и откосы переменной крутизны.

Плотина возведена путем послойной отсыпки и укатки карьерных материалов с удалением фракций крупнее 200 мм. При отсыпке тела плотины был достигнут высокий объемный вес $\gamma=2,1$ т/м³, при средней плотности $n=0,22-0,24$. В связи с этим возможная фильтрация при наполненном водохранилище оценивалась расходом 1 м³/с.

Гребень плотины укреплен с обеих сторон сухой кладкой из рваного камня толщиной 80 см на слое гравийно-щебеночной подготовки толщиной 20 см. Крепление верхового откоса было произведено также из рваного камня. Низовой откос укреплялся слоем щебня $t=20$ см.

Экран двухслойный из железобетонных плит размером 7,5х7,5 м. Между слоями уложена прокладка из мешков, пропитанных битумом.

Подэкранный слой состоит из бетонной подготовки (толщиной 10 см), уложенной по слою гравийного материала средней толщиной 3,0 м. Объем подэкранового слоя 37,5 тыс.м³.

Осадка гребня плотины в максимальном сечении за период наблюдений с 1955 по 1957 годы составила 49 см (0,83% от высоты плотины).

Дренажная призма из рваного камня прикрывалась со стороны плотины и основания трехслойным обратным фильтром, толщина которого составляет 60 см: слой песка -0,5-2 мм; гравия 2-10 мм и крупного щебня-гравия 10-50 мм.

Котлован плотины в русле реки расчищен от супесчаных и иловатых отложений, которые были удалены в отвал. Борта котлована были зачищены до скалы.

