

НКТП

ГЛАВГИДРОЭНЕРГОСТРОЙ

СССР

ГИДРОЭНЕРГОПРОЕКТ

1597

*И. П. Сафронов*  
1938

# НАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ

(СОЮЗНЫЕ И ИНОСТРАННЫЕ)

Составил инж. И. П. САФРОНОВ

---

МОСКВА — 1936 г.

ГИДРОЭНЕРГОПРОЕКТ

ЦЕНТРАЛЬНОЕ БЮРО МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

# НАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ

(СОЮЗНЫЕ И ИНОСТРАННЫЕ)

Составил инж. И. П. САФРОНОВ

Под редакцией инж. С. Ф. ЗАВАЛИШИНА

Отв. редактор **С. Ф. Завалишин.**

Техн. редактор **С. С. Григорьев.**

Сдано в набор 29/XII—1935 г.

Подписано к печати 13/IV—1936 г.

Ф. б. 72X105/16. Печ. 9½ л.

Бум. л. 7300.

В бум. л. 111000 зн.

Уполн. Главлита В—37696

Заказ тип. № 2515

Тираж 1500 экз.

Типография «Известия» Москва.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие гидротехнического строительства Советского союза, связанное с быстрым ростом индустриализации страны, коллективизации сельского хозяйства и реконструкции народного хозяйства в целом, поставили на очередь вопрос о применении таких типов плотин, которые обеспечивали бы возможность придания плотинам большой высоты и устойчивости и разрешали задачу снижения стоимости строительства за счет максимального использования местных материалов.

К таким плотинам относятся плотины из каменной наброски, из сухой кладки и смешанного типа при высоте плотины, достигающей 100 м.

Преимущества применения этого типа плотин своевременно были оценены в Америке, считающейся родиной набросных плотин; в Италии широко применяются плотины из сухой кладки для высокогорных водохранилищ.

При наличии благоприятных условий на необъятной территории Советского союза и в связи с гигантским размахом гидростроительства в Союзе, плотины набросного типа нашли применение в целом ряде осуществленных крупных объектов, а также в объектах, находящихся в стадии строительства и проектирования.

Хотя по применению плотин набросных и из сухой кладки имеется уже шестидесятилетний опыт за границей, тем не менее до сего времени ценный материал по проектированию, строительству и эксплуатации набросных плотин не систематизирован и не издан в виде специального пособия для пользования заинтересованных организаций. Поэтому представляется своевременным и необходимым издать труд по набросным плотинам и в первую очередь описание набросных плотин. Труд «Набросные плотины» намечен Центральным бюро методологии проектирования к проработке и изданию в следующем составе:

1. Описание плотин из каменной наброски, кладки насухо и смешанного типа по данным иностранной и союзной практики с приведением основных конструктивных и геологических данных и кратким описанием плотин в отношении конструкции, местных условий, эксплуатации и т. п.
2. Анализ и критика конструкции типов плотин, помещенных в альбоме.
3. Проект технических условий и норм для проектирования набросных плотин.
4. Методология расчета и конструирования набросных плотин.
5. Примеры проектирования набросных плотин калифорнийского типа.

Выпускаемая 1 часть труда с описанием набросных плотин и представляет собой пособие для проектирования набросных плотин, в нее включены данные по наиболее характерным и освещенным в литературе 41 плотинам, из которых 33 запроектированы и осуществлены в последнее время в заграничной практике и 8 — в союзной.

Некоторые плотины, имеющие оригинальную конструкцию, включены несмотря на недостаточно полное освещение их в имеющихся литературных источниках; в ряде случаев имели место противоречия в данных, помещенных в тексте и чертежах (особенно по плотинам из заграничной практики), которые устранялись путем тщательного их анализа.

Помещенные в описании плотины подразделены на типы, исходя из устройства непроницаемой части: плотины с экраном железобетонным, деревянным и из других материалов, плотины с центральной диафрагмой и глиняным ядром и плотины с непроницаемой частью смешанной конструкции.

Основные сведения по каждой плотине выписаны на чертежах в так называемых уголках.

Данная работа выполнена в течение 1934/35 г. в Центральном бюро методологии проектирования Гидроэлектропроекта инженером И. П. Сафроновым; оформление чертежей выполнено при участии техника М. В. Лебедева, редактирование — инженерами П. В. Рычковым и В. П. Кракосовым, ответственное редактирование — инженером С. Ф. Завалишиным.

Центральное бюро методологии проектирования  
Гидроэнергопроекта.

Условные обозначения табличек в уголках  
чертежей

- |                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1. Название плотины                 |                              |
| 2. Местоположение                   |                              |
| 3. Год постройки или проектирования |                              |
| 4. Напор.....                       | <i>H</i> м                   |
| 5. Высота .....                     | <i>H'</i> м                  |
| 6. Ширина по основанию.....         | <i>B</i> м                   |
| 7. Длина по гребню.....             | <i>L</i> м                   |
| 8. Объем тела плотины.....          | <i>W</i> м <sup>3</sup>      |
| 9. Емкость водохранилища .....      | <i>I</i> м <sup>3</sup>      |
| 10. Максимальный расход реки.....   | <i>Q</i> м <sup>3</sup> /сек |

Условные обозначения иностранных журналов,  
на которые сделаны ссылки в книжке

- АСЕ — American-Civil Engineering  
 АРС — Annalles des Ponts et Chaussées  
 Can. Engr — Canadian Engineer.  
 GC — Genie Civil  
 EE — Energia Elettrica  
 EW — Eletrical World.  
 E — Engineering.  
 ENR — Engineering News Record  
 WCN — Western Construction News  
 TE — The Engineer.

# СОЮЗНЫЕ НАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ

## № 1. СУЛАКСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина предполагается постройкой в Черкейском ущелье р. Сулак, в Дагестане, в 35 км от г. Буйнакса (черт. 1 и 1а).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью 2368 млн. м<sup>3</sup>, регулирующее реку для утилизации водной энергии.

**Год постройки.** Год составления проекта — 1932 г.

**Местные условия.** Черкейское ущелье, имеющее длину около 3 км, характеризуется своей узостью и крутизной склонов. Ширина ущелья по естественному урезу воды колеблется от 10 до 20 м. Ширина ущелья на уровне подпорного горизонта, т. е. на отметке 350 м, изменяется от 220 до 270 м. Таким образом на отметке 350,0 м отношение ширины ущелья к его высоте колеблется 1,05—1,30. Глубина воды в русле колеблется от 6 м в межень до 35 м в паводок, максимальный замеренный расход воды за время наблюдений достиг величины 1594 м<sup>3</sup>/сек (1931 г), максимальный возможный оценивается в 2700 м<sup>3</sup>/сек.

Ложе реки на глубину 12—18 м заполнено речными наносами, состоящими из песка, гальки и гравия. Непосредственно ниже этих наносов залегают коренные породы. В основном Черкейское ущелье сложено прочными известняками верхнего мела, имеющими прослойки из мергелей, мергелистых глин и мергелистых известняков. Известняки залегают слоями, толщиной от 0,2 до 0,5 м.

На обоих берегах ущелья известняки разбиты серией трещин, заполненных глиной, кальцитом и другими продуктами разрушения коренных пород.

Район Черкея характеризуется наличием сейсмических явлений с ускорением до 250 мм/сек.

**Тип и материалы тела плотины.** Профиль плотины из каменной наброски для Черкейского ущелья принят, подобным профилю плотины Салт Спрингс с заменой в верховой части плотины под экраном сухой кладки из камня кладкой из бетонных блоков. Гребень плотины в плане очерчен по дуге круга, радиусом 250 м.

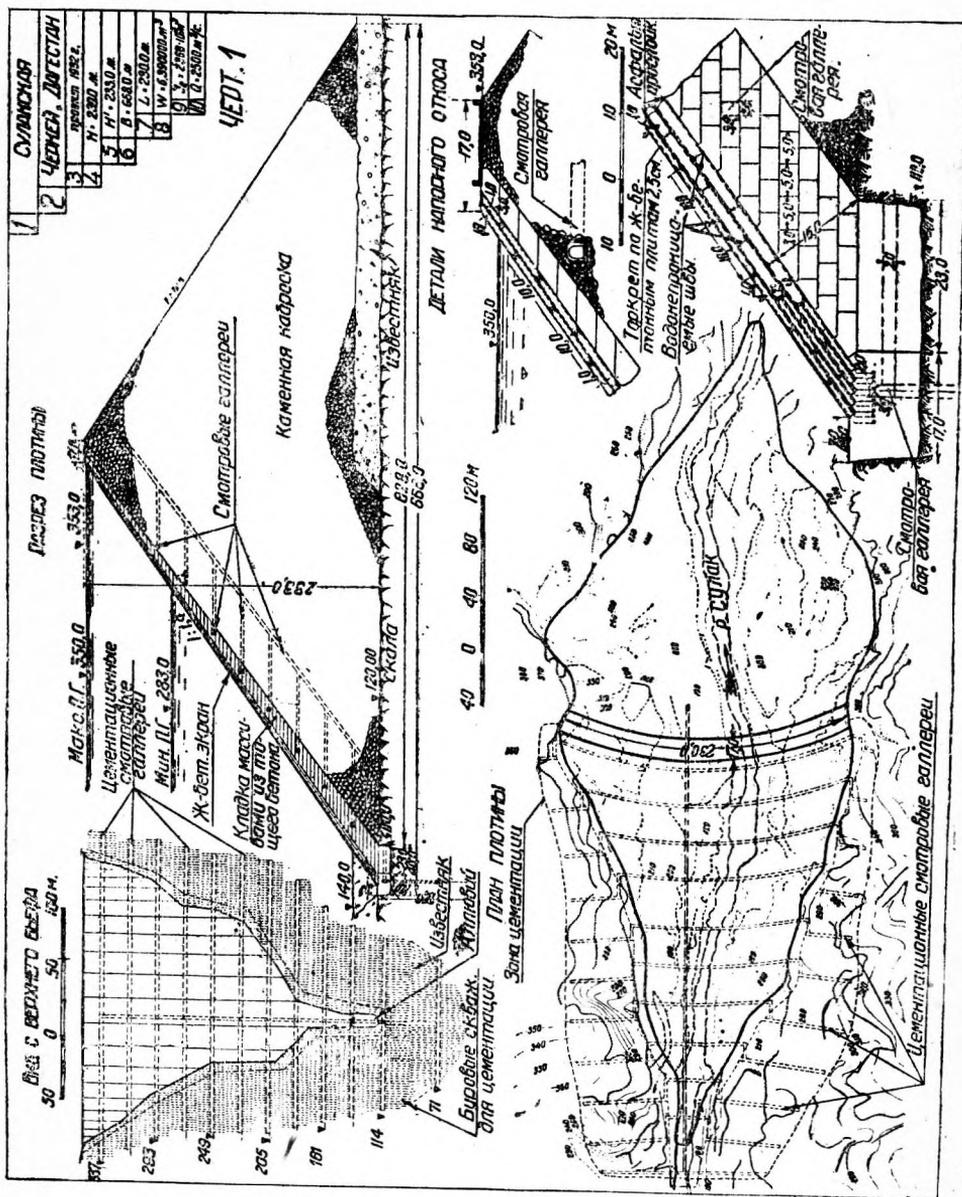
Кладка из блоков, выполняемых из тощего бетона, имеет целью равномерно передать давление от экрана на каменную наброску и воспринять деформации осадки плотины, сохраняя для экрана ровную поверхность. Толщина от 5 м у гребня и до 15 м у основания.

Тело плотины предполагается сложить путем свободной навалки и последующей укатки материала, полученного взрывом в скальных карьерах, заложенных в боках ущелья.

Материалом служит скала—слоистый известняк с временным сопротивлением сжатию, колеблющимся в пределах 2000—3000 кг/см<sup>2</sup>. Продукт взрыва получается в виде камней размером примерно 0,2X0,2 м и редко более крупных. Попутно получается большое количество щебня почти кубической формы.

Проф. Скрьльников считал, что плотина из такого материала должна носить название не набросной, а щебеночно-навалочной и в своем заключении от 11/IX-1932 г. считает ее сооружение вполне возможным.

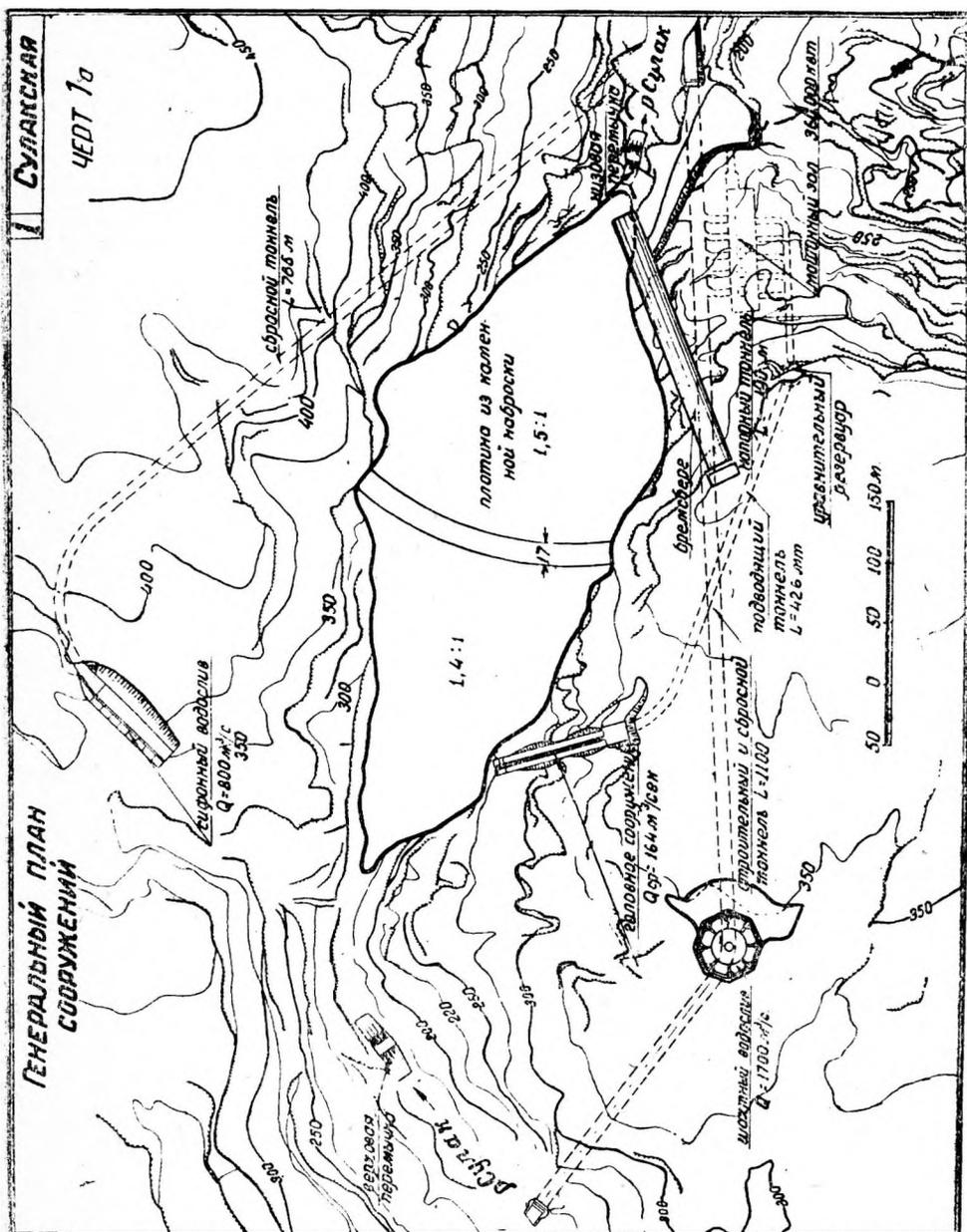
Основные размеры плотины. Ширина плотины по основанию — 668 м, ширина по гребню — 17 м. Максимальная высота плотины —



233 м. Низовой откос плотины имеет уклон — 1 : 1,5, верховой — 1 : 1,4. Длина по гребню плотины равна 230 м.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемой частью плотины служит железобетонный экран. Железобетонные плиты экрана укладываются по основанию из бетонных блоков в несколько слоев, а именно: внизу — три, а сверху — два слоя.

Толщина верхней плиты — 1,0 м; размеры в плане 10X10 м. Нижние плиты меняют свою толщину от 2 до 1 м. Слои плит отделяются друг от друга асфальтовыми прослойками. Каждая плита укладывается таким образом, что она перекрывает стыки четырех нижележащих плит и связана с соседними плитами водонепроницаемыми швами. Верхний слой плит покрывается торкретом.



Внизу предусмотрено гибкое шарнирное соединение экрана с зубом плотины, на который опирается как экран, так и кладка из бетонных блоков. Зуб образуется слоем тощего бетона, шириной 40 м и глубиной 11 м от отметки 121 м до отметки 110 м.

В основании зуба на отметке 110 м расположены буровые скважины, для производства цементации скалы. Такая конструкция экрана

принята по следующим соображениям: вследствие большой высоты надо ожидать, что абсолютные цифры осадки достигнут значительной величины, поэтому желательно сообщить экрану как можно большую подвижность и гибкость, что как раз и обеспечит слоистая конструкция. Подобные экраны выполнены в сейсмических районах Чили (см. плотину Коготи № 5).

От основания зуба по всему его периметру в скалу углубляется на расстоянии от 20 до 50 м противодиффузионная завеса, образуемая цементацией.

Для наблюдения за работой экрана, в теле плотины устраиваются смотровые галереи.

**Дополнительные сведения.** Водосбросные сооружения рассчитаны на 2500 м<sup>3</sup>/сек. Из них 1700 м<sup>3</sup>/сек сбрасываются шахтным водосбросом через сбросной правобережный (строительный) тоннель, диаметром 11 м. Остальные 800 м<sup>3</sup>/сек пропускаются через сифонный водосброс с боковым отводом воды сбросным левобережным тоннелем, диаметром 8 м.

Для опорожнения водохранилища предусмотрены 8 штолен, диаметром 8 м, соединяющиеся через шахту правобережного сброса со сбросным тоннелем.

Входы в штольни расположены на разных отметках и заделываются бетонными пробками. В случае надобности пробки последовательно могут быть взорваны, и водохранилище послойно опорожнено.

Длина левобережного тоннеля — 765 м, правобережного — 1100 м, общая длина штолен — 630 м. Здание гэс, мощностью в 360 000 квт, располагается на правом берегу в скале.

Вода к 5 турбинам подается рабочим тоннелем, диаметром 7 м и длиной 426 м, до уравнительного резервуара и длиной 190 м — от уравнительного резервуара до турбин.

Вопрос об осуществлении плотины из каменной наброски в Черкейском ущелье находит своих сторонников и противников. В данное время проектирующая организация от набросной плотины отказалась.

Соображения, которые были высказаны против набросного типа плотины следующие:

1. Набросная плотина должна возводиться на прямолинейном участке реки для того, чтобы вся масса кладки равномерно воспринимала нагрузку от давления воды, в данном же случае ущелье на этом участке изогнуто в плане.

2. Для набросной плотины наиболее подходящ треугольный профиль ущелья, дающий возможность постепенной равномерной осадки, в данном же случае центральная часть ущелья имеет почти вертикальные стенки, переходящие наверху в наклонные, что дает в точках перелома профиля на соседних участках резко отличающиеся нагрузки, которые вызовут и неравномерную осадку.

3. В обычной практике каменная наброска делается из крупных глыб, а не из таких мелких камней, которые будут иметься в данном случае.

Мы приводим эту конструкцию лишь потому, чтобы показать интересную попытку проектирования плотины из каменной наброски высотой свыше 200 м. Такие попытки имели место и в заграничной практике (вариант плотины Гувера из каменной наброски).

**Производство работ.** Объем работ по сооружению плотины равен: каменной наброски — 5 900 000 м<sup>3</sup>, тощего бетона — 300 000 м<sup>3</sup>. и железобетона — 190 000 м<sup>3</sup>.

Календарный план работ рассчитан на срок около 5 лет.

При производстве работ предусмотрена транспортировка камня и укатка его в теле плотины тракторами и тракторными тележками тяжелого типа. Помимо укатки предусмотрена обработка наброски и навалки в тело плотины сильной струей воды для удаления пыли и мелкого материала во избежание осадки плотины.

Река на время постройки плотины пропускается через правобережный строительный тоннель. Перемычки предполагается возвести высотой 40 м верховую и 10 м низовую. Подробности производства работ мы не описываем в силу того, что вопрос о постройке плотины указанного типа еще не решен и проект производства работ в случае составления технического и рабочего проектов несомненно будет сильно изменен.

**Стоимость работ.** Стоимость работ по плотине в эскизном проекте указана около 62,5 млн. руб. (1932 г.)

#### Литературные источники

Гидроэлектропроект, Эскизный проект Черкейской гЭС на р. Сулак, 1932 г.

---

## № 2. УБИНСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина предполагается постройкой на р. Убе, Алтай (черт. 2).

**Назначение плотины.** Плотина создает водохранилище, емкостью 700 млн. м<sup>3</sup>, для питания гидростанции. Гидростанция предназначена для снабжения электроэнергией алтайских цинковых предприятий.

**Год постройки.** Проект составлен в 1929 г.

**Местные условия.** Плотина запроектирована в начале Больших порогов на р. Убе в том месте, где расширенная долина, используемая по проекту в качестве водохранилища, суживаясь переходит в более узкое ущелье. Русло, имеющее обычно ширину 80—150 м, доходит местами до 10 м. Поймы почти нет, лишь на правом берегу имеется терраса около 30 м длиной, и крутые склоны гор близко подходят к реке. Ширина долины на уровне нормально подпертого горизонта достигает 325 м.

Метеорологические условия в бассейне р. Убы мало изучены. В районе створа плотины морозы доходят до —40°С. Среднее число морозных дней около 150. Среднее годовое количество осадков около 1000 мм.

Гидрологические условия створа плотины характеризуются средними зимними расходами около 14 м<sup>3</sup>/сек и паводками до 1224 м<sup>3</sup>/сек. Средний годовой сток выражается в 3,33 млрд. м<sup>3</sup>. За расчетный теоретический паводок принят расход воды около 3000 м<sup>3</sup>/сек.

Геологические условия створа не сложны. Коренными породами как в русле, так и в берегах створа являются граниты, покрытые аллювиальными и делювиальными отложениями. На правом берегу скала покрыта гранитной отсыпью наибольшей мощностью 14,8 м, уменьшающейся по мере поднятия по склону и превращающейся в тонкий слой дресвы и растительного покрова. На левом берегу мощность отсыпи от 5 м уменьшается как к верхней границе подпора, так и к руслу реки. У самого уреза обнажаются коренные граниты.

В русле реки гранит покрыт наносами речного галечника и глинистого песка, мощностью около 13,5 м.

Степень выветривания коренного гранита, его прочность и водонепроницаемость по оси плотины различны. Под большой мощностью отсыпи — большое выветривание и, наоборот, чем тоньше слой отсыпи, тем гранит крепче.

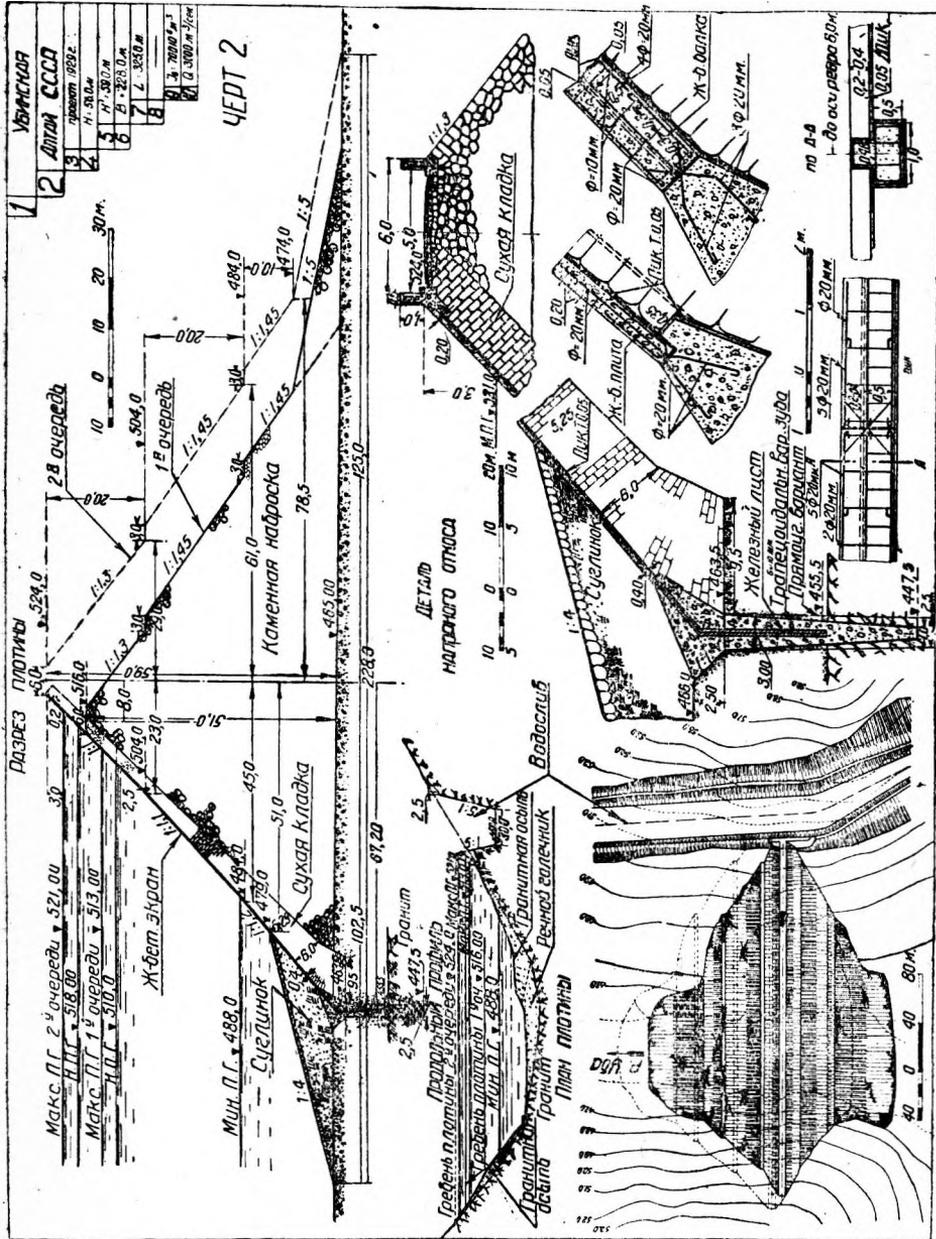
Мощность выветренной и трещиноватой зоны гранита под отсыпью около 15,5 м. Под наносами в русле реки гранит более свежий и мощность выветривания не превышает 4 м.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина запроектирована по типу американской плотины Строберри, и состоит из каменной наброски и из слоя сухой кладки по напорному откосу. С низовой стороны плотины имеется две бермы, шириной по 3 м каждая. Плотина имеет прямолинейное очертание в плане, с отметкой гребня — 524,00 м и максимальным подпорным горизонтом на отметке 521,00 м. Таким образом превышение гребня плотины над максимальным горизонтом воды равно 3,0 м.

Коэффициент устойчивости профиля примерно 3. Под основанием плотины грунт должен быть снят на глубину 1,0 м.

Материалом тела плотины служит серый, крупнозернистый гранит.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 51,0 м и запроектировано повышение во вторую очередь до 59,0 м, ширина по гребню —



ню — 6,0, длина по гребню — 325,0 м. Ширина плотины по низу —

228,0 м.

Верховой откос имеет последовательно уклоны сверху вниз: 1 : 1; 1 : 1, 1; 1 : 1, 2; 1 : 4. Низовой откос—1 : 3, 3; 1 : 1, 4,5; 1 : 5.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается железобетонным экраном, а основания бетонным

зубом по типу той же плотины Струберри, т. е. сухая кладка выравнивается с наружной стороны тонким слоем бетона, покрывается по бетону пиком, а по пику укладываются железобетонные плиты; швы между плитами заливаются асфальтом и гудроном. Однако устройство такого экрана в условиях производства работ р. Убы весьма дорого.

Удешевление может быть достигнуто заменой части железобетонного экрана выше горизонта сработки сливной призмы деревянным экраном. Необходимый лесоматериал может быть заготовлен на месте. Деревянный экран должен состоять из уложенных по линии откоса деревянных балок (15X15 см), на расстоянии примерно 1,5—1,7 м друг от друга. По балкам укладываются два ряда досок, толщиной 7 — 8 см каждый. В эскизном проекте облицовка принята сплошь железобетонной, что очевидно идет в запас стоимости.

Наружный слой плотины и верхового откоса, выполняемый из кладки насухо, имеет переменную толщину от 2,5 м у гребня и до 9,5 м в основании.

Аллювиальные отложения и трещиноватые граниты основания прорезаются зубом на глубину до 20 м.

У подошвы верхового откоса устраивается отсыпь из суглинка с откосом 1:4.

**Дополнительные сведения.** Сброс воды запроектирован через боковой водосброс на 2000 м<sup>3</sup>/сек, расположенный на правом берегу, и водоспускной тоннель на 500 м<sup>3</sup>/сек,—на левом берегу. Остальная часть паводка, в количестве 500 м<sup>3</sup>/сек, поглощается сливной призмой водохранилища при нарастании горизонта воды во время паводка.

Опорожнение водохранилища производится через тоннель.

Водоспускной тоннель Убинской гЭС, расположенный на левом берегу реки, в плане пересекается с трассой деривационного тоннеля. Благодаря такому расположению, оказалось возможным создание объединенного блок-управления затворами обоих тоннелей. Тоннель на большей части его длины удалось провести в твердых материковых гранитах. Сечение тоннеля принято лотковое (близкое к окружности) диаметром 10 м. Уклон тоннеля — 0,005, длина — 300 м. Отметка дна у верхового портала 465,01 м. Тоннель снабжен затворами типа Джонсона. Длина затвора — 12,4 м, диаметр — 6,2 м. Деривационный тоннель расположен также на левом берегу и имеет длину 3780 м. Сечение тоннеля 13 кв. м для первой очереди; в последующем при осуществлении полной мощности гЭС предусмотрено проложение параллельного тоннеля. Водослив расположен на правом берегу.

**Производство работ.** При высоте плотины первой очереди в 51,0 м кубатура ее равна 558 000 м<sup>3</sup>. Календарный план производства работ рассчитан на 3 года.

1-й год работы: выемка растительного грунта под основанием плотины в количестве 14 700 м<sup>3</sup>, выемка котлована под основание и под зуб плотины в количестве 31 346 м<sup>3</sup>. Выемка будет производиться в перемычках с водоотливом в русле реки, с непосредственно следующей укладкой бетона в зуб, производством сухой кладки из приколотого камня и началом работ по насыпке плотины.

2-й год работы: продолжение наброски тела плотины с правого берега; одновременно продолжение сухой кладки, асфальтировка и бетонировка напорного откоса.

3-й год работы: досыпка плотины с обоих берегов, одновременно продолжение сухой кладки с асфальтированием и бетонированием водного откоса. Устройство отсыпи из суглинка у подошвы водного откоса и устройство проезжей части по гребню плотины. Одновременно с перечисленными работами по плотине ведутся и работы по водо-

сливу и тоннелям. Подробно вопросы производства работ не описаны вследствие того, что фактическое исполнение работ может сильно измениться при составлении рабочего проекта и производстве работ в натуре.

**Стоимость работ.** Общая стоимость работ Убинской гэс равна 35 343 000 руб. Стоимость плотины и водослива — 11 500 000 руб.

#### **Литературные источники**

Технический проект Убинской гэс, составленный Ленинградским гидротехническим бюро Энергостроя в 1929 г.

---

### № 3. ХРАМСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина строится в Грузии на Цкалинском плоскогорье в 99 км на запад от г. Тифлиса, вблизи с. Бармаксыз, в верхнем течении реки Храм правого притока Куры ( черт. 3).

**Назначение плотины.** Образуемое плотиной водохранилище используется для получения энергии. Объем водохранилища равен 545 млн. м<sup>3</sup>.

**Год постройки.** Проект составлен в 1933 г. итальянской консультацией Гидроэлектропроекта.

**Местные условия.** Бармаксызское ущелье, в котором предполагается постройка плотины, имеет общую длину около 1 км при наибольшей высоте берегов около 70 м и крутизне их склонов 1 :3.

Ущелье сложено трещиноватыми водопроницаемыми андезитобазальтами, относящимися к 3 различным фазам излияния лавы. Породы эти обладают большой устойчивостью в отношении воздействия на них процессов выветривания и размывания. Берега ущелья покрыты частично делювием, а русло реки толщей наносных отложений.

**Тип и материалы тела плотины.** Тело плотины состоит из каменной наброски, выложенной по откосам сухой кладкой, причем напорный откос облицован камнями крупных размеров, а низовой откос — камнями средних размеров. Сухая кладка напорного откоса имеет ширину по низу 4,0 м и по верху — 2,0 м. Зубчатая внутренняя грань этой кладки сопрягается с телом каменной наброски. Сухая кладка низового откоса выполняется с тремя бермами, шириной по 2,0 м каждая, толщина кладки принята в 2,0 м по всему откосу и только у подошвы плотины она выполняется в виде опорной призмы. Таким образом тело плотины состоит из материалов трех классов: класс «А» — сухая каменная кладка с минимальным количеством осколков и минимальным размером камня в 0,50 м<sup>3</sup>; класс «В» — каменная наброска из несортированного камня, но без осколков и грунта (карьерной мелочи; класс «С» — как класс «А», но из более мелкого камня — до 0,025 м<sup>3</sup>.

Гребень плотины покрывается бетонными плитами с двумя парапетами из бетона или каменной кладки на растворе.

Материалом для тела плотины служат добываемые на месте базальты.

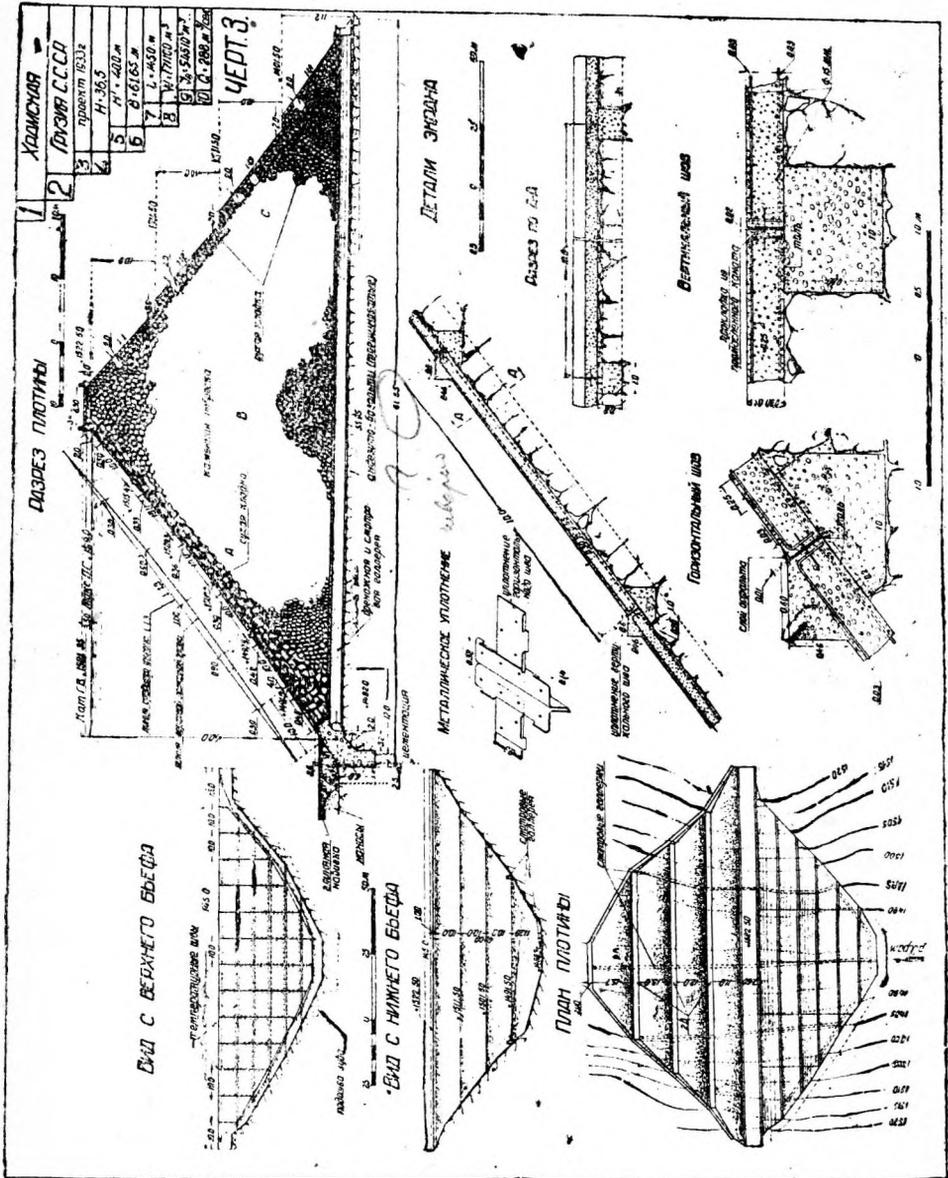
**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 40,0 м. Ширина поверху — 6,8 м. Ширина по основанию — 61,65 м. Верховая грань, вогнутая в сторону тела плотины, со средним уклоном 1 :1,3. Низовая грань, ломанная с откосами: 1 :1,1 — 1 :1,2 — 1 :1,3 — 1 :1,4.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается железобетонным экраном, который разделен на плиты, шириною по 10,0 м. Толщина плит меняется сверху вниз; 0,30—0,33—0,36 — 0,39 — 0,42 — 0,45. Плиты армированы двойной металлической сеткой. Отверстия металлической сетки имеют расстояния в 25 см; прутья ее имеют диаметр 15 мм.

В местах швов экрана, в каменную кладку заложены железобетонные ребра. Водонепроницаемость швов достигается металлическими

прокладками. Прокладки вертикальных швов имеют в промежутках между плитами U-образную форму, что допускает большую свободу движения в швах.

В горизонтальных швах прокладки устроены из плоских листов; ограничили этим потому, что пересечение прокладок сложенных в U-образную форму, всегда получается более или менее жестким и



следовательно допускает поломки. В горизонтальных же швах имеют место только незначительные угловые подвижки в виду того, что плиты давят одна на другую. Толщина листов толя, проложенных между краями плит, допускает возможность вращательных движений без разрыва металлических прокладок. Такая система кроме того, дает возможность сохранить наибольшую подвижность в вертикальных швах, которые и должны будут фактически работать.

С целью сопряжения тела плотины с основанием устраивается бетонный зуб, глубиной 6,0 м и шириной 2,5 м, конструкция которого ясна из чертежа. Перед плотиной у подошвы откоса устраивается глиняная набивка.

Несмотря на то, что устройство смотровых галерей для набросных плотин не применяется, проект предусматривает устройство таких с целью осмотра возможных повреждений и в особенности, для наблюдения за фильтрацией зуба.

**Производство работ.** Объем каменной наброски тела плотины равен 129 000 м<sup>3</sup>, сухой кладки — 34 500 м<sup>3</sup>, бетонных работ — 7600 м<sup>3</sup>.

По вопросу производства работ проект рекомендует следующее:

1. Наброску вести с небольшой высоты с тем, чтобы сохранить целостность камня.

2. Прибегнуть к устройству хотя бы одной центральной эстакады для наброски камня.

3. Производить очистку камня от загрязнений при помощи постоянной промывки сильной струей воды.

4. Лучший камень карьеров сохраняется для сухой кладки, при чем последняя должна быть выполнена очень тщательно, в особенности для верхового откоса. Кладка ведется слоями, нормальными к грани; такое расположение увеличивает устойчивость против горизонтального давления (осадка плотины и сейсмические явления).

5. Наружная вогнутая поверхность сухой кладки напорного откоса должна быть достаточно гладкой, так как непосредственно на нее будут уложены железобетонные плиты экрана, с этой целью все пустоты должны быть заполнены щебенкой на растворе, а поверхность оштукатурена.

#### Литературные источники

1. Гидроэлектропроект, Проект Храмской гэс, Москва, март 1933 г.

2. ГЭТ, Изыскания на р. Храм, 1930 г.

3. Гидроэлектропроект, Геология и гидрология Храмского водохранилища (по данным исследований на 1/1-1934 г.)

---

## № 4. УЛЬБИНСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина находится на Алтае в верховьях р. Малой Ульбы в 50 км от Риддера (черт. 4 и 4а и б).

Абсолютная отметка района расположения водохранилища около 1650 м.

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью 84 303 тыс. м<sup>3</sup>, которое предназначено для питания гидростанции.

**Год постройки.** Год составления проекта 1931 г.

**Местные условия.** Створ плотины расположен в месте выхода р. Малой Ульбы из плоской котловины. Каньон не широкий и имеет ширину на уровне нормального подпора около 300 м.

Теоретический максимальный весенний расход выражается в 100 м<sup>3</sup>/сек.

Геологические условия створа несложны. Коренными породами являются граниты и метаморфические сланцы, трещиноватые в верхней части на глубину до 16 м. Зона контакта и напластования в кристаллической сланцеватой толще имеет падение, в общем, обратное течению реки.

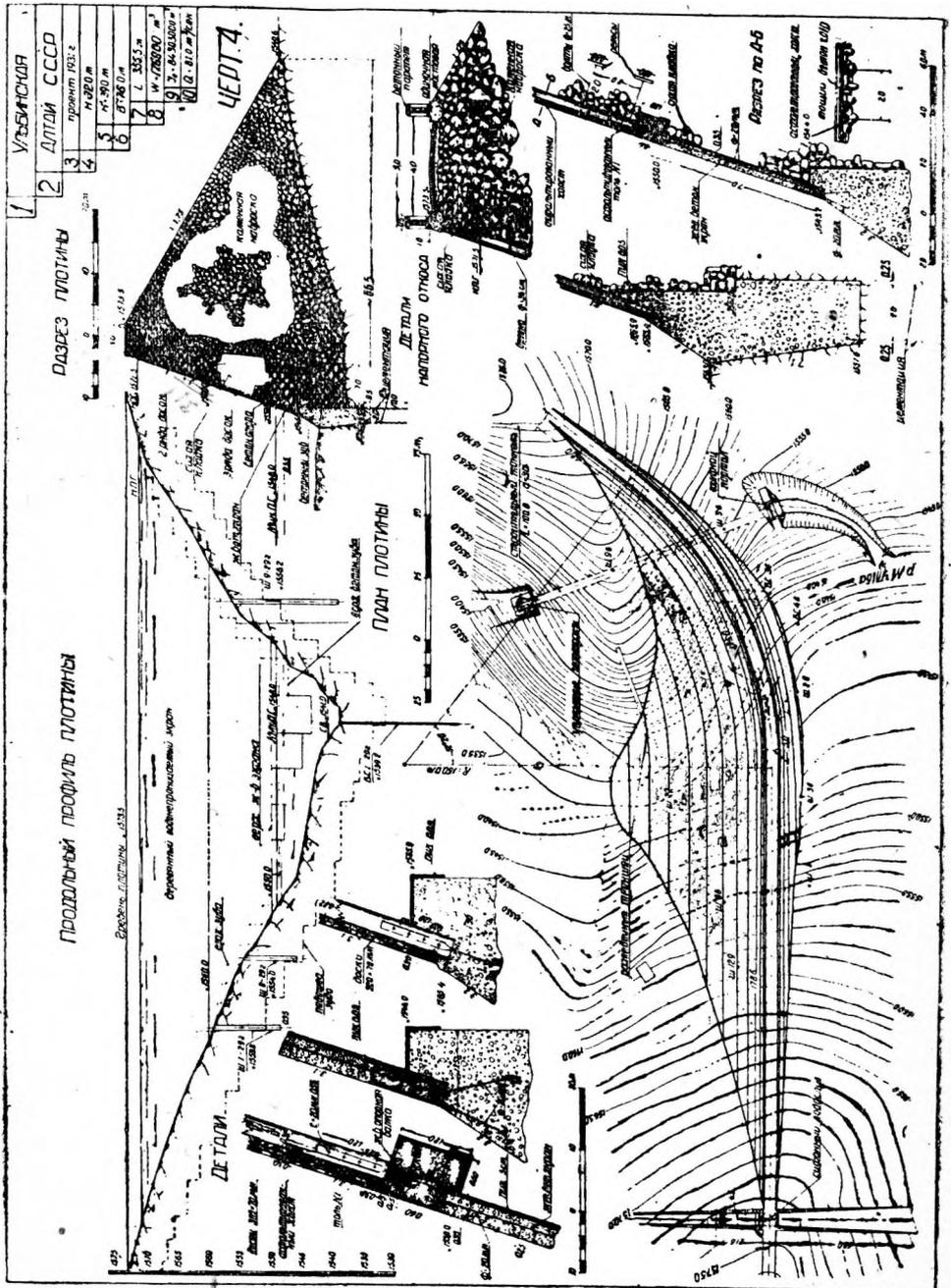
Коренные породы прикрыты около 1 м слоем делювия в виде щебнистых неоднородных суглинков, перемежающихся с гранитной дресвой или гравием ручьевого характера и содержащего большое количество угловатых валунов гранита и сланца.

**Тип и материалы тела плотины.** Необходимость максимального использования местных материалов в связи с удаленностью местности и дороговизной транспорта, а также наличие у места расположения сооружений карьеров крепкого камня заставили остановиться на типе плотины из каменной наброски. С напорной стороны устраивается стенка из сухой кладки, с бетонным зубом в основании и цементацией скалы под ним. Плотина в ее средней части имеет в плане криволинейное очертание. Радиус кривой — 150 м при центральном угле, равном 52°20'. Длина криволинейной части по оси плотины — 135 м, длина правой прямолинейной части — 42 м и левой — 178,5 м. Напорный откос выбран 3:1, что близко подходит к предельным случаям из мировой практики. Сухой откос принят 1 : 1,75, что вызывалось необходимостью большего обеспечения устойчивости плотины, принимая во внимание крутизну верховой грани. Стенка из сухой кладки имеет передний откос, совпадающий с напорным откосом плотины 3 : 1, а внутренний откос имеет уклон 1,1 : 1. От проектирования на низовом откосе горизонтальных берм в настоящем проекте отказались совершенно, так как наличие их не оправдывается ни требованиями устойчивости сооружений (при пологом заднем откосе), ни требованиями производства работ. По гребню плотины запроектирована шоссейная дорога.

Материалом для тела плотины служит гранит, добываемый на месте.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 39 м; ширина по верху — 5 м; по низу  $\approx$  76 м; ширина стенки из сухой кладки (по верху) — 2 м; длина плотины по гребню — 355,5 м.