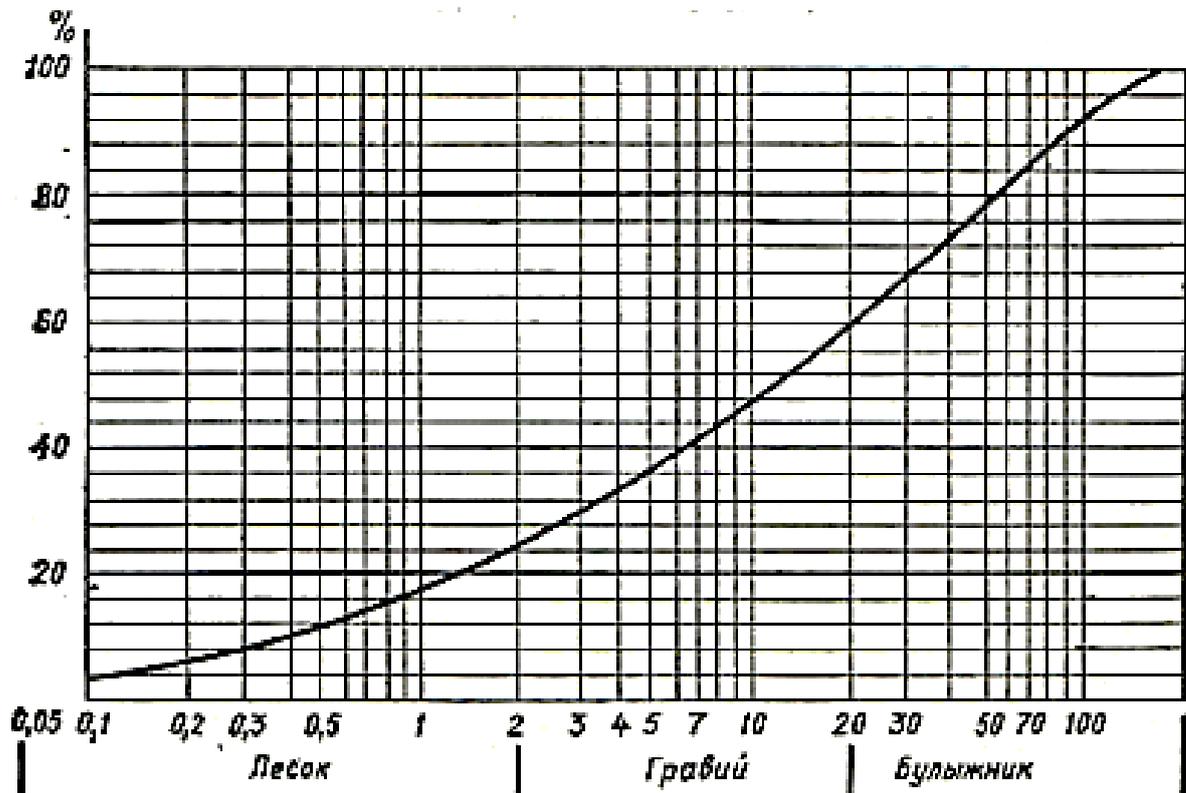


Рис. 14. Предельная кривая грансостава грунта тела Орто-токойской плотины.

Рис.11.3. Предельная кривая грансостава грунта тела Орто-токойской плотины

11.4. ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ

Согласно директивному указанию сметная стоимость гидроузла должна была быть сокращена 25%. Не имея возможности сделать это за счет исключения запасов, была пересмотрена конструкция плотины и сокращены объемы работ. Предполагалось, что устройство экрана и понура при сильно проницаемом основании не дает значительного снижения общего

фильтрационного расхода, так как до 90 % этого расхода проходит через основание плотины.

Исходя из этого, к строительству была принята однородная земляная плотина из делювиальных грунтов местных карьеров без экрана и понура, что упрощало производство работ, уменьшало объем и в итоге стоимость плотины. Грансостав тела плотины показан на рис.2.

Плотина сдана во временную эксплуатацию в 1956 г., т.е. после того как она была возведена до отметки 1743,0 м неполным профилем и без низовой дренажной призмы. При горизонте воды в верхнем бьефе 1738,2 были отмечены выходы воды на низовом откосе плотины на отметках 730-732 м и по коренным бортам долины с нижнего бьефа плотины.

Предполагалось, что после сооружения дренажной призмы кривая депрессии будет понижена, выклинивание воды прекратиться.

Для устранения фильтрационного потока через коренные породы вдоль боковых откосов низовой части плотины был заложен трубчатый дренаж в гравийной обсыпке (1 ряд по правому борту и 4 ряда по левому). Трубчатый дренаж был выведен в дренажную призму.

Однако в последующие годы после возведения плотины на полный профиль и сооружения дренажной призмы выход воды на низовом откосе возобновился, а отметки выклинивания переместились выше соответственно повышению отметок горизонта водохранилища.

При наполнении водохранилища до отметки 1752 м было обнаружено выклинивание фильтрационного потока через делювиальные отложения основания в канале катастрофического водосброса на отметке 1750,0 м.

Были приняты меры по устранению возможных вредных последствий выхода фильтрационного потока на низовом откосе.

По всей ширине низового откоса между отметками 1730,0 и 1740,0 м выше дренажной призмы в 3 ряда выполнен трубчатый дренаж из труб с гравийной обсыпкой, заложенный на глубину 1,5 м от поверхности откоса.

Дренажные трубы объединены тремя коллекторами, выводящими воде к верху дренажной призмы. Наблюдение за работой дренажа осуществлялось с помощью смотровых колодцев.

Был предпринят кольматаж верхнего откоса путем отсыпки суглинка.

В 1960 г. в период стояния максимального горизонта воды в верхнем бьефе (отметка 753,20 м) отмечалось следующее состояние фильтрации: наивысшие выходы воды на низовом откосе соответствовала отметке 1745-

1747 м. Эти выходы отмечались в виде родников и струек, разбросанных по всей площади откоса.

Это свидетельствовало о неполном перехвате фильтрационного потока поверхностным дренажем низового откоса. Не было обнаружено ощутимого снижения кривой депрессии в теле плотины при кольматаже верхового откоса. Общий расход фильтрации в нижнем бьефе плотины составлял 700 л/сек.

Последующие замеры при горизонте верхнего бьефа 1754,0 м показали увеличение фильтрационного расхода до 1100 л/сек.

Положение кривой депрессии было установлено по пьезометрам, заложенным на гребне и бермах низового откоса тела плотины. Часть пьезометров отражала положение фильтрационного потока в теле плотины, часть – в аллювиальных отложениях основания.