**Противофильтрационные устройства.** Для предотвращения возможности фильтрации под основанием плотины, сквозь полуразрушенные породы гранита, в подошве верхового откоса запроектирован бетонный зуб. Ширина зуба по низу равна 2,5 м. Внутренняя грань

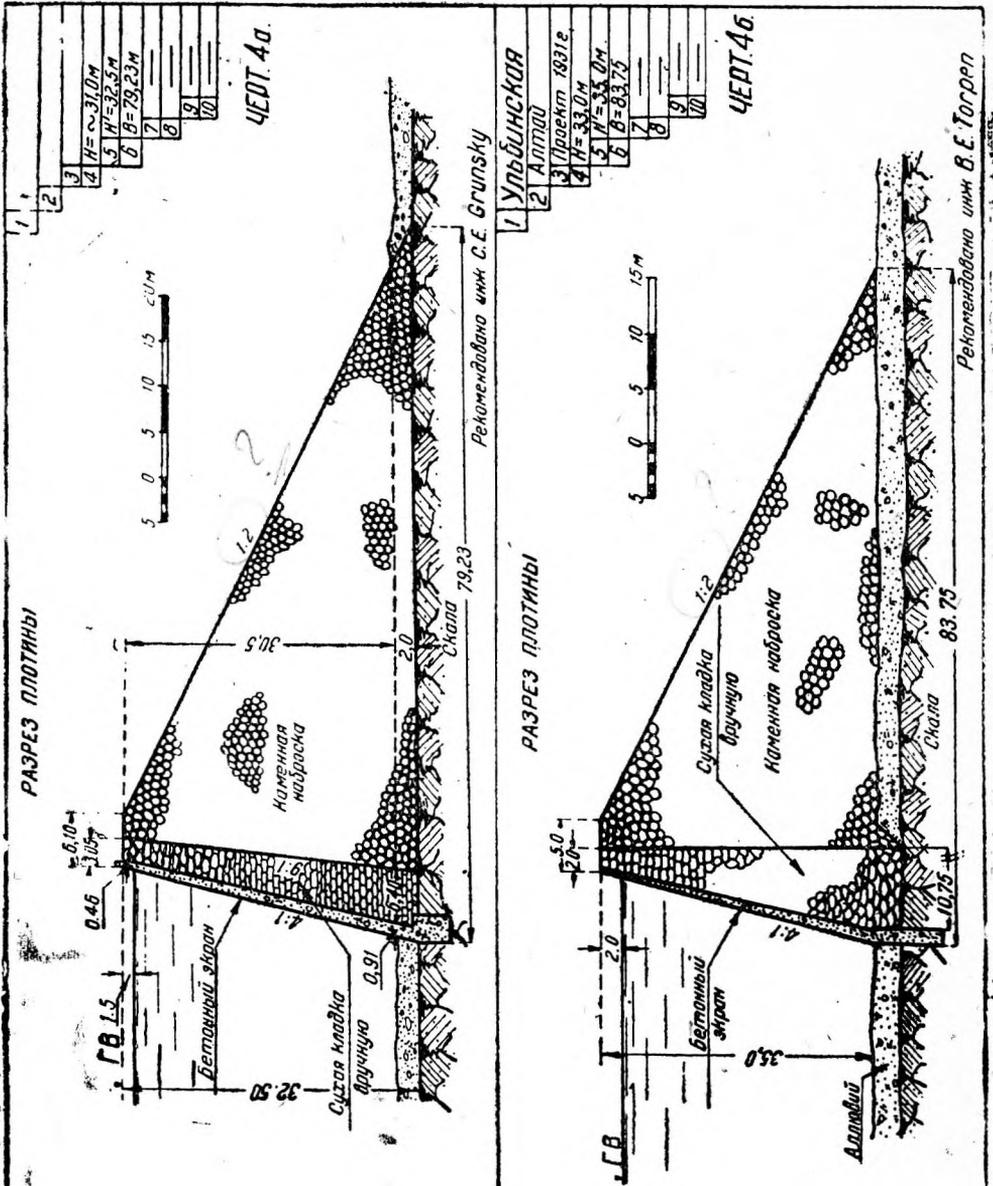


зуба вертикальна и в некоторых сечениях имеет уступ. Наружная грань зуба ломаная с уклоном в пределах скалы 7 : 1, а выше дна водохранилища — 1,5 : 1. Высота зуба около 10 м.

На продольном профиле как верхняя, так и нижняя грань зуба

запроектированы ступенями. Размер ступеней 15 м в пределах железобетонного экрана и 8 м — в пределах деревянного экрана.

Под основанием зуба устраивается цементация скалы на глубину 10 м.



Для Ульбинской плотины принят комбинированный тип экрана: ниже отметки 1550 м устраивается железобетонный экран, а выше — в пределах колебания призмы — деревянный экран из трех и двух рядов досок. Железобетонный экран выполнен в соответствии с очер-

таниями зуба из 7 плит, длиной по 15 м, высотой от 7,0 до 1,8 м и толщиной — 0,35 м.

Плиты опираются внизу на бетонный зуб, а сверху — на специальную железобетонную опорную балку, размером 1,0X1,20 м, с вынутыми краями для опирания плит. Отметка балки — 1550 м — находится на 2 м выше горизонта сработки призмы водохранилища, что обеспечивает доступность осмотра балки при низкой воде для периодического осмотра и ремонта нижней части экрана.

Для деформации и соответствия криволинейному очертанию плотины балки разрезаны температурными швами через каждые 15 м. Процент армирования плит — 0,5%, балок — 1%. Водонепроницаемость экрана достигается укладкой пика (асфальт с гудроном), толщиной 5 см, под всем экраном и во всех швах. Такой же слой пика укладывается вдоль всей верхней и внутренней грани зуба на глубину 0,5 м. Между собой плиты соединены вертикальными водонепроницаемыми швами с прокладкой медной пластинки, толщиной 3 мм, в качестве температурного компенсатора. Нижняя часть плит соединена шарнирно с зубом. Такое же шарнирное соединение имеется в температурных швах опорной балки.

Деревянный экран устраивается на лагах из бревен, стесанных на один кант. Лаги кладутся через 2 м и укрепляются болтами, диаметром 25 мм и длиной 2 м, заделанными в сухую кладку. Концы болтов для лучшего сопротивления выдергиванию пропущены через отрезки узкоколейных рельс, длиной 0,8 м. На лаги укладываются доски экрана, размером 70 X 300 мм, при чем от низа экрана до отметки 1560 м покрытие устраивается из тройного ряда досок, а выше этой отметки — из двойного ряда. Доски пришиваются гвоздями или костылями, при чем укладка их происходит таким образом, что каждый следующий ряд сдвинут относительно верхнего на половину своей ширины. По длине доски экрана соединяются в притык, лаги соединяются наращиванием с помощью железных колец. Сопряжение лаг с железобетонной балкой осуществляется при помощи анкерных железных прижимных 22-миллиметровых накладок, оканчивающихся круглыми стержнями. Для сглаживания неровностей сухой кладки, ее поверхность покрывается слоем тощего бетона, толщиной в 10 см. В двухслойной части экрана водонепроницаемость достигается заложением между досками асфальтированного холста, распространяющегося на всю площадь экрана. В трехслойной части экрана между наружной и средней доской заложен асфальтированный толь № 1, более дешевый изолирующий материал, весом 1 кв. м — 600 г. Деревянный экран по конструктивным соображениям выполняется ступенями, длиной 8 м.

**Дополнительные сведения.** Проект Ульбинской плотины был составлен с учетом новейших течений технической мысли в области сооружения плотин из каменной наброски. Американский инженер Grunsky<sup>1</sup> рекомендует устраивать тело набросной плотины со стенкой из сухой кладки с верховой стороны настолько крутой, насколько позволят местные условия. С напорной стороны стенка должна быть защищена бетоном. Внутренняя поверхность стенки из сухой кладки должна быть настолько крутой, чтобы отдельные камни наброски, соприкасающиеся с ней, могли бы оседать, не отодвигаясь от стенки. Оседание самой стенки должно быть исключено методом производства работ. Таким образом стенка будет надежной опорой водонепроницаемой бетонной одежды. Последняя, по мнению автора, будучи почти вертикальна, может быть надежно соединена и заанкерована со

<sup>1</sup> Military Engineer, IX—X 1930 г., № 125.

склонами долин без опасений, что она потеряет опору при осадке основной массы тела плотины. Консультант Гидроэлектростроя Торпен предложил для проекта Ульбинской плотины профиль, мало отличающийся от профиля, предложенного инженером Grunsky.

Водосбросные сооружения рассчитаны на  $81 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Для сброса части паводка запроектирован сифонный водослив, примыкающий к телу плотины на левом берегу. Другая часть паводка сбрасывается через тоннельный водоспуск.

Сифон имеет две секции, размером каждая  $2 \times 1,6 \text{ м}$ , пропускная способность каждой секции —  $20 \text{ м}^3/\text{сек}$ , а всего сифона —  $40 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Общая ширина сифона —  $7,0 \text{ м}$ , а длина его —  $26,5 \text{ м}$ . Покрышка сифона и разделяющие стенки устраиваются из железобетона, толщина покрышки принята  $0,25 \text{ м}$ . Оголовок водослива бетонный — врезается в скалу и сопрягается с бетонным зубом плотины.

Тоннельный водоспуск служит как для сброса паводка, так и для опорожнения водохранилища, а в период производства работ — для пропуска строительных расходов. Он расположен в правом скалистом берегу. Диаметр тоннеля —  $3 \text{ м}$ , длина —  $100 \text{ м}$  и уклон —  $0,005$ .

У входного портала предусматриваются пазы для шандор. Затвор (дроссель — диаметр  $2 \text{ м}$ ) располагается при выходе из тоннеля. Там же расположен патрубок с дросселем диаметром  $1 \text{ м}$ , для питания гЭС.

Приведенные здесь данные взяты из окончательного технического проекта плотины, который однако на месте изменен и производство работ начато по измененному проекту.

**Производство работ.** Объем работ тела плотины выражается в  $147\,600 \text{ м}^3$  каменной наброски и в  $28\,600 \text{ м}^3$  — сухой кладки.

Производство работ предусматривает подготовку основания под плотину путем снятия слоя наносов около  $1 \text{ м}$ .

При выполнении каменной наброски предполагается соблюдать следующие требования:

1. В основании плотины укладываются наиболее крупные массивы —  $2,35 \text{ м}^3$  каждый, а на них кладутся также крупные камни — объемом  $1—2 \text{ м}^3$ . По мере возведения плотины укладываются более мелкие камни  $0,4—1 \text{ м}^3$  и самые мелкие (менее  $0,4 \text{ м}^3$ ).

2. Со стороны сухой стенки укладка производится с особенно тщательным разравниванием набросной массы.

3. Средине тела наброски заполняется мелким и средним камнем.

4. Исключается присутствие в наброске песка и земляных примесей.

5. Процент содержания камня по крупности должен быть  $35\%$  от  $0,4$  до  $1 \text{ м}^3$ ;  $55\%$  — от  $1$  до  $2 \text{ м}^3$  и  $10\%$  — по  $2,35 \text{ м}^3$ .

Подробности производства работ не описываются, так как предусмотренные проектом положения фактически могут оказаться иными в период строительства.

#### Литературные источники

Г и д р о э л е к т р о с т р о й , Окончательный проект Ульбинской гидроэлектростанции, Москва, 1931 г.

## № 5. ТОПАРАВАНСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина (черт. 5) предположена постройкой на р. Топараван, вблизи выхода ее из озера Туман-Гель. Р. Топараван является притоком р. Куры, впадая в нее у селения Херт-виси, примерно на 46 км выше города Ахалциха, в Закавказье (Грузия).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью 197 млн. м<sup>3</sup>, которое предназначается для многолетнего регулирования стока р. Топараван с целью получения гидроэлектроэнергии.

**Год постройки.** Проект составлен в 1930 г.

**Местные условия.** Река Топараван у створа плотины образует каньон трапециевидальной формы с откосами около 1 : 2, с шириной на уровне запроектированного подпора около 180 м и на уровне уреза воды в реке около 40 м.

Метеорологические условия характеризуются сравнительной суровостью климата в связи с высокогорным расположением местности, с отметками над уровнем моря около 2000 м. Морозы доходят до —30°С.

Вследствие наличия ряда озер, через которые протекает р. Топараван выше створа, колебания расходов и горизонтов незначительны. Средний годовой сток 62,5 млн. м<sup>3</sup>.

Геология каньона представлена скальными базальтовыми породами. Наличие на месте камня, годного для сооружения плотины, с одной стороны, дальность расстояния от ж.-д. станции и отсутствие удовлетворительных дорог, с другой, послужили основанием для выбора типа набросной плотины.

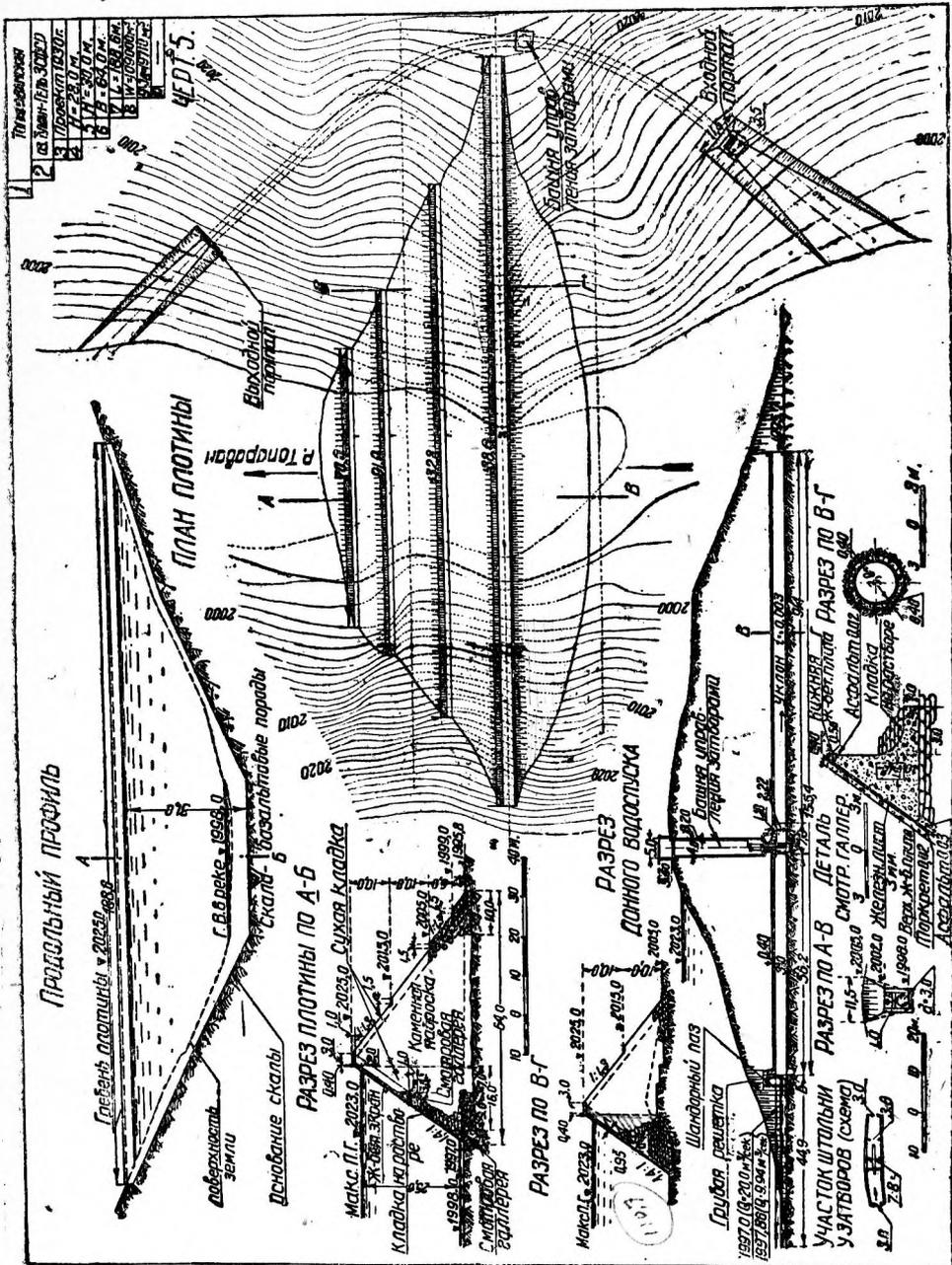
**Тип и материалы тела плотины.** Основная часть профиля плотины выполняется из каменной наброски. Наружный слой плотины у верхового откоса выполняется из кладки на растворе; толщина последней — 2 м у гребня и 9 м — у основания. Слой кладки на растворе опирается на слой кладки насухо, с шириной по основанию 7 м и с вертикальной задней гранью. К вертикальной грани примыкает каменная наброска. Низовой откос плотины укрепляется сухой кладкой, толщиной от 1 м у гребня и до 10 м у основания. Гребень плотины имеет бетонную обделку. Он расположен на отметке 2025 м на 2 м выше максимального подпертого горизонта. Заложение откосов принято: для верхового — 1,4 : 1 и для низового — 1 : 1,3 — на последнем устраиваются 3 бермы, шириною по 1,5 м, служащие для осмотра плотины и разбивки струй стекающих дождевых вод.

Материалом для тела плотины служат базальтовые породы, добываемые на месте.

**Основные размеры плотины.** Максимальная высота плотины—30,0 м. Ширина по гребню—3,0 м, длина по гребню—188,6 м. Ширина по основанию—64,0 м. Откосы напорный — 1,4:1 и сухой — 1:1,3.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается железобетонным экраном, а основания—бетонным зубом. Водонепроницаемый экран состоит из 2 слоев плит. Нижняя плита, толщиной 0,50 м, укладывается на стенку из кладки на

растворе. Поверхность ее заливается слоем асфальта, толщиной в 3,0 см, а затем укладывается железный лист, а по нему — слой торкрета 2,0 см. Поверх торкрета укладывается верхняя плита, толщиной в 0,40 м. По длине плотины по всей ее высоте на расстоянии 12 м



устройства устраиваются усадочные швы, толщиной 3,0 см, с перекрытием их волнообразными медными листами и последующим заполнением асфальтом. Внизу экран сопрягается с бетонным зубом, глубиной до 5,0 м.

В теле водонепроницаемой одежды, а также в теле плотины устраиваются смотровые галереи и шахты для наблюдения за состоянием плотины.

**Сооружения в теле плотины.** Сооружений в теле плотины за исключением смотровых галерей нет.

**Дополнительные сведения.** Для сброса паводковых вод устраивается водослив с отметкой гребня — 2023,5 м.

Водоспускное сооружение рассчитано на расход 20 м<sup>3</sup>/сек. Водоспускная напорная штольня проходит в скале на правом берегу реки.

Заборное сооружение расположено выше плотины на 100 м — в выемке, глубиной до 12 м. Перед входом в штольню устраивается решетка из полосового железа 10 X 100 мм. Штольня круглого сечения, которое определено из задаваемой скорости  $v = 3,00$  м<sup>3</sup>/сек. Площадь поперечного сечения штольни равна  $F = 6,6$  м<sup>2</sup>. Напорная штольня в будущем может быть использована для возможной установки силовой станции непосредственно за плотиной. Заборное сооружение указанного типа принято потому, что устройство башенного типа сопряжено с большими трудностями.

**Производство работ.** Проекта производства работ нет, имеется смета, из которой и приводим объем и стоимость работ.

Кубатура наброски . . . . .	69800 м <sup>3</sup>
Сухой кладки.. . . . .	21200 »
Кладки на цементномрастворе . . . . .	18000 »

**Стоимость работ.** Общая стоимость работ согласно смете, приложенной к проекту — 1 630 330 руб.

#### Литературные источники

Проект Топараванской гэс, Тифлис, 1930 г.

---

## № 6. КАРАГАНДИНСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина строится на р. Нуре в северо-восточной части Казахстана, в 30 км от г. Караганды в створе поселка Самаркандского (черт. 6).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, предназначенное для водоснабжения Карагандинского угольного района, г. Караганды, районной электростанции и железной дороги, а также для орошения прилегающих земель.

Объем водохранилища равен 260 млн. м<sup>3</sup>.

**Год постройки.** Год составления проекта — 1934 г.

**Местные условия.** Топографические условия района водохранилища характеризуются наличием широкой долины р. Нуры, доходящей на высоте нормального проектного подпора до 6 км выше плотины и сужающейся до 1,5 км у плотины. Средняя ширина меженного русла—13—15 м. Створ плотин характеризуется наличием крутого правого берега и пологого левого. Средняя высота над уровнем моря — 480 м.

Метеорологические условия отличаются резко континентальным климатом с морозами, доходящими до—35° С. Среднее число морозных дней—200. Среднегодовое количество осадков—252 мм, при испарении—1366 мм.

Гидрологические условия створа плотины характеризуются большим пиковым паводком до 500 м<sup>3</sup>/сек, ничтожными меженными расходами — до 0,5 м<sup>3</sup>/сек и местными промерзаниями реки до дна в зимнее время.

Расчетный расход для водослива принят в 1000 м<sup>3</sup>/сек. Средний годовой сток выражается в 250 млн. м<sup>3</sup>.

Геологические условия створа весьма своеобразны и сложны. Коренными породами являются: на правом берегу скала вулканического происхождения (альбитофиры), которая в общем довольно крепка, но очень трещиновата, поэтому водопроницаема. На косогоре она прикрыта слоем аллювиальных отложений и под руслом реки круто уходит вглубь. На левом берегу красные и зеленые глины, третичного или древнечетвертичного отложения, залегают, почти горизонтальным пластом под всем левобережным участком плотины, на глубине от 20 до 50 м под поверхностью земли.

Коренные породы прикрыты аллювиальными отложениями различного состава.

Русловая часть заполнена сильно фильтрующими ( $k=10—30\text{м/сут}$ ) песчано-галечными отложениями.

В левом склоне на коренных породах также лежат песчано-галечные отложения, покрытые прослойками и линзами песка, заиленного песка, супеска, суглинка и глины.

**Тип и материалы тела плотины.** Наличие у места расположения сооружений песчано-глинистых грунтов, а также относительно большое количество скальной выемки под водосбросное сооружение (около 100 000 м<sup>3</sup>), естественно, привели к смешанному типу плотины с использованием получаемых из выемки материалов.



вается 2-метровая берма. Такие же бермы имеются на верховом откосе на отметках 50,0 и 54,5 м.

Материалом для наброски служит камень, полученный из выемки под водосброс. Суглинок для насыпи с 15—25-процентным содержанием глинистых частиц берется из карьеров, расположенных на 0,5—1,0 км ниже плотины.

**Основные размеры плотины.** Плотина имеет общую длину по гребню 2000 м.

Левобережная часть, длиной 1400 м, высотой от 0 до 3 м имеет вид земляной дамбы. Русловая часть длиной 600 м имеет высоту от 3 до 20 м. Нормальный напор в максимальном сечении 18,0 м. Ширина плотины по основанию до 103,4 м. Ширина плотины по гребню для возможности двусторонней езды принята 8,0 м. Откосы: напорный от 1 : 4 до 1 : 2, сухой от 1 : 1,5 до 1 : 1.

**Противофильтрационные устройства.** Для сопряжения тела плотины с основанием, а также, с целью борьбы с фильтрацией, под верховым откосом устраивается глиняный зуб, который на правобережном склоне сопрягается со скальным основанием посредством бетонного зуба. Скала в этом месте цементируется в зависимости от трещиноватости на глубину до 5 м. Бетонный зуб примыкает к бутовой стенке водосброса, которая стоит на скале. В левобережной части плотины зуб полностью прорезает засоленные грунты, при чем, если при более подробном анализе окажется, что засоленность не опасна, то этого заглубления можно не производить.

Понур предусмотрен на левом берегу до горизонтали—52 и на правом берегу до горизонтали — 46. Материал понура тот же суглинок, что и в плотине. Для защиты от промерзания, в пределах колебания горизонтов верхнего бьефа, выше минимальной отметки 48 сработанной призмы, понур покрыт слоем песка. В случае особо проницаемых грунтов (галька, гравий) устраивается подготовка из песка, слоем до 1 м, с целью предупреждения вымывания глинистых частиц понура.

**Сооружения в теле плотины.** В теле плотины никаких сооружений нет.

**Дополнительные сведения.** Водосброс с пропускной способностью 1000 м<sup>3</sup>/сек расположен в скальной выемке правого берега. Водослив, длиной около 120 м, перекрывается 6-секторными железобетонными затворами с пролетами по 20 м и высотой—3 м. Водоспускное сооружение запроектировано в виде башни и расположено в скальной выемке непосредственно у левого конца водослива, при чем отводящий канал для этих сооружений является общим.

Опорожнение водохранилища и полезные попуски для орошения осуществляются через железные трубы: две диаметром 850 мм с отметкой оси 41,00 м, и две — диаметром 400 мм с отметкой — 46,75 м.

Описанный проект находится в проработке и возможны его изменения в связи с уточнениями геологических данных при вскрытии котлована. При этом могут быть внесены коррективы в части: 1) длины зуба и цементации, 2) отметок водосброса, 3) уменьшения каменной наброски за счет увеличения верховой насыпной призмы.

**Производство работ.** Объем каменной наброски плотины равен 103 750 м<sup>3</sup>. Объем земляной насыпи, включая и левобережную дамбу, равен 245 000 м<sup>3</sup>.

По календарному плану срок окончания всех работ по постройке большого Карагадинского водохранилища установлен 1/X — 1936 г. Основной и главной работой 1934 г. является разработка строительного канала (водоспуск) и связанная с ней каменная наброска плоти-

ны до отметки 50 м, включая устройство фильтра под ней и укладку понура в пойменной части реки.

В 1935 г. основными работами являются окончание каменной наброски плотины и зависящая от этого скальная выемка водосброса и возведение насыпной части плотины, включая устройство зуба, фильтры и отделочные работы по откосам.

В 1936 г. возводится левобережная дамба в пойме реки, длиной 1,2 км и заканчиваются все отделочные работы по плотине и водосбросу.

Пропуск расходов р. Нуры производится следующим образом: в июле 1934 г. возводятся перемычки 1-ой очереди, ограждающие основание под каменную наброску плотины, и вода отводится деревянным лотком, проходящим сбоку котлована. Длина лотка — 120 м, пропускная способность — 2 м<sup>3</sup>/сек. В ноябре 1934 г. вода проходит через каменную наброску под эстакадой, доведенной до отметки 50 м. Для пропуска воды паводка 1935 г. в каменной наброске оставляется отверстие 50 м с отметкой гребня—44 м. После 1935 г. река снова перегораживается перемычкой 2-ой очереди и вода с июня до конца строительства идет по строительному каналу, который должен быть к этому времени готов.

Наброску камня в тело плотины проектируется осуществить в три яруса с отметками — 44 м, 50 м и 56 м.

Из-за отсутствия к этому времени на площадке другого транспорта (август 1934 г.) камень подвозится по узкоколейной железной дороге. Начальные призмы камня каждого яруса отсыплются с эстакад, высотой не более 6,0 м. Последующая отсыпка производится при постепенном перемещении разгрузочных путей по бровке отсыпаемого слоя. Для уменьшения осадки тела насыпи сбрасываемый камень предполагается разравнивать вручную.

На строительстве предполагается широкое использование механизации.

**Стоимость работ.** Общая стоимость работ—10 041 000 руб.

#### Литературные источники

1. Г и д р о э л е к т р о п р о е к т , Технический проект большого Карагандинского водохранилища, 1934 г.
2. Г и д р о э л е к т р о п р о е к т , Уточнение технического проекта производства работ, 1934 г.

## № 7. НИЖНЕМАГНИТОГОРСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина строится на р. Урал около г. Магнитогорска Уральской области СССР (черт. 7).

**Назначение плотины.** Плотина строится с целью увеличения водоснабжения г. Магнитогорска. Объем водохранилища равен 60 млн. м<sup>3</sup>.

**Год постройки.** Плотина находилась в постройке с 1933 г. и первая очередь была закончена в 1934 г.

**Местные условия.** В геологическом отношении место постройки плотины характеризуется наличием суглинков в верхних слоях, дальше идут пески различной крупности. Коренные породы залегают на глубине около 10 м от поверхности русла реки и представляют собой трещиноватые порфиры и порфириты, чередующиеся с туфами и диабазами. Направление трещин параллельно к тальвегу, т. е. перпендикулярно к оси плотины.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина — смешанного типа.

Тело плотины состоит из защитного слоя — каменной мостовой и песка на верховой стороне (устойчивость рассчитана по способу Эренберга), из отсыпки, выполненной из суглинка, и каменной наброски с низовой стороны. Сопряжение тела плотины с основанием выполнено при помощи бетонного зуба, опущенного до соединения со скалой. Подошва низового откоса образована призмой из сухой кладки.

Таким образом основным материалом служат суглинки и камень, добываемые на месте.

**Основные размеры плотины.** Максимальная высота плотины — 18,0 м. Длина по гребню — 960 м. Ширина по гребню — 6,00 м, ширина по основанию около 100 м. Верховой откос — 1 : 2, 1 : 3 и 1 : 4; низовой — 1 : 1,4.

**Противофильтрационное устройство.** Водонепроницаемость тела плотины достигается отсыпкой из суглинка. Водонепроницаемость основания — цементацией скалы и бетонным зубом, высотой 7,1 м и шириной по низу — 1,60 м, по верху — 0,75 м.

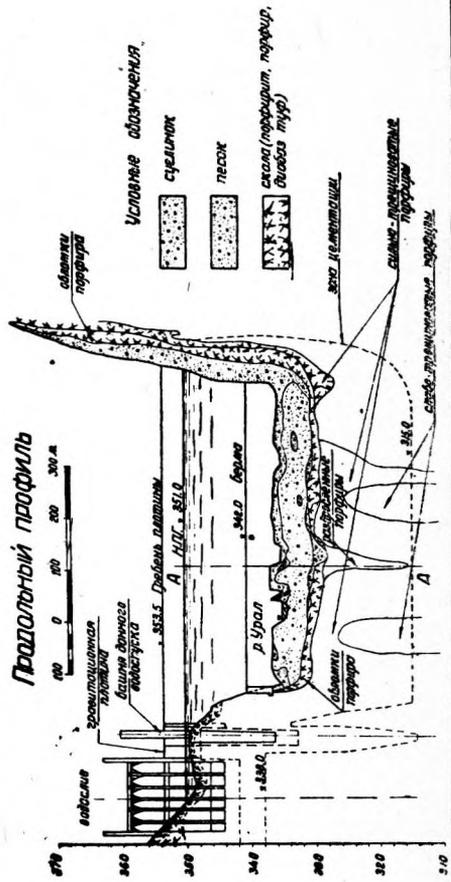
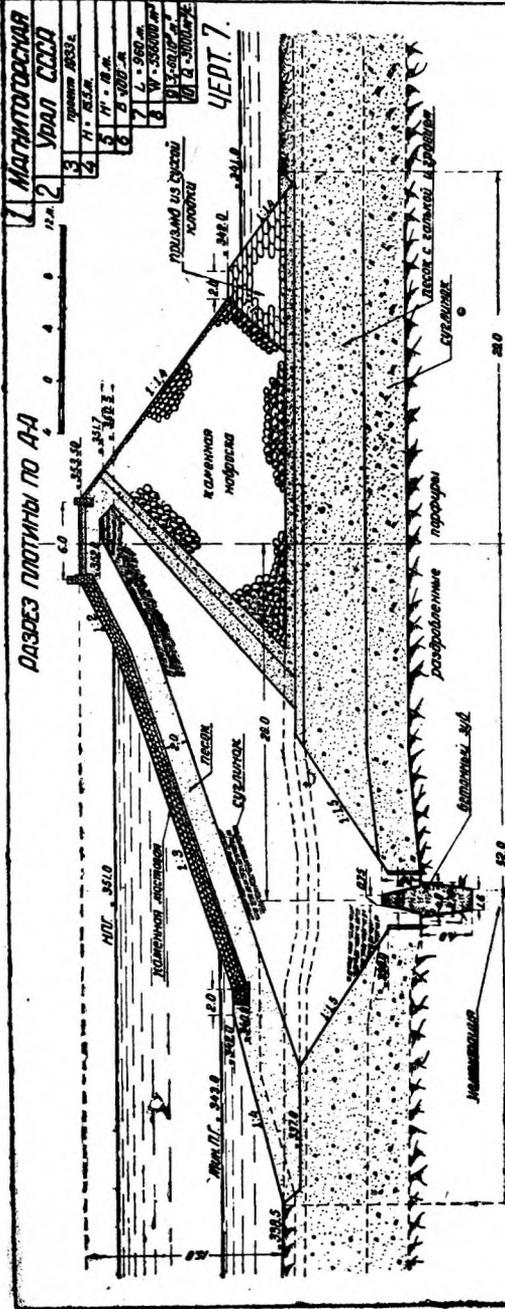
**Сооружения в теле плотины.** Сооружений в теле плотины нет.

**Дополнительные сведения.** Для сброса при плотине устроен водослив с 6 отверстиями, по 20 м каждое. Пропускная способность водослива 3 000 м<sup>3</sup>/сек. Для опорожнения водохранилища запроектирован водоспуск из трех труб.

**Производство работ.** Объем суглинка в теле плотины — 177 858 м<sup>3</sup>. Объем песка — 108 028 м<sup>3</sup>. Объем каменной наброски — 240 000 м<sup>3</sup>. Объем сухой кладки — 29.995 м<sup>3</sup>.

### Литературные источники

Н и ч и п о р о в и ч и и И с т о м и н а , Проектирование и постройка катаных земляных плотин, ч. I, 1936 г.



## № 8. КАРАЧУНОВСКАЯ ПЛОТИНА

**Местоположение плотины.** Плотина строится на р. Ингулец вблизи с. Карачуново, в Донбассе (Криворожье) (черт. 8 и 8 а).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище объемом в 280 млн. м<sup>3</sup>, предназначенное для водоснабжения Криворожского металлургического завода.

**Год постройки плотины.** Плотина находится в постройке с 1932 г.

**Местные условия.** Общая площадь водосборного бассейна р. Ингулец — 6479 кв. км. Чаша водохранилища перед входом ее в узкую часть долины р. Ингулец ниже с. Карачуново образуется соединением долин рр. Боковой и Ингульца с развитыми здесь лугowymi и надлуговыми террасами. Подпор от плотины распространяется по р. Ингульцу до с. Терноватки, охватывая участок примерно от с. Марьяновки до с. В. Кута с наибольшим падением реки. Общая площадь зеркала определяется в 63850 га со средней глубиной водохранилища в 7,0 м. Однако большая часть водохранилища будет иметь глубину 5—4 м. Тип плотины из каменной наброски с боковыми водосбросами обосновывается следующими предпосылками: 1) наличие гранитных берегов, прикрытых незначительной толщей наносных отложений, что дает возможность устройства боковых водосбросов в граните, при чем объем выемки камня лишь немного превышает кубатуру камня, необходимого для набросной плотины, 2) отсутствие в потребности для этого типа плотины большого расхода дефицитного материала — цемента, 3) возможность развернуть производство скальных работ в 4 карьерах с двух концов канала каждого водосброса, что усиливает темп работы и сокращает срок постройки.

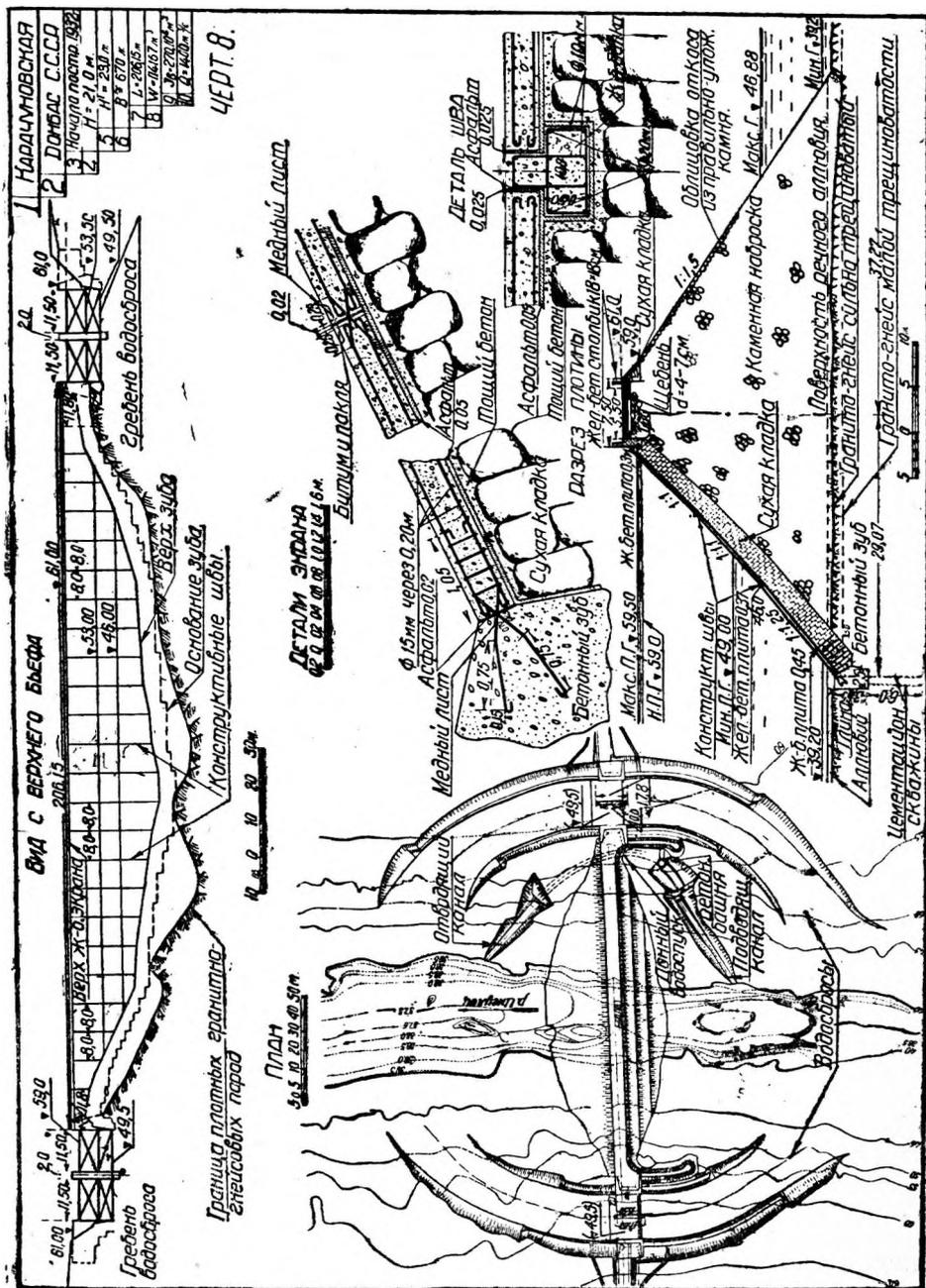
**Тип и материалы тела плотины.** Плотина из каменной наброски калифорнийского типа. По напорному откосу предположено устройство стенки из сухой кладки, а по низовому откосу — облицовка из крупного камня. Величина откосов принята: для напорного—от 1 : 1,25 до 1:1 и для низового — 1:1,5. По гребню плотины с напорной стороны устраивается тротуар и парпет, а с низовой стороны — перила; по гребню проходит проезжая дорога. Отметка гребня плотины принята 61,0 м, а нормального подпертого горизонта 59,0 м.

Материалом тела плотины служат граниты хорошего качества, разрабатываемые на месте в карьерах и выемках под водосбросы.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 23,0 м. Ширина по гребню — 7,5 м. Ширина по основанию — 67,0 м. Длина по гребню — 206,15 м. Превышение гребня над горизонтом воды — 2,0 м. Верховой откос от 1 : 1 до 1 : 1,25. Низовой откос — 1 : 1,5.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается устройством железобетонного экрана, а основания — бетонным зубом, заложенным вдоль напорной грани плотины на глубину 3,65 м, шириной по низу 2,5 м. На стенку из сухой кладки с напорного откоса кладутся железобетонные балки, по которым укладываются железобетонные плиты, толщиной от 0,30 до 0,45 м. Сухая кладка в целях водонепроницаемости покрывается слоем бетона 0,10 м и асфальта 0,05 м.

Водонепроницаемый экран у подошвы соединяется с бетонным зубом, который входит в скальные породы и проходит наиболее трещиноватую зону; основание зуба цементируется. Железобетонные плиты армированы двойной арматурой, диаметром 15 мм, с сеткой

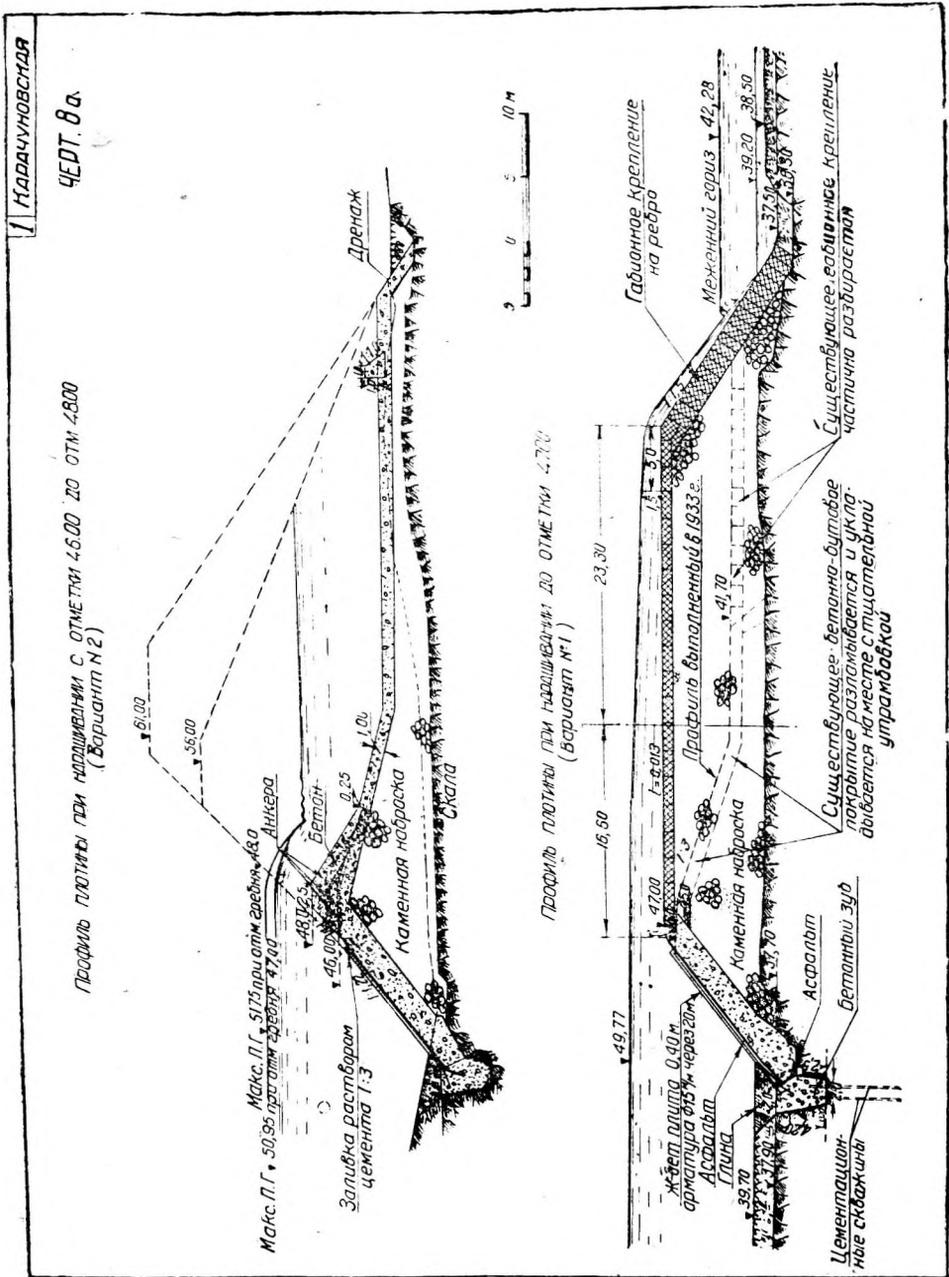


через 0,20 м. В местах перехода откосов запроектированы конструктивные швы с заделкой их асфальтом.

**Дополнительные сведения.** При плотине запроектированы правобережный и левобережный водосбросы, рассчитанные на пропуск па-

водка в 700 м<sup>3</sup>/сек каждый. Водосбросы разделены промежуточными бычками на два отверстия, с пролетом в свету каждый 10,5 м.

Как отводящий, так и подводящий каналы водосбросов проходят на отметке выше 55,0 м в разрушенных горных породах, прикрытых



наносным грунтом, а ниже этой отметки — в прочном граните. Это обстоятельство и определило различное заложение откосов в каналах (10:1) и (10:3). Через каналы водосбросов запроектированы железобетонные служебные мостики для маневрирования затворами сдвоен-

ного типа. В правом берегу запроектирована штольня с железными трубами, предназначенными для опорожнения водохранилища. Для маневрирования затворами донного водоспуска в верхнем бьефе устанавливается бетонная башня. При наличии большого зеркала водохранилища придется иметь дело с большими количеством льда, однако сброс льда через водосбросы не предусмотрен, а предполагается его задерживать в водохранилище до полного таяния, для чего в верхнем бьефе перед сооружением запроектированы запаны из бревен, скрепленных болтами на схватках.

**Производство работ.** Общий объем работ по Карачуновской плотине равен:

Объем сухой кладки.....	11 378 м <sup>3</sup>
» каменной наброски.....	100 261 »
» экрана.....	2 528 »
» выемки грунта под основанием.....	9 779 »

Проект производства работ Карачуновской плотины предусматривал ее осуществление за секционными перемычками или за перемычками, перегораживающими сразу все русло р. Ингулец. Отвод меженных и паводковых вод в обоих случаях должен был производиться штольной, пробитой в правом берегу, а дальше штольня, облицованная бетоном, должна была работать как донный водоспуск. Постройка плотины за перемычками, преграждающими все русло р. Ингулец, возможна была бы только в том случае, если бы проходка штольни и облицовка ее бетоном опередили работу по сооружению самих перемычек дней на 14—18, в противном случае пришлось бы начать сооружение плотины по секциям, как это было принято в техническом проекте Карачуновской плотины, т. е. сначала возводится перемычка и производятся работы по первой секции плотины, а параллельно этим работам в правом берегу пробивают штольню. Пробив штольню, облицовывают ее бетоном, устанавливают в штольне задвижку, а параллельно этому ведется работа по сооружению второй секции перемычек. Соединив секционные перемычки под общий котлован, тем самым преградили бы все русло р. Ингулец. К моменту смыкания перемычек штольня должна быть освобождена от опалубки и приготовлена к пропуску паводковых и меженных вод.

Однако создавшееся положение на месте начавшихся работ по постройке Карачуновской плотины после прохода паводка 1932 г. вызвало необходимость в несколько иных приемах по постройке плотины, чем они предполагались техническим проектом, исходившим из условий начала работ с сентября 1931 г.

Прежде всего надо отметить, что производство работ по постройке Карачуновской плотины, в виду одновременно ведущейся постройки Криворожского металлургического завода, осложнилось необходимостью обеспечить его водой в 1933 г., что потребовало удержания паводка 1933 г. при незаконченном полностью сооружении плотины. Отсутствие материалов фактического хода производства работ не дает нам возможности восстановить это обстоятельство в хронологическом порядке, однако некоторые характерные особенности, имеющие отношение к производству работ, нами освещаются ниже.

**Эксплуатационные данные.** Представленный в 1934 г. технический проект регулирования р. Ингульца Карачуновским водохранилищем предусматривал постройку плотины в две очереди с отметкой гребня плотины для первой очереди 48,00 м и второй (последней) — 61,00 м.

К концу 1933 г. плотина была выстроена до отметки 46,00 м. Возведенный профиль плотины представлял собой следующее: водоне-

проницаемый железобетонный экран, выведенный до отметки 46,00 м, и каменную наброску со стороны верхнего бьефа, выведенную до отметки — 45,00 м и прикрытую слоем бетона, толщиной 1,00 м. Гребень плотины на отметке 46,00 м имел ширину 5,00 м. За гребнем каменная наброска, прикрытая бетонным покрытием, идет на первых 13 м с уклоном 1:3, дальше следует 8-метровая горизонтальная площадка с отметкой 41,7 м, после чего бетонный слой опускается до скалы. В горизонтальном же направлении далее устроено покрытие каменной наброски габионным креплением до внешней грани низового откоса. На правом берегу для укладки камня устроена была параллельно с выемкой из котлована подпорная поперечная стенка до отметки 46,00 м, огораживающая водосливную часть с отметкой 46,0 м от возведенной до отметки 50,0 м правобережной части. Экран в своей бутобетонной части на правом берегу продолжен до отметки 50,50 м.

Поперечная стенка была сооружена в виде отдельных массивов, порядка 5,0 м, с толевой прокладкой между ними.

Паводок 1933 г. проходил слоем 1,3 м, из которого воды было 0,3 м, а льда—1,0 м, лед высокой прочности. Несмотря на тяжелые условия пропуска паводка, серьезных повреждений плотины не было и вода удерживалась на отметке гребня водослива, создав тем самым водохранилище, крайне необходимое для использования его летом 1933 г., т. е. задолго до полной готовности плотины. Повреждения, объемом 487 м<sup>3</sup> свелись к промоинам в водосливе. Промоины возникли прежде всего вследствие неплавного очертания водослива, что вызвало выкалывание льдом кладки, отличавшейся явно переменным качеством по длине сооружения; кладка возведена в зимнее время при плохих условиях твердения бетона. Данные эти получены в результате неполных исполнительных чертежей и со слов работников, почему следует их считать схематичными.

По заданию Союзводстроя Водоканалпроектом было разработано три варианта наращивания плотины от отметки 46,00 м.

Первый вариант предусматривает наращивание плотины до отметки 47,0 м с одновременным подъемом порога существующей плотины до той же отметки (47,00). От порога до края нижнего бьефа существующей плотины запроектирована сливная часть с креплением габионными тычками 2X1X0,8. Откос сливной части запроектирован 1:8,5. Проект наращивания предусматривает необходимость снятия бутобетонного крепления для лучшего сопряжения существующей плотины. Габионное же крепление предположено оставить с разрезкой проволоки ящиков. Объем работ по этому варианту выражается: каменной наброски — 5050 м<sup>3</sup> и габионного крепления — 3741 м<sup>3</sup>.

По второму варианту запроектировано наращивание плотины с отметки 46,00 до 47,00 и с 47,00 до 48,00 путем устройства водосливного бетонного оголовка через гребень плотины, конструкция последнего ясна из чертежа. Однако этот вариант осуществлен не был. Строительством принят и осуществлен первый вариант, который пропустил два паводка 1933—1934 г. с небольшим разрушением крепления в нижнем бьефе.

Второй и третий варианты по очертанию профиля не различаются, но имеется отличие по конструкции профиля.

В основном очертание профилей представляет собой порог, шириной 5 м с отметкой 47,50, отнесенный к низовому откосу плотины, что гарантирует верховой откос плотины от размыва. Полученные скорости значительны и доходят до 10,3 м/сек. Габионное крепление по второму варианту запроектировано тычком, а по подводящей части—плашмя. Размеры габионов: 2X2X0,8 м.

Объем работ по третьему варианту: наброски—12 175 м<sup>3</sup> и габионов — 4503 м<sup>3</sup>.

Четвертый вариант. Подводящая часть укрепляется сухой кладкой камня, порядка 32 кг, низовой откос кладкой на растворе в виде стенки, в подпорной стенке для ее разгрузки от давления воды делаются отверстия.

Объем работ по четвертому варианту: каменной наброски— 11 566 м<sup>3</sup>, сухой кладки — 2893 м<sup>3</sup> и кладки на растворе — 2500 м<sup>3</sup>.

В январе 1935 г. на месте производства работ имелось следующее: плотина в ее набросной части выполнена до отметки 47,00, стенка из сухой кладки и экран — до отметки 48,00. Бетонобутовое крепление восстановлено для пропуска паводка 1935 г.

**Стоимость плотины.** Стоимость плотины 6 351 000 руб.

#### Литературные источники

1. Гидротехстрой, Эскизный проект Карачуновской плотины, 1931 г.
  2. Спецстройпроект, Технический проект, 1932 г. и Материалы Водоканалпроекта и Союзводстроя.
  3. Техничко-производственный отчет строительства за 1934 г.
-

## Б. ИНОСТРАННЫЕ НАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ

### № 1. ПЛОТИНА САН-ГАБРИЭЛ № 1 (SAN-GABRIEL)

**Местоположение плотины.** Плотина Сан-Габриэл № 1 строится в ущелье р. Сан-Габриел, находящемся в 13 км по дороге к северу от г. Ацуза Южной Калифорнии (Лос-Анджелес) (черт. 9).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 80 млн. м<sup>3</sup>, для смягчения паводков для орошения нескольких тысяч гектар апельсиновых садов Лос-Анджелеса.

**Год постройки.** Строительство начато в 1932 г. Срок постройки принят в 5 1/2 лет.

**Местные условия.** Плотины Сан-Габриэл № 1 и 2 сооружаются взамен запроектированной ранее гравитационной плотины высотой 150 м, постройку которой пришлось прекратить вследствие неблагоприятных геологических условий основания. Ущелье, в котором расположены плотины, сложено из сильно трещиновых диоритов, на большую глубину затронутых процессом выветривания; дно ущелья прикрито значительной толщей песка и гравия, подстилаемых плотной галькой, глубина залегания которой различна.

**Тип и материалы тела плотины.** Тело плотины состоит в основном из каменной наброски. С напорной стороны укладывается слой сухой каменной кладки, которая служит основанием водонепроницаемому экрану. Толщина этой кладки у основания плотины до 10,7 м; кверху она уменьшается, доходя у гребня до 2, 5 м. Вдоль напорной грани закладывается зуб, который прорезает основание на глубину около 10 м. Камень для наброски и сухой кладки по техническим условиям должен быть прочный, не выветрившийся. Для этой цели открыты подходящие карьеры.

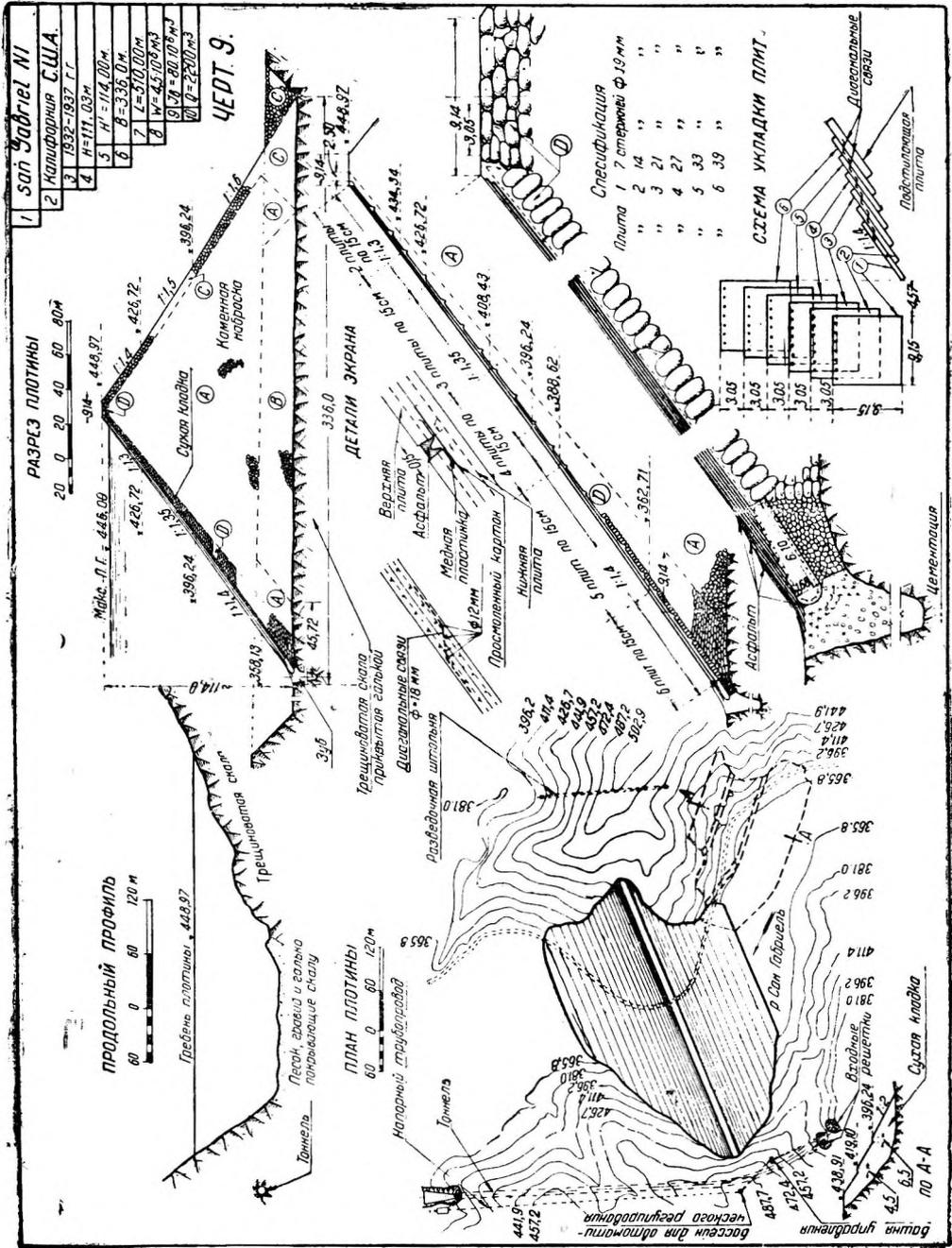
Главная часть наброски состоит из камня категории А, 40% которого состоит из камней весом до 434 кг, 30% — от 434 до 1360 кг и 30% — от 1360 до 6350 кг. На низовом откосе применяется камень типа С. Половина камней этой категории должна быть весом свыше 2700 кг, другая половина — свыше 6350 кг. На верховом откосе применяется камень категории Д. Эта категория имеет ввиду отборный камень, начиная с небольших размеров и кончая камнями до 10 т, однако 50% камней должно быть весом не менее 6350 кг.

**Основные размеры плотины.** Максимальная высота плотины — около 114,0 м, ширина по основанию — 336,0 м; ширина по гребню — 9,14 м. По гребню прокладывается дорога около 5 м шириной. Напорный откос изменяется от 1:1,3 до Г: 1,4; низовой — от 1:1,4 до 1:1,6, длина по гребню — 510 м.

**Противофильтрационные устройства.** Русло реки на всем протяжении плотины очищается до самых глубоких слоев крупной и плотной гальки. В подошве верхового откоса устраивается зуб, прорезающий скалу на глубину до 10 м. В основании зуба скала цементируется на глубину от 10 до 30 м. Скважины для цементации располагаются на расстоянии 1,5 м друг от друга. Водонепроницаемый зуб по проекту состоит из бетона; в верхнем внутреннем углу зуба сделана выкружка,

диаметром 1,65 м, в которую качающаяся опора с максимальной толщиной 1,68 м и длиной 6, 10 м. Эта качающаяся опора создает шарнирное соединение между жестко закрепленным зубом и экраном.

упирается своим полукруглым концом толщиной 1,68 м и длиной 6, 10 м. Эта качающаяся опора создает шарнирное соединение между жестко закрепленным зубом и экраном.



Напорный экран запроектирован из железобетонных плит, размером 9,15X9,15X0,15 с металлической сеткой, диаметром 12 мм, через 30 см в обоих направлениях. Процент армирования — 0,3%. Экран уложен на постель из железобетона с сильной арматурой. Толщина

ее сверху — 0,30 м и внизу — 0,61 м. Плиты экрана не являются оди-  
ночными; сверху две плиты ложатся одна на другую с асфальтовой  
прослойкой между ними, что дает экран, общей толщиной 0,30 м.  
Внизу экран состоит из 6 плит по 0,15 м и имеет общую толщину  
0,9 м. Плиты соединяются между собой диагональными связями, от  
которых отходят анкера, заглубленные в бетонные опоры на глубину  
1,06 м. Расстояние между анкерами, считая по откосу, равно 9,15 м.

**Дополнительные сведения.** Водослив намечен в проекте в правом  
берегу, однако проект его не был закончен разработкой, в виду еще  
происходящих испытаний моделей в гидравлической лаборатории.  
Предполагалось, что в 1934 г. проект водослива будет закончен, что  
не задержит работ по постройке сооружения. Водоспуск запроектиро-  
ван в виде тоннеля, диаметром 9,14 м, проходящего в левом берегу  
в 63 м от ближайшей точки тела плотины.

**Производство работ.** Объем работ потребует около  $4\frac{1}{2}$  млн.м<sup>3</sup> кам-  
ня, включая сухую бутовую кладку напорной стороны. Для транспор-  
тировки строительных материалов на место работ, используются, во-  
первых, шоссеная дорога, проходящая через г. Ацуза, и, во-вторых—  
две железные дороги, идущие через тот же город. Они соединяются  
вместе и от них отводится ветка к месту работ.

Программа работ по экскавации предусматривает в первую очередь  
выемку по подошве плотины на левом берегу и экскавацию для глав-  
ного тоннеля.

**Стоимость работ.** Вся плотина, включая водоспускные приспособо-  
бления и водослив, будет стоить 10 млн. долл.

#### Литературные источники

1. WCN 10/□ — 1932 г.
  2. WCN II — 1932 г.
  3. WCN 10/□II — 1932 г.
  4. А н и с и м о в , Проектирование глухих плотин, 1934 г., стр. 134.
-

## № 2. ПЛОТИНА САЛТ СПРИНГС (SALT-SPRINGS)

**Местоположение плотины.** Плотина Салт Спрингс построена на р. Мокелумне в 107 км. восточнее г. Сакраменто, в штате Калифорния. Расположена она в высокогорном районе в верховьях реки на отметке 1200 м над уровнем моря и на расстоянии 76 км от ближайшей ж.-д. станции (черт. 10).

**Назначение плотины.** Образованное плотинной водохранилище, емкостью в 160,5 млн. м<sup>3</sup>, служит для регулирования стока воды, используемого нижерасположенными гидростанциями с суммарной мощностью в 146 000 квт.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1929 г. и закончена в 1931 г.

**Местные условия.** Недоступность и отдаленность места расположения плотины, трудность транспорта и, с другой стороны, наличие неограниченных возможностей получения в районе сооружения хорошего гранита в качестве материала для каменной наброски решили вопрос о ее типе.

При таких условиях все другие типы плотины не могли конечно конкурировать с плотинной из каменной наброски. Глубокое ущелье, где построена плотина, сложено из плотных гранитов, которые в пределах русла реки прикрыты толщей аллювиальных отложений. Эти отложения представлены здесь плотно слежавшимися валунами, которые полностью были удалены в пределах верховой части плотины; в нижней же части они оставлены и на них производилась наброска камня.

**Тип и материалы плотины.** Тело плотины выполнено из каменной наброски, верховой откос укреплен слоем сухой кладки, являющейся основанием для уложенного по нему полужесткого железобетонного экрана. Таким образом плотина Салт Спрингс является плотинной того же типа как и прочие калифорнийские плотины: Дикс-Ривер, Струберри и Морена; однако необычайная высота для данного типа плотины потребовала особого внимания к назначению откосов. Основываясь на опытах по определению угла естественного откоса каменной наброски, произведенных на месте работ, низовому откосу плотины придан переменный уклон, меняющийся от 1 : 1,35 до 1 : 1,20. В местах перехода от одного уклона к другому устраиваются бермы в 3 м шириною. Всего бERM — три и среднее заложение низового откоса получается 1 : 1,40.

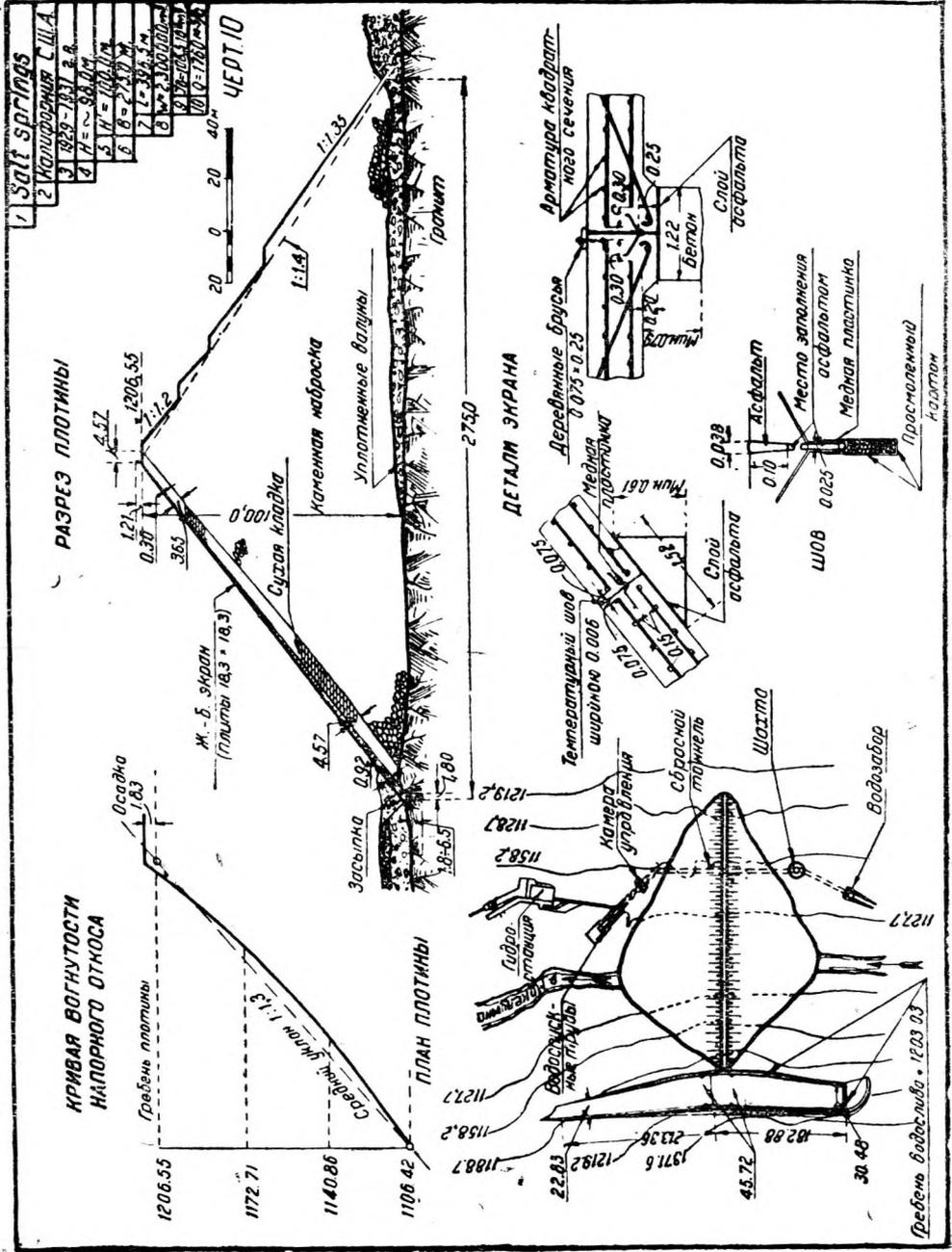
Материалом каменной наброски служит прочная гранитная порода, полученная при выемке бокового водослива и специально заложеного карьера.

**Основные размеры плотины.** Ширина плотины по гребню — 4,57 м. Высота над основанием — 100,00 м, ширина подошвы — 275,00 м. Длина плотины по гребню, находящемуся на отметке — 1206,55 м, — 396,5 м. Средний уклон напорной грани — 1 : 1,3 и низовой грани — 1 : 1,4.

**Противофильтрационные устройства.** Сопряжение тела плотины с основанием выполнено при помощи бетонного зуба, 1,8 м толщиной, при глубине в зависимости от высоты плотины от 1,8 до 6,5 м. Зуб

всюду доведен до надежной скалы и является непосредственным продолжением экрана плотины.

В пределах русла реки, где высота плотины превышает 61,0 м, основание под зуб плотины было подвергнуто цементации через бу-



ровые скважины, диаметром 5 см и глубиной 15,3 м, заложенные через 1,8 м. В берегах же, где высота плотины была менее 61,0 м, эти буровые скважины были заложены через 3 м, при чем глубина их постепенно уменьшалась от 13,3 м до 7,6 м.

Водонепроницаемость тела плотины достигается устройством железобетонного экрана, уложенного по напорному откосу. С целью придания гибкости он выполнен в виде отдельных железобетонных плит, размером 18,3 X 18,3 м, толщина их переменная и колеблется от 0,3 м у гребня и до 0,92 м у основания. Для большей водонепроницаемости плиты выполнены из плотного бетона: песок и щебень получались дроблением гранита. Расход цемента 277 кг/м<sup>3</sup> бетона. Временное сопротивление 28-дневных образцов бетона на сжатие равно около 210 кг/см<sup>2</sup>.

Плиты экрана у основания армированы двойной арматурой, состоящей из стержней 25X25 мм, уложенных через 23 см в обоих направлениях к гребню плотины. Содержание арматуры уменьшается постепенно к гребню плотины, где состоит из одного ряда стержней тех же размеров, уложенных через 33 см.

Водонепроницаемость швов достигается медной прокладкой, заделанной в две смежных плиты с заполнением шва асфальтом. В местах пересечения швов горизонтальных с вертикальными медные пластинки сварены между собой, благодаря чему достигнута сплошная водонепроницаемость экрана в целом. Толщина шва между плитами около 25 мм. Швы заполнены асфальтом. Переход железобетонного экрана в зуб основания обычно является слабым местом набросной плотины. Неизбежная осадка вызывает в месте соединения полужесткого экрана с жесткой конструкцией зуба трещины. Для избежания указанных явлений примыкающая к основанию кладка вдоль всего зуба плотины выполнена на растворе.

Верховому откосу плотины придано криволинейное вогнутое очертание, чтобы избежать после окончания осадки образования выпуклости, которая может повлечь раскрытие швов. Кроме того гребень плотины имеет предусмотренную на осадку выпуклость, достигающую в середине 1,83 м.

**Сооружения в теле плотины.** Отвод реки во время постройки плотины происходил через строительный тоннель, диаметром 5,8 м, который в дальнейшем использован как деривационный и как донный водоспуск для опорожнения водохранилища.

Тоннель имеет длину 335 м, проходит в граните и расположен на правом берегу. Стенки его облицованы слоем бетона (без арматуры), толщиной 44 см и подвергнуты цементации под давлением 7 атм. В конце тоннель переходит в две металлических трубы, диаметром по 3,0 м и длиной по 61 м. Эти трубы могут пропустить расход в 185 м<sup>3</sup>/сек. Поступление воды регулируется дроссельными затворами.

**Дополнительные сведения.** Отвод паводковых вод осуществляется через глухой боковой водослив, вырубленный в прочном граните на левом берегу ущелья. Общая длина водослива — 396,34 м. Отметка гребня — 1203,03 м, т. е. на 3,52 м ниже гребня плотины. Толщина переливающегося слоя — 2,29 м. Водослив рассчитан на пропуск 1360 м<sup>3</sup>/сек, т. е. такой расход, который превышает в 3,5 раза максимальный наблюдаемый в этом месте. Ширина канала в начале—30,48 м и в конце —22,83 м, уклон принят — 5%. Канал сбрасывает воду в русло реки.

**Производство работ.** Общий объем тела плотины около 2 300 000 м<sup>3</sup> при объеме сухой кладки — 162 000 м<sup>3</sup> и объеме железобетона 32 000 м<sup>3</sup>.

Чтобы выполнить эти работы в требуемый срок, месячная производительность заготовки и укладки скалы была доведена до 93 000 м<sup>3</sup>. Если учесть то обстоятельство, что работы протекали в высокогорном районе, доступном только автомобилю, то успех выполнения этих

грандиозных работ должен быть приписан их организации. Сравнительно малый тоннаж строительных материалов и оборудования, транспортируемого на место работ, не мог оправдать больших затрат на транспорт, поэтому все грузы доставлялись автотранспортом. Для установления сообщения с местом работ в течение 1926/27 г. была построена временная строительная дорога, которая связала строительство с ближайшей ж.-д. станцией. Для выполнения намеченной программы работ в течение трехлетнего периода потребовалось перебросить к месту работ около 20 000 т грузов. Тяжелые условия для автотранспорта вполне оправдали сооружение щебеночной дороги с уклоном до 8%. Для электроснабжения строительства построена постоянная линия электропередачи, длиной 61 км. На месте работ был построен хорошо оборудованный рабочий поселок, рассчитанный на 500 человек.

Работы начались подготовкой основания: предварительно река была отведена в строительный тоннель, после чего и было преступлено к удалению наносных отложений до скалы. Эта выемка производилась экскаваторами с отвозкой вынутого грунта на автомобилях на свалку и частично на планировку поселка. Всего было удалено около 230 000 м<sup>3</sup> наносов, из которых валуны и крупные обломки в количестве до 50 000 м<sup>3</sup> были использованы как материалы для наброски тела плотины. Работы по очистке основания потребовали 10 месяцев времени. Котлован под зуб, шириной в 1,8 м и максимальной глубиной до 6,1 м, был заложен в плотном граните. Бетонировка зуба, бурение скважин для цементации основания зуба, также экскавация наносов предшествовали основным работам по возведению тела плотины. Одновременно с этими работами велись работы по вскрытию карьеров и подготовке материалов для наброски. Требуемый для возведения плотины камень был получен при разработке 4 карьеров, из которых 3 были заложены вблизи плотины на правом берегу, а в качестве 4-го была использована выемка под водослив на левом берегу. Наибольший карьер был заложен на правом берегу на отметке 1160 м и был рассчитан на добычу 960 000 м<sup>3</sup> скалы.

Выемка под водослив дала около 370000 м<sup>3</sup> камня для наброски. Выемка велась двумя электрическими экскаваторами с объемом ковша в 1,50 м<sup>3</sup> и 1,75 м<sup>3</sup>. В виду ограниченного фронта работ в котловане водослива, каждый экскаватор при двухсменной работе разрабатывал около 13000 м<sup>3</sup> камня в месяц. Добытый камень грузился в само-разгружающиеся на гусеничном ходу прицепы, которые передвигались тракторами.

К концу 1929 г. в тело плотины было уложено около 1 100 000 м<sup>3</sup> камня; средняя месячная производительность всех карьеров за время май-октябрь была около 93000 м<sup>3</sup>, а максимальная — достигала 104000 м<sup>3</sup>, при чем работало 4 электрических экскаватора в две смены по 8½ часов в течение 27 дней в месяц. Для подготовки больших взрывов бурение в карьерах производилось буровыми станками с электроприводами, которыми проходились скважины, диаметром 14,5 см и глубиной от 18,30 м до 55,0 м, в зависимости от высоты обнаженной поверхности карьера. По основанию карьера закладывались буровые скважины, диаметром 5 см, через 2,4 м с глубиной 7,3 м. Весь камень добывался большими взрывами. Самый большой взрыв доставил 250 000 м<sup>3</sup> камня при затрате 38 т динамита.

Для погрузки заготовленного камня из каменоломен были использованы два электрических экскаватора на гусеничном ходу, с объемом ковша в 3,0 м<sup>3</sup>. В среднем каждый из экскаваторов подавал в месяц 33000 м<sup>3</sup>, не считая 5% отходов карьера. Малый процент отходов

является показателем прекрасного качества гранитов. Добытый камень в карьерах грузился непосредственно на саморазгружающиеся металлические платформы нормальной колеи, емкостью по 22 м<sup>3</sup> каждая. Во всех карьерах погрузка производилась в думкары или тракторные прицепы без переброски взорванной породы в пределах карьера. Принятая мощность экскаваторов ограничила размеры глыб камня до 8,8 м<sup>3</sup>. Кроме того транспортировка камня происходила при помощи 20-тонных электровозов с одной и двумя платформами. Расстояние от карьеров до места укладки не превышало 610 м. Ограниченные размеры профиля плотины лишили возможности применить здесь круговое движение поездов и заставили применить 48-тонные ж.-д. платформы с гидравлическим подъемником, опрокидывающим платформу назад. Это дало возможность производить наброску верховой части плотины без эстакад, применение которых очень опасно для людей, занятых на укладке напорного откоса. Кладка тела плотины началась с возведения слоя наброски, высотой в 22,8 м, вдоль верховой грани плотины. Затем была произведена укладка верхового откоса и уширение слоя наброски в сторону низового откоса до размеров, определяемых профилем плотины. При этом плоскость отсыпи наброски определялась углом ее естественного откоса в 36° 32' (уклон — 1 : 1,35). Аналогичным методом производилась наброска следующих слоев. Отдельные камни достигали веса до 23 т. Пустоты между крупными камнями заполнялись мелочью с гидравлическим разравниванием. Для этой цели работали 5 насосов с производительностью по 75 л/сек. Укрепление верхового откоса крупным камнем производилось при помощи электрических кранов со стрелой 10,7—12,2 м, смонтированных на гусеничном ходу. Каждый из них обслуживал фронт работ от 60-90 м, передвигаясь по уложенному ниже слою сухой кладки. Каждый из кранов при двухсменной работе укладывал около 22 000 м<sup>3</sup> кладки в месяц. Для приготовления бетона для экрана были построены бетонный и камнедробильный заводы на левом берегу, выше гребня плотины.

#### Литературные источники

1. ENR 16/1 — 1930 г.
2. ENR 28/VI11—1930 г.
3. А н и с и м о в , Проектирование глухих плотин, 1934 г., стр. 123.

### № 3. ПЛОТИНА ДИКС-РИВЕР (DIX-RIVER)

**Местоположение плотины.** Плотина построена на р. Дикс в штате Кентукки США на отметках около 240 м над уровнем моря, в 3,5 км от ж.-д. линии (черт. 11).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью 370 млн. м<sup>3</sup>, для регулирования работы расположенной ниже гидростанции.

**Год постройки.** Работы начаты в 1923 г. (август) и окончены в 1925 г.

**Местные условия.** Плотина расположена в узком каньоне с крутым левым и обрывистым правым склоном. Ширина ущелья на уровне гребня плотины 315 м при глубине его — 83,82 м.

Ущелье сложено из плотных известняков, прикрытых в русле реки аллювиальными отложениями.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина калифорнийского типа из каменной наброски с водонепроницаемым экраном. Профиль плотины трапециевидного сечения с ломанными откосами.

В плане плотина имеет криволинейную верховую грань, выпуклостью в сторону водохранилища, образуемую кривыми, с радиусами 381 м и 518 м.

На продольном профиле плотина имеет выпуклость по гребню, обращенную кверху, а именно: в середине гребень выше, чем у боков, что связано с осадкой плотины пропорционально высоте различных сечений.

В напорной части плотины по откосу каменной наброски тщательно уложена циклопическая сухая кладка, толщиной от 1,37 м у гребня до 4,27 м у основания.

Материалом для наброски служит плотный известняк, добываемый из карьеров у створа плотины. Водопоглощаемость известняка — 0,079%. Временное сопротивление раздавливанию от 880 до 1050 кг/см<sup>2</sup>.

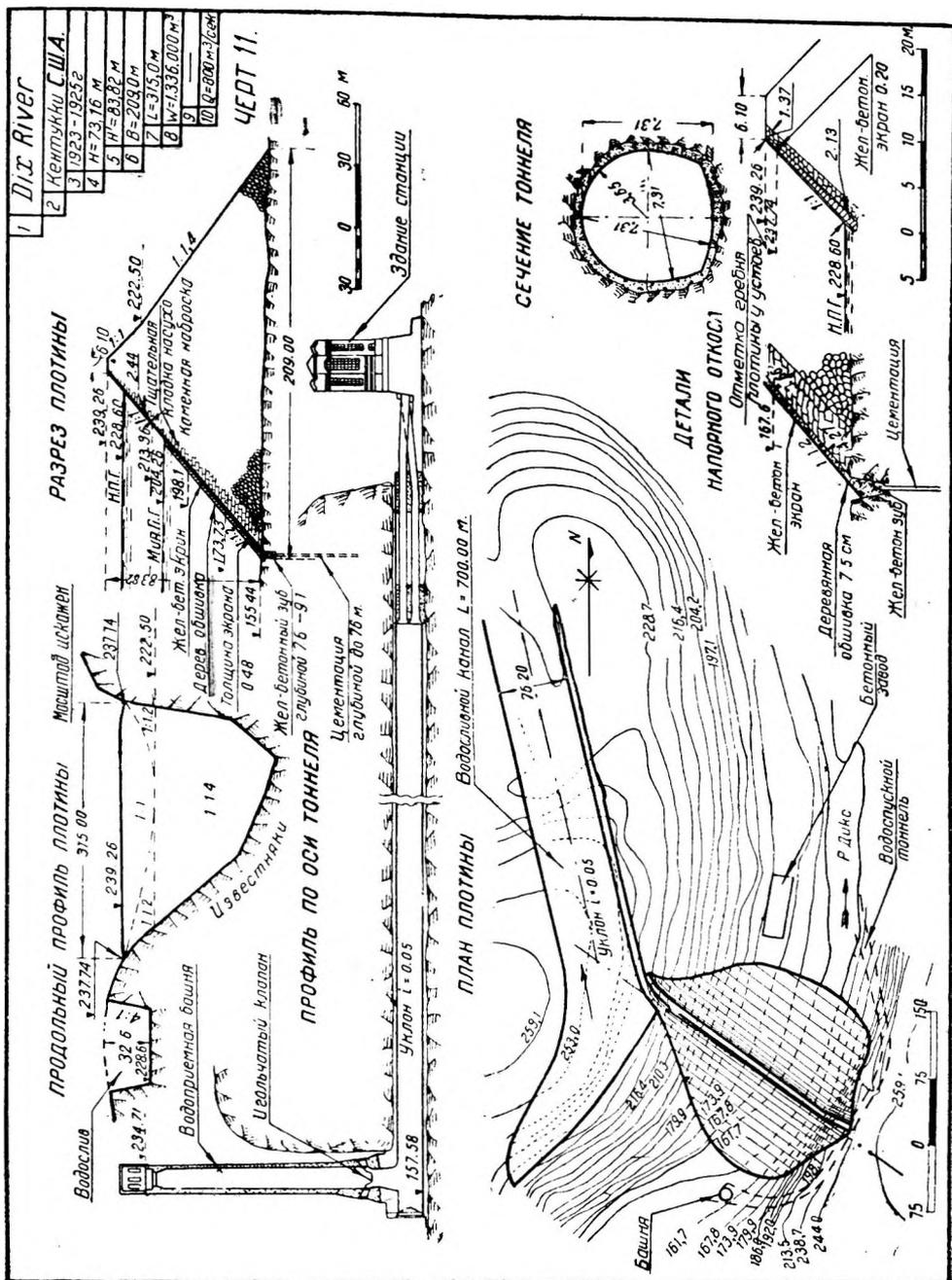
**Основные размеры плотины.** Длина плотины по гребню — 315 м. Ширина по гребню — 6,10, м. Ширина по основанию — около 209 м. Высота плотины — 83,82 м. Верховой откос изменяется от 1 : 1 у гребня и до 1 : 1,2 у основания. Низовой откос имеет значения 1 : 1 и 1 : 1,2 у гребня и 1 : 1,4 у основания плотины.

**Противофильтрационные устройства.** Аллювиальные отложения и выветрившиеся известняки прорезаны по всему контуру верхового откоса зубом до плотной скалы. Глубина заложения зуба меняется от 7,6 до 9,1 м.

С целью большей безопасности от возможного просачивания воды под зубом произведена цементация скалы на глубину до 76 м. Для этого были пробурены сквозь зуб скважины, диаметром 76 мм, через 1,5—3,00 м.

На зуб опирается железобетонный экран, уложенный по циклопической кладке. Экран, толщиной, меняющейся от 0,20 м у гребня и до 0,48 м у зуба, армирован на 0,5% прутьями, уложенными в обоих направлениях и заанкеренными в массивы сухой кладки.

Экран разделен швами расширения на панели, размерами 14,6 м — в горизонтальном направлении и 21,3 м по направлению откоса. Плиты по периметру опираются на бетонные ребра, которые являются конструктивной особенностью швов. В циклопическую кладку плотины



горизонтальные ребра углублены на 0,76 м, а вертикальные на 1,05 м. В швах проложены изогнутые медные пластинки, выше которых заклинены 2,5-сантиметровые доски из пробкового дерева.

Для увеличения водонепроницаемости часть экрана, расположен-

ная ниже отметки 204,26 м (минимального горизонта воды в водохранилище), покрыта деревянной обшивкой, которая при производстве работ служила в качестве опалубки. Обшивка состоит из 7,5-сантиметровых припазованных сосновых досок, прианкеренных к арматурной сетке экрана.

**Дополнительные сведения.** Для опорожнения водохранилища, а также для подачи воды на гидростанцию используется тоннель, служивший при постройке плотины для отвода воды. Сечение тоннеля подковообразное с размерами 7,31 X 7,31 м.

Стенки его облицованы слоем бетона. У входного портала тоннеля построена железобетонная водоприемная башня, высотой 79,25 м, с внутренним диаметром 6,7 м.

Расход в тоннеле контролируется балансированным иглочатым клапаном, диаметром 5,18 м, помещенным на высоте 18,29 м от пола резервуара. Этот клапан работает электрическим приводом, управление которым находится наверху башни.

На расстоянии 35,7 м от низового портала в тоннеле устроена бетонная пробка, через которую проложены три стальных трубы, идущие к трем турбинам гэс.

Отвод паводковых вод производится через боковой водослив, вырубленный в скале левого берега, с порогом на отметке — 228,60 м, т. е. на 10,66 м ниже гребня плотины. Так как выемка под водослив являлась одновременно и карьером для материала наброски, то его размеры определялись не столько пропускной способностью для сброса паводков, сколько требуемым объемом материала для наброски тела плотины. Водослив имеет ширину в 76,2 м и наибольшую глубину — 32,6 м, при длине канала около 700 м. Последний имеет уклон 0,5% и при площади водосборного бассейна в 1067 кв. км может пропустить расход в 5660 м<sup>3</sup>/сек, что превышает в 7 раз максимальный паводок, наблюдаемый за 13 лет.

**Производство работ.** Для сооружения плотины потребовалось заготовить в карьерах и доставить к месту работ около 1 336 000 м<sup>3</sup> камня размерами от мелочи до 8 кг весом отдельного куска, который в основном был получен при разработке водослива и от взрыва берегов ущелья. Работы по сооружению плотины протекали в отдаленной местности, лишенной путей сообщения, поэтому естественно предварительные работы заключались в постройке шоссейной дороги для автотранспорта, длиной около 3,5 км, которая соединила место постройки с ж.-д. станцией. Одновременно с этим на левом берегу ущелья был построен благоустроенный рабочий поселок, рассчитанный на 1000—1200 человек. Все работы по сооружению плотины были механизированы, что позволило их выполнить в сравнительно короткий срок. До приступа к работам по возведению тела плотины были удалены все наносные отложения и выветрившиеся породы как в русле реки, так и в берегах ущелья. На работах по очистке основания и выемке котлована под зуб были заняты 2 экскаватора, с объемом ковша по 2,67 м<sup>3</sup>, установленные на ж.-д. путях нормальной колеи, и два экскаватора по 0,57 м<sup>3</sup>. Добытый материал грузился в думкары емкостью в 12 м<sup>3</sup>, нормальной колеи и в вагонетки, емкостью 3 м<sup>3</sup>, узкой колеи — 0,91 м и отвозился на свалку.

Экскавация у боков производилась вращающимися экскаваторами двумя по 0,57 м<sup>3</sup> и одним — 1,15 м<sup>3</sup>, нагружавшими вагонетки узкой колеи.

Работы по котловану были разбиты на три секции и производились в период низкой воды, при чем каждая секция была отделена перемычками.

Разработка скалы произведена электрическим бурением и небольшими взрывами, взорванный материал удалялся дерриками.

После очистки основания на левом берегу ущелья началась наброска камня в тело плотины, в то время как на противоположном берегу продолжались работы по очистке. В начале наброска выполнялась 18-метровым слоем, но в связи с работами по водоотводному тоннелю, было решено наброску производить слоем в 36 м. Для этой цели по контуру уложенной массы наброски были проложены ж.-д. пути, передвигаемые к центру по мере роста наброски. С увеличением высоты и уменьшением ширины наброски до размеров, не позволяющих развернуться с железнодорожными путями, для отсыпки наброски была построена легкая деревянная эстакада, высотой 18,3 м, оставленная по окончании работы в теле плотины. При помощи эстакады была уложена узкая полоса наброски, которая затем была расширена до требуемых размеров отсыпью камня по откосу. Это дало возможность перекладки железнодорожного полотна от центра к периферии.

Разравнивание камня при наброске его производилось струей воды, и других способов при этом не применялось.

Три 78-тонных паровых экскаватора с емкостью ковша 2,67 м<sup>3</sup>, из которых два на гусенице и один на колее нормального типа нагружали скалу в думкары, емкостью 12 м<sup>3</sup>. Восемь 48-тонных паровозов перевозили пятиплатформенные поезда с камнем от карьеров к плотине. Движение поездов контролировалось блокировкой. За время работ пропущено благополучно при помощи этой системы 20000 поездов. Взрывные работы производились при помощи черного пороха и динамита. Двумя большими взрывами было получено 120000 м<sup>3</sup> скалы, из которых около 50% было непосредственно сброшено в тело плотины. Сухая кладка по напорному откосу выполнена из крупных глыб, весом от 3—8 т и уложена высококвалифицированными итальянскими каменщиками. Для укладки были использованы 20 жестких дерриков. Бетон, необходимый для укладки плит экрана, приготовлялся на бетонном заводе, расположенном на левом берегу. Он доставлялся на место работ при помощи кабельного крана. Работы производились круглые сутки.

**Эксплуатационные данные.** Осадка плотины закончилась через 4 года и в максимальном сечении достигла 0,52 м, что составляет около 0,62% от высоты ее. .

#### Литературные источники

1. W e g m a n, The desing and constructino of dams, стр. 279б.
  2. К р и г е р , Гидроэлектрический справочник, т. I, стр. 292.
  3. ENR, № 94 — 2—IV—1925 г., стр. 548.
  4. ENR, 25—VI—1925 г., стр. 1058.
-

#### № 4. ПЛОТИНА САН-ГАБРИЭЛ № 2 (SAN-GABRIEL)

**Местоположение плотины.** Плотина Сан-Габриэл № 2 (черт. 120 находится в Южной Калифорнии и расположена на р. Сан-Габриэл в ущелье того же названия, приблизительно в 20 км выше плотины № 1.

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 16 млн. м<sup>3</sup>, которое вместе с водохранилищем № 1 служит для регулирования паводков, а также для орошения апельсиновых садов Лос-Анджелеса.

**Год постройки.** Постройка начата в 1932 г., будет окончена в 1937 г.

**Местные условия.** Ущелье Сан-Габриэл сложено трещиноватыми скальными породами, покрытыми толщей наносов, состоящих из гальки, песка и гравия.

**Тип и материалы тела плотины.** В основном тело плотины состоит из каменной наброски, с напорной стороны которой укладывается слой сухой кладки, толщиной — в 5,5 м у основания и 2,0 м у гребня, служащий основанием водонепроницаемому экрану. Низовая сторона плотины покрыта слоем наброски из особо крупных камней.

Главная масса плотины состоит из камней класса А, которые содержат в своем составе 40% камня — весом до 434 кг, 30% — весом от 434 до 1360 кг и 30% имеют вес от 1360 до 6350 кг. Подошва плотины состоит из кладки класса В, который содержит камни, превышающие по весу 2,7 т.

Вся конструкция плотины аналогична с конструкцией плотины Сан-Габриэл № 1.

Материалом для кладки и наброски служит камень хорошего качества, добываемый в специально заложенных карьерах.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 77,72 м. Ширина по основанию плотины — 233,16 м, длина по гребню — 176,78 м.

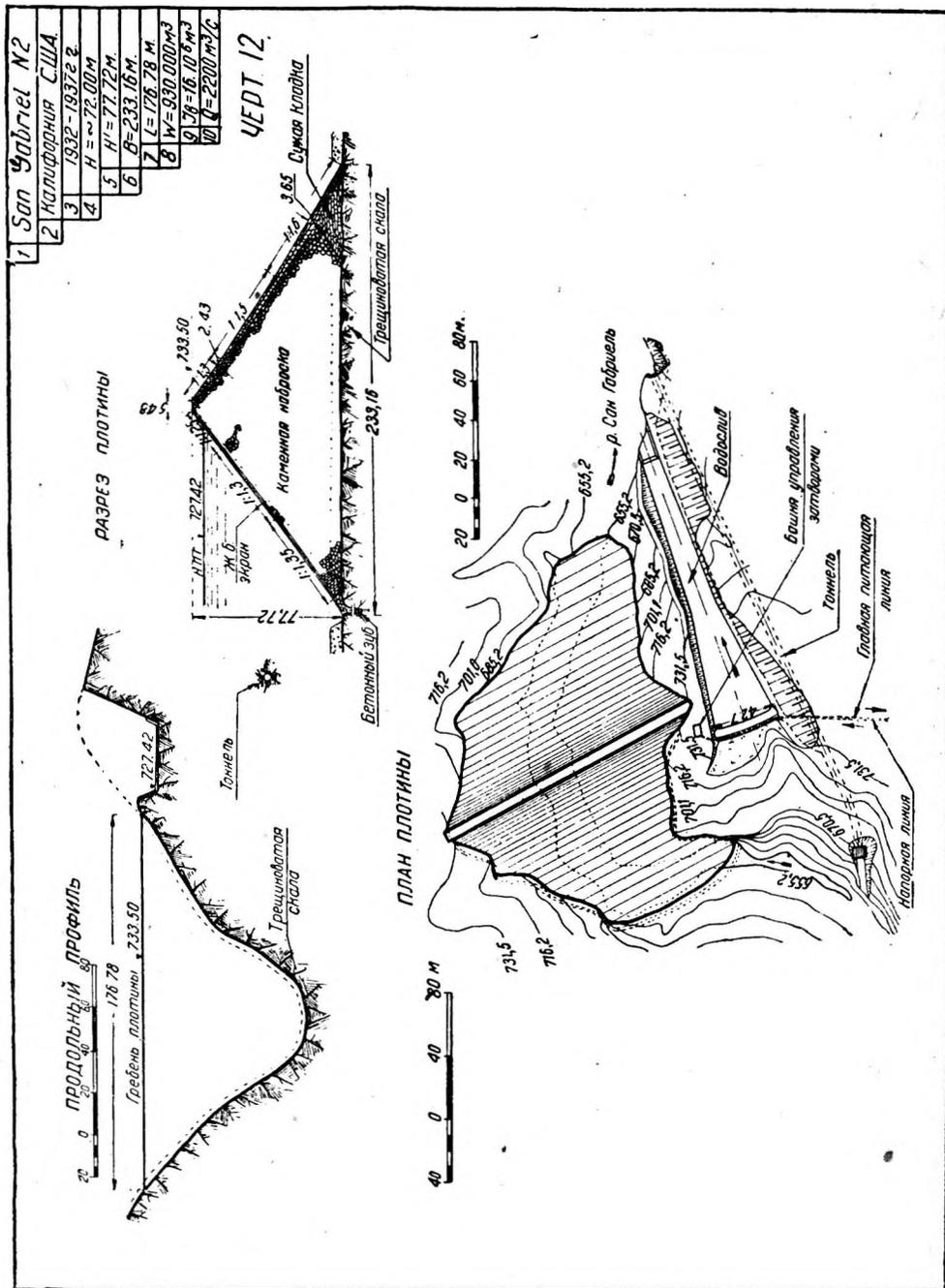
Верховая грань имеет переменный откос 1 : 1,25; 1 : 1,30 и 1 : 1,35. Низовая грань имеет также переменный откос — 1 : 1,3; 1 : 1,5 и 1 : 1,6.