Сопоставление показаний пьезометров позволило предположить о существовании самостоятельных фильтрационных потоков в теле плотины.

В результате проведенного обследования комиссия Госстроя пришла к заключению, что выходы воды на откосе связаны со слоистым сложением тела плотины, при котором наряду с плотными малопроницаемыми прослойками залегают прослои и линзы крупнозернистого, сильно проницаемого материала, служащие путями выхода фильтрационного потока на низовой откос плотины.

Причиной этого явилось, во-первых, недостаточное содержание в карьерном материале мелкозернистого материала, во-вторых, способ отсыпки тела плотины слоями толщиной 60 см, при котором происходила сегрегация материала при выгрузке и выпадение в первую очередь крупнозернистого материала, создавшего водопроницаемые прослойки.

Замер действительных скоростей фильтрации в местах ее сосредоточения, произведенный КиргНИИВХ, показал, что она составляет 150-240 м/сут и можно было ожидать увеличение максимальных скоростей до 500 м/сут (0,6 см/сек).

Благодаря тому, что тело плотины сложено из скелетного грунта средней крупности, уплотненного до высокой степени, деформаций низового откоса не наблюдалось. Тем не менее, был установлен незначительный расход взвешенных частиц, заставляющий предполагать возможность суффозии мелких фракций при длительной эксплуатации сооружения.

Комиссия Госстроя признала необходимым проведение специальных мероприятий по усилению водоупорных свойств верхового клина во избежание развития явлений фильтрации и местных размывов грунта.

Были рассмотрены различные методы борьбы с фильтрацией:

А) создание водонепроницаемого экрана на верховом откосе;

Б) бетонно-свайные стенки, перерезывающие тело плотины;

В) создание инъекционной завесы из цементно-глинистого раствора через трубы с манжетами.

В рассматриваемых условиях предпочтение было отдано способу создания инъекционной завесы по следующим соображениям:

- 1) При инъекции растворов на глинистой основе в тело плотины вносится материал, являющийся родственным материалу тела плотины и не нарушающий конструкцию плотины;
- 2) Как показал опыт создания противофильтрационных завес на плотинах Серр-Понсон, Фессенхейм, Сильвенштейн, Мишон, Карагандинской ГРЭС-2 и Иркутской ГРЭС, при инъекции создается широкое, пластичное и малопроницаемое ядро, не вызывающее сосредоточения градиентов фильтрационного потока в теле плотины;
- 3) Работы по инъекции являются достаточно гибкими, позволяющими сосредоточить наибольшее внимание там, где происходит наибольшая фильтрация;
- 4) Инъекционные работы не связаны с опорожнением водохранилища и могут вестись по этапам, возобновляясь при необходимости.

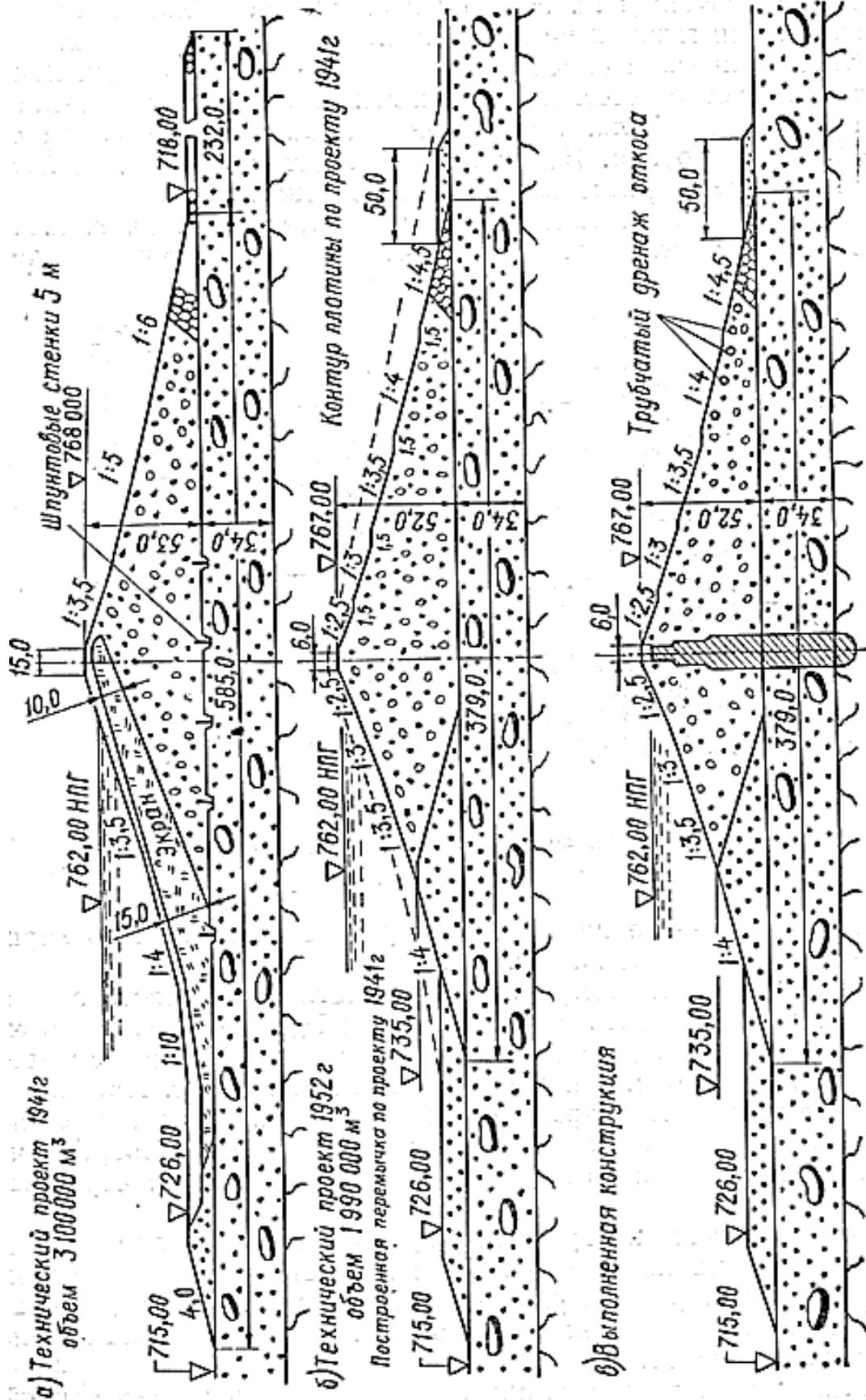


Рис.11.4. Поперечное сечение плотины по вариантам конструкции

Рис. 13. Поперечные разрезы по вариантам Оргогокойской плотины.

Инъекционная завеса была образована нагнетанием раствора в два ряда скважин. Низовой ряд бурился с гребня плотины в первую очередь для образования барьера, препятствующего распространению раствора в низовую призму плотины при создании основной части завесы. Скважины этого ряда располагались с шагом 2,0 м и обрабатывались цементно-глинистым раствором. Количество раствора, нагнетаемого в скважины этого ряда, составило 30% объема раствора завесы.

Верховой ряд скважины завесы был смещен на 6,2 м от нижнего в сторону верхнего бьефа.

Скважины располагались через 4,0 м и обрабатывались глинистым раствором.

Толщины завесы составляет в верхней части 10 м, на глубине от 15 до 30 м – 12 и ниже (в теле плотины и делювиальном основании). Максимальная глубина завесы составляет 85 м. Для некоторого ослабления влияния на завесу фильтрационных токов в трещиноватых скальных породах завеса была заведена в последние на глубину 5,0 м.

Осуществление водопроницаемого ряда с помощью противофильтрационной завесы позволило нормализовать работ гидроузла: низовой откос оказался осушенным, фильтрационный расход снизился более чем в 2 раза.

Подводя итог изложенному, следует отметить, что экономичность проекта 1952 года по сравнению с проектом 1941 года за счет отказа от водонепроницаемого экрана – при данном способе производства работ по возведению тела плотины – оказалась неоправданной.