**Противофильтрационные устройства.** Особенный интерес плотин Сан-Габриэл № 1 и 2 представляет конструкция слоистого экрана; в основу этой конструкции положена относительная гибкость ее, что достигается путем устройства экрана из нескольких рядов плит, уложенных друг на друга по асфальтовому слою, толщиной в 4 мм.

Слоем асфальта преследуют две цели, с одной стороны, им достигается усиление водонепроницаемости экрана, а с другой — он дает отдельным слоям возможность слегка перемещаться при осадке каменной наброски. Экран разделен швами на отдельные квадратные плиты, при чем необходимо отметить, что горизонтальные швы между плитами имеют необычную толщину в 10 см каждый. Сделано это потому, что вследствие неизбежной осадки материала, экран имеет тенденцию как бы сократиться по площади, при чем это сокращение по наблюдениям в Америке равно 1% от высоты плотины. Широкие горизонтальные швы экрана позволяют сжатие без опасности расплющивания и прогиба. Вертикальные швы имеют ширину 25 мм, при чем они вос-

принимают не только усадочные изменения, но и температурные деформации. В слоях плит швы расположены по известной схеме с перевязкой.

Этим удлиняется путь для фильтрационной воды и можно считать, что никакой серьезной утечки быть не может.



Экран обеих плотин Сан-Габриэл № 1 и 2 имеет идентичную конструкцию (см. Сан-Габриэл № 1). У подошвы плотины в сопряжении с зубом экран имеет пять слоев, толщиной по 15 см каждый. По мере

продвижения к гребню плотины количество слоев уменьшается и доходит до 2 на последних 17 м ее высоты. Арматура отдельных плит составляет 3%. До укладки плит, стенка сухой кладки сглаживается слоем тощего бетона, чтобы создать ровную поверхность для экрана. Сопряжение экрана с зубом основания выполнено особенно тщательно. Гибкая железобетонная плита, толщиной в 1,5 м и шириной 6 м шарнирно присоединена к зубу по всей его длине, образуя прочное соединение, способное приспособиться к осадкам плотины.

**Дополнительные сведения.** На правом берегу запроектирован водослив с шириной порога — 42,70 м. Здесь же расположен донный водоспуск в виде тоннеля.

**Производство работ.** Объем тела плотины равен 930 000 м<sup>3</sup>. Работы по очистке участка под плотину производились гидравлическим способом согласно договору, запрещающему производить взрывные работы. Подготовительные работы требовали удаления породы с площади 1,37 га — на правом берегу и 1,15 га — на левом берегу. На расстоянии 137 м от оси плотины, вверх по течению, был установлен центробежный двухступенчатый насос, непосредственно соединенный с мотором в 250 л. с. Производительность этого агрегата составляла около 8 л/сек при напоре 91,44 м и высоте всасывания — 2,44 м. От насоса вниз по течению к оси плотины был проведен сварной трубопровод, диаметром 0,30 м, разветвленный на две ветви, уложенные по деревянным эстакадам. На насосе и сопле были установлены затворы. Для смыывания породы был применен гидромонитор, диаметром 0,15 м, стандартного типа. Работа по размыванию породы обычно начиналась соплом, диаметром 6,23 см с давлением до 13 кг/см<sup>2</sup> с тем, чтобы обеспечить необходимую силу струи. Позднее были использованы сопла, диаметром в 10 см и 15 см с давлением от 2 до 0,5 кг/см<sup>2</sup> для смыывания породы вниз по течению, мягкие грунты легко поддавались размыву; основная часть грунта смывалась в продолжении первых нескольких часов работы установки. Производительность гидромеханических работ выразилась в первые 24 часа около 152 м<sup>3</sup> в час; для смыывания породы вниз по реке и для размывания больших кусков породы потребовалось дополнительно 22 часа. К концу мая было удалено 17 480 м<sup>3</sup> породы с правого берега, при затрате воды в объемном отношении по отношению к смываемому материалу—10,7 : 1. Всего для удаления 21 280 м<sup>3</sup> ненужной породы потребовалось 198 часов с более мощной струей и остальные 186 часов были использованы на смывание вниз разрыхленной породы с применением сопел больших диаметров. Максимальная производительность работ по удалению пород составляет — 228 м<sup>3</sup>/час, средняя производительность — 106,4 м<sup>3</sup>/час.

Струя от каждой установки направлялась касательно массе пород, которые подлежали удалению. Расстояние, измеренное радиально от монитора до самой дальней точки размыва, не превышало 76 м (250 фут.).

Подготовленное основание цементировалось через буровые скважины под давлением.

Разработка карьеров производилась взрывами, при чем отдельные взрывы давали до 152 000 м<sup>3</sup> камня. Транспортировка камня производилась на грузовиках по приготовленной для этой цели дороге. Погрузка производилась экскаваторами с объемом ковша в 3,4 м<sup>3</sup>. Наброска велась со стороны низового откоса отдельными слоями, с верховой стороны велась кладка 16-тонным краном. На западном берегу был построен бетонный завод с производительностью 22 м<sup>3</sup> в час.

**Стоимость работ.** Общая стоимость работ определена в 3 000 000 долл.

**Литературные источники**

1. WW, 15/X 1932 г., № 21.
  2. WCN, № 10, стр. 243. VI—1933 г.
  3. ENR, 15/IX 1932 г.
  4. ENR, 23/VI 1932 г., стр. 904.
  5. А н и с и м о в , Проектирование глухих плотин, 1934 г.
-

## № 5. ПЛОТИНА КОГОТИ (COGOTI)

**Местоположение плотины.** Плотина Коготи находится в Чили (черт. 13).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище для целей ирригации.

**Год постройки.** Постройка плотины окончена в 1931 г.

**Местные условия.** Район Чили характеризуется наличием больших и частых сейсмических явлений, это обстоятельство потребовало создания специального сейсмостойкого типа плотины, которым и явилась плотина Коготи.

**Тип и материалы тела плотины.** Сейсмостойкость типа плотины основана на двух принципах:

1) устройстве каменной наброски, не поддающейся действию подземных ударов, что достигается соответствующим подбором уклона откосов,

2) создании эластичного неломящегося водонепроницаемого экрана.

Углы наклона граней плотины определены на основе тщательных и долгих изучений оползневых и сейсмических явлений в районе постройки и соответствуют углам естественного откоса материала. Каменная наброска у верхового откоса в данном случае не имеет никакой правильной укладки ни сухой, ни на растворе, ни бетонной. Поверх наброски по откосам сделана лишь дополнительная присыпка камня, прикрытая на напорной стороне толстым слоем гравия, который является подушкой для экрана. Толщина присыпки камня от 8,8 м у основания уменьшается до нуля у гребня, а толщина подушки из отсеянного и промытого гравия изменяется от 5,1 м по основанию до 2,4 м у гребня.

Таким образом верховая грань плотины выполнена под углом значительно меньшим угла естественного откоса.

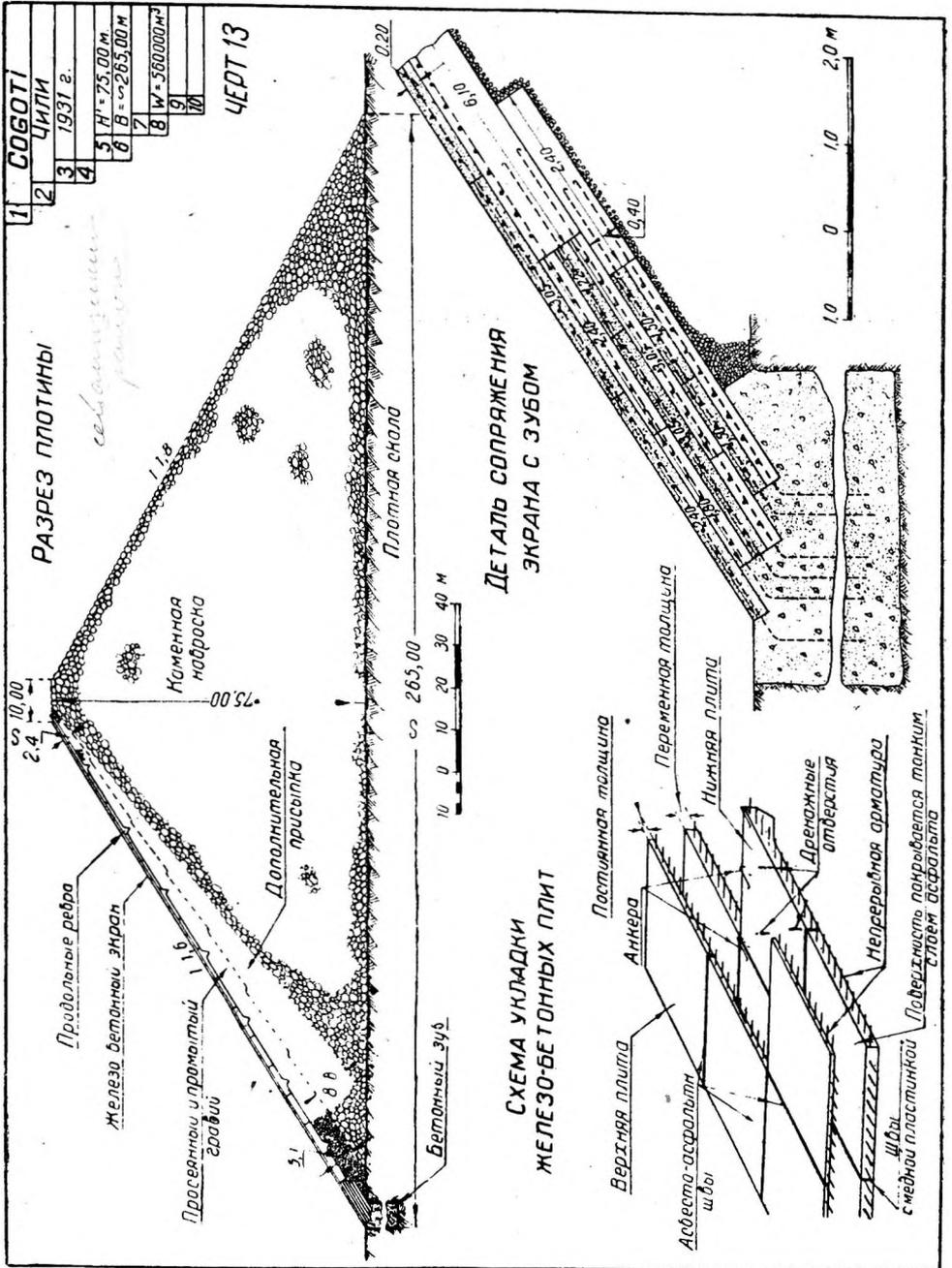
Все напряжения, возникающие в экране, будут сжимающие, а другие напряжения сведены до минимума. В случае осадки при землетрясении, если и произойдут некоторые нарушения в основной массе тела плотины, то предполагается, что благодаря подвижности свободно лежащего слоя гравия, изменения поверхности, прилегающей к экрану, будут весьма незначительны.

Материалом для тела плотины служит гранит хорошего качества.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 75,0 м с откосами верховой грани: 1 : 1,6, а низовой 1 : 1,8. Ширина по гребню — около 10 м и ширина по основанию — около 265 м.

**Противофильтрационные устройства.** Аллювиальные отложения по контуру верхового откоса прорезаны до плотной скалы бетонным зубом, с которым сопрягается водонепроницаемый экран. Конструкция сопряжения представляет собой 6 рядов плит, размером от 1,22X1,22 м до 3,05X3,05 м, гибко заделанных в зуб с запуском в него арматуры плит и допускающих известную деформацию всего соединения в целом, не нарушая при этом его водонепроницаемости.

Экран представляет собой слоистую железобетонную облицовку по верховому откосу и состоит из двух рядов плит — 3,05 X 3,05 м. Нижний ряд, уложенный непосредственно на слое гравия, имеет переменную толщину, изменяющуюся по высоте от 0,6 до 0,20 м. Сопря-



жение экрана с гравийной отсыпкой достигается особыми закрепительными балками, составляющими одно целое с нижней плитой. Подобные плиты с балками уложены через одну по высоте плотины. Верхняя поверхность плит покрывается тонким слоем асфальта. Верхний

ряд плит перекрывает швы нижнего ряда и скреплен с ним при помощи анкеров. Водонепроницаемость швов верхнего ряда обеспечивается прокладкой из асбестоасфальта. Швы нижнего ряда плит перекрыты медной пластинкой. Все плиты обоих рядов армированы непрерывной одиночной арматурой в обоих направлениях. Разделение всего экрана на отдельные плиты, с непрерывной арматурой, снабженные изоляцией от воды, придает всей конструкции экрана исключительную гибкость и способность приспособляться к окружающим условиям, обеспечивая при этом полную его водонепроницаемость.

**Дополнительные сведения.** Конструкция сейсмостойкой плотины была спроектирована Д. В. Гиранд, консультантом при правительстве Чили, который проектировал и 17 остальных плотин для этого района.

**Производство работ.** Объем работ по сооружению плотины равен 560 000 м<sup>3</sup> наброски.

Выполнение экрана потребовало большой тщательности, которая особенно необходима при этого рода бетонных работах. Наброска же камня производилась без особой тщательности и без применения специальных машин; все части наброски производились путем «отвала», так как не было надобности в подаче материала вручную, или дерриком, как это имело место на других плотинах.

**Стоимость работ.** Общая стоимость постройки равняется 1 000 000 долл.

#### Литературные источники

ENR, 5/IX 1931 г.

---

## № 6. ПЛОТИНА ДЕ ГРИБ (DE GRIBE)

**Местоположение плотины.** Плотина построена в Алжире (Северная Африка) на р. Челиф (черт. 14).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью около 3,0 млн. м<sup>3</sup> для целей ирригации.

**Год постройки.** Постройка окончена в 1930 г.

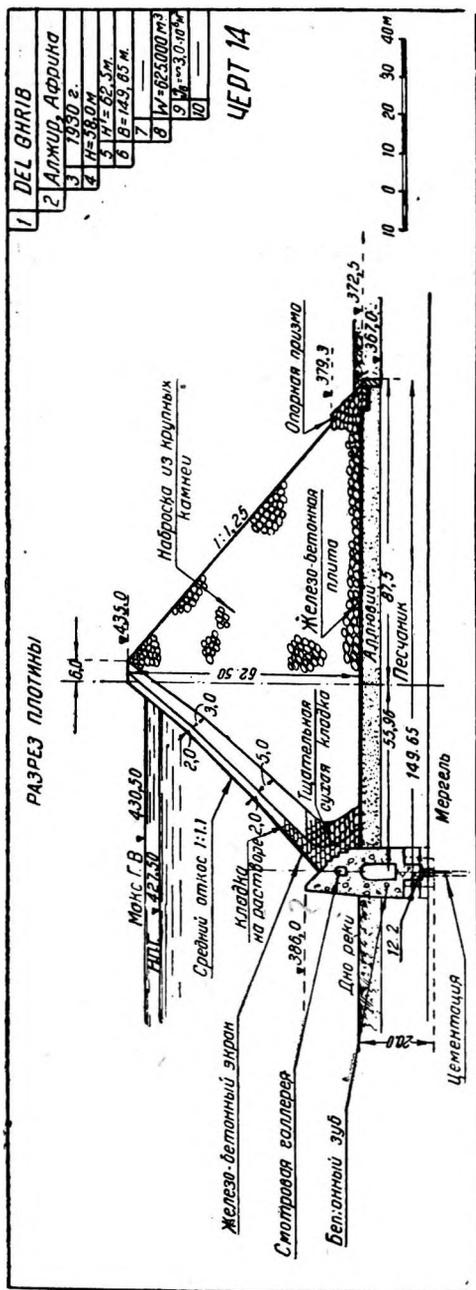
**Местные условия.** Топографические условия местности в литературе не освещены. В отношении геологии каньон сложен песчаниками и мергелями, покрытыми в русле реки слоем наносов толщиной до 8 м.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина из каменной наброски с сухой кладкой по напорному откосу и с упорным массивом в подошве верховой грани плотины.

Профиль плотины трапецидального сечения с ломаным верховым откосом, имеющим среднее значение 1: 1 и прямым низовым откосом 1 : 1,25. На отметке 379,3 м на низовом откосе имеется берма. Наброска состоит из крупного камня. С целью избежания вдавливания камня в аллювий в основании плотины устроена железобетонная плита. По напорному откосу выложен слой сухой кладки толщиной от 3,0 до 5,0 м.

Материалом для наброски служил песчаник, который добывался в специальных карьерах, расположенных в 7,5 км от плотины.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 62,5 м. Ширина по гребню — 6 м. Ширина по основанию — 149,65 м. Откосы: напорный — 1 : 1,1; сухой — 1 : 1,25.



**Противофильтрационные устройства.** Противофильтрационным устройством в основании плотины является бетонный зуб, расположенный по контуру верхнего откоса. Он прорезает аллювиальные отложения и на значительную глубину входит в скалу основания.

Глубина заложения зуба — 20 м и более от дна реки.

Ширина зуба — 12,2 м.

С целью обеспечения водонепроницаемости скала под зубом цементируется под давлением.

Зуб поднимается над поверхностью земли на высоту до 13,5 м и уступами сопрягается с кладкой на растворе, уложенной по сухой кладке. Толщина кладки на растворе 2 м. По ней уложен железобетонный экран.

Для наблюдения за фильтрацией в верхней части зуба устроена смотровая галерея.

**Производство работ.** Объем тела плотины примерно равен 625 00 м<sup>3</sup>. Камень-песчаник добывался в карьерах, расположенных в 7,5 км от плотины. Транспортировка камня производилась по железной дороге. Способы производства работ в литературе не освещены.

#### Литературные источники

1. ЕЕ, май 1930 г.
2. АРС, 1931, I, стр. 367.

**Примечание.** В литературе описаны два профиля. Один из них изображает довольно схематично построенную плотину (ЕЕ), а потому он не приводится. Однако некоторые данные заимствованы из указанного материала, как-то: приблизительный объем водохранилища, кубатура наброски и др.

---

## №7. ПЛОТИНА РЕЛИФ (RELIEF)

**Местоположение плотины.** Плотина Релиф сооружена в высокогорном районе на р. Станиславус в Калифорнии на отметке около 2 200 м (черт. 15).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище с целью утилизации энергии.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1909 г. и окончена в 1912 г.

**Местные условия.** Основанием плотины служит скала, покрытая в русле реки слоем наносных отложений.

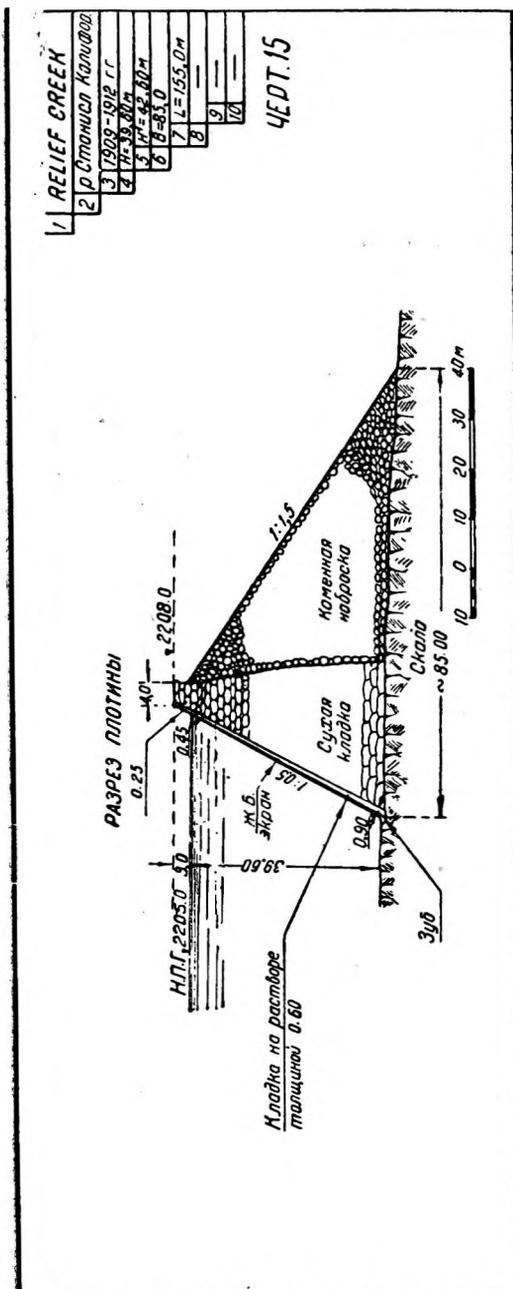
**Тип и материалы тела плотины.** Плотина из каменной наброски и сухой кладки с железобетонным экраном. Профиль плотины трапециевидного сечения с крутым верховым 1:0,5 и пологим низовым 1 : 1,5 откосами. Низовая часть профиля выполнена из каменной наброски. Верховая часть с шириной по основанию 31,0 м выполнена из сухой кладки. По наружной грани ее уложена тонкая стенка из кладки на растворе толщиной 0,6 м.

### Основные размеры плотины.

Высота плотины над основанием достигает 42,6 м. Ширина плотины по верху — 4,0 м. Длина по гребню 155 м. Ширина плотины по основанию около 85 м. Верховой откос — 1 : 0,5. Низовой откос — 1 : 1,5.

**Противофильтрационные устройства.** По контуру верхового откоса устроен на скале небольшой зуб, на который непосредственно опирается железобетонный экран, уложенный по кладке на растворе.

Толщина экрана внизу до отметки 2 200 м равна 0,90 м,



выше уменьшается до 0,45 м и на отметке 2 204 м у гребня равна 0,25 м.

**Производство работ.** Сухая кладка выполнена из крупных камней, уложенных дерриком. Кладка велась отдельными слоями, толщиной в 1,5 м, а попадавшаяся при этом случайно карьерная мелочь под влиянием струй воды заполняла пустоты кладки.

Камни добывались в специальных карьерах и подвергались тщательной сортировке с отбором из них наиболее крупных и постелистых для сухой кладки.

Остальная масса скалы, включая и карьерную мелочь, весом больше 3 кг, была использована в наброске нижней части плотины.

Таким образом принятый тип плотины дал возможность почти полностью использовать весь материал, полученный в карьерах, включая и мелочь, что значительно удешевило стоимость сооружения плотины без ущерба для его прочности и надежности.

**Эксплуатационные данные.** Продолжительный опыт эксплуатации плотины подтвердил правильность выбора конструкции, которая работает безукоризненно в течении 25 лет.

#### Литературные источники

1. L. L u i g g i, Dighe di scogliera, Рим, 1917 г.
  2. А н и с и м о в , Водохранилищные плотины, Москва, 1931 г.
-

## № 8. ПЛОТИНА НОРТС БОУМЕН (NORTH BOWMAN)

**Местоположение плотины.** Плотина Норте Боумен построена в округе Невада в Калифорнии (черт. 16).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище емкостью в 80 млн. м<sup>3</sup> для ирригационных целей.

**Год постройки.** Постройка начата в 1925 г. и закончена в 1927 г.

**Местные условия.** Плотина построена в ущелье, берега которого сложены из плотного гранита. Основанием плотины служит скала, покрытая толщей наносных отложений. Плотина построена на месте существовавшей здесь старой набросной плотины, имевшей высоту 29,2 м, которая была построена еще в 1876 г. для горных разработок и имела объем кладки около 37 000 м<sup>3</sup>. Старая плотина была полностью разобрана для удаления находившихся в основании ее ряжей, при чем скальный материал был использован для сооружения новой плотины.

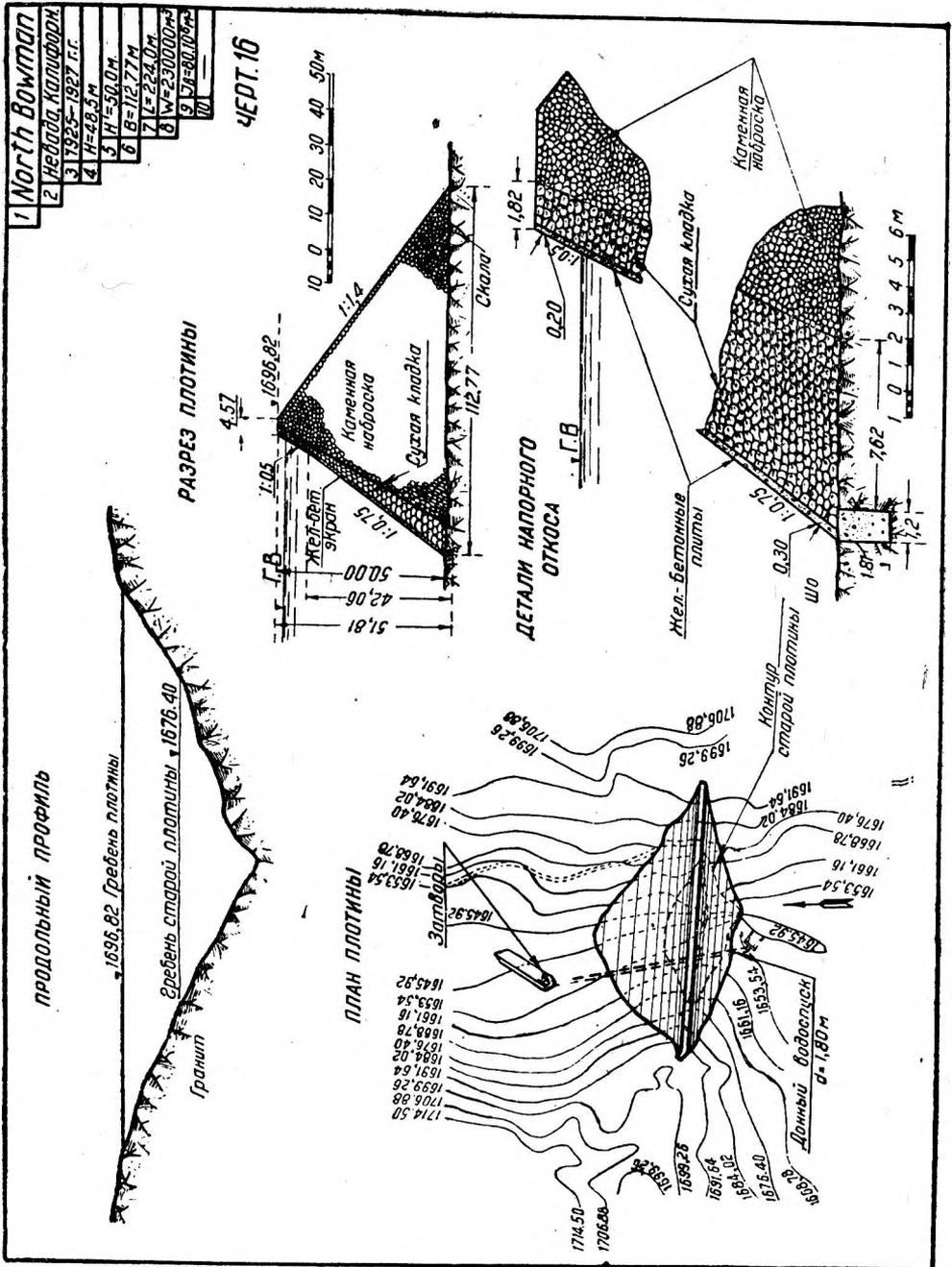
**Материалы тела плотины.** В основном тело плотины выполнено из каменной наброски, которая при укладке разравнивалась; верховая грань плотины в целях обеспечения принятого откоса выполнена из кладки насухо. Сухая кладка имеет размеры 1,82 м по верху и 7,62 м по основанию. Вдоль напорной грани закладывается зуб, который служит основанием для водонепроницаемого экрана. Материалом для тела плотины служит гранит, добываемый на месте в карьерах.

**Основные размеры плотины.** Плотина имеет высоту от низа зуба 51,81 м. Высота плотины над основанием — 50,0 м. Длина по гребню — 224,0 м. Ширина по гребню — 4,57 м. Ширина по основанию — 112,77 м. Откосы: верховой 1 : 0,5 и 1 : 0,75; низовой — 1 : 1,4.

**Противофильтрационные устройства.** Сопряжение тела плотины с основанием выполнено зубом, который имеет ширину 1,2 м и среднюю глубину 1,81 м. Зуб основания, являясь непосредственным продолжением экрана, отделен от последнего швом. Водонепроницаемость тела плотины обеспечивается железобетонным экраном, который представляет собой ряд плит толщиной 0,3 м у основания и 0,2 м у гребня и шириной 15,0 м. В вертикальном направлении экран имеет температурные швы. Для укладки плит экрана в кладке оставались углубления, в которые укладывался просмоленный войлок, а водонепроницаемость швов достигалась при помощи медной противофильтрационной пластинки, заложенной в двух смежных плитах. Кроме этих вертикальных швов в пределах экрана предусмотрены два горизонтальных шва, из которых один проходит на отметке 1 689,0 м, а второй в месте перехода экрана в зуб основания.

**Дополнительные сведения.** Для сброса паводков и выпуска воды из водохранилища под южной частью плотины устроен тоннельный водоспуск диаметром — 1,8 м и длиной 145,7 м. Все запорные и регулирующие сооружения размещены у выходного портала. На всем протяжении тоннель проходит в гранитах. В пределах первого участка длиной 78 м, где ось тоннеля заложена на большой глубине, стенки его были облицованы слоем торкрета толщиной 5 см. На остальном протяжении тоннель проходит сравнительно близко от дневной поверхности, стенки его имеют железобетонную облицовку, толщиной

22,5 см, без последующей цементации скалы. Отсутствие цементации явилось причиной того, что под действием гидростатического давления железобетонная облицовка потрескалась, открыв тем самым путь фильтрационному потоку, расход которого достигал 3,0 м<sup>3</sup>/сек.



**Производство работ.** При принятых размерах профиля плотины кубатура кладки достигает 230 000 м<sup>3</sup>, из которых 21 000 м<sup>3</sup> уложены дерриком в виде кладки насухо.

В пределах основания плотины были удалены все наносы, прикры-

вающие скальные породы основания. Порядок производства работ в литературе не освещен.

**Стоимость работ.** Стоимость работ, связанных с сооружением плотины, по контракту исчислялась в 665 508 долл.

**Эксплуатационные данные.** В 1928 г. при наполнении водохранилища была обнаружена сильная фильтрация в тоннельном водоспуске (см. раздел «Дополнительные сведения»), потребовавшая ремонта облицовки его, и внесения некоторых изменений в систему затворов.

#### Литературные источники

1. Eng. Tibbetts, Repair of breaks in outlet tunnel of rock—fill dam.
  2. ENR, 6/VI 1929 г.
  3. W e g m a n , The design and construction of dams, стр. 279.
-

## № 9. ПЛОТИНА МОРЕНА (MORENA)

**Местоположение плотины.** Плотина находится на расстоянии 102 км к востоку от г. Сан-Диего в штате Калифорния (черт. 17).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище емкостью в 59 млн. м<sup>3</sup> для водоснабжения Сан-Диего.

**Год постройки.** Постройка начата в 1896 г. и окончена в 1912 г.

**Местные условия.** Плотина расположена в узком каньоне, глубина которого достигает 150 м. У дна реки ущелье имеет ширину 24,5 м и на уровне гребня плотины — 158,5 м. Крутые склоны берегов ущелья сложены из плотного гранита, а скальное русло реки сверху покрыто крупными валунами. При вскрытии котлована под плотину в пределах русла реки была обнаружена древняя расщелина глубиной 34 м, заполненная валунами и аллювиальными отложениями.

**Тип и материалы тела плотины.** По первоначальному проекту тело плотины предполагалось выполнить целиком из каменной наброски с верховым откосом 1 : 1,3, покрытым водонепроницаемым асфальто-бетоном, и низовым откосом 1 : 1,5.

В процессе производства работ проект был изменен. По напорному откосу введена стенка из кладки насухо и бутовая стенка, что позволило сделать откос более крутым.

Низовой откос 1 : 1,5 имеет берму, шириной 6,4 м на отметке 30,48 м, которая устроена в связи с предполагавшимся последующим наращиванием плотины. Напорная грань ломаная с откосами 1 : 0,9 внизу до отметки 36,57 м и 1 : 0,5 выше до гребня плотины.

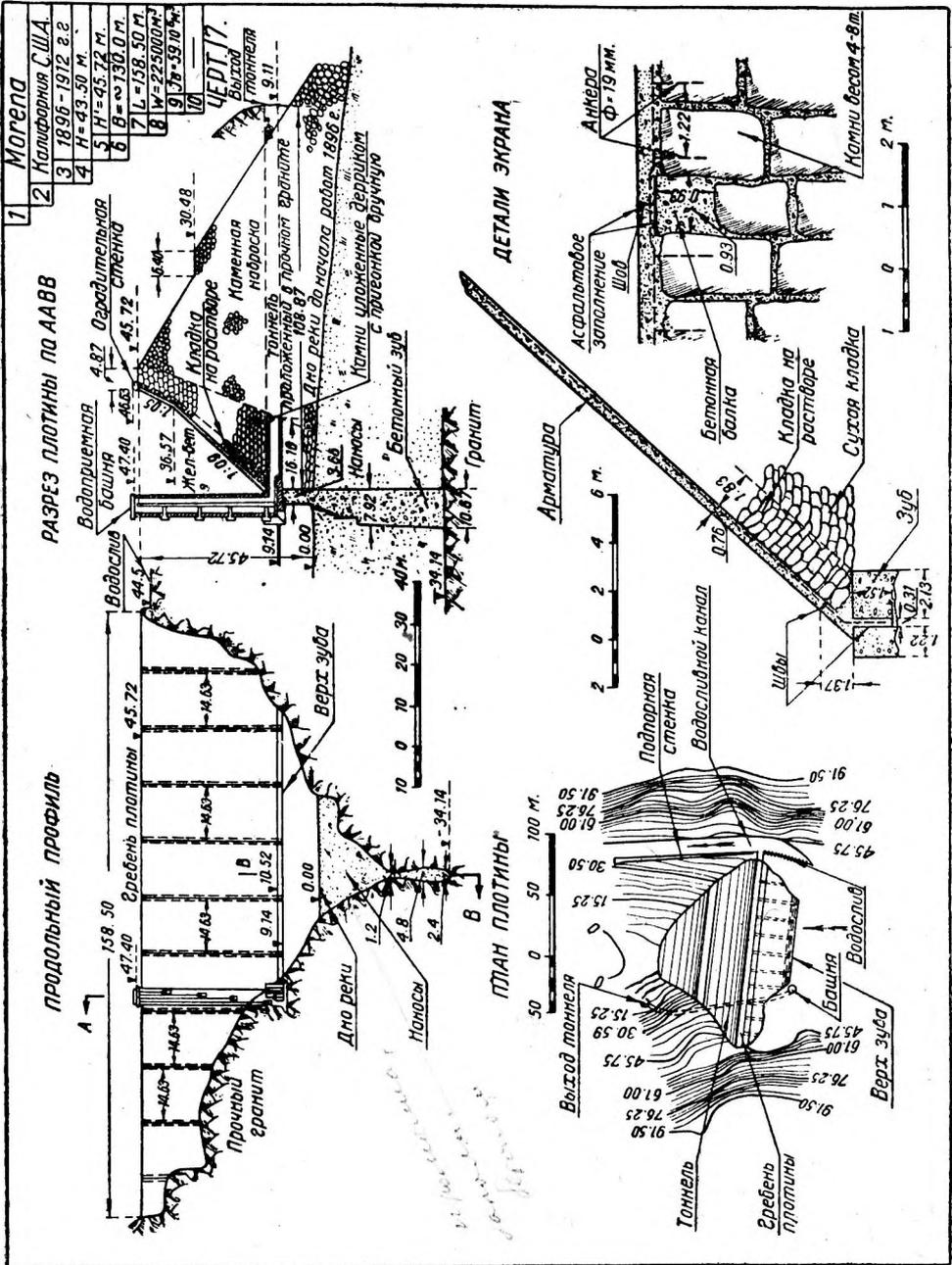
Напорная часть профиля плотины, шириной по основанию 16,16 м и по верху около 5 м, выполнена из кладки насухо с укладкой камня дерриком и пригонкой его вручную. По кладке насухо уложена кладка на растворе из крупных камней весом 4—8 т. Эта кладка имеет толщину у гребня около 0,6 м и внизу 1,83 м. Она служит основанием железобетонному экрану.

Материалом для наброски служит камень, получаемый при разработке крутых гранитных берегов ущелья.

**Основные размеры плотины.** Ширина по гребню — 4,87 м. Длина по гребню — 158,5 м. Высота плотины — 45,72 м над руслом реки. Высота от основания зуба до гребня плотины 79,86 м. Ширина по основанию около 130 м. Откосы: низовой — 1 : 1,5; верховой 1 : 0,9 и 1 : 0,5.

**Противофильтрационные устройства.** По основанию плотины вдоль напорной грани заложен бетонный зуб, который прорезает аллювий до прочного гранита и в максимальном сечении имеет глубину заложения 43,28 м, возвышаясь при этом над дном реки на 9,14 м. Ширина зуба — 10,67 м по основанию и 3,66 м по верху. К зубу примыкает кладка на растворе и уложенный по кладке экран, который состоит из железобетонных плит, толщиной от 0,76 м внизу до 0,30 м у гребня плотины. С целью лучшего сопряжения экран запущен в специальную выемку, устроенную в зубе на глубину 1,52 м и ширину 0,31 м. На высоте 1,37 м от верха зуба, на отметке 10,52 м, в плите экрана устроен горизонтальный усадочный шов.

Перпендикулярно к гребню плотины через 14,63 м по длине экрана также устроены усадочные швы. Вдоль этих усадочных швов в кладку на растворе втплены бетонные балки сечением 0,93X0,93 м, выпущенные на 5 см выше плоскости откоса кладки. Эти балки служат опо-



рами для ребер плит и являются конструктивной особенностью швов. Водонепроницаемость швов достигается заполнением их асфальтом. Все плиты армированы одиночной арматурой, которая состоит в нижней части экрана ниже отметки 30,2 м из пяти прутьев диаметром

13 мм, уложенных в горизонтальном направлении, и трех прутьев диаметром 25 мм, уложенных в вертикальном направлении; в верхней части экрана выше отметки 30,2 м — из четырех прутьев диаметром в 13 мм, уложенных в горизонтальном, направлении.

Сетка арматуры связана с кладкой тела плотины при помощи анкеров диаметром 19 мм, заделанных в крупные камни откоса.

**Дополнительные сведения.** Выпуск воды из водохранилища осуществляется тоннелем подковообразного сечения 2,44X2,31 м, который проходит в плотной скале левобережного склона ущелья и имеет длину 118 м. Поступление воды в тоннель с различных горизонтов водохранилища осуществляется через водоприемную железобетонную башню высотой около 38,0, где сосредоточены все запорные и регулирующие приспособления, обеспечивающие поступление воды в водопроводные системы.

Отвод паводковых вод осуществляется боковым водосливом с отметкой порога 44,5 м, который закрыт 12 деревянными сегментными щитами пролетом по 2,59 м при их высоте 1,83 м. Водослив расположен на правом берегу, где в гранитной скале вырублен водосливной канал шириной 18,3 м с уклоном 3%.

**Производство работ.** Вследствие благоприятного сложения каньона в пределах профиля плотины одним взрывом сброшено в тело плотины до 65 000 м<sup>3</sup> скалы, при суммарном объеме работ около 225 000 м<sup>3</sup>, что составляет около 30% всего объема.

В плотину уложен также материал из гранитной выемки водосливного канала.

В 1898 г. работы были приостановлены на несколько лет. Вода свободно проходила сквозь тело плотины, достигая общего расхода 220 м<sup>3</sup>/сек и откладывавая ил в порах каменной наброски.

По возобновлении работ выяснилась недоброкачественность прежней каменной наброски, пропитанной илом. Строители благоразумно отказались от мысли сохранить однородный характер тела плотины из каменной наброски с последующим заполнением пустот наносами. Под влиянием ожидаемой значительной фильтрации через тело плотины такие заполнения несомненно были бы вынесены, следствием чего явилась бы дополнительная осадка и новые трещины в экране. Это обстоятельство при возобновлении работ по достройке плотины заставило пересмотреть заново принятый проект и ввести соответствующие изменения, без использования старой кладки. Вся наброска и кладка была выполнена с помощью дерриков и двух канатных дорог, с пролетом 411 м, при диаметре несущих канатов 63 мм.

Для отвода воды во время производства работ по сооружению плотины был использован водоспускной тоннель.

Применение широкой механизации на строительстве дало возможность в 1912 г. закончить все работы по сооружению плотины, включая водозаборные и сбросные сооружения.

**Стоимость работ.** Стоимость работ по сооружению плотины 1 100 000 долл.

#### Литературные источники

1. Z i e g l e r , Der Talsperrenbau, т. I, Берлин, 1925 г., стр. 83.
2. W e g m a n , The design and construction of dams, стр. 276.
3. L. L u g g i , Dighe di scogliera, Рим, 1917 г.

## № 10. ПЛОТИНА СТРОУБЕРРИ (STRAWBERRY)

**Местоположение плотины.** Плотина Струберри построена на р. Станиславус в Калифорнии, в 49 км севернее гор. Сонора в высокогорном районе на отметке около 1 700 м и находится в 29 км от ближайшей ж.-д. станции (черт. 18).

**Назначение плотины.** Образованное плотиной водохранилище служит для регулирования стока в целях питания нижерасположенной гидростанции.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1913 г. и окончена в 1917 г.

**Местные условия.** Плотина расположена в широком каньоне трапецеидального сечения, имеющем ширину 183 м на уровне гребня плотины при высоте ее в 42,7 м и 73 м у основания плотины.

Ущелье сложено из гранитов, которые в пределах русла реки на глубину около 9 м покрыты аллювиальными отложениями, состоящими из сильно уплотненного песка и гравия.

Вопрос гидрологических условий в литературе не освещен.

**Тип и материалы плотины.** Принятая конструкция тела плотины является значительным усовершенствованием калифорнийского типа. При ее проектировании был учтен опыт постройки, эксплуатации подобных сооружений и в основном исключены присущие им дефекты как конструктивного, так и производственного характера. Профилю приданы достаточно крутые откосы.

Для того чтобы в экране закрывались трещины, появление которых возможно под влиянием осадки и температурных изменений, а также для большего уплотнения наброски под действием гидростатического давления воды, плотине придано криволинейное очертание в плане по кривой радиусом 570 м для верховой грани гребня плотины, с выпуклостью в сторону верхнего бьефа на 6,05 м. С той же целью верховой откос принят непрямолинейным, как это имело место на других плотинах из каменной наброски, а криволинейным с вогнутостью в сторону тела плотины.

Плотина почти целиком выполнена из каменной наброски, при чем более крупные камни расположены ближе к откосам, а мелкие к центру.

Материалом служит гранит хорошего качества.

**Основные размеры плотины.** Отметка гребня плотины — 1713,0 м, ширина по гребню — 4,57 м, поддерживаемый подпор — 41,17 м. Верховой откос от 1 : 1 у гребня до 1 : 1,2 у основания плотины; низовой — 1 : 1,3. Ширина по низу около 115,0 м.

**Противофильтрационные устройства.** Аллювиальные отложения прорезаны бетонным зубом, расположенным у подошвы верхового откоса. Максимальная высота зуба 9,45 м, ширина 4,88 м.

Верховой откос плотины выполнен из кладки насухо, с переменной толщиной от 1,22 м у гребня до 5,5 м у подошвы и 2,44 м в месте сопряжения со скалой. Кладка выполнена из отборных камней весом от 3 до 5 т. Неровности кладки сглажены 8-сантиметровым слоем бетона состава 1 : 2 : 3.



Выше отметки 1 685,55 м до самого гребня плотины, т. е. в пределах колебания горизонта воды, экран разрезан температурными швами, расположенными через 18,3 м перпендикулярно гребню плотины. Температурные швы образованы железобетонными балками-ребрами таврового сечения, уложенными по откосу в пределах сухой кладки.

Высота ребер меняется сверху вниз от 0,69 до 0,84 м. Ширина ребер постоянна и равна 0,91 м по низу и 0,38 м по верху.

Ребра армированы 4 прутьями диаметром 25 мм с хомутами диаметром 13 мм через 30 см. Плиты армированы сеткой из стержней диаметром 18 мм через 22 см. Зазоры около 1 см между плитами и ребром, образующие собственно температурный шов, заполнены просмоленным войлоком, и битуминозным асфальтом, создавая таким образом упругую и водонепроницаемую конструкцию, которая может воспринимать температурные деформации облицовки.

**Дополнительные сведения.** Забор воды в тоннель осуществляется через водозаборную башню, расположенную с напорной стороны. Тоннель проложен в правом берегу и имеет длину 183 м. Водозаборная башня имеет 6 щитов, шириной по 0,9 м, размещенных радиально на различной высоте; кроме того с низовой стороны расположены игольчатые клапаны, служащие для более точного регулирования градоценной воды (1 000 м полезного напора).

Сброс паводковых вод осуществляется через боковой водослив, вырубленный в скале левого берега и имеющий порог на отметке 1 710,6 м, т. е. на 2,4 м ниже гребня плотины. Общая ширина водослива равна 30,5 м.

**Производство работ.** До приступа к работам по возведению тела плотины, скальные склоны ущелья были очищены от растительного покрова и разрушенной скалы посредством смыва струей воды под значительным давлением. Таким образом русло реки было очищено до сцементированного гравия от наносов и обломков разрушенной скалы.

Выемка под зуб и кладка насухо, а также их заполнение были произведены во время меженного периода в совершенно сухих условиях после того, как река была отведена лотком через котлован.

Весь материал, необходимый для наброски и кладки тела плотины, был получен при разработке 8 каменоломен, из которых 7 открытых каменоломен соединены канатными дорогами с разгрузочным приспособлением, называемым «паук», подвешенным на тросах над плотинной. Наибольшее расстояние от каменоломни не превышало 244 м, расстояние это было перекрыто тросом, диаметром 32 мм, рассчитанным на полезную нагрузку в 5 т.

В каждой каменоломне имелась барабанная лебедка, поднимавшая груженную камнем вагонетку до автоматического захватного приспособления у несущего троса.

Погруженные вагонетки под действием собственного веса катились к разгрузочному приспособлению, где автоматически разгружались и оттягивались обратно лебедкой к каменоломне.