11.5. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОТИНЫ

Ортококойская плотина сооружена на песчано-гравелистом проницаемом основании при $k_{осн}=20-130$ м/сут мощностью (до коренных скальных пород) около 35 м.

Ортококойская плотина на р.Шу сооружена в виде однородной насыпи из пролювиальных щебенисто-суглинистых грунтов конусов выноса на проницаемом основании из аллювиальных песчанно-гравелистых отложений с линзами песка и суглинков мощностью до 35 м.

Плотина возведена из отложений конусов выноса с содержанием заполнителя ($d<2$ мм) в среднем 23% без каких либо противофильтрационных устройств.

Уклоны верхового и низового откосов приняты переменными от 1:1,6 вверху до 1:1,4 внизу. У подошвы низового откоса предусмотрена дренажная призма с наружным откосом 1:4,5, шириной понизу 10 м.

В теле плотины никаких противофильтрационных устройств не предусмотрено. С низовой стороны устроена дренажная призма из крупных камней.

В естественном залегании $\gamma_{ск}=1,9-2,5 \text{ т/м}^3$, $n=25-32\%$, $\gamma_y=2,68 \text{ т/м}^3$. При укладке в тело плотины удаляли фракции $d>250 \text{ мм}$, содержание которых составляло 3-6%.

Несмотря на то что грунт в теле плотины уплотняли до плотности, близкой к карьерной, были обнаружены резко выраженные анизотропные свойства в отношении проницаемости ($k_{ф.гор}/k_{ф.верт}$) =100. В следствие резкого рассоления материала на всех этапах разработки, укладки и уплотнения коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении составил 500 м/сутки, в вертикальном 5-10м/сутки.

11.6. УСИЛЕНИЕ ПЛОТИНЫ

После частичного заполнения водохранилища было обнаружено, что линии тока практически имеют почти горизонтальное направление (по слоям), на низовом откосе много выходов фильтрационного потока на уровне, близком к уровню воды в водохранилище.

После этого было принято решение выполнить завесу методом инъекции глиноцементного раствора.

Вследствие рассоления материала при отсыпке, разравнивании и уплотнении коэффициент фильтрации грунта в горизонтальном направлении оказался намного (в 100 раз) больше чем в вертикальном.

Поэтому при наполнении водохранилища начались интенсивные выходы фильтрационной воды на низовой откос выше дренажной призмы в виде большого количества ключей общим расходом более 800 л/сек вместо 400 л/сек по проекту.

В связи с этим в 1961-1962 годах в построенной плотине методом инъекции глиноцементного раствора создали завесу, прорезающую ее тело и проницаемое основание.

Общая высота была образована двумя рядами скважин диаметром 150 мм, располагаемыми на расстоянии 6,2 м. Расстояние между скважинами в верхнем ряду 4 м, в нижнем 2 м. Толщина завесы обеспечивалась закачиванием определённого количества раствора из расчета заполнения 60%

пор инъецируемых грунтов принимая пористость грунтов насыпи 24% и основания 35%.