Регулируя натяжение тросов, можно было установить разгрузочное приспособление над любой точкой тела плотины. При этом регулировалась также и высота сбрасывания, которая колебалась в пределах от 6 до 20 м.

При таком способе ведения работ усадка тела плотины достигала 1,5% по объему.

Данные условия организации труда позволяли обходиться наличностью 15 рабочих в каждой каменоломне для того, чтобы вынуть камень, уложить его в вагонетку и доставить к месту укладки. Пробег

вагонетки в оба конца, а также ее разгрузка занимали около 2 минут. 75% камня было доставлено описанным выше способом, а остальная часть, состоящая из камней весом выше 5 т — с помощью специального кабельного крана. Эти камни укладывались дерриком и затем пригонялись на место вручную. Вся сеть каменоломен за 10-часовой рабочий день давала в среднем 800 м<sup>3</sup> камня, при средней месячной добыче его от 21 до 25 тыс. м<sup>3</sup>.

Общий объем каменной наброски и кладки в плотине составил 294 000 м<sup>3</sup>.

**Эксплуатационные данные.** Опыт эксплуатации плотины Струберри оправдал принятые конструкции ее водонепроницаемого экрана. Последний неоднократно служил примером для усовершенствования набросных плотин, построенных за последние годы в Америке и Европе.

#### Литературные источники

1. Z i e g l e r , Der Talsperrenbau т. I, стр. 87.
  2. W e g m a n n , The design and construction of dams, стр. 279.
  3. ENR, 30/II—1916 г.
-

## № 11. ПЛОТИНА КУХАРАС (CUCHARAS)

**Местоположение плотины.** Плотина Кухарас построена близ Публо в штате Колорадо в США на высоте около 1 800 м над уровнем моря (черт. 19).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 61,65 млн. м<sup>3</sup> для ирригации.

**Год постройки.** Начата постройкой в 1904 г., окончена в 1905 г.

**Местные условия.** Плотина построена в тесном ущелье с наибольшей шириной 150 м. Коренными породами являются глины и сланцы разных цветов, прикрытые в русле реки наносными отложениями в виде песка.

**Тип и материалы тела плотины.** Тело плотины в основном состоит из каменной наброски обычного калифорнийского типа. Наброска произведена непосредственно на наносные отложения. Со стороны верхового откоса наносы прорезаются зубом. Напорный откос выполнен из тщательной сухой кладки, толщиной от 1 до 6 м, которая служит основанием для железобетонного экрана. Опорная призма выполнена из крупных камней.

**Основные размеры плотины.** Плотина имеет высоту 38,1 м, верховой откос 1 : 1, низовой — 1 : 1,5. Ширина по основанию плотины около 102 м при ширине по гребню 6,10 м.

**Противофильтрационные устройства.** На всем протяжении плотины аллювий прорезан до твердых сланцев зубом, толщиной 9,14 м. Зуб в основном сложен из крупных скальных глыб с глиняным заполнением. С напорной стороны зуб имеет бетонную стенку шириной сверху 0,61 м и внизу 3,05 м. Высота зуба меняется в зависимости от залегания коренных пород. Водонепроницаемость тела плотины достигается железобетонным экраном, который уложен по верховому откосу плотины и жестко соединен с бетонным зубом. Железобетонный экран оканчивается волнорезом у гребня плотины. Основанием под экран служит тщательно выполненная сухая кладка. Железобетонный экран имеет толщину 0,61 м на высоте первых 3,05 м и 0,46 м на остальном протяжении. Арматура одиночная и состоит из 8-миллиметровых прутьев через 15 см в обоих направлениях.

**Сооружения в теле плотины.** Для выпуска воды из водохранилища в пределах тела плотины заложены 3 чугунных трубы, диаметром 1,22 м и длиной 91 м.

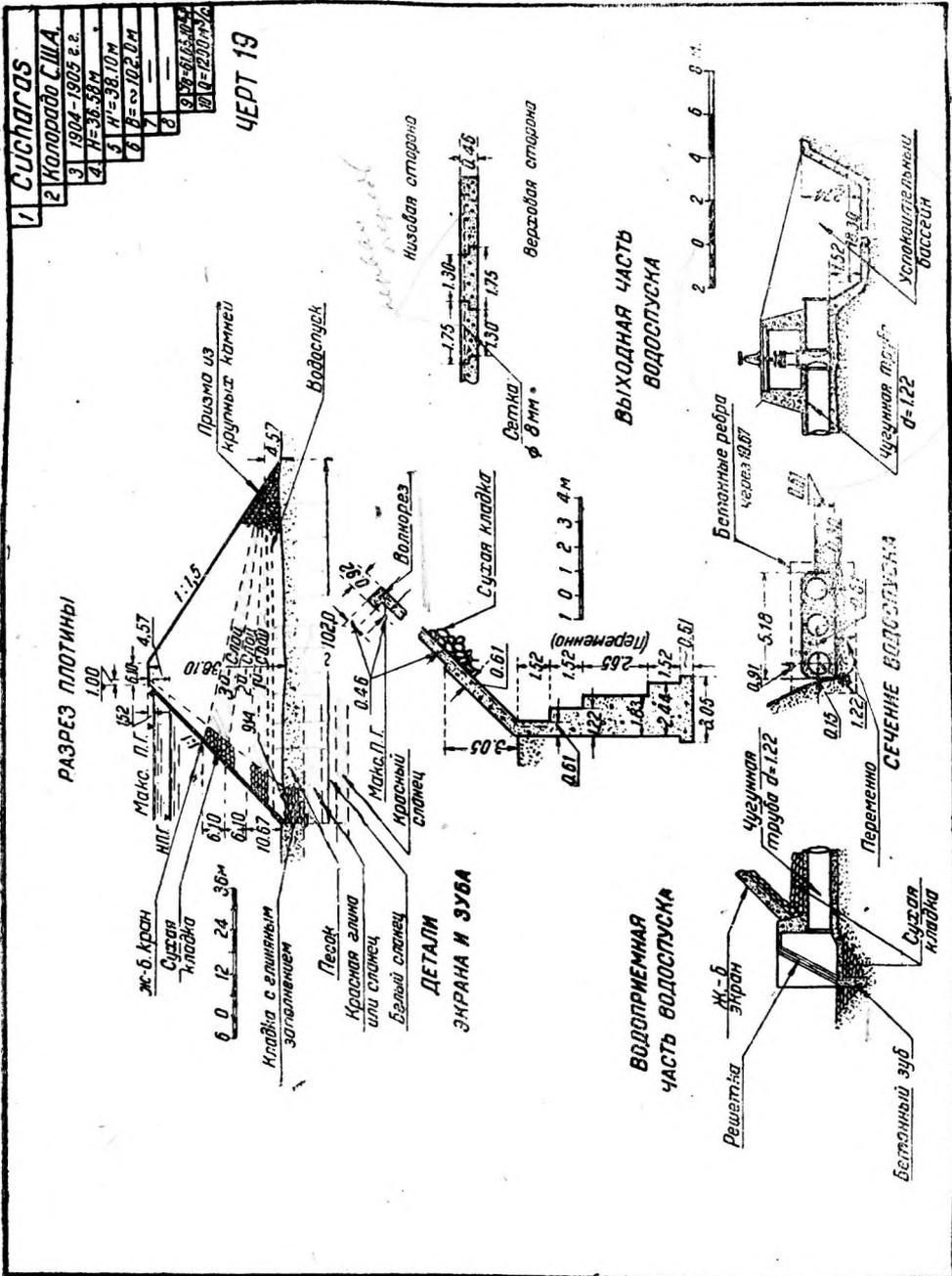
Трубы расположены рядом на расстоянии 1,83 м между осями и лежат в траншее, на глубине 0,61 м от поверхности земли. Они уложены в бетонный массив. Через каждые 10,67 м по длине труб устроены бетонные ребра толщиной 0,46 м, прорезающие аллювий до твердых сланцев или до красной глины.

Камера затворов расположена на низовой стороне плотины.

**Дополнительные сведения.** Пропуск паводковых вод до 1 200 м<sup>3</sup>/сек происходит через боковой водосброс с отметкой порога на 6,10 м ниже гребня плотины, с шириной отверстия 107 м.

Площадь водохранилища — 20 кв. км. Водосборная площадь — 1 700 кв. км.

**Производство работ.** наброска тела плотины велась отдельными слоями, из которых нижний достигал высоты 10,67 м по верховому откосу и 4,57 м — по низовому. Остальные слои имели высоту по



6,1 м, уменьшающуюся до 0 на низовом откосе. Бетонировка экрана производилась каждый раз по окончании слоя наброски и сухой кладки. При этом сама бетонировка велась отдельными полосами, шириной по 1,75 м с разрывами в 1,30 м, которые заполнялись в дальней-

шем после усадки уложенного бетона. Для бетонировки экрана, а также зуба употреблялся бетон состава 1 :2,5 :5.

Большая часть материала для наброски была получена из скальной выемки водосливного канала. Остальная часть наброски была получена из карьеров, расположенных в районе плотины.

**Эксплуатационные данные.** После заполнения водохранилища в экране появились трещины, вызвавшие необходимость покрытия его деревянной облицовкой.

#### **Литературные источники**

1. Z i e g l e r , Der Talsperrenbau, т. I, 1925 г.
  2. ENR, 64/538.
-

## № 12. ПЛОТИНА БОУЛДЕР КАНИОН (BOULDER CANYON)

**Местоположение плотины.** Плотина запроектирована в каньоне Боулдер на р. Колорадо в Калифорнии (черт. 20).

**Назначение плотины.** Плотина предназначена для создания водохранилища емкостью 41 276 млн. м<sup>3</sup>, разрешающего следующие вопросы: 1) борьбу с наводнениями; 2) регулирование стока; 3) улучшение навигации в низовьях; 4) борьбу с наносами; 5) получение гидроэнергии; 6) ирригацию; 7) водоснабжение.

**Год постройки.** Год составления проекта — 1923 г.

**Местные условия.** Климатические и топографические условия местности, где должна быть расположена плотина, представляют исключительную трудность. Местность, где проходит нижняя часть р. Колорадо, почти сухая; дожди не выпадают иной раз 3—5 месяцев подряд; температура воздуха поднимается до 49° Ц; населения почти нет. Все это делает постройку необычайно трудной инженерной задачей. Река Колорадо имеет начало в горах северо-центральной части штата Колорадо на отметке 3 200 м над уровнем моря; общее протяжение ее со всеми притоками около 2 240 км при водосборной площади 368 400 кв. км. В бассейне этой реки находится народонаселение в 600 000 человек. Все верхнее течение р. Колорадо идет по высокому плато. По мере приближения к нижней части Колорадо врезывается в узкие каньоны. Низовая часть реки протекает по аллювиальной долине (древняя дельта реки). При высоких паводках река вырывается из современного ложа и, заливая долину, приносит огромные убытки населению. Результатом геологических изысканий было установлено, что каньон на протяжении 32 км состоит из скалы, представляющей собой мелкозернистый гранит, а местами — диорит превосходного качества.

**Тип и материалы тела плотины.** Варианты различных конструкций плотин исходили из разданных предположений вместимости водохранилища при различной высоте плотин. В среднем берега каньона позволяют строить плотину высотой свыше 200 м. Одним из таких вариантов была проработана конструкция плотины из каменной наброски и в Боулдеровском каньоне при наличии следующих условий:

- 1) условия основания плотины превосходные,
- 2) подходящий материал для постройки имеется на месте,
- 3) вариант удовлетворяет потребностям силовой установки и регулированию реки,
- 4) затопление годных под орошение земель незначительно.

Конструкция плотины из каменной наброски, высотой 217,93 м над основанием, имеет откосы напорный 1 :1 и сухой 1 :2, причем по сухому откосу запроектировано 6 берм, размером 7,62 м каждая.

Основной массив плотины состоит из каменной наброски. С напорной стороны укладывается стенка из сухой кладки, с наклоном грани 1 : 0,5. По ней укладывается стенка из бутовой кладки на растворе примерно тех же размеров, что и стенка из сухой кладки. По бутовой кладке укладывается железобетонный экран, который служит водонепроницаемой частью плотины.

Материалом тела плотины служат камни из гранита и диорита хорошего качества.

**Основные размеры.** Высота плотины 217,93 м. Откосы напорный 1 : 1, сухой 1 : 2, ширина по основанию плотины — 716,28 м, ширина по гребню — 15,24 м.

**Противофильтрационные устройства.** Для сопряжения тела плотины с основанием вдоль напорной грани заложен бетонный зуб, который врезается в скалу основания и служит в свою очередь основанием для железобетонного экрана. Экран состоит из железобетонных плит с переменной толщиной, изменяющихся от 6,10 м у основания до 1,22 м у гребня плотины. Детали устройства экрана не приводятся.

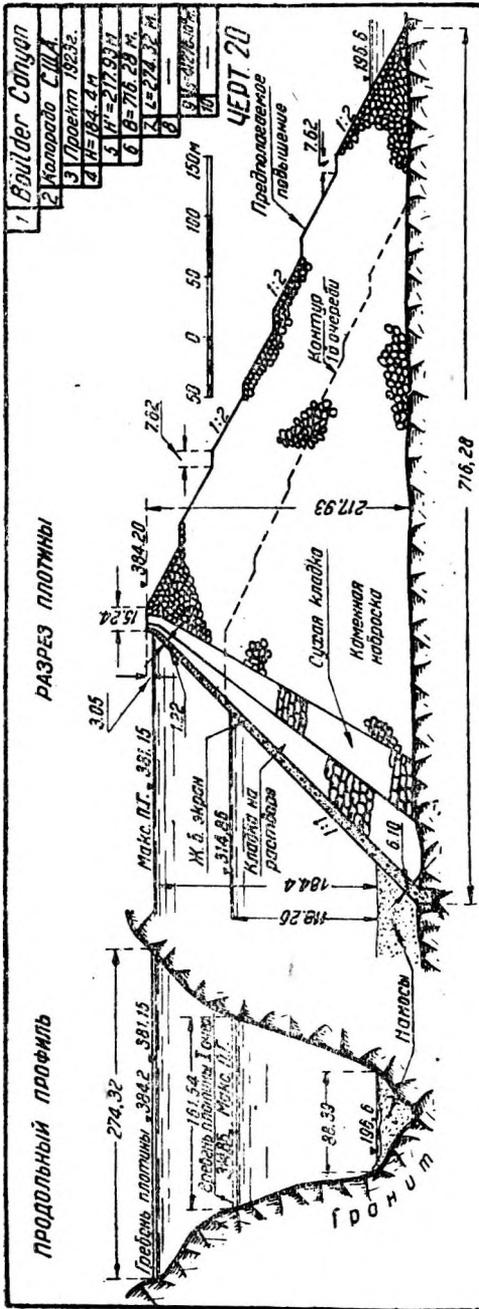
**Сооружения в теле плотины.** Порядок расположения водосливных сооружений, а также их размеры в литературе не приводятся. Они даны только для утвержденного варианта бетонной плотины.

**Дополнительные сведения.** После многочисленных расчетов федеральное правительство остановилось на бетонной плотине гравитационного типа, считая большим риском постройку плотины из каменной наброски. Отвергнув тип плотины из каменной наброски, которая по исчислениям обходится значительно дороже бетонной, запроектировали пять бетонных плотин криволинейного очертания, на одной из которых и был остановлен выбор.

**Производство работ.** К производству работ по данному варианту набросной плотины не приступали.

#### Литературные источники

Журнал «Американская техника и промышленность», № 12, стр. 746, 1930 г.



### № 13. ПЛОТИНА БОНИТО (BONITO)

**Местоположение плотины.** Плотина Бонито находится в округе Линкольн штата Новая Мексика в горах Сьерра Бланка, в 26 км от гор. Карризозо (черт. 21).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище емкостью 1,45 млн. м<sup>3</sup>, которое служит для водоснабжения железной дороги.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1930 г., окончена в 1931 г.

**Местные условия.** Водоохранилище расположено в породах вулканического происхождения, состоящих из гранитов и базальтов. Гранитные участки окружены порфиритами и как те, так и другие прорезаны трещинами разной формы и происхождения и прикрыты наносным грунтом толщиной около метра.

При вскрытии котлована под зуб плотины было обнаружено в породах основания большое количество трещин, некоторые из них заполнены совершенно разрушенной породой на глубину до 1,5 м или представляют выщелачиваемую зону глубиной от 7,5 до 25 м. На большой глубине трещин не наблюдалось.

Граниты, служащие основанием, являются крепкой и однородной с большим сопротивлением сжатию породой, не поддающейся выветриванию и залегающей на большую глубину. Суровые климатические условия для плотины, расположенной на высоте 2 200 м, не допускали здесь сооружения тонкой многоарочной плотины. Гравитационная плотина требовала чрезмерных расходов по транспорту цемента. Разработка гранитного выступа под водослив на одном из берегов ущелья дала возможность использовать выемку для наброски в тело плотины.

**Тип и материалы тела плотины.** Тело плотины в основном состоит из каменной наброски (крупные камни). Верховая часть ее, являющаяся основанием для водонепроницаемого экрана, уложена дерриком насухо. Сухая кладка имеет толщину 4,3 м по низу и 1,7 м по верху. Водонепроницаемый экран состоит из железобетонных плит, толщиной 0,3 м в нижней части и 0,2 м в верхней.

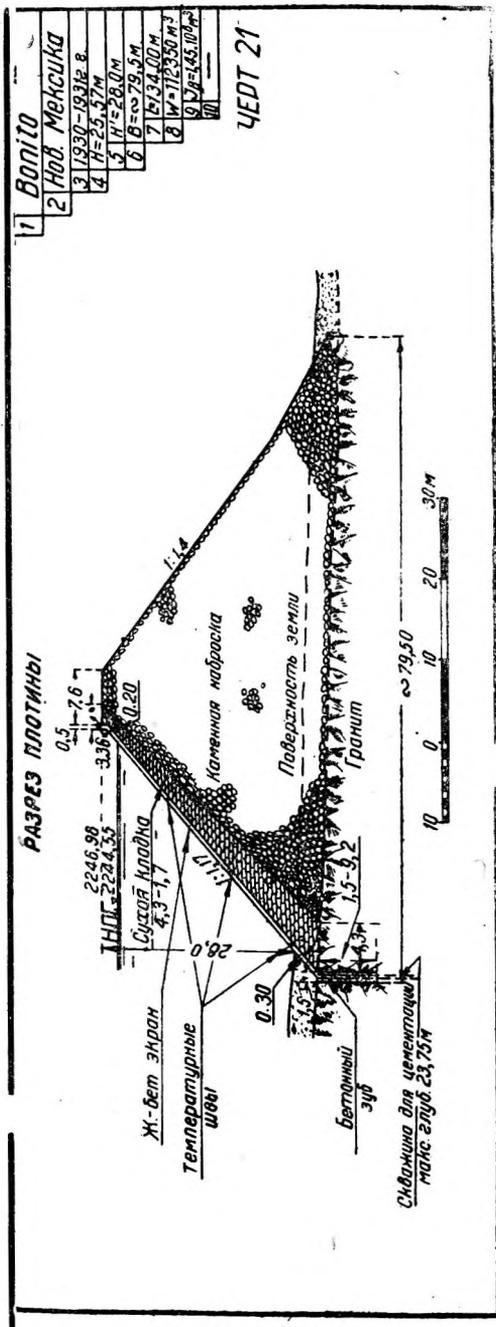
В целях создания наилучшей опоры для сухой кладки, а также во избежание трещин в экране, наброска выполнена из особо крупных камней с полным исключением мелочи.

Материалом для наброски и кладки является гранит превосходного по своим механическим свойствам качества. В месте соединения экрана с зубом основания предусмотрен горизонтальный шов.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины над ложем реки составляет 28,0 м, длина по гребню — 134,0 м. Ширина по верху — 8,1 м. Откосам приданы уклоны 1 : 1,17 для верховой грани и 1 : 1,4 для низовой. Ширина плотины по основанию 79,50 м.

**Противофильтрационные устройства.** Основание зуба, после снятия слоями наносов, цементировалось под давлением в 7 атм, через скважины до 24 м глубины. Вдоль напорной грани заложен зуб, шириной 1,5 м и глубиной от 1,5 до 9,2 м в зависимости от наличия трещиноватости. Экран в целях восприимчивая температурных деформаций разрезан 3 горизонтальными швами по откосу через каждые 9,15 м и

рядом вертикальных швов по длине плотины через каждые 18,3 м. Отдельные плиты соединены водонепроницаемыми швами, расположенными по железобетонным балкам, заделанным в кладку. Экран прикрепляется к кладке через каждые 1,2 м анкерами, один конец которых крючком зацеплен за вертикальную арматуру экрана, а другой заделан в кладку.



### Сооружения в теле плотины.

Для опорожнения водохранилища в основании плотины предусмотрен железобетонный водоспуск, который был использован в период строительства как водоотводной тоннель. Водоспуск имеет ширину 1,2 м и высоту 1,8 м и сверху перекрыт сводом с радиусом 0,6 м. У верхней грани плотины входное отверстие водоспуска размерами 1,2X1,8 м предохраняется от засорения решеткой из рельс и закрывается автоматическим гусеничным щитом, с приводом при помощи тросов от бензинового мотора.

### Дополнительные сведения.

Подача воды из водохранилища для питания системы водоснабжения осуществляется 2 трубами диаметром 0,4 м, забетонированными в стенках водоспуска. Эти трубы не имеют специального водоприемника и затворов в голове, а снабжены качающимися патрубками с решетками, которые опускаются и поднимаются при помощи лебедки.

Непосредственно ниже плотины эти трубы проходят через здание, где сосредоточены все их запорные и контрольные механизмы.

### Производство работ.

Объем наброски в теле плотины, включая и кладку насухо, равен около 107 000 м<sup>3</sup>, а бетонной кладки — 5350 м<sup>3</sup>. Контракт на сооружение плотины был подписан 7 апреля 1930 г., а через 14 месяцев все работы по сооружению плотины, т. е. 9 июля 1931 г. были закончены. Необходимо отметить, что недоступность места, его высокое расположение над уровнем моря и холодная зимняя погода сравнительно незначительно сказались на темпе работы. Благодаря особому вниманию, уделенному при сооружении зуба и цементации основания плотины, потери на

фильтрацию были понижены до неощутимой величины. В предвидении осадки тела плотины, наброска была выполнена с превышением в центральной части отметки гребня плотины против нормальной на 0,15 м. Нивелировка гребня плотины, произведенная 7 августа 1931 г. показала осадку в центральной части ее на 14,6 см. Проверка от 23/X—1931 г., произведенная после 3 незначительных землетрясений, показала осадку плотины на 0,16 м, а дальнейшие проверки 9/XII 1931 г. и 6/I 1932 г. дополнительной осадки не обнаружили.

Таким образом вертикальную осадку плотины можно считать в 0,16 м, что составляет только 0,57% от всей высоты ее. Параллельно с наблюдением за осадкой тела плотины производились тщательные наблюдения за сдвигом гребня плотины в сторону нижнего бьефа. Для этого 2 мая 1931 г. была разбита осевая линия вдоль гребня плотины, закрепленная на обоих берегах, которая служила базисом для последующих измерений.

Измерения показали следующую величину сдвига:

30/V —1931 г.....	30 мм	23/VIII—1931 г.....	73 мм
7/VIII—1931 г.....	61 »	9/XII—1931 г.....	79 »
21/VIII—1931 г.....		64»	6/IV —1932 г.....

Необходимо отметить, что по длине плотины наблюдался неодинаковый сдвиг. В то время, как в центре плотины он составлял между 21 и 23 августом 64 мм, в западном конце он выразился в 15 мм и в восточном в 0. Весьма вероятно, что дальнейшие сдвиги будут незначительны и равномерны. Таким образом, можно отметить вполне удовлетворительную осадку всего сооружения под давлением напорной воды.

#### Литературные источники

WCN, 10/IX—1932 г.

## № 14 ПЛОТИНА ДЕВЕРО (DEVERO)

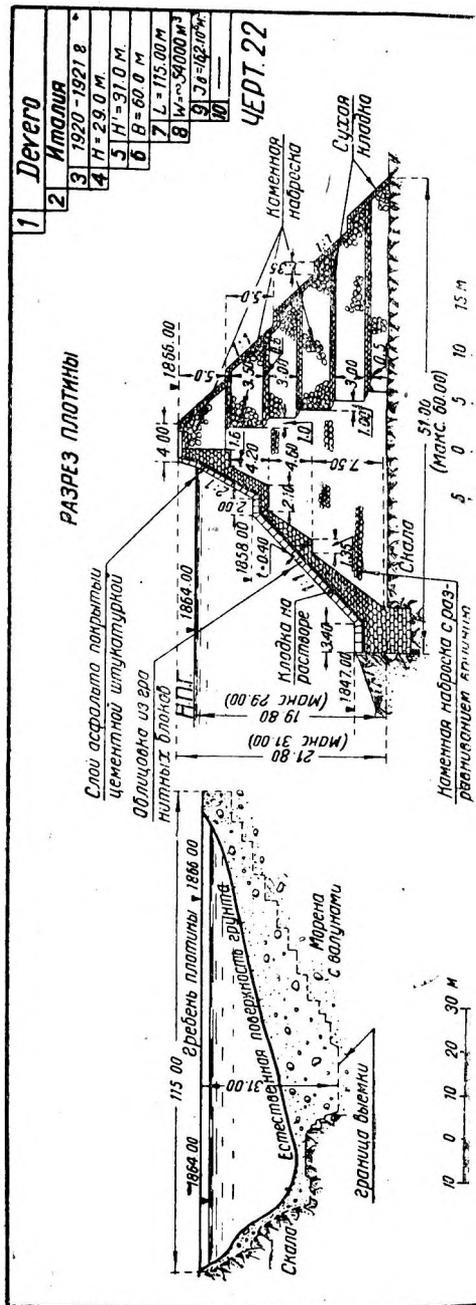
Местоположение плотины. Плотина построена в высокогорной местности на высоте 1866 м, в расстоянии 30 км города Домодосола в Италии (черт 22).

**Назначение плотины.** Плотина предназначена для повышения горизонта воды в горном озере Коделаго. Она образует водохранилище емкостью в 16,2 млн. м<sup>3</sup>, которое имеет водосборную площадь в 25 кв. км и питает две гидростанции суммарной мощностью в 40 000 л. с.

**Год постройки.** Постройка начата в 1920 г. и окончена в 1921 г.

**Местные условия.** Основанием плотины служит частично скала и частично морена, смешанная с ледниковыми илом и валунами.

**Тип и материалы тела плотины.** Тип плотины: каменная наброска, прослоенная горизонтальными рядами сухой кладки, с сухой кладкой верхового откоса и с экраном из бутовой кладки. Тело плотины состоит в верховой части из большого массива кладки насухо с напорным откосом 1 : 1 до отметки 1858,0 м, где устроена берма шириною 2 м, и откосом 2 : 1 выше бермы. Низовой откос 1 : 1 имеет бермы шириною 1,35 м, устроенные через каждые 5,0 м высоты плотины. Верховая часть плотины в пределах приблизительно половины профиля выполнена из наброски подобранной и уложенной вручную с тщательным заполнением пустот между крупными камнями, но однако не настолько правильно, чтобы получилась сплошная сухая кладка. Низовая часть плотины выполнена просто из наброски, в



которую введены слои сухой кладки, предназначенные для лучшего распределения внутренних сил.

**Основные размеры плотины.** Плотина имеет высоту над основанием 31 м и поддерживает напор 29,8 м. Длина по гребню — 115 м, Ширина по основанию около 60 м. Ширина по гребню — 4 м. Гребень на 2 м выше подпорного горизонта. Низовой откос 1:1. Верховой откос внизу 1:1, а выше 2:1.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигнута слоем кладки на цементном растворе, уложенной по верховому откосу, который тщательно заделан в дно и бока долины, чтобы таким образом предупредить боковые обходы фильтрационных вод и размыв частиц основания, состоящего из моренных отложений. По этой кладке уложен двойной слой асфальта, который создает водонепроницаемость экрана. Поверху асфальт покрыт двойным слоем штукатурки, состоящей из цементного раствора. По штукатурке уложена облицовка экрана, состоящая из гранитных блоков, высотой по 0,46 м, уложенных на цементном растворе и предназначенных для предохранения асфальта от температурных деформаций, ударов льда и других неожиданностей, которые могли бы причинить повреждения.

**Дополнительные сведения.** Сооружение это весьма близко подходит к современным образцам калифорнийской практики. Наличие берм на сухом откосе — правильная мера для большей устойчивости при значительной высоте сооружения. Прокладка рядов из правильной сухой кладки немного удорожила постройку, но позволила быть более спокойным ввиду обеспечения надлежащего распределения усилий в теле плотины.

**Производство работ.** Объем тела плотины равен около 54 000 м<sup>3</sup>.

Вопрос о производстве работ не освещен.

**Эксплуатационные данные.** Опыт эксплуатации показывает целесообразность конструкции плотины с заменой железобетонного экрана на бутовой кладкой, которая до сего времени работает безукоризненно.

**Стоимость работ.** Стоимость работ, включая сюда и вспомогательные сооружения, выразилась в 868.000 лир.

#### Литературные источники

1. Jng. E. S c i m e m i, Dighe, Milano, 1928 г.
2. А н и с и м о в, Водохранилищные плотины, Москва, 1931 г.
3. А н и с и м о в, Проектирование глухих плотин, Москва, стр. 115, 1934 г.

## № 15. ПЛОТИНА ДРЮС (DREW'S)

Местоположение плотины. Плотина Дрюс построена на реке того же названия в штате Орегон в

США, в 100 км от ближайшей ж.-д. станции (черт. 23).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище емкостью в 74 млн. м<sup>3</sup>, для целей ирригации и питания гидростанции.

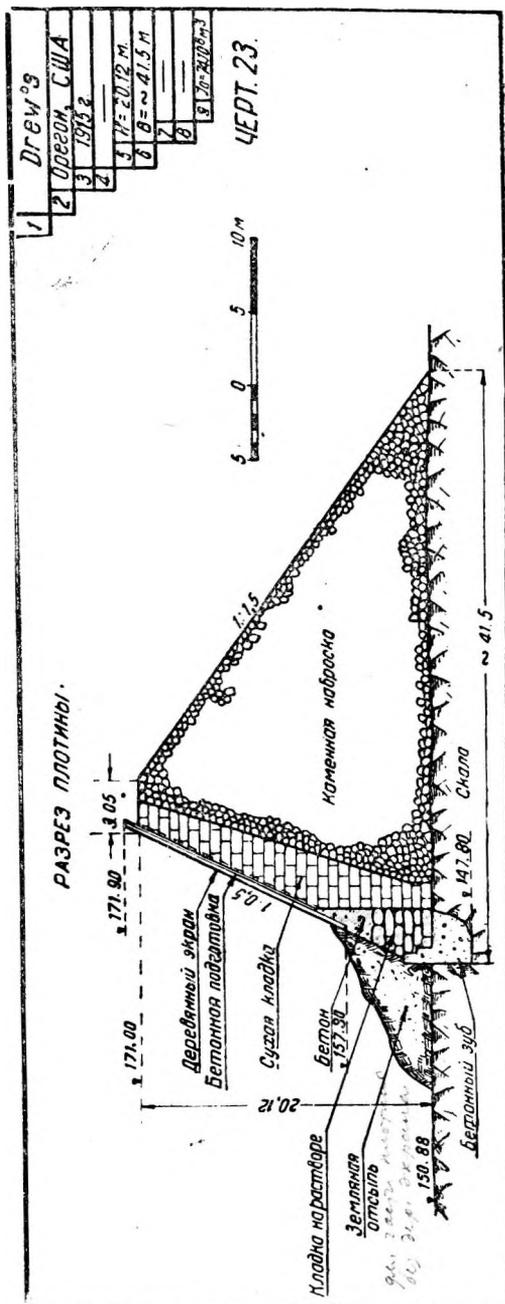
**Год постройки.** Плотина построена в 1915 г.

**Местные условия.** Плотина расположена в узком глубоком каньоне. Основанием плотины служит скала, которая состоит из гранита и базальта.

**Тип и материалы тела плотины.** Тело плотины в основном выполнено из наброски крупных скальных глыб. Тип плотины из каменной наброски со стенкой из сухой кладки и деревянным экраном по ней. Профиль плотины трапециевидного сечения с крутым 1 : 0,5 напорным и более пологим 1 : 1,5 низовым откосом. Для поддержания наброски по крутому верховому откосу устроена стенка из кладки насухо с шириной по верху 1,5 м и уклоном внутренней грани около 1 : 0,3.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 20,12 м над основанием. Ширина по гребню — 3,05 м. Ширина по основанию около 41,5 м. Верховой откос 1 : 0,5. Низовой откос 1 : 1,5.

**Противофильтрационные устройства.** Аллювиальные отложения и выветрившаяся скала по контуру верхового откоса прорезаны бетонным зубом, глубиною до 3 м. Продолжением этого зуба является кладка на растворе, имеющая, на профиле



плотины вид треугольника с вертикальной внутренней гранью, непосредственно соприкасающейся с стенкой из сухой кладки.

По грани откоса устроен деревянный экран. Он состоит из двойного ряда досок толщиной по 6 см, уложенных вдоль откоса, который предварительно был сглажен слоем бетона. Применение деревянного экрана было продиктовано тяжелыми транспортными условиями, однако подобная конструкция рассматривается как временная мера. В дальнейшем проект предусматривает замену его железобетонным экраном. В соответствии с этим и выполнена его заделка в зуб на отметке 157,3 м, которая может быть обнажена при опорожнении водохранилища. Для большей водонепроницаемости с напорной стороны в пределах кладки на растворе устроена земляная отсыпка.

**Сооружения в теле плотины.** Для подачи воды к гидростанции по основанию плотины уложен заделанный в бетон водовод, диаметром 0,9 м, который имеет регулирующие приспособления, расположенные с низовой стороны плотины.

**Дополнительные сведения.** Отвод паводковых вод достигается железобетонным водоспуском с порогом 36,6 м, который заложен на 2,7 м ниже гребня плотины. Для опорожнения водохранилища и питания ирригационных систем предусмотрен тоннельный водоспуск размером 1,5X2,0 м, с регулируемыми приспособлениями, установленными в головной части его.

**Производство работ.** Производство работ в литературе не освещено, известно лишь, что все наносные отложения в пределах подошвы плотины были удалены.

#### Литературные источники

ENR, № 3. 18/1—1917 г.

---

## № 16. ПЛОТИНА ЭСКОНДИДО (ESCONDIDO)

**Местоположение плотины.** Плотина Эскондидо является одной из первых набросных плотин, построенных в Калифорнии (черт. 24).

**Назначение плотины.** Плотина служит для образования водохранилища в целях ирригации.

**Год постройки плотины.** Плотина построена в 1885 г.

**Местные условия.** Коренными породами в створе плотины являются граниты, прикрытые в русле реки наносными отложениями.

**Тип и материал тела плотины.** Тело плотины в основном состоит из каменной наброски, выполненной из камней, весом до 4 т. Карьерная мелочь и земля в состав тела плотины не допускались.

Верховая грань плотины выполнена в виде стенки размером 4,57 м по низу и 1,52 м по верху, из кладки насухо, тщательно уложенной вручную.

Вдоль напорной грани плотины устроен зуб, который является упором для деревянного экрана.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 23,16 м, длина по гребню — 116,0 м. Ширина по гребню плотины — 3,05 м. Для верхового откоса принято постоянное заложение — 1:0,5, для низового — переменное: до высоты 8,3, считая от подошвы, он имеет заложение 1:1,25, переходя далее в 1:1. Ширина по основанию — 42,67 м.

**Противофильтрационные устройства.** Основанием тела плотины служит скала — гранит. Места трещиноватой породы дренированы. Для сопряжения тела плотины с основанием вдоль напорной грани заложен зуб, глубиной от 0,91 до 3,6 м, выполненный из бутовой кладки на цементном растворе. Зуб служит также опорой для деревянного водонепроницаемого экрана.

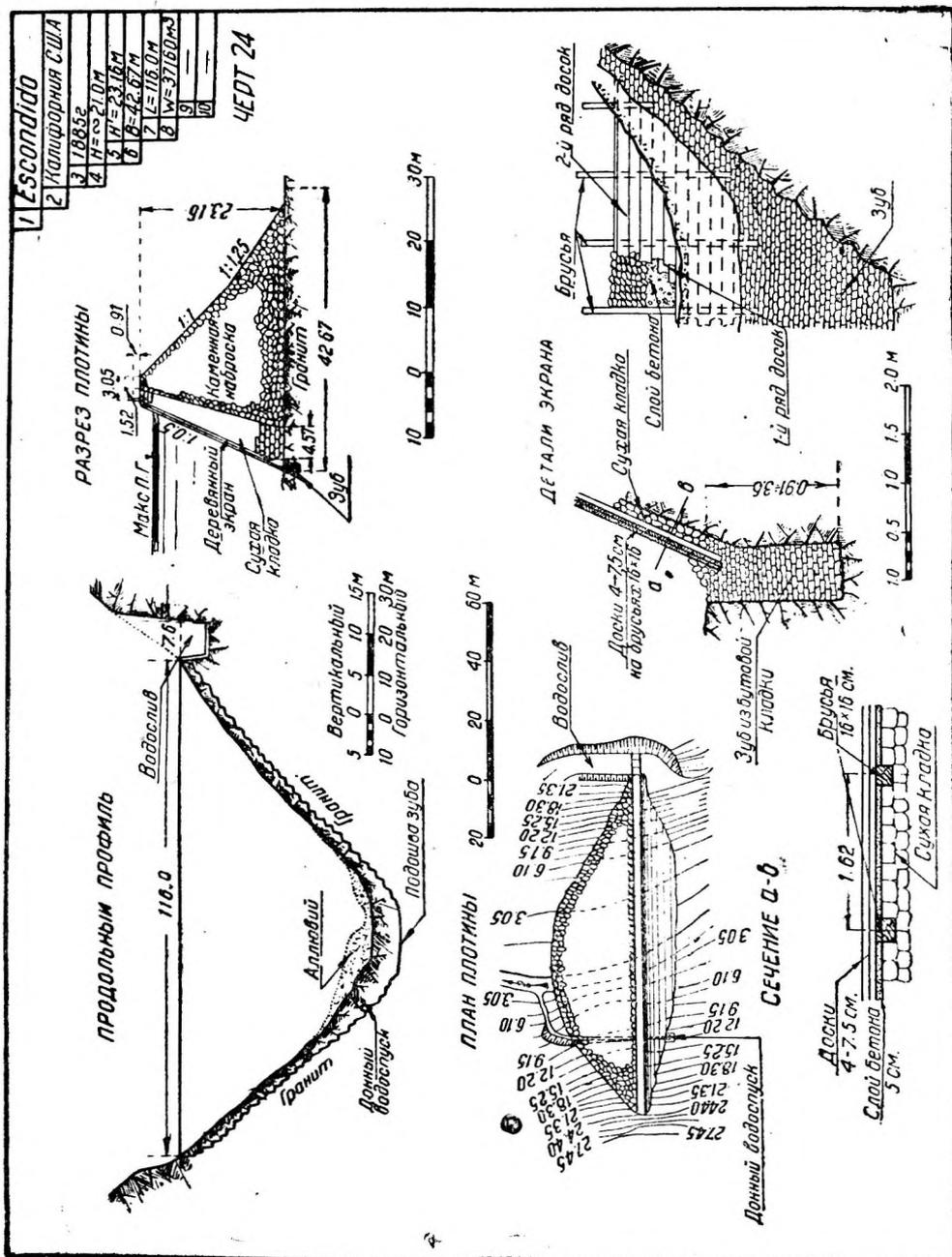
Экран состоит из двойной досчатой обшивки. Расположение досок горизонтальное, пришиваются они к брускам размерами 16 X 16 см, расположенным на расстоянии 1,62 м один от другого. Толщина досок понизу — 7,5 см, кверху она постепенно уменьшается и доходит до 4 см. Доски расположены таким образом, что швы нижней обшивки перекрываются верхней обшивкой.

Пространство, размером в 5 см, между досчатой обшивкой и кладкой тела плотины заполнено бетоном, при чем это заполнение производится одновременно с обшивкой. В целях достижения водонепроницаемости все стыки тщательно проконопачивались и каждый ряд просмаливался. Обшивка заделана в зуб на глубину 1,2 м. Верх экрана — на 0,9 м выше гребня плотины.

**Сооружения в теле плотины.** Выпуск воды из водохранилища осуществляется через донный водоспуск, выполненный в виде гончарной трубы, диаметром 61 см, втупленной в бетон. Последняя заложена в основании плотины.

**Дополнительные сведения.** Отвод паводковых вод осуществляется через боковой водослив, расположенный на правом берегу каньона. Ширина его — 7,6 м.

**Производство работ.** Объем работ по сооружению плотины определился в 37 160 м<sup>3</sup> наброски в том числе 6000 м<sup>3</sup> кладки насухо. Так как вблизи работ представлялась возможность открыть хороший карьер, то весь применяемый для постройки камень был получен



подбором отдельных глыб, путем разработки выходящих на поверхность скальных обнажений. К месту укладки камень подавался по рельсовым путям на платформах, для чего вдоль оси плотины были сооружены деревянные эстакады, опоры последней были оставлены

в теле плотины. Сбрасываемый камень в пределах тела плотины разравнивался при помощи дерриков.

**Эксплуатационные данные.** При наполнении водохранилища, когда горизонт воды достиг высоты 17,2 м, фильтрация через тело плотины достигла 4,4 л/сек. Величина такой фильтрации оставалась постоянной, а ее путь прохождения, несмотря на поставленные наблюдения, так и не удалось установить. Плотина, вследствие недостаточной пропускной способности водослива, пропустила паводок через гребень, но разрушений не произошло.

**Стоимость плотины.** Полная стоимость плотины, включая и отчуждения земли, определилась в 110 000 долл.

#### Литературные источники

1. Z i g l e r , Der Talsperrenbau, т. I, стр. 89.
  2. W e g m a n, The design and construction of dams, стр. 267—279.
-

## № 17. ПЛОТИНА ПЕНРОЗЕ (PENROSE)

**Местоположение плотины.** Плотина Пенрозе построена в ущелье р. Ист-Бивер Крик на отметке 2945 м над уровнем моря и находится на расстоянии 40 км к юго-западу от г. Колорадо-Спрингс в штате Колорадо США (черт. 25).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью 1 584 800 м, обслуживающее гидроэлектростанцию отеля Бродмоор, находящегося в 8 км от г. Колорадо Спрингс.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1930 г. и закончена в 1932 г.

**Местные условия.** Топографические условия места постройки характеризуются крутыми гористыми склонами с богатой лесной растительностью. Основание и склоны каньона сложены из прочного гранита, имеющего двоякое по времени происхождение, при чем трещина между обеими породами, шириной 15—25 см, приходится на левобережное сопряжение и заполнена непроницаемой глиной.

**Тип и материалы плотины.** Плотина выполнена из каменной наброски (гранит хорошего качества) с металлическим сплошным, сварным экраном, уложенным по напорному откосу. У верховой грани устраивается стенка из сухой кладки, состоящая из крупных камней размером от 2,3 до 3,8 м<sup>3</sup>, укладываемых дерриком с пригонкой вручную и тщательной расцебенкой. Стенка из сухой кладки имеет размеры от 3,78 м в основании до 1,2 м у гребня. Она служит постелью для каменной облицовки плотины. Облицовка выполнена из тесаного камня, уложенного правильными горизонтальными рядами на цементном растворе. Облицовка оштукатурена слоем цемента в 5 см.

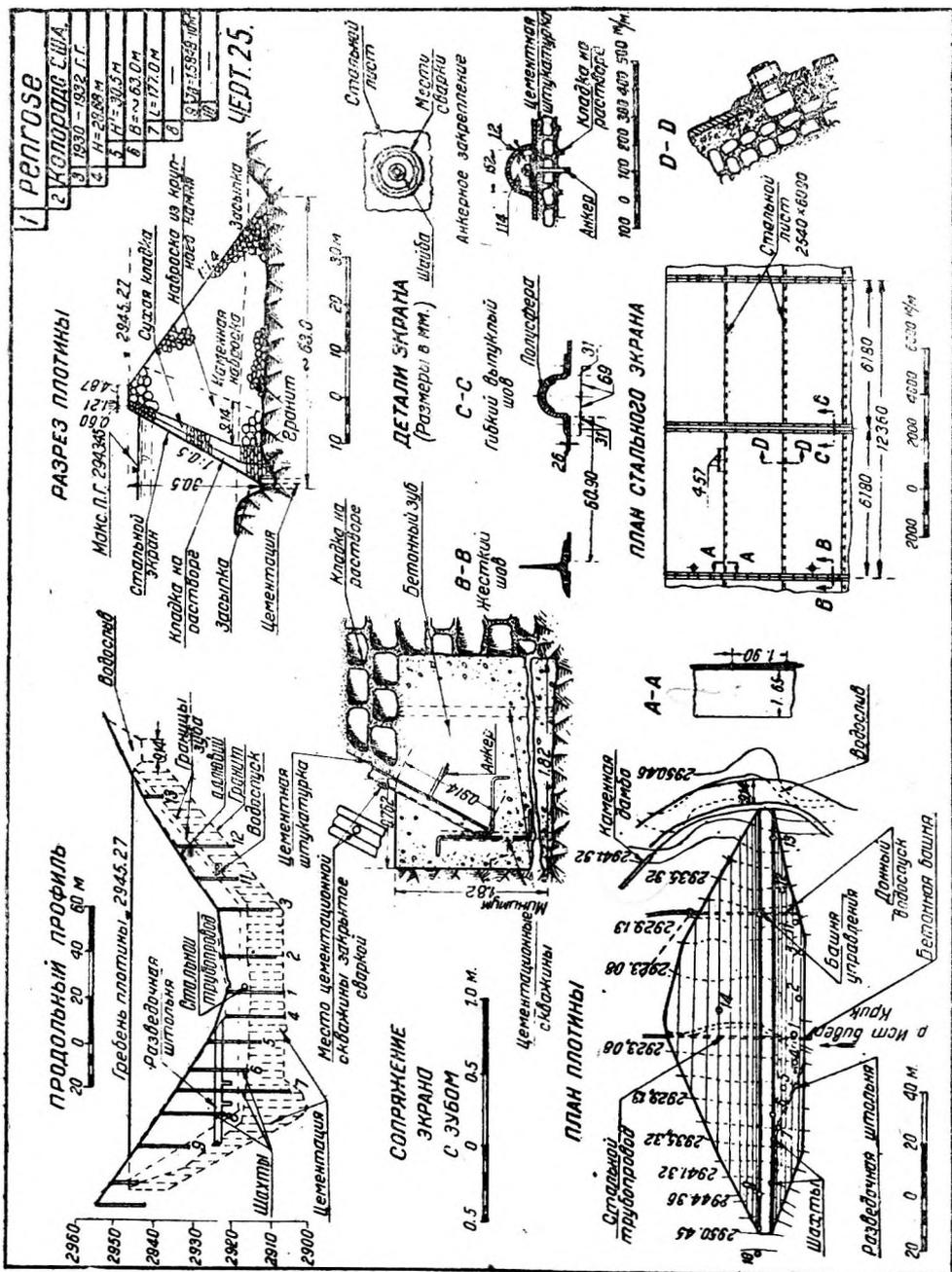
**Основные размеры плотины.** Наибольшая длина плотины по гребню — 177 м, длина по стенке зуба — 85 м, высота плотины — 30,5 м, ширина по гребню — 6,68 м. Верховой откос — 1:0,5. Низовой откос — 1:1,4.