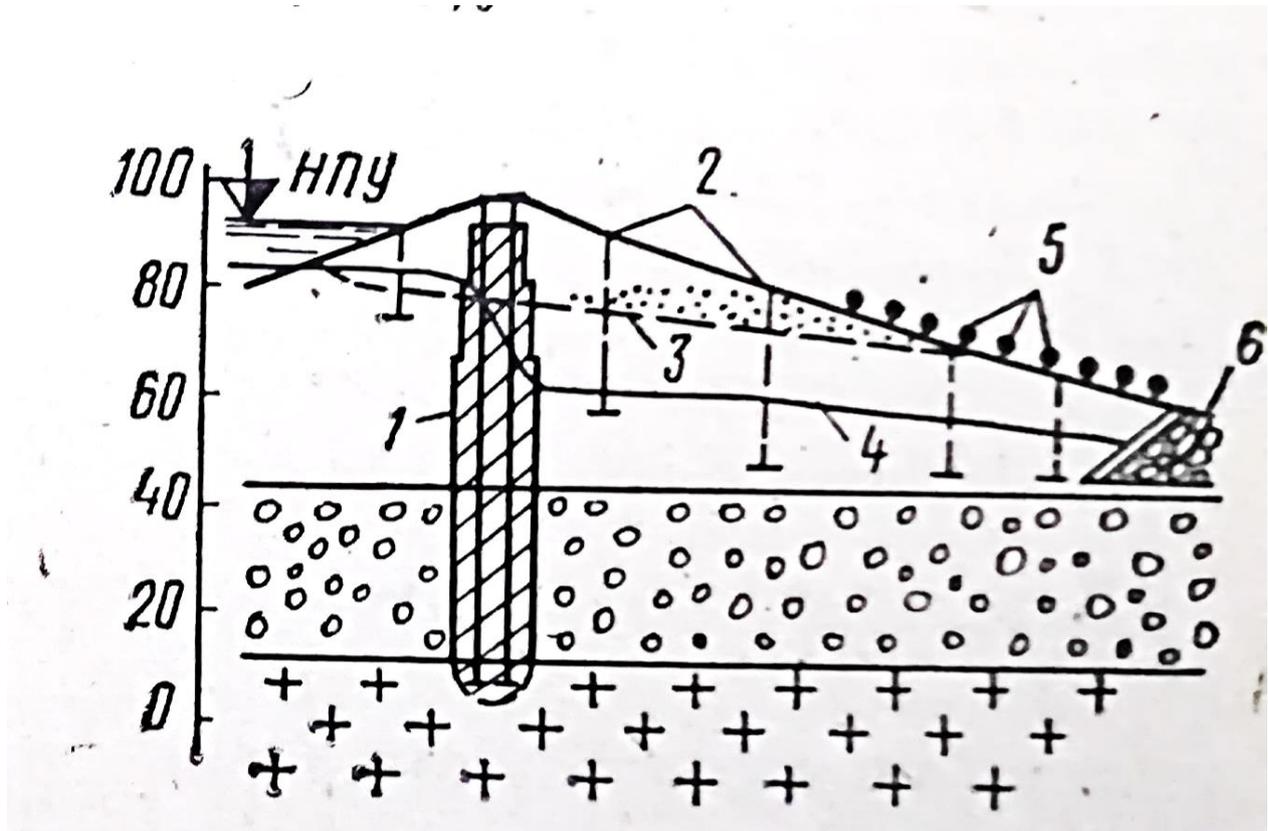


Рис.11.5. Завеса на Ортокойской плотине

1-завеса; 2-пьезометры; 3 и 4 депрессии соответственно до и после устройства завесы; 5- выходы фильтрационной воды; 6-дренажная призма.

Раствор нагнетался через перфорированные трубы $d=73$ и 58 мм с манжетами через 33 см. Пространство между трубой и скважиной заливали густым глиноцементным раствором объемным весом $1,74$ т/м³ и прочностью $12-15$ кгс/см² на седьмые сутки. Инъекция производилась очередями: сначала верхового ряда через одну скважину (через 8 м), затем через 4 м низового ряда и, наконец, через 2 м.

Для низового ряда использовали глиноцементный раствор (на 1 м³ раствора $400-500$ кг глины и $120-180$ кг портландцемента), для верхового ряда применяли раствор глины объемным весом $1,28-1,46$ т/м³, а для повторной инъекции – $1,19$ т/м³.

Ниже завесы на глубину до 5 м была произведена инъекция скалы глиноцементным раствором $1:1$ под давлением $20-30$ атм.

11.7. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИНЫ

Первоначально в результате направленного взрыва, в упорную призму плотины было уложено 69,4 тыс.м³ горной массы. В дальнейшем каменная наброска укладывалась слоями 6-8 м с уплотнением струей воды из гидромонитора. Каменная мелочь, скапливающаяся на поверхности слоя, смывалась перед укладкой нового слоя гидромонитором.

Основные строительные механизмы: экскаваторы с ковшем емкостью 1,0-2,5м³; автосамосвалы грузоподъемностью 5т. Суточная производительность по отсыпке камня составляла 0,24-0,8 тыс.м³.

Первоначально в результате направленного взрыва, в упорную призму плотины было уложено 69,4 тыс.м³ горной массы. В дальнейшем каменная наброска укладывалась слоями 6-8 м с уплотнением струей воды из гидромонитора. Каменная мелочь, скапливающаяся на поверхности слоя, смывалась перед укладкой нового слоя гидромонитором.

На Ортотокойскую плотину грунт доставляли самосвалами ЗИЛ-585 и МАЗ-525, предварительно удаляя фракции $d > 200$ мм путем установки решетки поверх кузова самосвала.

После разгрузки грунт разравнивали бульдозером Д-271 слоем 30-40 см, затем дважды перемешивали рыхлителем Д-162, увлажняли до влажности 6-8% и уплотняли следующими механизмами: катками Д-220 весом 25 тонн без шипов (слоем 50-55 см), сцепом из двух катков Д-126А весом 5 тонн (слоем 35-40 см), а в стесненных местах трамбуемыми плитами весом 1,2 тонн. Объемный вес уплотненного грунта достигал 2,0-2,7 т/м³.

Вследствие расслаивания грунта и недостаточного количества заполнителя наблюдалась резкая анизотропия грунта в фильтрационном отношении, поэтому после возведения плотины потребовалось устройство ядра путем инъекции глиноцементного раствора.

При отсыпке таких грунтов в упорные призмы изотропность фильтрационных свойств не обязательна, но для отвода просачивающейся в процессе эксплуатации воды через низовую призму и при понижении горизонта воды в верховой призме такая изотропность желательна.

Анизотропию можно уменьшить путем лучшего перемешивания грунта, увлажнением его перед выгрузкой из самосвала, снижением высоты сбрасывания грунта и др.



Рис.11.6.Космоснимок плотины Ортокойского водохранилища (2018 г.)



Рис.11.7.Космоснимок катастрофического водосброса Ортокойского водохранилища (2018 г.)

12. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

- Реконструкция и сейсмоусиление водохранилища имеет большое значение для дальнейшего развития орошения Жамбылской области и позволяет улучшить устойчивость грунтовой плотины Тасоткельского водохранилища.
- С реконструкцией водохранилища и строительством аварийного водосброса будет обеспечен гарантированный пропуск высоких паводковых расходов, а также обеспечивает предотвращение прорыва плотины при аварийных ситуациях на Ортококойской плотины.

13. ЛИТЕРАТУРА:

1. Реконструкция гидроузла Тасоткельского водохранилища
2. Жамбылской области. Рабочий проект ПК «Институт Казгипроводхоз», Алматы 2003г.
3. Рабочий проект «Реконструкция и повышение сейсмоустойчивости плотины Тасоткельского водохранилища Жамбылской области», ПК «Институт Казгипроводхоз» Алматы 2018 г.
4. К.К.Казакбаев, Н.Р.Хамраев, В.Г. Дианов, Плотины Средней Азии, Т. 1973 г.
5. В.Г.Радченко, В.А.Заирова. Каменно-земляные и каменно-набросные плотины, Л.1971 г.
6. А.А.Ничипорович Плотины из местных материалов, М.1973 г.
7. Рабочий проект строительства Таш-Уткульского водохранилища на р. Чу, Джамбулской области. Казгипровохоз, 1963г.
8. Правила эксплуатации Таш-Уткульского водохранилища на р.Чу в Джамбулской области.
9. Усиление плотины Таш–Уткульского водохранилища с целью повышения её сейсмоустойчивости. I этап. Обследование гидросооружений Таш-Уткульского водохранилища для установления необходимости составления проекта повышения сейсмоустойчивости сооружений гидроузла. Казгипроводхоз 1993г.
10. Мероприятия по защите низового откоса плотины Таш-Уткульского водохранилища в Джамбулской области. Казгипроводхоз 1980г.
11. Данные наблюдений службы эксплуатации Тасоткельского гидроузла (1973-2003гг.)
12. Правила эксплуатации Таш-Уткульского водохранилища на р. ЧУ в Джамбулской области, Казгипроводхоз, Алма-Ата, 1980г.

ДЛЯ ЗАМЕТОК:

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