**Противофильтрационные устройства.** Подготовка основания предусмотрена путем снятия разрушенной породы до прочной скалы. По готовому основанию с верховой стороны заложен бетонный зуб, который является основанием для каменной облицовки и металлического экрана. Траншея под зуб имеет глубину 1,82 м у правого берега и по дну ущелья от 3,05 до 7,6 м у левого берега. Ширина ее изменяется от 1,82 м до 3,05 м.

Водонепроницаемый экран устраивается из листовой стали, содержащей не менее 0,2% меди. Длина листов — 6,09 м, ширина — 2,54 м. Толщина листов для трех нижних рядов 9,5 мм, для пяти следующих — 8,0 мм и у гребня плотины — 6 мм.

Размещение плит произведено таким образом, что горизонтальные швы уложены в нахлестку для удобства сварки и листы соединены между собой 19,5 мм болтами, расставленными на 45,7 см. Вертикальные же швы устроены помощью чередующихся каждые 12,4 м гибких выпуклых соединений и таврового соединения, размером 16,5 X 16,5 см и весом 9 кг.

**Сооружения в теле плотины.** Для опорожнения водохранилища в правобережной части плотины заложены 2 сбросные трубы  $d=0,36$  и  $0,61$  м с щитами управления и башней, заложенной в пределах тела плотины.



**Дополнительные сведения.** Для подачи воды к отелу Бродмур от водохранилища проложена стальная труба с муфточными соединениями системы Дресер. Кроме того с той же целью от водохранилища уложены по разным направлениям еще 2 трубы: одна диамет-

ром — 33' см, длиной 3,2 км, из которых 130 м проходит тоннелем, а другая — диаметром 25 см и длиной 15,7 км.

**Производство работ** <sup>1)</sup>. Разрушенные породы по основанию плотины снимались до прочной скалы и укладывались непосредственно с наружной стороны зуба с тем, чтобы использовать их как материал для отсыпки низовой грани плотины. Мелкий камень из карьеров укладывался подобным же образом. Напорный откос наброски составлялся из отборного крупного камня почти кубической формы, с обтесанными краями, уложенного горизонтальными рядами на цементном растворе. До начала бетонирования зуба были установлены в вертикальном положении 2 ряда труб, диаметром 63,5 мм, предназначенных для цементации скалы. Нижние концы труб опирались на основание траншеи зуба, а верхний возвышался на 0,6 м над гребнем зуба. Трубы располагались на расстоянии 0,9 м между рядами и на расстоянии 3,0 м одна от другой в ряду, в шахматном порядке. Скважины были предусмотрены через каждые 1,50 м, за исключением места сопряжения различных пород скалы, где скважины располагались на расстоянии 0,9 м одна от другой, по обоим направлениям, занимая полосу шириной 8 м поперек места сопряжения. Когда зимой работы приостановились, была произведена цементация через все 84 скважины под давлением от 7 до 14 атм, при чем общий расход цемента определился в 186 мешков, что составило в среднем на одну скважину 1,97 мешка.

Максимум составил 15,5 мешка на скважину и получился вследствие переполнения ее до выхода цемента на поверхность. Бетонирование зуба производилось в два приема: сначала бетонировалась одна секция, а затем другая, после размещения нижних рядов плит и анкеров. Бетон заливался отдельными блоками, длиной от 10 до 15 м (в течение 12 часов).

Таким образом вся площадь соприкосновения напорного откоса со скалой была сделана водонепроницаемой при помощи противотрифильтрационного устройства из металла и цементации. Наброска камня началась с низового откоса плотины, при чем камень набрасывался поперек долины слоями от 4,0 до 5,0 м по всей ширине основания плотины. Камень из карьера, расположенного ниже у правого берега, грузился в вагонетки паровым экскаватором, подвозился автомобилями к месту сооружения и сбрасывался из вагонеток, двигаясь по направлению к левому берегу. Размеры камня, добываемого на карьере, колебались от 3,8 м<sup>3</sup> до карьерной мелочи, которая шла на заполнение пустот между крупными камнями. У верхней грани был установлен экскаватор, который отделял крупные камни, и сбрасывал их к напорной грани плотины. Камни укладывались слоями толщиной в 1,2 м и шириной около 9,0 м.

Когда каменная наброска достигла высоты 10,0 м, тавровое железо для монтажа экрана опускалось с верху наброски, начиная от середины плотины, при помощи лебедки и канатов и примерно устанавливалось на рабочем месте. Затем опускался нижний ряд листов, свободно соединенных один с другим, при чем листы железа опирались на полосы из зетового железа, ранее уложенного для этой цели, после чего устанавливались все болты, которые однако не затягивались. Подобным образом монтировались 2-й и 3-й ряды листов. После этого гибкие выпуклые и тавровые соединения выдвигали вперед, оставляя свободное пространство между поверхностью плоти-

<sup>1)</sup> По нашему мнению, такая организация производства работ не рациональна, когда камень укладывается из выемки вначале с верхней стороны, потом снова перевозится на сухой откос. Однако объяснений к этому не имеется.

тины и листами, и укрепляли деревянными клиньями различной формы. Затем опускались рабочие — один между поверхностью плотины и плитой для того, чтобы держать болт, а другой снаружи — для привинчивания гайки. После укрепления всех болтов — всего 8 рядов по длине, начиналась электросварка всех швов, головок болтов и анкерного перекрытия по всей длине стальной облицовки.

Сложность операций по анкерному закреплению листов заслуживает внимательного рассмотрения: она состоит в том, что на одной стороне листа на расстоянии 30 см от центра каждого таврового соединения в отверстии, пробитом в каменной стенке, помещается 19-миллиметровый болт, длиной 42 см (завершенный конец вниз, а шайба и гайка кверху) и закрепляется при помощи серы. После этого гайки завинчиваются и привариваются сверху. Место крепления защищалось стальной крышкой полусферической формы и приваривалось к листам. Анкерные болты имеются у каждой тавровой балки и расположены в горизонтальном направлении на расстоянии 12,4 м один от другого и через два ряда плит в вертикальном направлении на расстоянии 4,5 м.

**Стоимость работ.** Стоимость работ по водохранилищу и трубопроводу определяется в сумме около 700 000 долл.

#### Литературные источники

ENR, № 3. 18/1 — 1917 г.

---

## № 18. ПЛОТИНА ЭЙЛДОН (EILDON)

**Местоположение плотины.** Плотина Эйлдон построена на р. Гальбурн, в Австралии в штате Виктория (черт. 26).

**Назначение плотины.** Основное назначение плотины — создание водохранилища в целях ирригации и энергетики. Объем водохранилища — 375 млн. м<sup>3</sup>. В дальнейшем с повышением плотины на 12 м предположено увеличение его до 900 млн. м<sup>3</sup>.

**Год постройки.** Плотина запроектирована в 1912 г., начата постройкой в 1925 г. и окончена в 1927 г.

**Местные условия.** Район Австралии, где расположена плотина, может быть назван сейсмическим районом, поэтому при проектировании плотины еще в 1912 г. этот момент был учтен. Створ плотины расположен в долине, шириною около 0,8 км, на уровне гребня плотины, на высоте 42,9 м от дна реки.

Коренной породой является скала, прикрытая глиной на глубину до 25 м.

**Тип и материал тела плотины.** Плотина из каменной наброски, с железобетонной диафрагмой и глиняным ядром около нее.

Профиль плотины по проекту трапециoidalного сечения с откосами 1:2. Выполненный профиль плотины имеет более крутые откосы 1:1,5 с устройством на них горизонтальных берм.

Тело плотины в основном выполнено из каменной наброски в виде смеси крупного и мелкого камня. Вначале ширина гребня плотины была запроектирована — 4,8 м, фактически же она выполнена значительно больших размеров. Плотина имеет криволинейное расположение в плане. Длина набросной части плотины — 690 м. У правого берега к ней примыкает массивная бетонная водосливная часть, длиной 205 м. Сопряжение достигнуто при помощи раздельной стенки.

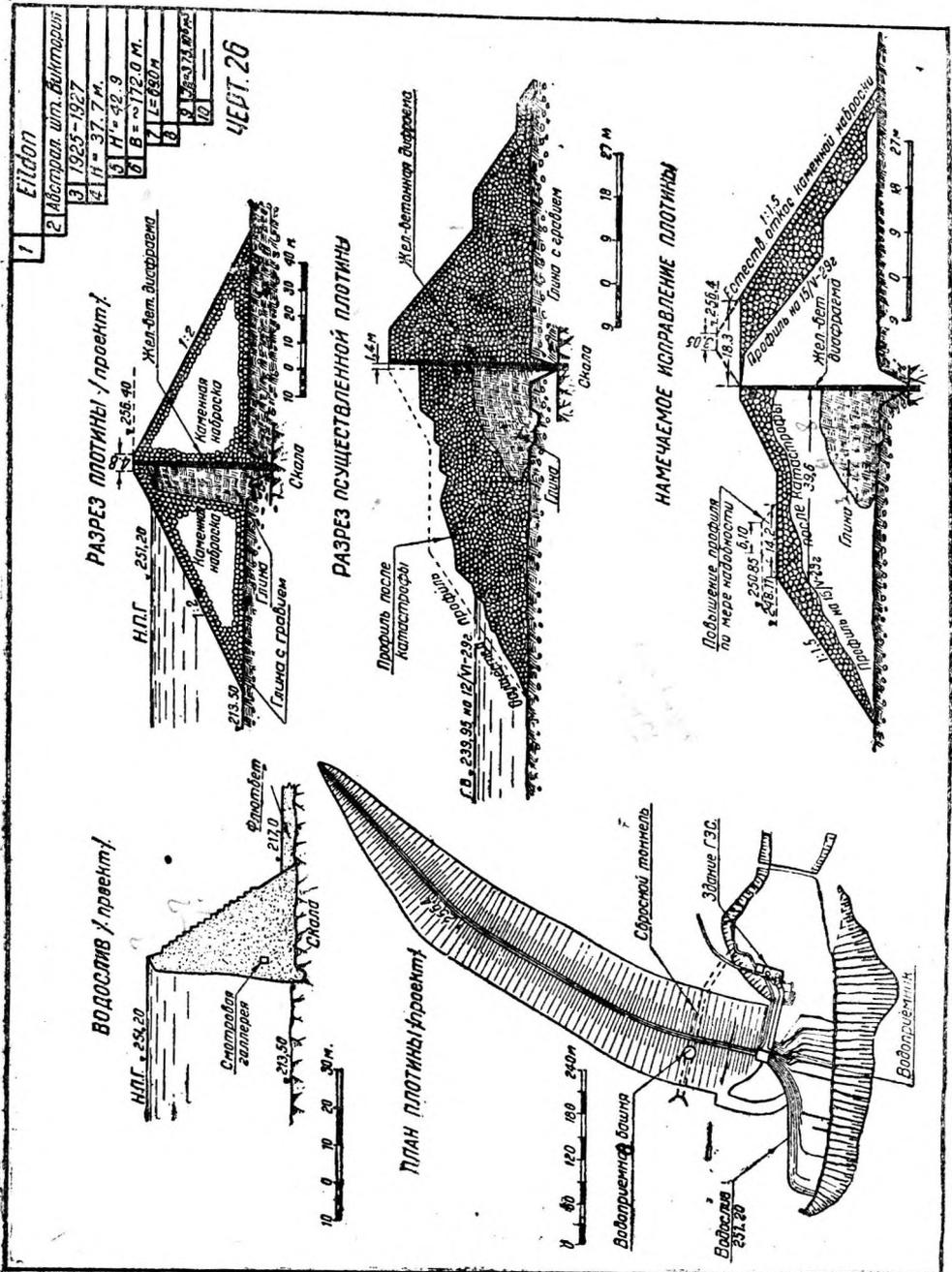
**Основные размеры плотины.** Высота глухой части плотины над дном реки — 42,9 м, водосливной — 37,7 м. Максимально допустимая толщина переливающегося слоя на водосливе предположена в 5,0 м. Длина по гребню набросной части — 690 м, водосливной — 205 м. Откосы 1:1,5.

**Противофильтрационное устройство.** Водонепроницаемость тела плотины достигается центральной железобетонной диафрагмой и глиняным ядром, уложенным с верховой стороны. Железобетонная стенка, толщиной 0,6 м по верху и от 1,5 до 1,8 м по низу (в зависимости от высоты), имеет двойную арматуру, которая состоит из 12-миллиметровых прутьев, уложенных через 30 см. Сетка заложена с обеих сторон диафрагмы на расстоянии 7,5 см от ее поверхности.

Основание диафрагмы врезано на 1,5 м в скалу, которая залегает на глубине местами до 25,0 м. Непосредственно к верховой грани железобетонной стенки примыкает ядро из глины, толщиной около 6 м по верху и 9 м по низу; верх ядра заложен на 1,5 м ниже гребня плотины. Основание глиняного ядра на длине первых 270 м от правого берега доведено до выклинившейся здесь скалы. На остальном протяжении плотины, где скала залегает на значительной глу-

бине, ядро опирается на глинистые породы наносов (глина с гра-  
вием).

Сооружения в теле плотины. Отвод реки во время строительства  
осуществлялся через пробитый на левом берегу строительный тон-



нель, который в дальнейшем был использован как водоспуск. Поступ-  
ление воды в сбросной тоннель происходит через отверстия водопри-  
емника, который представляет собой железобетонную башню, уста-  
новленную над тоннелем в пределах верхнего откоса плотины. Во-

семь водозаборных отверстий 1,08 X 1,72 м расположены по четыре в два этажа соответственно на отметках 215,2 и 230,0 м и перекрыты щитами с гидравлическими подъемниками, установленными в башне. Головное водоприемное сооружение для питания турбин гидростанции, расположенное в пределах раздельного массива, имеет отверстие 1,2X3,0 м, порог которого заложен на отметке 230,0 м.

**Дополнительные сведения.** Работы по сооружению плотины были начаты в 1914 г. Однако из-за войны они вскоре были надолго приостановлены и плотина в том виде, как она представлена на чертеже, была закончена постройкой только в 1927 г.

**Производство работ.** Требуемый для наброски тела плотины камень добывался в 2 карьерах, удобно расположенных на обоих берегах близ плотины, из каждого карьера было добыто примерно равное количество камня. Камень, полученный из карьера правого берега, по качеству был лучше камня, полученного в левобережном карьере. В качестве карьера на правом берегу была использована выемка под водосливную часть плотины.

**Эксплуатационные данные.** Заполнение водохранилища было закончено 27/VIII—1927 г. В продолжение 1927/28 г. горизонт воды колебался незначительно; за это время 6/X—1928 г. плотина пропустила большой паводок, во время которого горизонт водохранилища повысился на 1,77 м, выше нормального. Зимой 1928/29 г. горизонт поддерживался в пределах нормального подпора.

К весне водохранилище по обыкновению начало опорожняться и горизонт воды постепенно понижался, достигнув 26/IV—1929 г. отметки 236,8 м. Таким образом, понижение горизонта водохранилища против его предшествующего длительного стояния к этому времени достигла 14,2 м. С этого времени началось катастрофическое оседание верхового откоса плотины, распространившееся на протяжении около 360 м, захватив всю центральную часть плотины. 14/V 1929 г. была назначена экспертная комиссия, которая должна была установить: 1) причины оседания плотины, 2) наличие дефектов в постройке плотины, 3) отвечала ли конструкция плотины целям, для которых она была запроектирована, 4) возможно ли исправление сооружения или дефектов ее конструкций и повышение устойчивости сооружения в целом, 5) мероприятия, гарантирующие ответственную безопасность при эксплуатации этой плотины.

Согласно докладу экспертной комиссии максимальная просадка гребня верховой части плотины достигла 7,5 м, при чем величина просадки уменьшалась к берегам плотины. На обнаженной железобетонной диафрагме были заметны царапины, следы оползания отдельных камней наброски. В то время, как в месте наибольшей просадки эти царапины были совершенно вертикальным, по мере удаления к берегам они становились все более и более наклонными по направлению к центру. Эти обстоятельства указывали на то, что просадка увеличивалась от периферии к центру, увлекая за собой в том же направлении сползающую массу откоса. Кроме того сама стенка была прогнута в сторону нижнего бьефа. При этом величина прогиба в некоторых местах достигала 1,5 м. Такая деформация железобетонной стенки конечно не обошлась без образования трещин, из которых многие доходили до верха стенки. Особенно большая трещина появилась в месте сопряжения стенки с устоем плотины, где величина раскрытия ее по верховой грани достигала 25 мм. Все это вызвало значительную фильтрацию из водохранилища, которая начала выносить глину за пределы плотины.

Рассматривая причины повреждения плотины, комиссия пришла к следующему заключению: все материалы в том числе и глина, употреблявшиеся для постройки плотины, вполне удовлетворительны по качеству.

Наиболее вероятной причиной образования просадки и сползания откоса является давление размокшего массива глины на каменную наброску и диафрагму. При понижении горизонта воды в водохранилище вес наброски оказался недостаточным, чтобы удержать массив глины в его первоначальном положении. Это предположение было подтверждено лабораторными исследованиями, произведенными над глиной. В отношении конструкции диафрагмы комиссия отметила следующее: конструкция с точки зрения самой идеи, основанной на применении помимо железобетонной стенки еще и массива глины как защиты от фильтрации, не внушает доверия, почему при ремонте плотины производить восстановление разрушенного защитного массива глины не следует. Для устранения повреждений плотины, комиссия предложила следующие меры:

1) придать большую устойчивость плотине, усилив ее профиль отсыпью из наброски с верховой стороны и частично с низовой стороны откосом 1:1,5;

2) предусмотреть дренаж в низовой части плотины, заложив там коллектор для сбора фильтрующей через диафрагму воды;

3) заделать все трещины, обнаруженные в железобетонной стенке и предусмотреть, где это необходимо, укладку с верховой стороны взамен глины другого материала, неизменяющегося под влиянием воды;

4) предусмотреть увеличение пропускной способности водослива.

**Стоимость работ.** По данным 1917 г: сметная стоимость плотины намечалась в 2,3 млн. долл. К моменту окончания работ фактическая стоимость плотины возросла до 7,5 млн. долл. Стоимость работ по ремонту плотины исчислялась дополнительно 2,5 млн. долл.

#### Литературные источники

1. L. Luigi, Dighe di scogliera, Рим, 1917 г.
  2. ТЕ, 24/1—1930 г.
  3. ТЕ, 4/Х и 11/Х — 1929 г.
-

## № 19. ПЛОТИНА ПОРЬЮС (POPJUS)

**Местоположение плотины.** Плотина Порьюс находится в Швеции за полярным кругом (черт. 27).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, предназначенное для питания гидростанции.

**Год постройки.** Примерно 1914—1915 гг. Точных сведений нет.

**Местные условия.** Плотина находится в суровых северных условиях Заполярья. Геология створа представлена прочной скалой, выветрившейся с поверхности на глубину до 2 м.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина смешанного типа. Она является одной из крупных и вместе с тем наиболее интересных по конструкции плотин Скандинавии.

Конструкция тела плотины по идее напоминает конструкцию плотины Эйлдон в Австралии, однако отличается от последней большим совершенством отдельных деталей, продуманных до конца. Верховая часть плотины в основном выполнена из земляной насыпи.

С верховой стороны эта насыпь прикрыта защитным слоем каменной наброски, толщиной до 3,4 м, откос которой выложен из крупных камней в виде циклопической кладки.

Весьма своеобразной деталью верховой части плотины является слой торфа, толщиной в 0,6 м, уложенный между насыпью и каменной наброской в пределах колебания горизонта воды в водохранилище. Этот слой является своего рода гибким буфером от воздействия льда на плотину.

Низовая часть тела плотины выполнена из каменной наброски, откос которой укреплен укладкой крупных камней. В пределах этой части имеется также весьма остроумная деталь «скользящий шов» (плоскость скольжения), заложенный в массиве наброски на отметке 338,0 м; шов этот при всех условиях работы плотины уравнивает силы, действующие на диафрагму.

Материалом для наброски служит скала хорошего качества, для насыпи — песчано-глинистые грунты, добываемые на месте постройки.

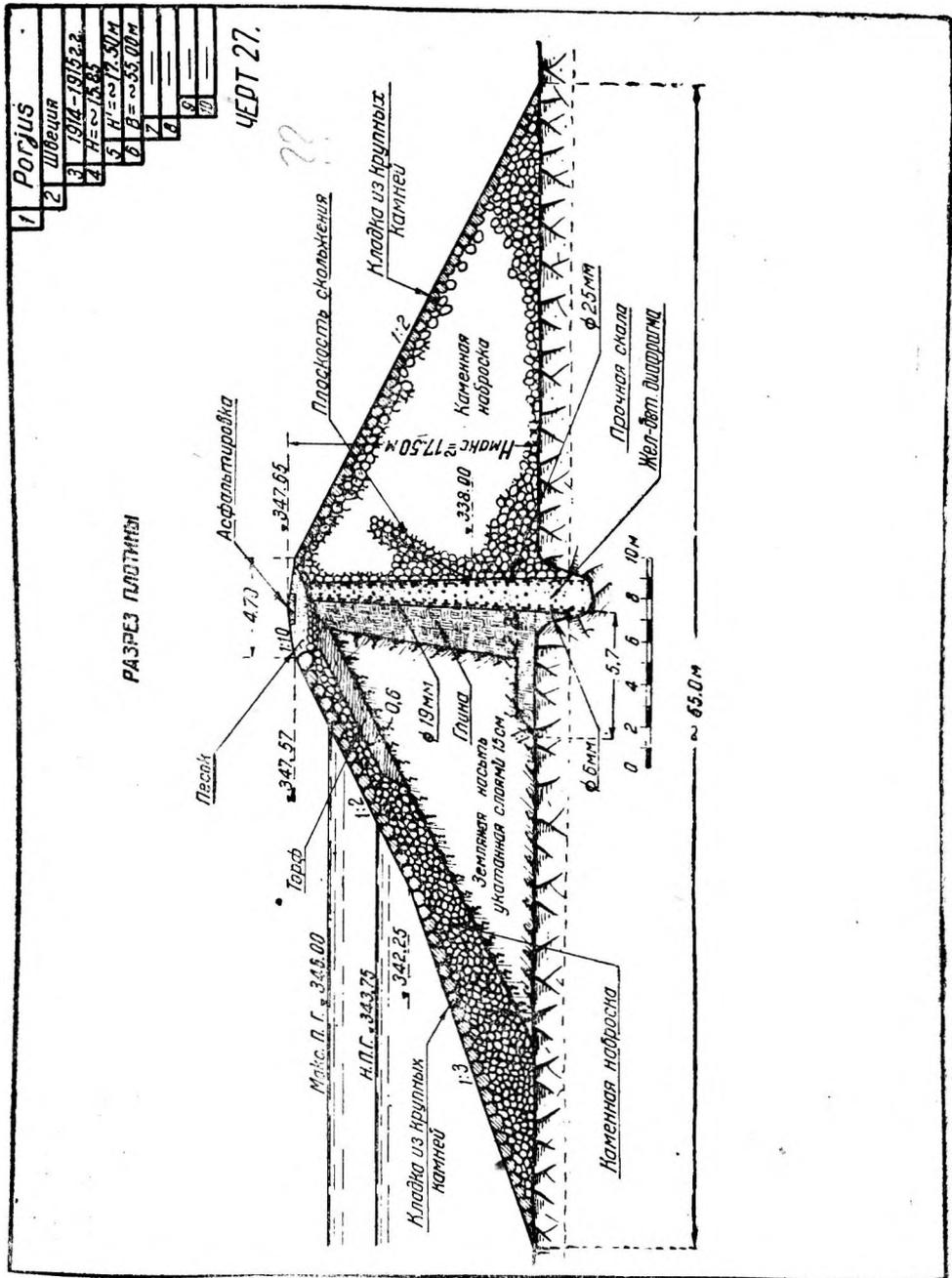
**Основные размеры плотины.** Высота плотины над основанием 17,5 м, при ширине по гребню 4,7 м. Верховой откос изменяется от 1:3 у основания до 1:2 у гребня, а низовой откос имеет постоянный уклон 1:2.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость плотины достигается центральной железобетонной массивной диафрагмой. Верх диафрагмы расположен на 1 м ниже гребня плотины и на 0,65 м выше максимальной поверхности горизонта. Диафрагма прорезает рыхлую породу и заделана в прочную скалу.

Толщина диафрагмы меняется от 0,8 м у гребня и до 1,8 м у основания.

Вся диафрагма выполнена из отдельных плит, разделенных вертикальными швами. Грани ее покрыты асфальтовой изоляцией. Состав бетона диафрагмы 1:3:5. С верховой стороны диафрагмы уложен слой глины толщиной, изменяющейся от 1,4 м по верху и до 2,2 м по основанию, где она на протяжении 5,7 м прикрывает также и скалу основания слоем в 1,0 м.

**Производство работ.** При возведении плотины была учтена осадка наброски, которая была принята в 3%. Земляная насыпь уложена слоями по 15 см с тщательной укаткой.



Эксплуатационные данные. Исключительная надежность конструкций плотины доказана безупречной многолетней эксплуатацией сооружения.

**Литературные источники**

L u d i n, Die Nordischen Wasserkräfte, Берлин, 1930 г., стр. 550.

## № 20. ПЛОТИНА УЭД КЕБИР (OUED KEBIR)

**Местоположение плотины.** Плотина Уэд Кебир построена на реке того же названия во французской колонии Тунис, в Северной Африке. Плотина находится в 80 км от г. Туниса и 20 км от ближайшей ж.-д. станции (черт. 28).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище емкостью в 25,9 млн. м<sup>3</sup>, предназначенное для водоснабжения Туниса.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1924 г. и окончена в 1925 г.

**Местные условия.** Буровыми разведками было установлено присутствие на незначительной глубине как в пределах русла реки, так и склонов ущелья, слоя мергелистых известняков, содержание в известняках мергелей изменялось от 10 до 20%. Русло реки проходит в аллювиальных отложениях, состоящих из гравия, песка и глины, мощностью по 10,0 м. Река Кебир ежегодно выносит до 900 000 м<sup>3</sup> наносов, а ее паводки достигают 1 000 м<sup>3</sup>/сек. Хороший песок в районе строительства отсутствует, а песок наносных отложений в русле реки весьма крупнозернист и сильно загрязнен глиной; поэтому в случае употребления его для бетонных работ требуется усиленная промывка.

**Тип и материал тела плотина.** Тип плотины Уэд Кебир выбран в результате конкурса, проведенного в мае 1921 г. По принятому проекту тело плотины в основном выполнено из каменной наброски, для которой использованы известняки, слагающие ущелье. Особенностью данной конструкции является низовая сторона плотины, где ее хвостовая часть выполнена из кладки насухо, уложенной вручную. Этой кладкой создается своего рода упорный массив, высотой в 20,0 м, трапециевидного профиля с верховым откосом 1 :0,85 и низовым 1 :1 и шириной поверху в 3,0 м. Верх этого упорного массива совпадает с бермой низового откоса. Чтобы вызвать большую осадку и передать при этом на диафрагму давление от вышележащего массива наброски, обращенной к диафрагме, упорная призма сглажена слоем тощего бетона.

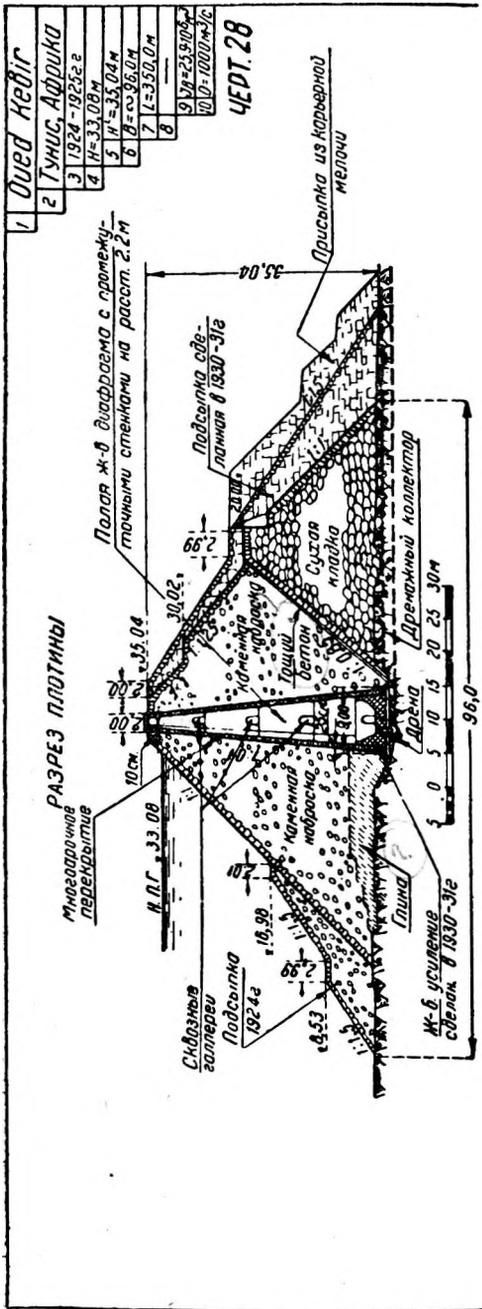
С низовой стороны этот массив усиливается отсыпью из карьерной мелочи и частично наброской.

Такая же подсыпка устроена у верховой грани плотины.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 35,04 м, ширина по основанию — 96,0 м, длина по гребню — 350 м. Верховой откос 1 :1, 1 :1,5 и низовой откос 1 :1,5.

**Противофильтрационные устройства.** В пределах основания плотины, которым являются мергелистые известняки, удалены перекрывающие его наносные отложения и выветрившиеся породы. Кроме того в целях придания большей водонепроницаемости основанию, предполагается прикрыть его слоем глинобетона толщиной до 5,0 м. Водонепроницаемость тела плотины достигается полкой железобетонной диафрагмой, верховая стенка которой состоит из ряда полуциркульных сводов, пролетом по 2,2 м, а низовая — образуется рядом плоских сводов. Обе стенки диафрагмы связаны между собой прохо-

дящими по высоте через пять сводов поперечными стенками, отстоящими друг от друга на 2,2 м. Образующим сводам приданы уклоны 10:1, поэтому ширина диафрагмы от 2,0 м поверху увеличивается до 9,0 м внизу с изменением толщины сводов от 0,10 до 0,25 м.



Через каждые 9,0 м, по высоте диафрагмы, устроены служебные мостики, которые проходят в специально оставленных в поперечных распорных стенках отверстиях. Кроме обычной неглубокой заделки диафрагмы в скалу основания проектом предусмотрено закрепление ее стенок в основании при помощи анкеров глубиной в 4,0 м, установленных через 0,5 м. Арматура последних связывается с арматурой стенок диафрагмы. Для отвода задержанной диафрагмой фильтрационной воды предусмотрен дренажный коллектор, который имеет длину 42,0 м и уклон 0,061, он выводит фильтрационные воды в нижний бьеф. Принятый тип центральной полой диафрагмы имеет за собой ряд преимуществ в отношении того, что он допускает постоянный осмотр ее и благодаря постоянной температуре исключает температурные деформации.

#### Сооружения в теле плотины.

При плотине имеется ряд сооружений для забора и сброса воды.

Описание этих сооружений не приводится.

#### Дополнительные сведения.

Для отвода паводковых вод предусмотрен на левом берегу водосброс, порог которого имеет длину 220,0 м и отметку 34,2 м. Принятые размеры водослива обеспечивают проход максимального паводка.

#### Производство работ.

Камень для наброски тела плотины был получен при разработке котлована под водослив и водосливной канал, при чем он представлял собой довольно разнородные известняки. Испытание из-

вестняков показало их временное сопротивление на раздавливание от 270 до 1 100 кг/см<sup>2</sup>. Самые плохие куски породы использованы не были, а лучшие были отобраны для укладки их в низовой упор-

ный массив. Остальная масса добытого камня весом не менее 5 кг была использована в качестве наброски, которая велась простой насыпью в «навалку». Что касается карьерной мелочи, весом меньше 5 кг, то она примешивалась к основному материалу наброски в количестве около 10% для верхней части и 20% для нижней. Камень подвозился к месту работ по узкоколейной железной дороге. Крупные камни укладывались дерриками, а сама укладка велась слоями, толщиной в 1,0 м. Чтобы свести к минимуму осадку тела плотины при наполнении водохранилища и эксплуатации сооружения, уложенные камни подвергались разравниванию и тщательной укатке. Помимо такого рода предосторожности, гребень плотины был насыпан на 5% выше проектной отметки. Для возведения диафрагмы был применен литой бетон; железобетонные своды ее отливались со строительного моста, который служил также для установки и перемещения передвижной металлической опалубки. Бетонный завод располагался на берегу, а транспортирование бетона осуществлялось в вагонетках по ж.-д. путям, проложенным по строительному мосту. Чтобы избежать фильтрации через ненадежные грунты основания плотины, последнее было подвергнуто цементации вдоль всего фронта заложения диафрагмы. Перед началом постройки плотины река была отведена в строительный тоннель, пробитый в скале правого берега, который после возведения плотины был заделан. Строительство плотины было закончено в короткий срок и весьма экономно.

**Эксплуатационные данные.** В виду малых межених расходов реки Кебир, водохранилище могло быть заполнено только паводком, время и интенсивность которого предусмотреть было невозможно. Поэтому законченная сооружением плотина не могла быть поставлена даже под частичный напор до 1925 г. Выпавшие в марте 1925 г. обильные дожди подняли горизонт воды в водохранилище до отметки 31,65 м и наконец после осеннего паводка он достиг своего максимума — отметки 32,65 м. Постоянные наблюдения за работой сооружения при наполнении водохранилища, подпор которого в общем достиг всего половины проектного, показали, что работа сооружения протекает нормально. Осадка наброски тела плотины как с верхней, так и с нижней стороны произошла в намеченных пределах, достигнув в центре плотины своего максимума, равного около 0,6 м, т. е. 1,72%. При этом осадка совершенно не затронула диафрагму, которая возвышаясь над кладкой, несколько изменила проектный профиль сооружения.

В плане верх диафрагмы получил прогиб в сторону нижнего бьефа, величина которого достигла 0,10 м. При этом никаких трещин или разрывов в стенке диафрагмы обнаружено не было. Замечаемая при каждом новом повышении горизонта фильтрация исчезла благодаря кольматации сооружения. Единственным за это время недостатком явилась фильтрация, нашедшая себе путь в обход плотины, но она не имела последствий. Постоянные измерения температуры внутри диафрагмы показали, что температура все время держалась около +5°. Неожиданные дожди в марте 1929 г. быстро повысили горизонт в водохранилище до отметки 33,50 м, а после бури в конце марта неожиданный паводок сразу поднял горизонт воды водохранилища до отметки 34,19 м. Таким образом только спустя 4 года после окончания строительства плотины, горизонт воды впервые достиг почти проектной отметки и плотина подвергалась впервые полному давлению воды. При таком резком переходе к полному напору последовала также резкая осадка тела плотины, которая сопровождалась как вы-

мыванием отдельных фракций наброски, так и заметным выпучиванием низового откоса плотины, при этом горизонтальный прогиб верха диафрагмы в сторону нижнего бьефа в середине плотины достиг 0,80 м. Кроме того в самой диафрагме (в частности в распорных перегородках) появились трещины.

Тщательным осмотром диафрагмы, произведенным после опорожнения водохранилища, установлено, что имело место не нарушение зуба, как то сначала предполагали, а горизонтальный срез самой диафрагмы поверх зуба. При этом срезанная диафрагма была сдвинута в сторону нижнего бьефа на 0,13 м. Необходимо отметить, что опорная призма наброски в низовой части плотины не подверглась заметному смещению и оправдала полностью свое назначение, предотвратив катастрофу сооружения. В 1930—1931 гг. диафрагма была исправлена, основание укреплено бетоном, заделаны трещины и усилен профиль плотины. По поводу происшедшего разрушения пришли к следующему заключению:

1. Выбор жесткого ядра опирающегося на наброску, имеющую неодинаковые условия усадки и смещения, является неправильным. Следовало применить гибкую конструкцию ядра, как это принимают в США для набросных плотин и в Германии — для земляных.

2. Возможность производства осмотра внутри ядра, опирающегося на наброску, имеет значение лишь до тех пор, пока не произошло повреждение плотины; эта возможность не может быть использована в случае повреждения плотины. При некоторых условиях она может приносить даже вред.

3. Покрытие верхового откоса опорной призмы в нижней части плотины бетоном и создание искусственной плоскости скольжения является ошибочным, так как вместо всего массива низовой части плотины железобетонное ядро опиралось лишь на клинообразную часть, заключающуюся между слоем бетонной подготовки и ядром.

4. Значительная осадка набросной плотины и частичное разрушение мостовой низового откоса при первом неполном наполнении свидетельствуют о крайней перегрузке всего тела плотины при первом наполнении.

5. Следует признать неправильным совмещение каменной наброски из грубых камней верховой части плотины с вертикальным ядром, так как вследствие полной проницаемости верховой части это приводит к значительным срезающим усилиям, приложенным к ядру, следствием чего явилось срезание ядра.

В данном случае следовало бы вместо вертикального ядра в середине плотины уложить водонепроницаемую одежду по верховому откосу, что обеспечило бы единую работу всей наброски.

6. Исходя из сказанного эффективность произведенных мероприятий представляется весьма сомнительной. При наполнении водохранилища, безусловно, могут произойти новые повреждения ядра и разрушение плотины.

**Стоимость работ — 6 278 000 франков**

#### Литературные источники

1. ENR, 3/XI — 1932 г.
  2. GC, 17/VI—1922 г.
  3. GC, 1931 г.
-

## № 21. ПЛОТИНА КРЭН-ВЭЛЕЙ (CRANEBALLEY)

**Местоположение плотины.** Плотина построена в округе Мадейра на реке Норс-Форк в Центральной Калифорнии США (черт. 29).

**Назначение плотины.** Назначение плотины в литературе не освещено, но судя по тому, что она построена Джойн Электрик Компанией надо полагать, что плотина построена с целью утилизации водной энергии. Емкость водохранилища — 55 млн. м<sup>3</sup>.

**Год постройки.** Начата постройкой в 1914 г. Окончена в 1915 г.

**Местные условия.** Плотина преграждает две долины с общей шириной на уровне гребня плотины 568,9 м, разделенные между собой холмом. Долина, расположенная с восточной стороны, имеет довольно крутые склоны и сложена из гранитов. Долина же западной стороны сложена разрушенными гранитами и имеет пологие склоны. Граниты сверху прикрыты толщей наносных отложений, состоящих из песка и валунов.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина из каменной наброски с бетонной диафрагмой в виде стенки, расположенной в центре плотины перекрывает восточную долину и примыкает к намывной плотине, которая преграждает западную долину. Сопряжение плотины из каменной наброски с намывной плотиной, с одной стороны, и берегом долины, с другой, выполнено при помощи земляных насыпей с длиной по гребню 60 и 30 м. Переход от каменной наброски к земляным насыпям на концах плотины осуществлен при помощи откосных крыльев из сухой кладки. Плотина Крэн-Вэлей включила в свой состав ранее существовавшую плотину из каменной наброски, высотой 20 м (см. раздел «Дополнительные сведения»).

Материалом тела плотины служат граниты.

### Основные размеры плотины

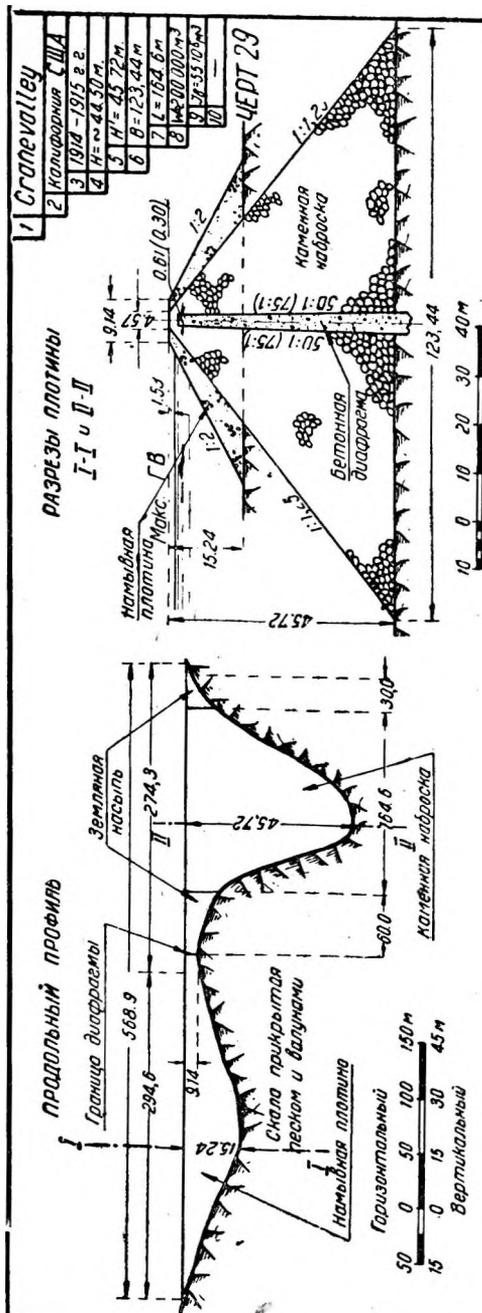
Высота плотины.....	45,72 м
Длина по гребню.....	164,6 »
Ширина по гребню.....	4,57 »
Откосы.....	1:1,25

Превышение гребня плотины над максимальным горизонтом воды составляет 1,53 м.

**Противофильтрационные устройства.** Противофильтрационным устройством плотины является бетонная диафрагма, врезанная в скалу на различную глубину. Она продолжена за пределы каменной наброски в сопрягающие земляные насыпи на 60 м в западном направлении и на 30 м в восточном направлении.

Высота диафрагмы — 45 м, ширина по верху переменна: от 0,61 м — в пределах наброски до 0,30 м — в сопрягающих насыпях. Наклон граней диафрагмы также изменяется от 50 : 1 до 75 : 1. Сопряжение тела плотины с основанием достигается заделкой бетонной диафрагмы в скалу основания и подготовкой последнего путем удаления как наносных отложений, так и разрушенной породы.

**Дополнительные сведения.** Старая плотина из каменной наброски, высотой 20 м, была выполнена из пористого материала, и, несмотря на усиленный профиль, представляла постоянную опасность быть разрушенной вследствие своей водопроницаемости. Постройкой новой плотины, включившей в свой профиль старую, как часть тела плотины, при наличии бетонной диафрагмы, эта опасность была устранена.



**Производство работ.** Объем набросной плотины равен 200 000 м³. Материал получен из карьеров гранита, расположенных на расстоянии 150 м ниже плотины. Камень грузился в вагонетки с опрокидывающимися кузовами емкостью в 3 м³, при помощи дерриков со стрелой выноса 30 м и отдельными приводами для подъема и вращения и поднимался до верхней погрузочной площадки. Затем помощью стрелок вагонетки направлялись по естественному уклону в 2% на разгрузочные эстакады, устроенные параллельно оси плотины. Эти эстакады последовательно расположены в 3 этажа через 15 м по высоте.

О тщательности работ по наброске можно судить по тому, что загрязнение ее совершенно не допускалось. Стенки сопряжения выполнены вручную из сухой кладки, в виде открылков.

В период производства работ заложенная вдоль ядра дренажная труба диаметром 7,6 см была сломана во время взрыва, вследствие чего в части намывной плотины образовалось воронкообразное углубление, заполнившееся песком и камнями. Вредные последствия для производства работ были устранены благодаря тому, что труба, отводящая воду во время намыва, оказавшаяся также сломанной, была заключена в опускной колодец.

#### Литературные источники

1. Z i g l e r, Der Talsperrenbau, стр. 104, 246.
2. ENR, 63/124.

## № 22. ПЛОТИНА ЛАУЭР-ОТЭЙ (LOWER OTAY)

**Местоположение плотины.** Плотина Лауэр-Отэй построена в каньоне Отэй Крик, в Калифорнии приблизительно на 32 км южнее города Сан-Диего (черт. 30).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище на р. Отэй для водоснабжения города Сан-Диего.

Емкость водохранилища равна 52,3 млн. м<sup>3</sup>. Площадь зеркала 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> кв. км.

**Год постройки.** Плотина построена частной компанией в 1897 г.

**Местные условия.** Плотина расположена в глубоком узком ущелье, сложенном из порфировых образований, прикрытых в пределах русла реки толщей наносов до 9,5 м.

**Тип и материалы тела плотины.** Сначала намечен был тип плотины из каменной кладки на растворе и приступлено было к строительным работам по устройству ее основания. Однако в процессе работ эта плотина была заменена набросной, выложенная при этом кладка ее основания, высотой до 12,2 м, была использована как основание для заделки в нее металлической диафрагмы. Надо полагать, что стремление использовать уже выполненные работы в новом типе плотины было одной из причин принятия подобной конструкции, обеспечивающей водонепроницаемость ее тела. По проекту для набросной плотины намечался симметричный профиль с откосами 1 : 1,5, фактически же в погоне за экономией плотина была построена с уклоном ее откосов 1 : 1. Водонепроницаемость достигалась центральной металлической диафрагмой. Тело плотины выполнено из каменной наброски в низовой части плотины и наброски, смешанной с мелочью, и отходами карьера в верховой. Отметка гребня плотины на 1,52 м превышала нормальный подпорный горизонт воды в водохранилище. Для защиты от волн перед плотиной была установлена плавучая запань из бревен.

Материалом для наброски служили порфиры, залегающие у створа плотины.

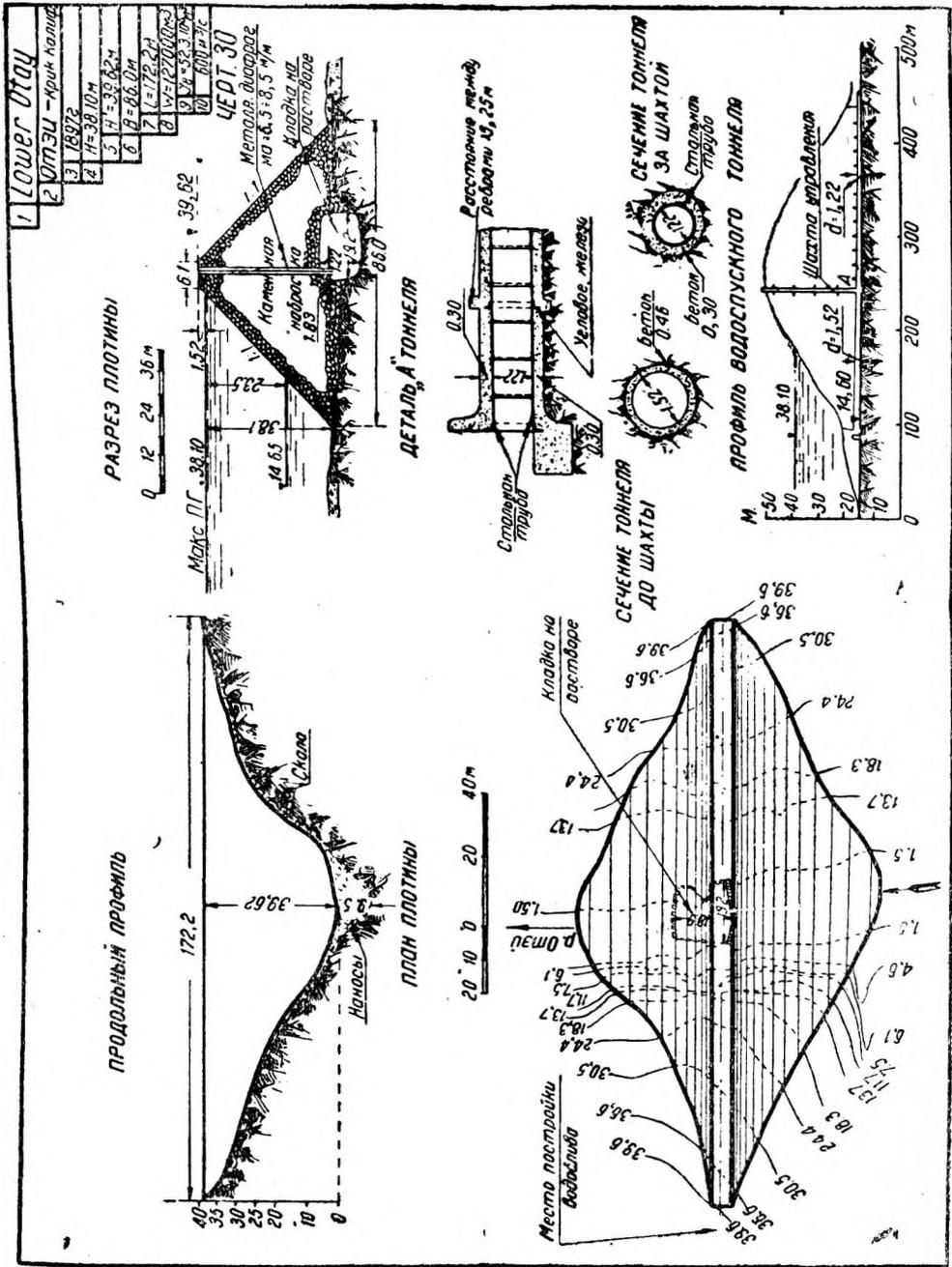
**Основные размеры плотины.** Высота плотины над основанием — 39,62 м, ширина по гребню — 6,10 м, длина по гребню — 172,2 м, запроектированные откосы 1 : 1,5 выполнены значительно круче около 1 : 1 при высоте подпора в 38,10 м.

**Противофильтрационные устройства.** Противофильтрационным устройством служит центральная металлическая диафрагма, состоящая из склепанных листов.

По основанию диафрагма заделана в выведенную здесь кладку и прикреплена к угловому железу, которое анкерами закреплено в кладку.

В берегах диафрагма аналогично была заделана непосредственно в выклинивающуюся здесь плотную скалу. Диафрагма выполнена из железа, толщиной от 6,5 мм до 8,5 мм. Листы железа склепаны между собой однорядным швом заклепок, диаметром 16 мм на расстоянии 7,6 см друг от друга. С верховой стороны диафрагма пок-

рыта асфальтом и слоем брезента, поверх которого уложен еще слой более жесткого асфальта. Для придания диафрагме большей жесткости, а также защиты ее от ударов камней во время производства работ, она с обеих сторон покрыта слоем бетона, толщиной у осно-



вания 1,83 м, уменьшающейся до 0,30 м на высоте 2,44 м и однообразно идущей до самого верха.

Поскольку данная диафрагма была лишена температурных швов и жестко заделана в основании и берегах устья, трудно предста-

вить, чтобы она хорошо работала. В результате она явилась одной из главных причин крушения плотины.

**Дополнительные сведения.** Для выпуска воды из водохранилища предусмотрен донный водоспуск, представляющий собою тоннель круглого сечения длиной 350 м, заложенный на 23,5 м ниже максимального горизонта воды. Первые 152,4 м от водохранилища тоннель облицован бетоном, толщиной от 0,30 до 0,46 м, и имеет диаметр 1,52 м. У конца его сооружена шахта, высотой 31,7 м, в которой сосредоточено управление затворами. Позади шахты в тоннель уложена металлическая труба, диаметром 1,22 м, заделанная бетоном толщиной 0,30 м и укрепленная уголками жесткости и бетонными ребрами.

Тоннель оканчивается сбросным клапаном, диаметром 1,20 м, который в нормальных условиях эксплуатации плотины мог сбросить 11,5 м<sup>3</sup>/сек.

•Водоохранилище имеет площадь водосбора, равную 323 кв. км. По замеренным паводкам максимальный расход достигает 1,85 м<sup>3</sup>/сек с 1 кв. км, что у створа плотины дает около 600 м<sup>3</sup>/сек.

Для отвода высоких вод был предусмотрен на левом берегу водослив, с длиной порога в 11,6 м; порог расположен на 2,5 м ниже гребня плотины и рассчитан на пропуск всего лишь 68 м<sup>3</sup>/сек.

**Производство работ.** Объем кладки и наброски равен около 127 000 м<sup>3</sup>.

Тело плотины выполнено из каменной наброски, смешанной с карьерной мелочью без очистки от земляных масс. Количество мелочи, как это установлено после разрушения плотины, оказалось значительно больше, чем это первоначально предполагалось. Материал для наброски добывался в карьере, расположенном на правом склоне ущелья, на расстоянии 30 м от плотины. Разработка карьера велась методом больших взрывов и в основном все требуемое количество камня было получено 2 взрывами. Добытый в карьере материал кабельным краном подавался на плотину, где при помощи второго такого крана, проходящего по оси плотины и дерриков, укладывался на место.

Строители этой плотины к сожалению неправильно поняли экономии, которая была допущена как при возведении тела плотины, так и при принятии данной конструкции диафрагмы. Вместо того, чтобы выполнить тело плотины из наброски, состоящей из крупных камней, в известной пропорции смешанных с более мелкими, и придать профилю плотины надлежащие откосы, в теле плотины была допущена мелочь, карьерные отходы, а также и земляные примеси, т. е. материалы легко вымываемые и дающие большую осадку наброски. Кроме того при принятии расположения диафрагмы, гидростатическому давлению сопротивляется только половина профиля плотины, которая при наличии предельно крутых откосов не смогла обеспечить требуемую устойчивость для всей плотины в целом.

**Эксплуатационные данные.** В январе 1916 г. в Южной Калифорнии прошли небывалые ливни с месячным количеством осадков, превышающим среднегодовую норму за многолетний период наблюдений. До 15 января горизонт воды в водохранилище стоял на отметке 28,4 м. За время с 16—22 января он поднялся до порога водослива. Несмотря на работу последнего, горизонт воды в водохранилище продолжал повышаться, достигнув 27 января утром отметки 38,0 м, когда через водослив сбрасывался расход порядка 42,5 м<sup>3</sup>/сек.

В этот день выпал исключительный по силе ливень. Это заставило сторожа на плотине открыть донный водоспуск, отдалив этим самым

наступающую катастрофу, и оповестить по телефону расположенные ниже населенные пункты, что несомненно уменьшило число человеческих жертв в результате разрушения плотины. В 4 час. 45 мин. 27 января горизонт воды в водохранилище достиг отметки гребня плотины и вода, протекая, по гребню, затопила смотровые шахты, оставленные в теле плотины для наблюдений за работой и, поступая в тело плотины, начала протекать через низовую часть наброски. Через 5 мин. вода начала стекать через гребень плотины. Около этого же времени, т. е. в 4 час. 50 мин. из низового откоса хвостовой части плотины появились струйки, а местами и небольшие потоки, которые вызвали вымывание отдельных камней по откосу.

Вслед за этим началось более интенсивное разрушение откоса, который расползся, вызвав при этом резкую осадку всей низовой части плотины. Перегруженная при этом диафрагма в 5 час. 05 мин. разорвалась и вслед за этим наступило мгновенное разрушение плотины, которое может быть объяснено только наличием значительного давления, которому подверглась эта часть плотины и переливом слоя воды через гребень плотины толщиной 5 см в течение 20 минут. Освобожденная из водохранилища вода, размывая и вымывая остатки плотины, ринулась в долину, производя на своем пути полное разрушение и опустошение. Через 48 мин. она достигла города Палюв, расположенного на расстоянии 15 км ниже плотины, а в течение  $2\frac{1}{2}$  час водохранилище было опорожнено до дна.

Разрушение плотины причинило убытки в 250 000 долл. и вызвало гибель 14 человек.

Осмотром места катастрофы, который был произведен спустя 3 дня после разрушения, было установлено, что плотина была вынесена до основания. В берегах остались торчать куски разорванной диафрагмы, большинство же ее было вынесено на 15 км вниз по реке.

Обнаруженная на склонах под прикрытием оставшихся здесь местами кусков диафрагмы наброска состояла из отдельных кусков скалы не крупнее 0,45 м. Рассматривая оставшиеся материалы наброски, можно было легко понять причины столь быстрого разрушения плотины.

По отдельным кускам диафрагмы, на которой не было видно следов коррозии, можно считать, что разрыв ее произошел по заклепочным швам. Паводковой волной в пределах ее разлива на несколько километров вниз по реке смыта не только богатая древесная растительность долины, но и все крупные наносные отложения, которыми было покрыто русло реки. Уклон низового откоса плотины был настолько крут, что с точки зрения устойчивости его следует считать предельным. Поэтому повышение гидростатического давления в самом массиве наброски от затопившей его воды оказалось достаточным, чтобы вызвать выдавливание и сползание откоса с такой интенсивностью, что в течение 10 мин. массив наброски дал осадку, вызвавшую разрыв диафрагмы при наличии при этом слабо сопротивляющейся гидростатическому давлению верховой части плотины.

Таким образом, разрушение плотины Лауер-Отэй было обязано чрезмерной осадке ее низовой части, которая была вызвана как дефектами проекта, так и строительства, из которых главным образом является недостаточная пропускная способность водосбросных сооружений, неудачное расположение диафрагмы, предельно крутые откосы и наличие в теле плотины карьерной мелочи и примеси земляных фракций.

Разрушение плотины Лауер-Отэй должно служить уроком для инженеров, которые недооценивают значение состава материалов в теле плотины, а также тех опасностей, которые несет за собой перелив воды через гребень набросной плотины.

Несмотря на указанные дефекты, плотина все же просуществовала 19 лет. Компания, построившая это сооружение, сумела рекламировать его как «верх инженерного искусства» и до катастрофы продала г. Сан Диего.

#### **Литературные источники**

1. W e g m a n, The design and construction of dams, стр. 270.
  2. R. A. S i l e n t, Failure of the Lower Otay dam, ENR, 17/II 1916 г.
  3. Z i e g l e r, Der Talsperrenbau, стр. 96.
-

## № 23. ПЛОТИНА КЭСТЛВУД (CASTLEWOOD)

**Местоположение плотины.** Плотина Кэстлвуд расположена на р. Чери Крик, на небольшом расстоянии от г. Денвера, в штате Колорадо США (черт. 31).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 4, 3 млн. м<sup>3</sup>, служащее для целей ирригации.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1889 г. и закончена в 1890 г.

**Местные условия.** Плотина построена на песчано-глинистых грунтах, перемешанных с валунами, при чем даже растительный слой не был снят.

**Тело плотины.** Профиль плотины представляет собой стенку из бутовой кладки на растворе с отсыпкой из каменной наброски с низовой стороны и земляной — с верховой; земляная присыпка была выполнена уже после сооружения плотины.

Размеры стенки из бутовой кладки следующие: максимальная высота над дном реки — 21,34, заглубление — переменное от 1,83 до 6,7 м. Толщина сверху — 1,2 м, у основания — 3,2 м. Уклон с верховой стороны — 10 : 1. С низовой — стенка вертикальная.

По существу плотина является набросной с крутым верховым откосом, который образуется указанной выше стенкой, служащей одновременно и экраном. Необычно малые размеры стенки и крутые откосы плотины при наличии неудовлетворительно исполненных работ по сооружению плотины вызвали необходимость ремонта сооружения после заполнения водохранилища, который и выразился в том, что были тщательно заделаны трещины, образовавшиеся в стенке, а кроме этого была добавлена вышеуказанная земляная отсыпка.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 21,34 м над основанием, длина по гребню — 183 м, уклон напорного откоса (стенки) 10 : 1, сухого 1 : 1, ширина по гребню — 2,44.

**Противофильтрационные устройства.** Как указывалось выше, стенка служит противофильтрационным экраном. В целях преграждения фильтрации через основание в подошве низового откоса заложен еще зуб на глубину 3,0 м (целесообразность маловероятна).

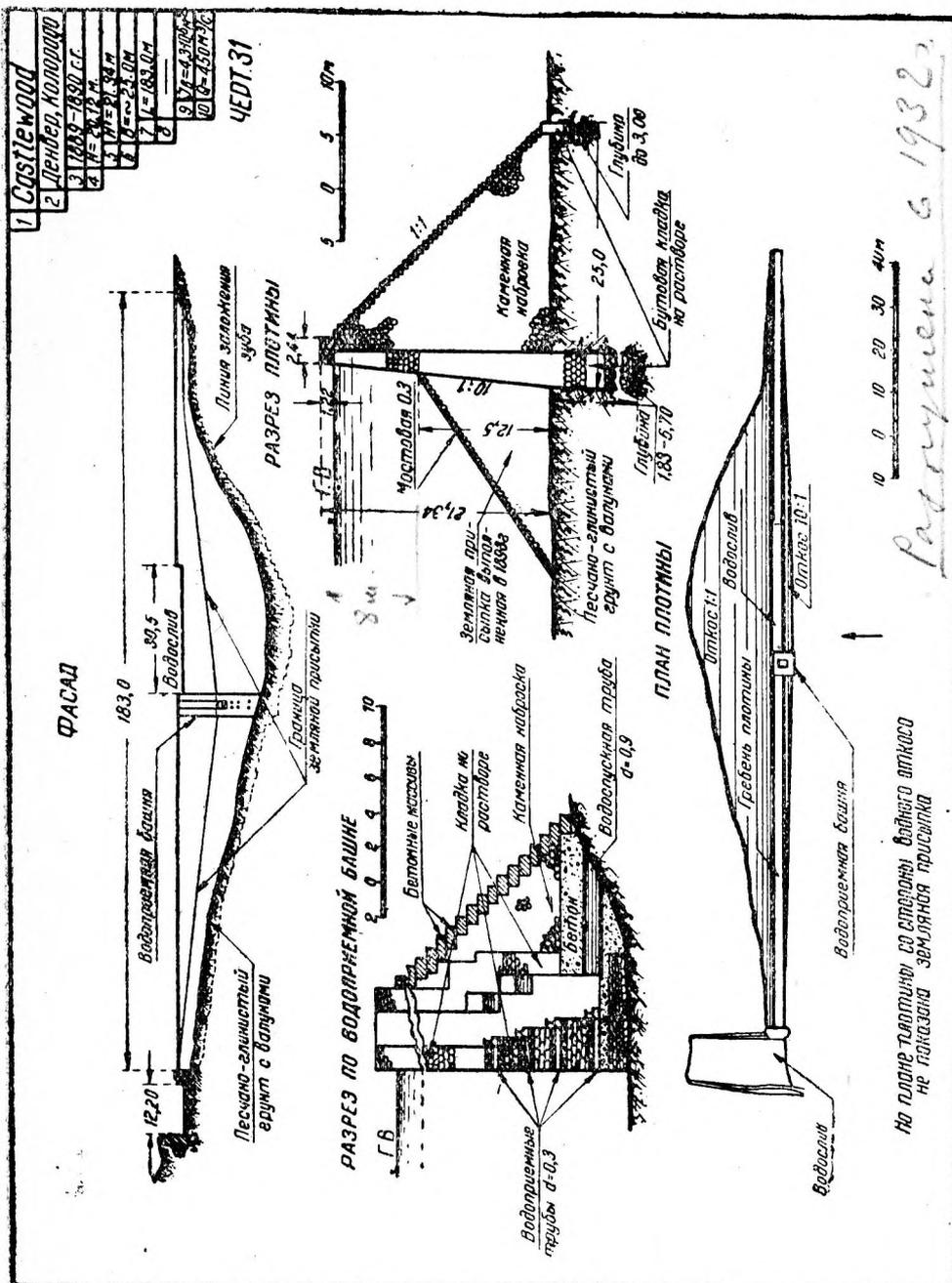
**Сооружения в теле плотины.** Сооружение для выпуска воды из водохранилища представляет собой водоприемную башню, размером 1,8 X 2,3 м, расположенную в центральной части тела плотины. Здесь на 4 различных горизонтах установлены 8 водоприемных труб, диаметром 0,3 м, и одна бетонная водоспускная, диаметром 0,9 м, уложенная по основанию плотины.

**Дополнительные сведения.** Сброс паводковых вод осуществляется как через левобережный водослив, шириною 12,20 м, так и через водослив, шириною 30,5 м, расположенный в середине тела плотины.

**Производство работ.** Работы по сооружению плотины были начаты в декабре 1889 г. и окончены в течение года.

Употребленный в дело материал для каменной наброски взрывами сваливался в русло реки и заполнял его без дальнейшей сортировки и укладки.

Эксплуатационные данные. После заполнения водохранилища под влиянием осадки сооружения в стенке образовались трещины, шириной от 5—10 см, которые вызвали усиленную фильтрацию через тело плотины, приведшую к необходимости ее ремонта уже в 1890 г.



Ремонт этот заключался в заделке трещин и устройстве ранее предусмотренной проектом земляной отсыпки с верховой стороны плотины. Эта отсыпь, прикрытая мостовой в 0,3 м, выполнена в пределах центральной части плотины на 8,8 м ниже гребня. К берегам она возра-

стает и доходит до отметки гребня плотины. Кроме того были расширены водоспускные сооружения.

После выполнения присыпки и ремонта, плотина работала в течение 43 лет, представляя постоянную угрозу для расположенного ниже г. Денвер.

Накануне катастрофы водохранилище было заполнено на глубину 14,0 м. Разразившийся в верховьях реки ливень быстро заполнил водохранилище и в 11 ч. дня 3/VIII 1932 г., в виду недостаточной пропускной способности водосбросных сооружений, вода начала переливаться через гребень плотины. Когда расход достиг 140 м<sup>3</sup>/сек, Плотина была затоплена на 0,3 м, а спустя 20 мин. после начала перелива, плотина была разрушена до основания. Разрушение сопровождалось размывом и выносом левобережной части вместе с водосливом. К паводковому расходу реки здесь прибавился объем водохранилища, который к этому времени возрос до 9,0 млн. м<sup>3</sup>.

Паводковая волна, образовавшаяся при разрушении плотины, достигла предместьев г. Денвер, расположенного в 53 км ниже плотины.

Пик паводка, в два раза превышающий катастрофический паводок р. Чери, достигал 450 м<sup>3</sup>/сек.

Разрушение плотины повлекло за собой к счастью гибель только двух человек. Однако паводковой волной были затоплены прибрежные кварталы города и метрополитен, разрушено несколько мостов и подмыты набережные. Это вызвало убытки в городе, превышающие 500 000 долл.

Надо отметить, что в 1931 г. была создана комиссия для установления мероприятий, гарантирующих город от затопления паводками, которая в результате своей работы признала, что плотина представляет значительную угрозу городу, однако к осуществлению этих мероприятий до катастрофы с плотиной Кэстлвуд приступлено не было.

#### Литературные источники

1. WCN, 8, 15, 1933 г.
  2. ENR, 10/VIII 1933 г., 7/IX 1933 г., 9/X 1933 г.
  3. Z i e g l e r, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 90
  4. B r u n t o n a n d D a v i s, Modern tunneling, стр. 438.
  5. M e r r i m a n a n d W i g g i n, ACE, Нью-Йорк, стр. 1547, 1930 г.
  6. W e g m a n, The design and construction of dams, стр. 275.
-

## № 24. ПЛОТИНА ТЕПУКСТЕПЕК (ТЕПУХТЕРЕС)

**Местоположение плотины.** Плотина построена на р. Лерма, Тепукстепек, Мексика (черт. 32).

**Назначение плотины.** Плотина предназначена для смягчения разрушительного действия паводков р. Лермы, для ирригации, а также для использования водной энергии.

**Год постройки.** Год составления проекта — 1927 г. Постройка начата в 1927 г. и окончена в 1929 г.

**Местные условия.** Геологические условия места расположения плотины таковы, что предпочтительнее оказалось строить плотину из сухой кладки вместо каменной наброски. Это вызвано следующими обстоятельствами: 1) каньон сложен крепкими базальтами с прослойками туфа; верхний слой базальта местами перекрыт глиняными прослойками; такое основание является вполне надежным для плотины из кладки насухо; 2) добыча крупного камня для плотины из каменной наброски сопряжена в этих условиях с большими трудностями, а транспортировка его требует специального оборудования, необычного в условиях Мексики, тогда как местная рабочая сила специализирована здесь на сухой кладке; 3) тип плотины из сухой кладки является более компактным и устойчивым, так как возможная осадка такой кладки все же значительно меньше, чем каменной наброски, одновременно этот тип является и сейсмостойким.

**Тип и материалы тела плотины.** Указанные условия определили выбор типа плотины из сухой кладки, возводимой из тщательно уложенных камней твердого базальта, добываемого из местных карьеров. Профиль плотины имеет ясно выраженную трапецидальную форму и запроектирован таким образом, чтобы было можно в будущем легко увеличить высоту плотины, образуя в целом однородное сооружение. В первой стадии сооружение будет иметь максимальный горизонт воды на отметке 2341,5 м, при отметке гребня плотины — 2343,5 м. На профиле плотины указаны различные классы сухой кладки, обозначенные на чертеже через буквы **А, В, С, Д, Е**.

На практике они должны пониматься как постепенный переход от более тщательной кладки **А** к менее тщательной **Е**. Так например, кладка сухого откоса выполняется менее тщательно, нежели напорной грани, так как она испытывает меньшее давление воды.

Наиболее компактная часть кладки **А** состоит из крупных камней (объем камня должен быть не менее 0,1 м<sup>3</sup>), тщательно уложенных с заполнением пустот. Поверхность каждого горизонтального слоя выравнивается зубилами. Содержание пустот допускается до 20%.

**В** — состоит из менее крупных камней, уложенных менее тщательно невели класс **А**. Содержание пустот то же, что в классе **А**.

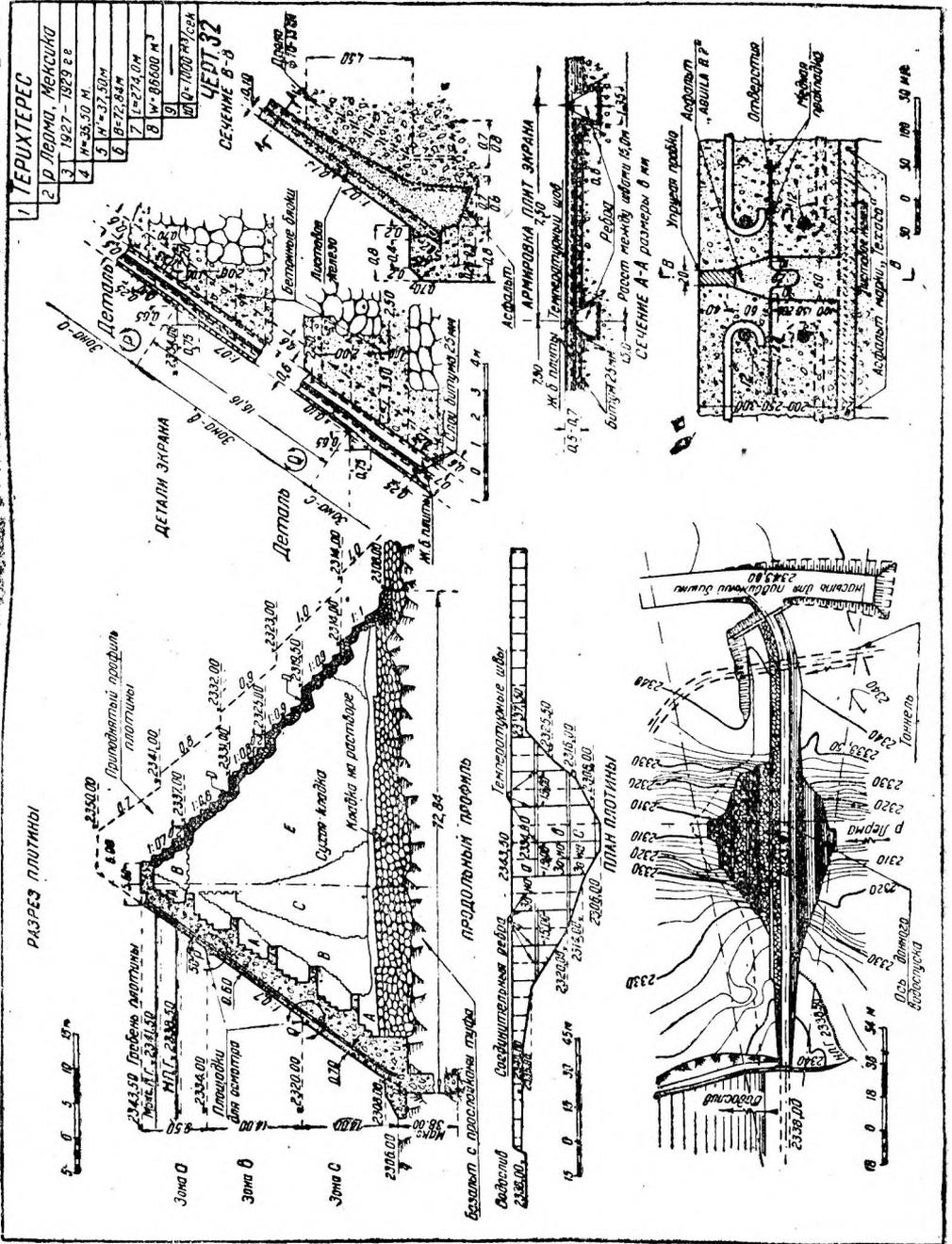
**С** — допускает содержание пустот до 25%.

**Е** — уложен из небольших камней с содержанием пустот до 30%— этот класс имеет камень почти свободной наброски.

**Д** — грубый прикол на растворе для облицовки низового откоса.

Та часть плотины, которая находится в русле реки, должна быть выложена из кладки класса **В** с целью придания надежности всей

плотине. Низовой откос должен быть устроен таким образом, чтобы предохранить материал плотины от атмосферного влияния; для этой цели он должен иметь совершенно ровную поверхность и быть выложенным тщательно камнями с малым содержанием пустот.



Гребень и бермы покрываются бетонной одеждой. Если окажется, что из местных карьеров нельзя получить материал, удовлетворяющий классу А, то надлежит предусмотреть цементировку мелкого камня

путем заполнения пустот бетоном так, чтобы получить кладку из крупных блоков. Кладка плотины должна осуществляться горизонтальными слоями, выложенными по всей длине и ширине плотины с таким расчетом, чтобы обеспечить равномерную осадку наброски.

**Размеры плотины.** Высота плотины над основанием — 37, 50 м, сухой откос, в месте наибольшей высоты разбит бермами, шириной по 2,0 м, на 6 участков; — уклон этих участков меняется от 1 : 0,7 (вверху) до 1 : 1 (внизу), ширина по гребню запроектирована 4 м, а практически должна быть 5,6 м, вследствие предположенной через плотину дороги.

**Противофильтрационные устройства.** Подготовку основания под плотину проект предусматривает путем очистки русла и берегов каньона до твердого базальта, при чем трещины должны быть зацементированы. По основанию плотины вдоль напорной грани закладывается бетонный зуб, который представляет собой вертикальную бетонную стенку, врезающуюся в водонепроницаемую породу основания. Ширина зуба изменяется от 1,5 до 2,5 м. Максимальная глубина его достигает 38 м. Зуб закладывается ранее или одновременно с возведением нижних слоев сухой кладки. Соединение зуба с экраном будет осуществлено после укладки тела плотины и осадки наброски. Материалом для зуба служит бетон с содержанием на 1 м<sup>3</sup> — 250 кг. цемента.

Водонепроницаемой частью плотины служит экран, выполняемый из железобетонных плит, уложенных по напорному откосу. Для придания экрану большей водонепроницаемости укладывается два слоя битума. Первый слой должен покоиться непосредственно на сухой кладке, которая должна иметь совершенно ровную поверхность сглаженную цементным раствором. Этот слой битума должен быть изготовлен следующим образом: поверх бетонных блоков делается покрытие из асфальтового лака, слоем 2 мм, выше этого слоя укладывается асфальтовый битум, толщиной 25 мм, оба слоя должны схватиться друг с другом так, чтобы представлять одно целое. Поверх этого слоя укладывается первый ряд железобетонных плит, который покрывается вторым слоем битума аналогично описанному, после чего укладывается второй ряд железобетонных плит. Слой кладки, по которому в дальнейшем предположено уложить экран, дренируется бетонными трубами, размером от 10 до 15 см по одной, примерно на каждые 10 кв. м поверхности.

**Сооружения в теле плотины.** В теле плотины расположен донный водоспуск, состоящий из следующих частей: водоприемной башни с решеткой, стальной трубы диаметром 2 м и дроссельного затвора, устанавливаемого в конце трубы на таком расстоянии от основания низового откоса плотины, чтобы возможно было в будущем произвести увеличение высоты плотины. Донный водоспуск может пропустить расход до 50 м<sup>3</sup>/сек.

**Дополнительные сведения.** На правом берегу реки расположен тоннель, длиной в 300 м, с пропускной способностью до 100 м<sup>3</sup>/сек. На левом берегу устраивается водослив длиной 90 м, с пропускной способностью в 1000 м<sup>3</sup>/сек. Необходимость устройства указанных сооружений описана в производстве работ.

Начало работ по постройке плотины — 1927 г.; конец работ — 1929 г. Гидростанция закончена постройкой в 1931 г. При постройке плотины оказалось, что геология весьма сложная, а именно: с поверхности залегают туфы, далее идут базальты переменной структуры, начиная от плотной и кончая пузырчатой, как нетронутые выветриванием, так и выветрившиеся, с включением в виде шлакообразных разрушенных

пород. В русле реки залегают разрушенные породы с пластами глины, брекчий и тонкими разрушенными слоями базальта. В результате этого зуб пришлось углубить против проектного и довести его до более или менее удовлетворительных пород. Наибольшая глубина заложения зуба — 38 м. В момент производства работ камень и бетон в тело плотины подавались при помощи кабель-крана подъемной силой в 10 т, одна из опор была неподвижна (высота 31 м), другая перемещалась по дуге круга и имела высоту 21 м. Для выемки под котлован зуба был применен шахтный способ; для этой цели были устроены три выемки, оборудованные каждая бадьей емкостью  $\frac{3}{4}$  м<sup>3</sup>. Вынутый грунт грузился на платформы и отвозился в кавальер. Камнедробильный бетонный завод, расположенный на берегу, приготавливал бетон следующего состава:

зуб	1	:2,75	:3,5
экран.....	1	: 2,3	:3,2
бетонные блоки.....	1	: 4,7	:4,7
облицовка водослива	1	: 4,2	:4,2

Разработка карьеров велась с применением черного пороха, отбросы нередко достигали 50%, а иногда взрыв давал совершенно непригодный материал. На работах по постройке было занято в среднем 1500 человек при максимуме 3600 чел.

**Производство работ** (схема). Объем работ на плотине выражается следующими данными:

сухая кладка.....	73 000 м <sup>3</sup>
бетонный зуб.....	2 000 »
бетонные блоки.....	7 000 »
бетон для водоспуска.....	600 »
» » водослива.....	2 000 »
» » др. сооружений.....	500 »
» » покрытия верхнего откоса.....	1 500 »

**Примечание.** Выше указан проектный объем, фактический объем неизвестен.

Общая схема строительных работ сводилась к следующему: при выборе того или иного срока, в первую очередь надлежит вести постройку водоотводящего тоннеля. Он должен быть закончен постройкой в первый год строительства и начать функционировать в декабре того же года, что даст возможность начать откачку воды из реки в месте сооружаемой плотины. В ноябре возможно будет приступить к постройке перемычки в месте, где река имеет широкое сечение. Перемычка проектируется ряжевой, загруженной камнем и облицованная по гребню и верховому откосу бетоном. Она должна иметь высоту, соответствующую пропускной способности тоннеля (100 м<sup>3</sup>/сек), или более, если невозможно будет закончить работы в конце первого года строительства.

Вверх по течению от выходного конца тоннеля должна быть расположена дамба, преграждающая доступ воды обратно к плотине.

Так как тоннель работает под напором, то его необходимо облицовывать бетоном.

Одновременно с указанными мероприятиями необходимо приступить к очистке основания плотины, за исключением той части, которая расположена в русле реки, так как здесь придется прежде всего откачать воду.

Порядок сооружения тела плотины намечался следующий: сначала строятся правое и левое крылья плотины до отметки 2315 м, так как

центральная часть не может возводиться во время паводка. Последняя будет начата в конце первого года строительства, при чем объем этой части кладки равен 40 000 м<sup>3</sup>.

При возведении центральной части плотины, все внимание должно быть сосредоточено на том, чтобы достигнуть лучшего сопряжения с каждым из построенных крыльев. Этого можно достигнуть при наличии надлежащего уклона смыкающихся поверхностей ступенями, при чем кладка должна выполняться вручную с особой тщательностью.

Данный план вполне осуществим, так как суточная производительность кладки будет достигать 350—400 м<sup>3</sup>. Срок постройки определяется в 6 месяцев (январь—июль). При этом возводятся следующие сооружения: зуб, водоспуск, водонепроницаемый экран, последний укладывается через два месяца после возведения тела плотины. Таким образом необходимо предусмотреть возможность захвата паводком первого года строительства. До начала паводка, ко времени окончания работ, тоннель должен быть закрыт, пропуск зарегулированной воды будет производиться через водоспуск.

Если паводок первого года строительства будет нормальным, расход воды может быть легко зарегулирован, что даст возможность постепенного заполнения водохранилища и равномерного распределения давления на плотину. В случае прохождения высокого паводка, водохранилище будет быстро заполняться водой, допуская непрерывный пропуск расхода через водоспуск. Но, так как плотина будет закончена, то водослив без всякой опасности может пропустить лишнюю воду. Планом предусмотрена для большей надежности возможность прохождения катастрофического паводка 1000 м<sup>3</sup>, хотя это и мало вероятно, однако, должно быть учтено.

Проектом предусматривалась на случай, если эта программа по каким-либо непредвиденным обстоятельствам оказалась бы трудно выполнимой, возможность установить более низкую отметку (2325—2330 м над уровнем морд), до которой должна быть возведена плотина до начала паводка.

Отвод реки тоннелем предполагено было начать в январе первого года строительства, после чего можно было бы приступить к постройке центральной части плотины. При этих условиях возможно довести кладку до отметки 2325—2330 м. Последующие месяцы работы пойдут непрерывно, так как водохранилище будет заполняться только во втором году строительства. Для пропуска возможного паводка необходимо будет увеличить высоту перемычки и увеличить сечение тоннеля. Последний должен быть таким, чтобы создаваемый перемычкой напор мог восприниматься тоннелем без опасных перенапряжений. Одной из достаточных мер может быть цементация скалы по сечению тоннеля на надлежащую глубину. Это даст возможность увеличить пропускную способность его до 200 м<sup>3</sup>/сек.

Успешность проведения работ по данной программе зависела от своевременного выполнения ее. Последнее должно было базироваться не только на хорошей организации работ, но и на целом ряде других обстоятельств (как например — политической ситуации), которые могли повлиять на программу работ.

**Стоимость работ.** Цифровые данные по стоимости работ в проекте не приводятся. Есть ссылки на то, что на первый взгляд план может показаться дорогим стоящим; однако он достаточно окупается своей надежностью, так как сооружения по этому плану строятся с учетом самых тяжелых условий. По сооружении плотины стоимость ее вместе с гидроэлектростанцией выразилась в 8 млн. долл.

**Эксплуатационные** данные. По окончании строительства плотины, последняя за первый год (1930) дала осадку 0,005 м, тогда как по проекту полная осадка предусмотрена в 0,5 м, т. е. отметка гребня должна была снизиться с 2343,5 м до 2343,0 м.

#### **Литературные источники**

1. Материалы инж. О м о д е о , Милан, Италия:
  2. А н и с и м о в , Проектирование глухих плотин, 1933 г.
-

## № 25. ПЛОТИНА ПИАНО ДЕИ ГРЕЧИ (PIANO DEI GRECI)

**Местоположение плотины.** Плотина Пиано Деи Гречи расположена на плоскогорье Пиано Деи Гречи и преграждает р. Хонэ в 12 км от г. Палермо, Сицилия (черт. 33, 33а, 33б).

**Назначение плотины.** Образованное плотинной водохранилище служит с одной стороны для орошения 16 000 га земли и, с другой, для снабжения водой гидроустановки Альто-Беличи. Она построена взамен устарелой тепловой установки г. Палермо.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1922 г. и окончена в 1923 г.

**Местные условия.** Р. Хонэ в районе водохранилища образует долину, шириной до 1 км на уровне нормального подпора, которая сужается до 260 м у створа плотины. Непосредственно ниже плотины начинается ущелье, образуемое двумя известковыми массивами.

Коренными породами в районе сооружения являются трещиноватые известняки, прикрытые в пределах водохранилища водонепроницаемыми компактными глинами.

Тальвег р. Хонэ в створе плотины имеет обрывистый скальный и более пологий правый берег. Трещиноватые известняки в пределах ложа реки и левого берега прикрыты на различную глубину компактными глинами.

**Тип и материалы плотины.** Плотина выполнена из сухой кладки, с прямолинейным очертанием в плане.

Профиль плотины трапецидальный с откосами 1:0,7. Верховой откос — прямолинейный, а низовой — ступенчатый с тремя бермами в 1 м ширины. В основании плотины вдоль напорной грани устроен зуб сечением 12 X 3,25 м. Под низовой гранью предусмотрена шпора.

Тело плотины имеет скелет (каркас) в виде ряда продольных и поперечных стенок, выполненных из циклопической кладки грубоотесанного камня. Клетки имеют квадратную форму в плане с расстояниями между осями стенок 12,2 м. Они заполнены сухой кладкой с перевязкой швов. Как стенки, так и заполнения между ними укладывались одновременно.

По основанию плотины уложена бетонная плита, толщиной 0,50 м, с зубчатой поверхностью. У низовой грани плита переходит в бетонную шпору, частично армированную. С верховой стороны плита утолщается и непосредственно примыкает к зубу, выполненному из литого бетона.

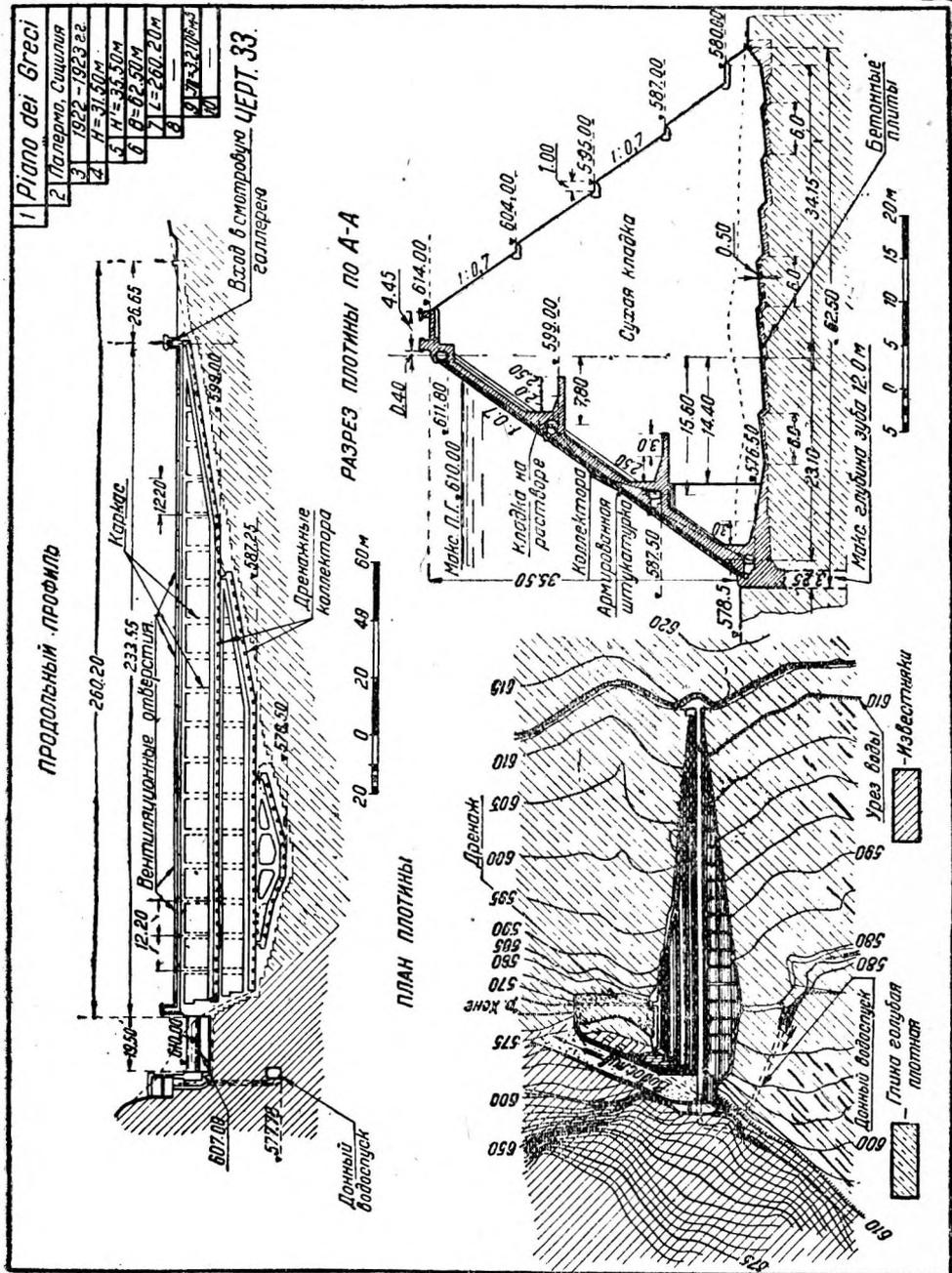
Низовой откос облицован довольно правильной кладкой также сухой с заделкой швов раствором во избежание инфильтрации дождевой воды.

О верховом откосе см. ниже.

Материал для каменной кладки добывался из специальных карьеров, расположенных вблизи плотины.

**Основные размеры плотины.** Длина плотины по гребню — 260,2 м, высота — 35,5 м. Максимальный подпор воды — 31,50 м. Ширина по гребню — 4,45 м, ширина по основанию — 62,5 м. Заложение откосов 1:0,7.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины обеспечена железобетонным экраном, который непосредственно сопрягается с бетонным зубом, заглубленным в подстилающие породы до 12,0 м. В пределах левого берега, где скала не прикрыта



глинами, известняки зацементированы под большим давлением. В основании плотины бетонные плиты покрываются цементной штукатуркой.

Железобетонный экран уложен по кладке на растворе, имеющей переменную толщину от 0,75 м у гребня до 2,5 м у основания.



1 ПИАНДО ДЕЙ ГРЕЦИ

ЧЕРТ. 336.

Продвижение известняк

Вход в галерею

Галерея  
Жел-бетонный  
Экран

Торкрет по скелету из  
листового железа

Шахта

Металлический  
сепаратор

Крыша

Штукатурка

Бетонная

Полоса

Торкрет

Полоса

Шахта для записи  
ног. Золотой

Камера управления

Сборный танкель

Дроссель

Смотровая  
шахта

Торкрет

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Детальный зуб

Детальный зуб

Детальный зуб

Детальный зуб

Детальный зуб

Детальный зуб

Крыша

Штукатурка

Бетонная

Полоса

Торкрет

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

Полоса

лической пластинкой с заполнением битумом. Снаружи швы прикрыты деревянными брусками.

Напорный откос снабжен многочисленными дренами, расположенными вертикально в толще железобетонной облицовки. Они оканчиваются в 3 продольных коллекторах, устроенных в двух контрфорсах и в зубе плотины. Эти продольные коллектора соединены в свою очередь с целым рядом поперечных, а вся система, входя в главный коллектор, обеспечивает сброс фильтрационной воды в тальвег. К коллекторам примыкает ряд вертикальных шахт, берущих свое начало от смотровой галереи под гребнем плотин. Таким образом ряд коллекторов у напорного откоса является одновременно и смотровыми ходами, что дает возможность наблюдать за работой ответственных участков плотины и устранять образуемые трещины.

Для вентиляции всей системы устроен ряд отдушников на потолке верхней смотровой галереи.

**Дополнительные сведения.** В левом берегу устроен донный водоспуск, через который в момент строительства отводилась р. Хонэ. Водоспуск остался и служит для сброса паводков.

На левом берегу устроен водосброс. Он оборудован щитами с автоматическим подъемом посредством поплавковых балансиров, действующих при помощи рэле (швейцарский тип).

**Производство работ.** Строительство началось устройством подвесной канатной дороги, по которой постепенно доставлялись на место работ оборудование, материалы и пр. Несколько позднее была устроена узкоколейная железная дорога и по мере накопления материалов и продовольствия приступлено было к устройству общежития для рабочих. Работы по плотине и электростанции были открыты одновременно широким фронтом. Карьер для добычи камня расположен был за несколько километров вверх по долине, при чем добывание камня производилось преимущественно прокладкой штолен с разветвлениями и несколькими камерами взрыва. Зарядки по весу достигали 0,5 т динамита и черного пороха. Штольни закупоривались кладкой на быстро схватывающем растворе. Запалы были тройные с прокладкой их в деревянных желобах. Ежедневная добыча камня при таком способе производства работ достигала 500 м<sup>3</sup>. На 1 м<sup>3</sup> камня приходилось в среднем 200 г черного пороха.

С карьера материал подвозился к плотине по железной дороге паровозами и бензиновыми тягачами. На месте свалки с вагонеток скальные обломки грубо обрабатывались кувалдой и плотно укладывались в тело плотины. Оставленные пустоты заполнялись щебнем. При этом соблюдалась определенная последовательность; она заключалась в том, что наиболее правильной формы и равномерные по объему камни укладывались вдоль напорного откоса. По мере удаления в сторону сухого откоса кладка выполнялась менее тщательно и в размерах отдельных камней уже не стеснялись.

#### Литературные источники

ЕЕ, 1924—1925 г.

---

## № 26. ПЛОТИНА ЛАГО ВАРНЬО (LAGO WARGNO)

**Местоположение плотины.** Плотина расположена на р. Пакоулла в провинции Торино в Италии (черт. 34).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 1,1 млн. м<sup>3</sup> при площади водосборного бассейна в 3,87 кв. км. Она служит для питания гидростанции.

**Год постройки.** 1917—1918 гг.

**Местные условия.** Геологические условия места постройки плотины характеризуются наличием хорошего скального основания, покрытого небольшим слоем аллювия.

**Тип и материалы плотины.** Плотина имеет криволинейное расположение в плане, гребень ее описан по дуге круга, радиусом 120 м. Тело выполнено из камня, подобранного в правильные ряды кладки насухо, с минимальным содержанием пустотности. Различные по крупности камни в пределах профиля плотины уложены следующим образом: 1) как верховой, так и низовой откосы плотины выложены из крупных камней, имеющих правильную форму, 2) подошва низового откоса, в целях создания упора, выложена также из крупных камней правильной формы, 3) внутренняя часть тела плотины выполнена из более мелких камней, подобранных вручную с постоянным увеличением их крупности от центра к периферии в целях равномерного перехода к крупным камням, укрепляющим откосы.

По верховому откосу выложена стенка из кладки на цементном растворе, толщиной в 1,0 м, по основанию и 0,6 м по гребню плотины, которая служит основанием для водонепроницаемого экрана. В целях обеспечения лучшей связи этой стенки с телом плотины, она врезается в сухую кладку ребрами, размером 0,8X0,5 м, через каждые 12,0 м. Эти ребра являются опорами для железобетонных балок, уложенных под температурными швами экрана.

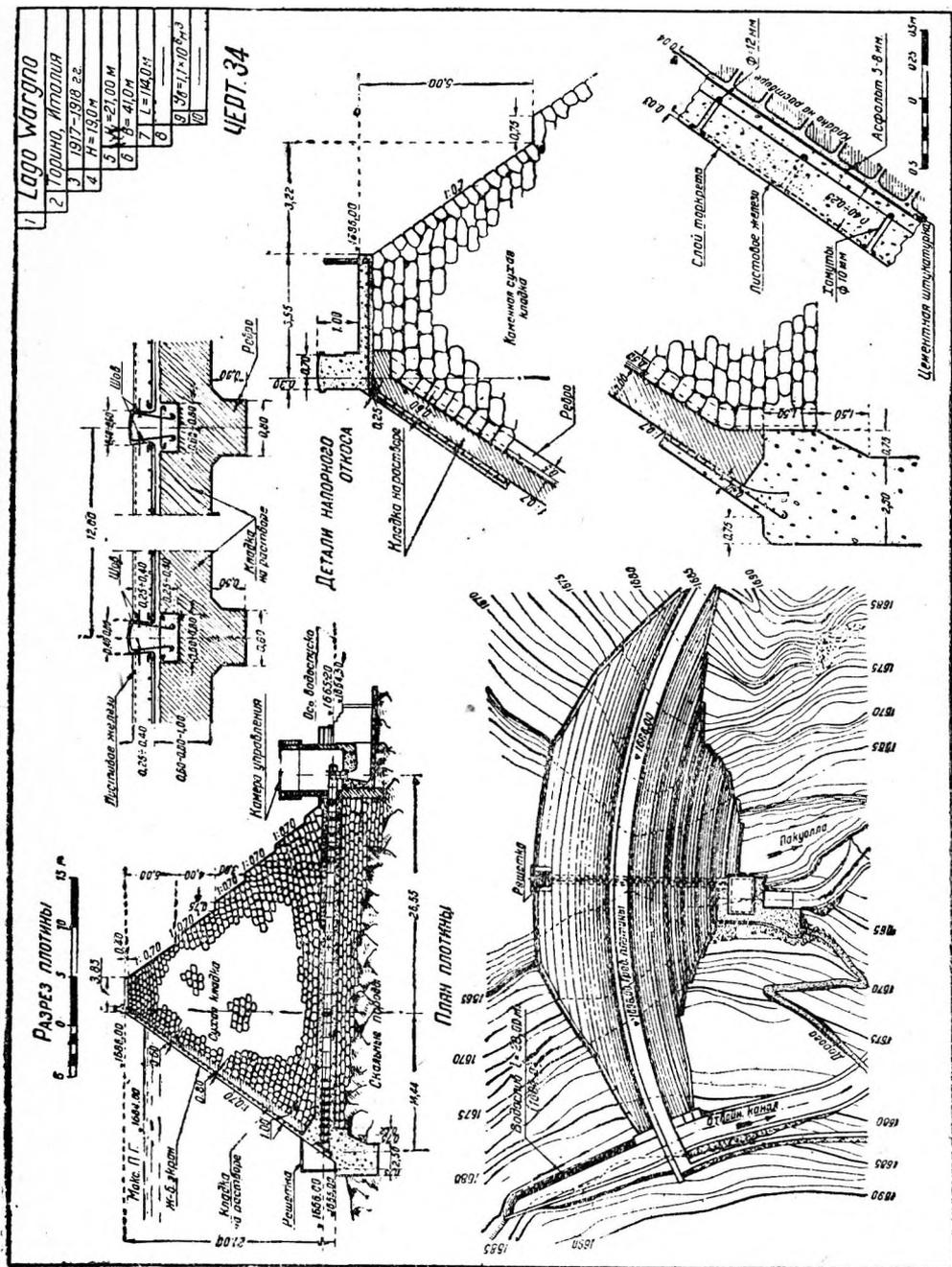
Материалом для плотины служит скала, разрабатываемая на месте постройки в карьерах.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины над руслом реки — 21 м, длина по гребню — 114 м. Ширина по гребню — 3,85 м, ширина по основанию — 41,0 м. Откосы 1 : 0,7 одинаковые как с верховой, так и с низовой стороны. По высоте низового откоса плотины имеются 5 берм по 0,75 м шириною.

**Противофильтрационные устройства.** По основанию плотины вдоль напорной грани с целью исключения возможных filtrаций заложен бетонный зуб, глубина его доведена до надежной скалы. Зуб служит основанием для водонепроницаемого экрана. Наружная поверхность стенки, уложенной на цементном растворе, покрыта слоем обычной штукатурки из цемента толщиной слоя 4 см. Поверх штукатурки укладывается слой асфальта 5—8 мм, по которому укладываются железобетонные плиты, толщиной 0,25 м по верху и 0,40 м по низу.

Плиты имеют одиночную арматуру, состоящую из стержней диаметром 12 мм, уложенных через 30 см в обоих направлениях и в расстоянии 5 см от верховой грани. Сверху экран покрывается листовым железом скрепляемым посредством хомутов с арматурой плит через

каждые 1,2 м. Железо покрывается слоем торкрета, толщиной в 3 см. Температурные швы образованы железобетонными балками таврового сечения. Выступающая стенка тавра имеет форму ласточкина хвоста. Ширина тавровой полки меняется от 0,6 м у гребня и до 0,8 м — у



основания плотины. Ширина тавровой стенки также меняется от 0,40 м у гребня и до 0,60 м у основания плотины.

Железобетонные балки уложены через 12 м по длине плотины. Зазоры между балками и плитами в 1 см просмолены и в них заложены

противофильтрационные пластинки из листового железа, размером 200 X 15 мм.

**Сооружения в теле плотины.** Для спуска воды из водохранилища в теле плотины уложена металлическая труба, диаметром 1,0 м, заделанная в бетонном массиве; труба оканчивается с низовой стороны зданием где расположены механизмы управления водоспуском.

**Дополнительные сведения.** Отвод высоких вод осуществляется боковым водосливом, который имеет порог длиной 28 м, заложенный на отметке 1684 м.

**Производство работ.** В соответствии с распределением материалов в пределах тела плотины, кладка шла криволинейными плоскостями, нормальными как в продольной оси сооружения, так и в плоскости откосов. При выполнении бетонных работ по сооружению водонепроницаемого экрана применялся бетон следующего состава: гальки—0,8 м<sup>3</sup>, песка — 0,4 м<sup>3</sup>, цемента — 300 кг для верхней части зуба, 350 кг—для средней и 400 кг — для нижней части зуба и всего экрана. Каменная кладка велась на растворе 0,85 м<sup>3</sup> песка и 400 кг цемента. Для штукатурки кладки и экрана применялся раствор 0,55 м<sup>3</sup> песка и 400 кг цемента.

#### Литературные источники

F. S c i m e m i, Dighe, Милан, 1928 г.

---

## № 27. ПЛОТИНА ЧИНЬЯНА (SIGNANA)

**Местоположение плотины.** Плотина построена на р. Чиньяна в системе р. Марморе в Северной Италии, в высокогорном районе на отметке около 2 150 м над уровнем моря (черт. 35).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 16 млн. м<sup>3</sup>, предназначенное для сезонного регулирования работы гидростанции мощностью 45 000 квт, а также для частичной аккумуляции стока р. Марморе, из которой вода перекачивается насосной установкой, расположенной на отметках около 1820 м над уровнем моря.

**Год постройки.** Строительство плотины начато в 1926 г. и окончено в 1929 г.

**Местные условия.** Климатические условия исключительно суровы. Возможный период строительства едва достигает 4 месяцев—с июня по сентябрь.

Широкая долина р. Чиньяна разделена в месте расположения плотины скальным выступом на правую и левую часть.

В геологическом отношении долина сложена из плотных скальных пород группы амфибов, главным образом роговых обманок, с включением среди них змеевиков. В левой части долины скальные породы прикрыты мощной толщей ледниковых отложений. Эти обстоятельства определили не только тип плотин, но и ее расположение в плане, которое состоит в том, что с одной стороны расположена гравитационная плотина и с другой — плотина из каменной кладки насухо, примыкающая под прямым углом к гравитационной плотине, образуя совместно водохранилище.

Для большей ясности вопроса приводим некоторые данные, характеризующие гравитационную плотину. Она имеет высоту 58,0 м, длину по гребню — 402,0 м и перекрывает правую часть долины, где скальные породы выходят на дневную поверхность. Гравитационная плотина выполнена из литого бетона с объемом кладки 153 000 м<sup>3</sup>.

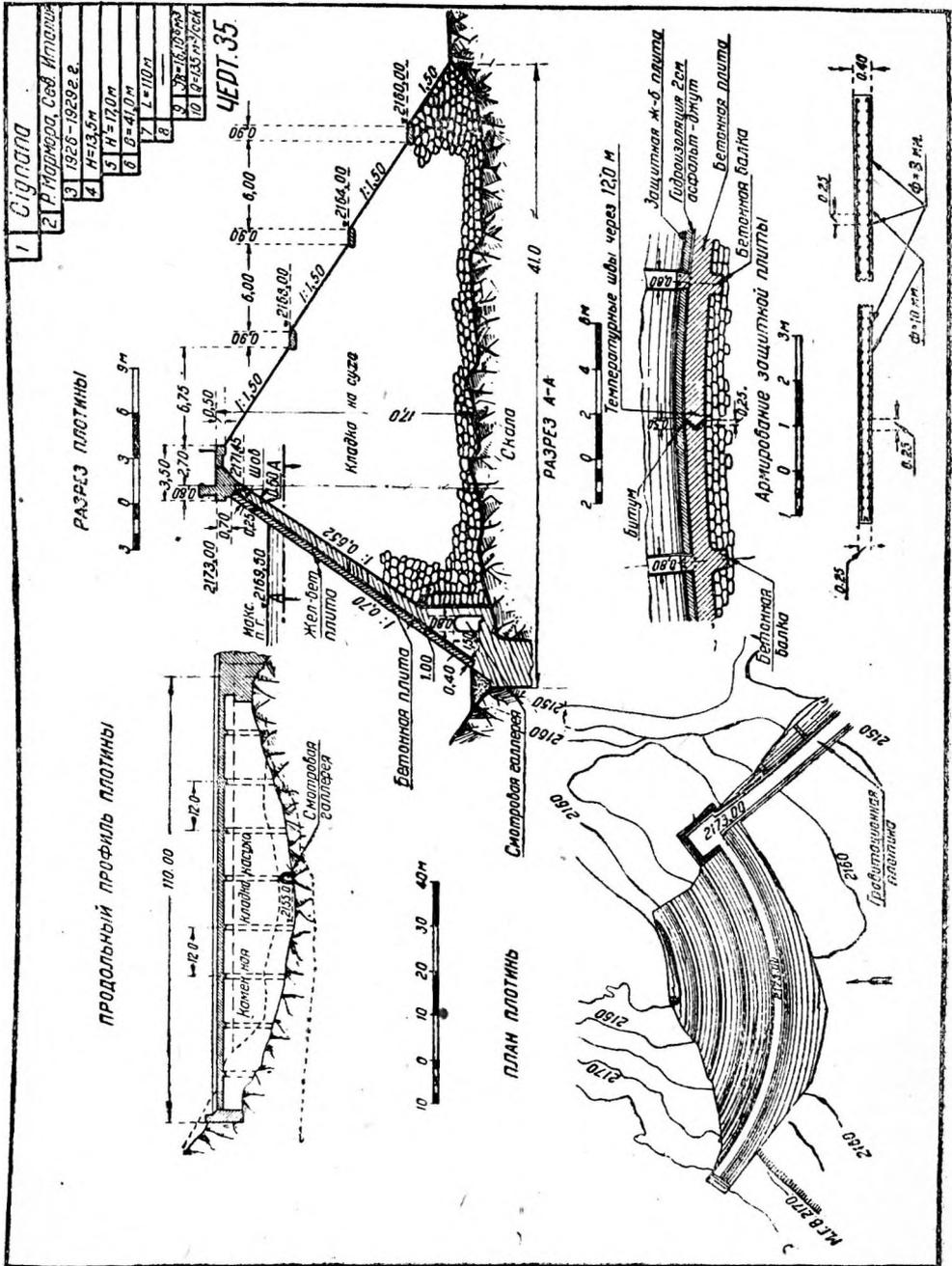
**Тип и материалы плотины.** Левая часть долины, сложенная толщей ледниковых отложений перекрыта плотинной, выполненной из кладки насухо. Плотина имеет криволинейное расположение в плане и описана по дуге радиусом в 80 м. Тело плотины выполнено из правильно уложенной кладки насухо и имеет трапециевидальный профиль с шириной по гребню в 3,50 м на отметке 2173,0 м, при отметке максимального горизонта воды в водохранилище — 2169,5 м. Низовая грань плотины разделена тремя бермами, шириною 0,9 м каждая. Гребень плотины имеет бетонную отделку.

Материалом для кладки являются камни довольно хорошего качества, добываемые из карьеров, расположенных у плотины.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 17,0 м, откосы: напорный — 1 : 0,7 и сухой — 1 : 1,5. Ширина плотины по гребню—3,5 м; длина по гребню — 110 м.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается устройством железобетонного экрана, уложенного по верховому откосу плотины. Экран состоит из нескольких слоев.

Слой бетона, толщиной 0,6 м у гребня и 1,0 м у основания, уложен по кладке напорного откоса и врезается в кладку бетонными балками 0,8 X 0,8 м через каждые 12 м вдоль гребня плотины. Эта облицовка образует соответственно аналогичные выступы на наружной стороне



в виде железобетонных балок, имеющих форму ласточкина хвоста, шириной 0,8 м и высотой, изменяющейся от 0,25 вверху до 0,40 м вниз. По бетонной облицовке уложен по дугу слой асфальта, прикрытый сверху железобетонной плитой, которая удерживается на от-

косе вышеуказанными выступами, имеющими форму ласточкина хвоста. Температурные деформации экрана воспринимаются швами, устроенными через каждые 12 м в бетонной облицовке, и пластичностью асфальтового слоя под защитной железобетонной плитой. Швы распространяются и на гребень плотины.

По основанию плотины вдоль грани верхового откоса заложен бетонный зуб, который служит основанием для экрана.

Над зубом в утолщении бетонной облицовки устроена смотровая галерея, сечением 0,8 X 1,5 м.

**Сооружения в теле плотины.** Водосбросными сооружениями служат: сифонный водосброс с пропускной способностью 90 м<sup>3</sup>/сек и полудонный водоспуск, состоящий из 3 отверстий с расходом по 15 м<sup>3</sup>/сек каждый, расположенных в пределах гравитационной плотины. Эти сооружения дают возможность спустить горизонт воды в водохранилище на 5 м в течение суток.

**Производство работ.** Данных о методах производства работ в литературе нет. Известно только то, что сопряжения двух типов плотин выполнено в пределах скального выступа, разделяющего долину на две части, где гравитационная плотина оканчивается массивом, к которому и примыкает плотина из кладки насухо. Известно также, что плотина была построена всего в 300 строительных дней, начиная с 1926 г. по 1929 г., небольшой срок строительства объясняется наличием неблагоприятных климатических условий.

**Эксплуатационные данные.** Плотина находится в эксплуатации и работает довольно удовлетворительно, следует отметить, что водохранилище заполнено лишь на  $\frac{3}{4}$  от проектного напора. Фильтрация через тело плотины не превышает 1 л/сек.

#### Литературные источники

ЕЕ, стр. 1434, XII—1928.г.

---

## № 28. ПЛОТИНА ТАРЛЕБО (TARLEBO)

**Местоположение плотины.** Плотина построена в северных суровых условиях Скандинавии и Швеции (черт. 36).

**Назначение плотины.** Плотина построена с целью утилизации водной энергии.

**Местные условия.** Основанием плотины служит скала. Других сведений, относящихся к данному вопросу, в литературе не имеется.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина Тарлебо является типичным примером старого норвежского типа плотин, выполненных из тщательной кладки насухо. Верховой откос выполнен из камней правильной формы, уложенных на жирном цементном растворе. Сухая кладка плотины состоит из крупных камней с пригонкой вручную и перевязкой швов.

Материалом для кладки служат камни, полученные при разработке скалы.

**Основные размеры плотины.** Плотина имеет высоту над основанием — 17,0 м, длину по гребню — 150,5 м, ширину по верху — 2,93 м с откосами 1:0,67 для верхней грани плотины и 1:1 — для нижней.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается слоем кладки, толщиной в 1,25 м, выложенной по верховому откосу из хорошо околотых камней на цементном растворе состава 1:3.

**Сооружения в теле плотины.** Отвод паводковых вод достигается водосливом, расположенным в теле плотины. Порог водослива, длиной 12 м, заложен на отметке нормального подпора 313,50 м при отметке верха плотины 314,10 м. На откосе водослив переходит в железобетонный лоток 1,5 X 0,6 м, уложенный по откосу плотины. Поверх водослива перекинут пешеходный мостик. Для опорожнения водохранилища и забора воды предусмотрен донный водоспуск с ряжевым водоприемником, установленным на дне водохранилища. На верховом откосе установлены щитовые затворы, подъем которых производится при помощи лебедок, установленных на гребне плотины. Две чугунные трубы для водоспуска и водовода, диаметром по 450 мм, уложены в галерее 2,2X2,2 м, проходящей в кладке тела плотины.

### Литературные источники

L u d i n , Die Nordischen Wasserkräfte, Берлин, 1930 г., стр. 545.

1 Зарубо

2 Шпелция

3

4 H=10.40M

5 H=7.80M

6 B=3.00M

7 L=15.00M

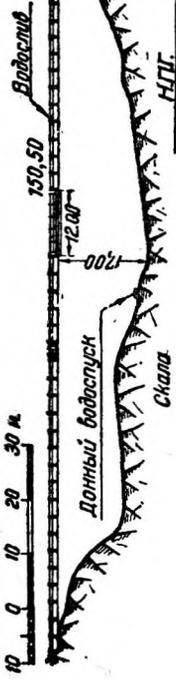
8

9

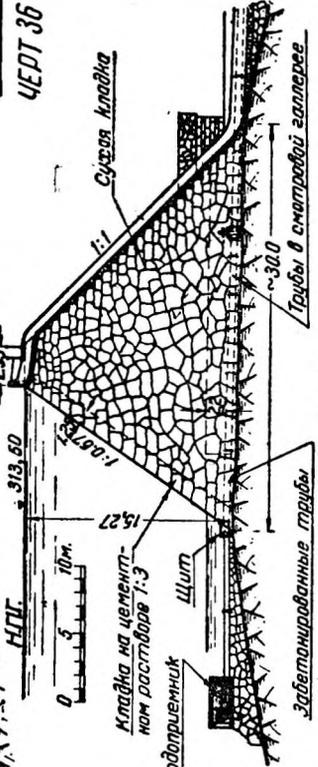
10

ЧЕРТ 36

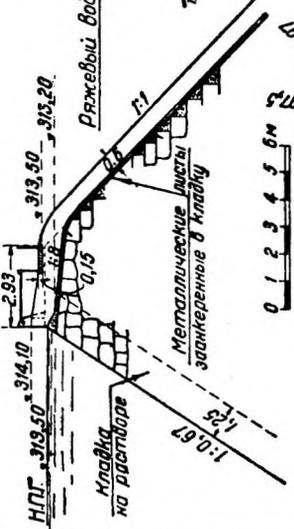
продольный профиль



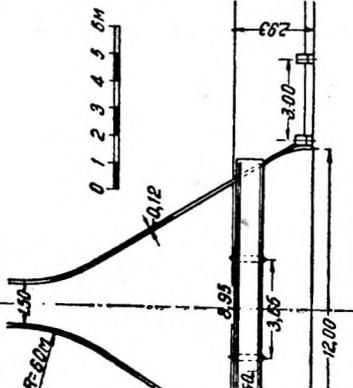
РОЗРЕЗ ПЛОТИНЫ



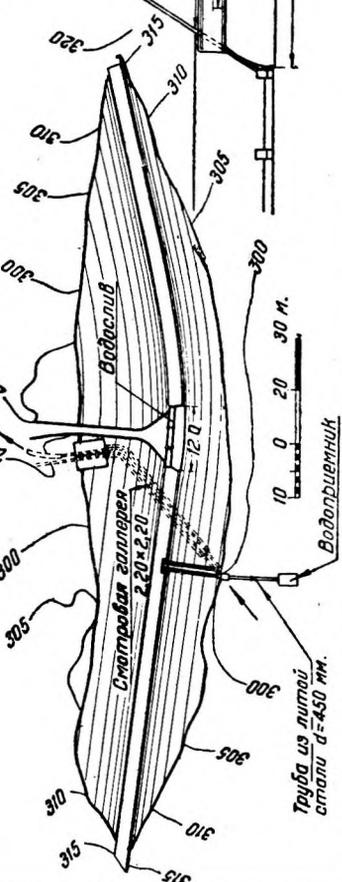
ДЕТАЛЬ ГРЕБНЯ



ПЛАН ВОДОСЛИВА



ПЛАН ПЛОТИНЫ



Труба из литой стали d=450 мм.

Водоприемник

## № 29. ПЛОТИНА ИСТ-КЭНЬОН-КРИК (EAST CANYON CREEK)

**Местоположение плотины.** Плотина Ист-Кэньон-Крик построена на реке того же названия в штате Утах в США (черт. 37).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 7 млн. м<sup>3</sup>, для ирригационных целей.

**Год постройки.** Постройка начата в 1897 г. и окончена в 1901 г.

**Местные условия.** Плотина расположена в узком каньоне с обрывистыми склонами. Ширина ущелья — 16,5 м по дну и 30,5 м на высоте 20,73 м от него. Выше каньон расширяется до 53 м.

Ущелье сложено из плотной водонепроницаемой скалы, прикрытой в русле реки аллювиальными отложениями на глубину до 10,7 м.

**Тип и материалы тела плотины.** Тип плотины из каменной наброски и сухой кладки с металлической диафрагмой.

Тело плотины в основном выполнено из каменной наброски, а со стороны верхового откоса уложена сухая кладка. Низовой откос облицован крупным камнем. Материалом для наброски служила скала, получаемая путем взрыва берегов ущелья около створа плотины.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины — 28,35 м, длина по гребню — 53 м. Ширина по основанию около — 84 м. Низовой откос — 1:2. Верховой откос меняется от 1:1 с отметки 20,2 м до 2:1 у гребня.

**Противофильтрационные устройства.** Аллювиальные отложения прорезаны бетонным зубом, толщиной 4,57 м, который служит основанием для металлической диафрагмы. Диафрагма выполнена в виде клепаной конструкции из листового железа, толщиной от 10 до 6 мм, и заделана на 1,5 м в бетонный зуб основания и в скальные берега ущелья. Металлическая диафрагма покрыта двумя слоями очищенного асфальта с обеих сторон и кроме того, защищена слоем асфальтобетона, толщиной 0,1 м, который не только предохраняет диафрагму, но и обеспечивает водонепроницаемость швов.

Для предохранения диафрагмы и ее покрытия от ударов камней с обеих сторон ее тщательно вручную выложены стенки из сухой кладки.

**Сооружения тела плотины.** Отвод паводковых вод осуществляется деревянным лотком, шириной 15,2 м, при глубине сливающегося слоя в 2 м.

**Дополнительные сведения.** В начале плотина была построена высотой 20,73 м над руслом реки с длиной по гребню 30,5 м, в 1901 г. была доведена до высоты 28,35 м. Несколько лет тому назад поднимался вопрос о дополнительном увеличении высоты плотины до 45,2 м. Таким образом плотина Ист-Кэньон-Крик является прекрасным примером того, как набросная плотина может быть легко надстроена в высоту в два раза и более, превышающую первоначальную.

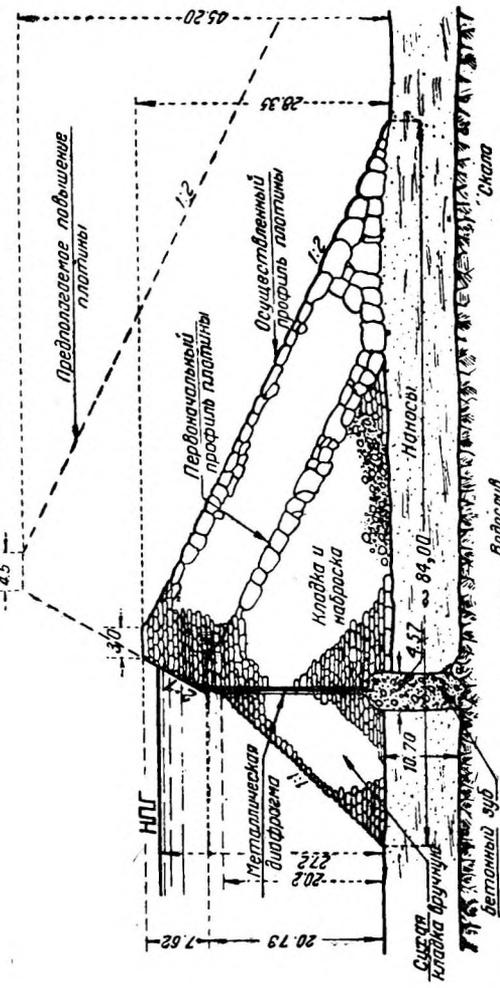
Для забора воды из водохранилища устроен тоннель овального сечения 1,83 X 1,52 м с двумя металлическими трубами, диаметром 0,76 м, уложенными в бетон.

Каждая из труб снабжена затворами, управление которыми расположено вверх вертикальной шахты, проложенной в скальном массиве.

1	East Sagadahoc Seak
2	Умат, США
3	1887-1888-1901г
4	H=22.24
5	H=28.35м
6	B=84.0м
7	L=33.0м
8	W=30.200м <sup>2</sup>
9	Q=710м <sup>3</sup> /с
10	—

ЧЕРТ. 37.

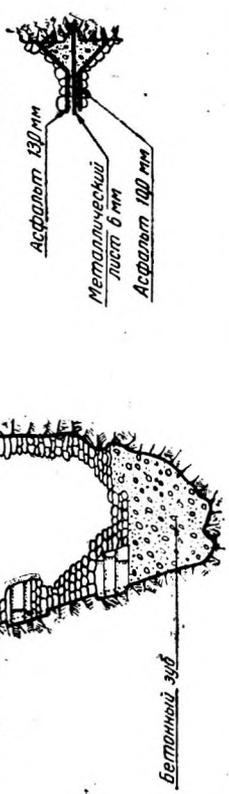
РАЗРЕЗ ПЛОТИНЫ



ПРОДОЛЬНЫЙ  
ПРОФИЛЬ



СОПРЯЖЕНИЕ ДИАФРАГМЫ  
С БЕРЕГАМИ



**Производство работ.** Объем плотины первой очереди выразился в 17800 м<sup>3</sup> наброски и кладки. Вторая очередь потребовала дополнительно укладки 12400 м<sup>3</sup>. Перед началом постройки плотины в 300 м выше ее была построена перемычка и река отведена лотком, идущим вдоль склона ущелья. Способ производства работ в литературе не освещен.

**Стоимость работ.** Первоначальная стоимость плотины равна 60200 долл.

#### Литературные источники

1. Z i e g l e r , Der Talsperrenbau, т. I. стр. 97.
  2. W e g m a n The design and construction of dams ст. 279.
  3. L u i g g i , Dighe di scogliera, Рим, 1917 г.
  4. А н и с и м о в , Водохранилищные плотины, Москва, стр. 95, 1931 г.
-

## № 30. ПЛОТИНА ЭЛЬ КАПИТЭН (EL CAPITAN)

**Местоположение плотины.** Плотина Эль Капитэн расположена на р. Сан-Диего в Южной Калифорнии (черт. 38).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 145 млн. м<sup>3</sup>, предназначенное для водоснабжения г. Сан-Диего.

**Год постройки.** Работы по сооружению плотины начаты в 1932 г. и должны были быть окончены в 1934 г.

**Местные условия.** Район расположения плотины характеризуется наличием мощного слоя гранитов с большим содержанием слюды (биотита), которые с поверхности покрыты продуктами их разрушения. Глубина зоны выветривания по склонам ущелья колеблется от 6 до 12 м, достигая на правом берегу 57,0 м. В пределах русла реки коренные породы (граниты) покрыты слоем аллювиальных отложений мощностью от 4 до 9 м. На основе тщательных и обширных по своему масштабу геолого-разведочных работ, произведенных в районе расположения плотины, было установлено, что применение других типов плотин в данных геологических условиях было бы экономически неоправданным решением.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина Эль Капитэн является примером смешанного типа плотины, где намывная часть плотины сочетается с каменной наброской, объем которой достигает 36% от общей кубатуры кладки тела плотины.

Тело плотины выполнено из двух упорных массивов из каменной наброски, уложенных по краям основания плотины. Центральная часть плотины выполнена намывной с частичным применением укатки в местах сопряжения с наброской и по гребню. Водонепроницаемость тела плотины достигается ядром из мельчайших глинистых фракций. Материалом тела плотины служит гранит, полученный при разработке карьеров. Поскольку в данном типе плотины основным назначением наброски являются: придание необходимого веса, защита намывной части плотины и обеспечение ее дренажа, то к материалам, употребляемым в наброску в отношении размера и характера камня, не предъявлялись такие строгие требования, которые обычно имеют место в набросных плотинах. Поэтому практически все материалы, полученные при разработке карьера, были использованы в наброску. Вся наброска в основном выполняется в виде отсыпи, толщина которой у гребня уменьшается до 0,6 м. Исключением являются откосы, которые по эстетическим соображениям, а также для защиты от удара волн и выветривания выложены из крупных камней вручную. Чтобы придать откосам необходимую устойчивость, они в пределах русла реки подпираются бетонными арочными стенками, высотой около 15 м, выпуклыми в сторону плотины.

Стенки имеют ширину по верху — 1,5 м, по низу — 6,5 м, длину — 85 м каждая, и заглублены в гранит.

Высота плотины над основанием — 72 м, длина

по гребню — 354,0 м, ширина по гребню — 7,3 м. Заложение откосов меняется с высотой плотины от 1:3 до 1:2 для верховой грани и от



ны бетонный зуб переходит в железобетонную диафрагму, прорезающую все тело плотины и выходящую наружу в виде парапета; толщина диафрагмы колеблется от 0,4 до 0,45 м. Помимо диафрагмы, водонепроницаемость тела плотины достигается еще намывным ядром в центральной части плотины, состоящим из мельчайших глинистых фракций. Ядро имеет ширину по основанию — 38,0 м и 11,0 м по верху. С целью отвода фильтрационных вод в пределах низовой части плотины предусмотрена дренажная система, заложенная в плоскости русла реки. Она состоит из 3 дренажных коллекторов подковообразного сечения 1,8 X 2,1 м. Коллектора заложены на 4,5 м в намывную часть плотины и выведены через бетонную стенку на низовой откос плотины. В каждом из этих коллекторов предусмотрены смотровые шахты, которые при принятых размерах отдельных коллекторов позволяют содержать дренажную систему под постоянным надзором.

**Дополнительные сведения.** Отвод паводковых вод достигается водосливом, расположенным на правом берегу, порог которого, длиной в 155 м, заложен на отметке 228,8 м. Водослив без учета аккумулярующей емкости водохранилища рассчитан на пропуск катастрофического паводка в 2000 м<sup>3</sup>/сек. Водосливной канал, уменьшаясь по ширине до 61,0 м, имеет стенки, облицованные бетоном, толщиной в 30 см. Для пропуска воды во время строительства у места сопряжения с левым берегом был устроен тоннель, диаметром 7,62 м длиной 350 м с уклоном 0,0167, с железобетонной облицовкой. Тоннель проходит в трещиноватых гранитах левого берега. По окончании строительства тоннель служит как водоприемное сооружение для водопроводной магистрали с водозаборной башней в голове.

**Производство работ.** Сооружение плотины Эль Капитэн характеризуется выполнением следующих основных работ:

1) намыв грунта.....	1 000 000 м <sup>3</sup>
2) устройство насыпи.....	90 000 »
3) » каменной наброски.....	620 000 »
4) бетонные работы.....	45 000 »
5) арматуры и металлические конструкции.....	1 234 т.

При подготовке основания под плотину была удалена часть наносных отложений и выветрившиеся породы в количестве около 220000 м<sup>3</sup>. Принятый тип плотины допускал использование материалов, вынутых из котлована для укладки их в тело плотины. Имевшиеся в русле реки песок и гравий оказались непригодными для производства бетонных работ, поэтому на расстоянии 2 км от плотины был установлен передвижной камнедробильный завод. Дробленные материалы после промывки и сортировки на 5 фракций доставлялись на автомобилях к бункерам бетонного завода. Так как основная масса бетонной кладки заключалась в бетонировании подпорных стенок откосов плотины, то бетонный завод был расположен вблизи плотины в пределах отметок русла реки. Оборудование завода состояло из 2 бетоньерок, емкостью в 7,50 м<sup>3</sup> каждая. Завод рассчитан на изготовление 220 м<sup>3</sup> бетона в 8-часовую смену. Приготовленный бетон на автомобилях доставлялся к месту укладки, каковая производилась бадьями при помощи крана.

Скала для наброски была получена из карьера, заложенного в 2 км от плотины. Вертикальные скважины, диаметром 20 см для добычи камня заложены на глубину 18-20 м, а горизонтальные — на глубину 9 м. Для снабжения карьера сжатым воздухом, здесь был установлен стационарный компрессор, производительностью в 37 м<sup>3</sup>/мин и не-

сколько передвижных — по 9,5 м<sup>3</sup>/мин. Взорванная скала разрабатывалась и грузилась 4 экскаваторами в автомобили, которые доставляли камень к месту укладки. При таком оборудовании суточная производительность карьера при двухсменной работе достигала 3700 м<sup>3</sup>, а месячная — 44000 м<sup>3</sup>.

Материал для намывной части плотины был получен при разработке карьера, заложенного на расстоянии 2-3 км от плотины, где разрабатываемый грунт экскаваторами нагружался в автомобили и доставлялся к месту производства работ. Всестороннее исследование материала в карьере показало, что содержание глины, а также состава отдельных фракций хорошо укладывается в пределы, установленные практикой сооружения намывных плотин.

Рыхлые материалы в том числе и разрушенный гранит, полученные при выемке котлована под плотину и водослив, укладывались в пределах сопряжения намывной части с наброской. Материал из карьера подвергался размыву при помощи двух гидромониторов, производительностью по 0,91 м<sup>3</sup>/сек, и трех — по 1,22 м<sup>3</sup>/сек. Расход воды на 1 м<sup>3</sup> уложенного материала достигал 760 л. Гранулометрический состав намывного материала получился следующий: глина до 0,01 мм — 10—15%, или 0,07 мм — 14—15%, песок 2 мм — 68%, гравий 6 мм — 8%. Удельный вес материала 2,06 т/м<sup>3</sup> при весовой влажности в 38%. Суточная производительность намыва при двухсменной работе колебалась в пределах от 6000 до 9000 м<sup>3</sup>.

**Стоимость работ.** Контрактная стоимость работ определена в 2 332 000 долл., причем на торгах единичная стоимость укладки 1,0 м<sup>3</sup> тела плотины, включая все расходы, связанные с разработкой и доставкой материала по предложению различных контрагентов, колебалась для гидравлического намыва от 0,54 до 0,75 долл., для каменной наброски — от 1,22 до 2,09 долл.

#### Литературные источники

1. WCN, 25/III — 1932 г.
  2. ENR, 13/VII — 1933 г.
-

## № 31. ПЛОТИНА РИО-ГРАНДЕ (RIO GRANDE)

**Местоположение плотины.** Плотина построена на р. Рио-Гранде в Колорадо США (черт. 39).

**Назначение плотины.** Плотина построена с целью утилизации водной энергии: она образует водохранилище, емкостью 54 млн. м<sup>3</sup>.

**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1908 г. и окончена в 1913 г.

**Местные условия.** Плотина построена в каньоне, который сложен плотными песочно-глинистыми грунтами. В берегах и русле его на небольшой глубине залегает скала.

**Тип и материалы тела плотины.** Плотина является характерным примером смешанных плотин. Верховая — напорная часть плотины выполнена из хорошо утрамбованного глинистого грунта в виде отсыпки с откосом 1:4. Последний укреплен двойной мостовой из камня. По основанию плотины, в целях лучшего ее сопряжения с последним, заложено два замка из трамбованной глины. Центральная часть плотины и низовая часть выполнены из каменной наброски с разравниванием вручную. Нижнему откосу придан уклон 1:1,5. Он так же укреплен двойной мостовой.

**Основные размеры плотин.** Высота плотины — 30,5 м, ширина по основанию — 176,9 м. Ширина по гребню — 9,14 м, длина по гребню — 137,16 м.

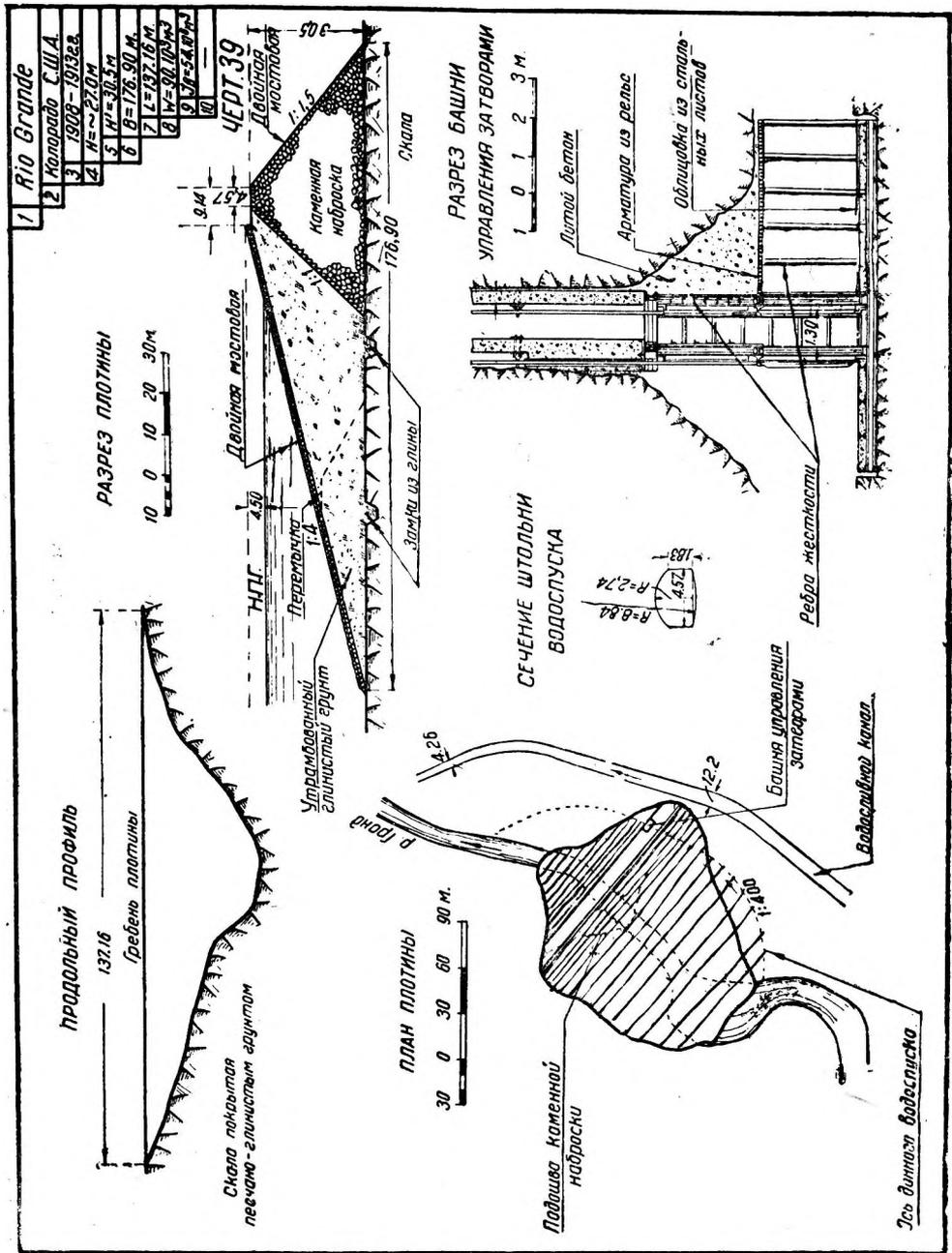
**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемой частью плотины служит песчано-глинистая отсыпь со стороны напорного откоса. Для лучшего сопряжения со скалой в основании отсыпи устроены два глиняных замка.

**Сооружения в теле плотины.** На правом берегу проходит донный водоспуск в виде штольни подковообразного сечения с размерами: ширина — 4,57 м, высота — 1,83 м. В теле плотины расположена башня управления затворами.

**Дополнительные сведения.** Для пропуска паводков в правом скальном берегу построен водосливный канал с рабочим отверстием 12, 2 м на оси плотины, постепенно сужающимся до 4,26 м в конце.

**Производство работ.** Основание плотины приготовлено путем снятия по всему контуру долины наносных отложений. Объем тела плотины равен 90000 м<sup>3</sup> наброски и 70000 м<sup>3</sup> грунта и разрушенной скалы. Подготовка основания и берегов долины производилась при помощи плугов и конных скреперов. Полученный материал сортировался через решета и доставлялся: частью по желобам с высоких точек в долину и частью подвозился на подводах и вагонетках с опрокидывающимся кузовом при помощи канатно-волочильных приспособлений. Над плотинной были устроены деревянные эстакады, по которым проходила сеть дорог, обслуживающих постройку. Наброска производилась одновременно с обоих берегов, при чем разравнивание производилось вручную. Перед началом работ в передней грани плотины была устроена небольшая перемычка для осушения основания плотины от воды, после чего производились наброска и насыпь

из грунта. Указанная перемычка вошла в состав тела плотины. Замки в основании тела плотины заполнены глиной путем намыва.



Литературные источники

1. Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, Берлин, 1925 г., стр. 62.
2. ENR, 66/508.

## № 32. ПЛОТИНА ЦУНИ (ZUNI)

Местоположение плотины. Плотина Цуни построена в округе Ме-

кинлей в штате Новая Мексика США (черт. 40).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 198 млн. м<sup>3</sup>, служащее для целей ирригации.

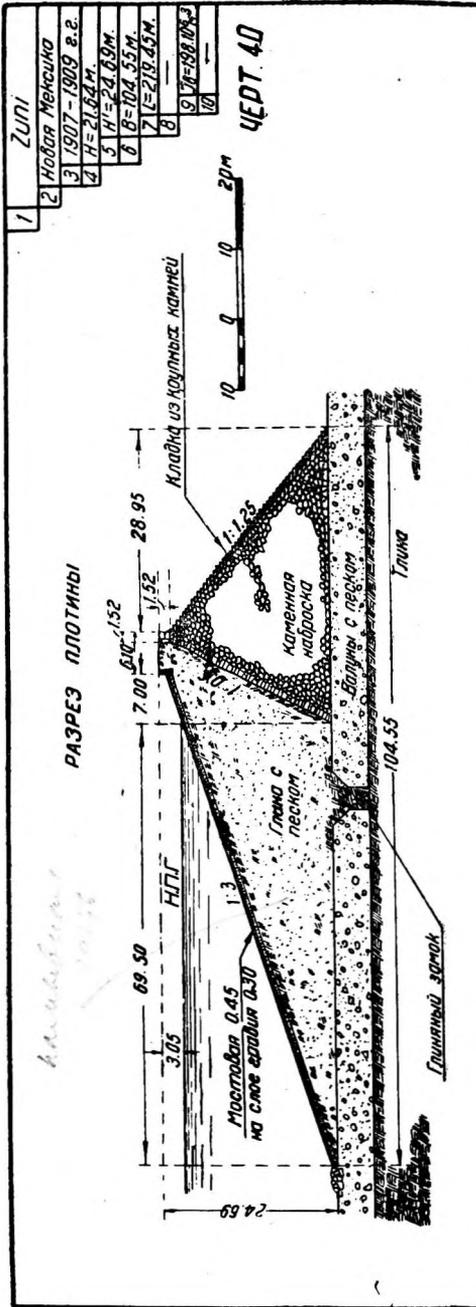
**Год постройки.** Плотина начата постройкой в 1907 г., а закончена и передана в эксплуатацию в 1909 г.

**Местные условия.** Коренными породами являются голубые глины, покрытые слоем наносов, мощностью до 5,5 м, состоящих из базальтовых смешанных с песком валунов.

**Тип и материалы тела плотины.** Смешанный тип плотины трапециевидного профиля с пологим 1:3 верховым и крутым 1:1,25 низовым откосом. Низовая часть плотины выполнена из каменной наброски, с внутренним откосом 1:0,5 и шириной по верху 1,52 м, а верховая — из земляной насыпи, полученной гидравлическим намывом. Низовой откос плотины выложен слоем сухой кладки из крупных правильной формы камней. Верховой откос укреплен мостовой 0,45 м на слое гравия 0,30 м.

**Основные размеры.** Высота плотины — 24,69 м. Длина по гребню — 219,45 м. Ширина по гребню — 6,10 м. Ширина по основанию — 104,55 м. Верховой откос — 1:3. Низовой откос — 1:1,25.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемость тела плотины достигается земляной отсыпью, а основания — глиняным зубом, который прорезает аллювий до коренных глин.



**Дополнительные сведения.** Для пропуска паводковых вод устроен боковой водослив, шириной в 30,5 м, вырубленный в базальтах южного берега. Опорожнение водохранилища производится через донный водоспуск — тоннель.

**Производство работ.** Грунт для намывной части плотины содержит около 13% очень мелкого песка и 27% глины. Вода для намыва подавалась по трубе, диаметром 20 см, от насоса производительностью 85 л/сек под давлением достаточным для разрыхления грунта с подачей его по желобам на место укладки. Разжиженный грунт в пределах профиля плотины поддерживался двумя небольшими насыпями, шириной по 3,0 м. Набросная часть плотины выполнена из камней, весом от 2 до 6 т, а некоторые из них достигают 8-10 т. Пространство между крупными камнями заполнено мелочью.

#### Литературные источники

1. ENR, 2/XII — 1909 г.
  2. We g m a n, The design and construction of darns, Лондон, стр. 263, 1927 г.
-

## № 33. ПЛОТИНА ЛЭК АВАЛОН (LAKE AVALONE)

**Местоположение плотины.** Плотина Лэк-Авалон построена на р. Пекос в 10 км выше г. Карлсбада, в Новой Мексике (черт. 41).

**Назначение плотины.** Плотина образует водохранилище, емкостью в 7,8 млн. м<sup>3</sup>, для целей ирригации.

**Год постройки.** Постройка начата в 1889 г. и окончена в 1890 г., после разрушения восстановлена в 1905 г.

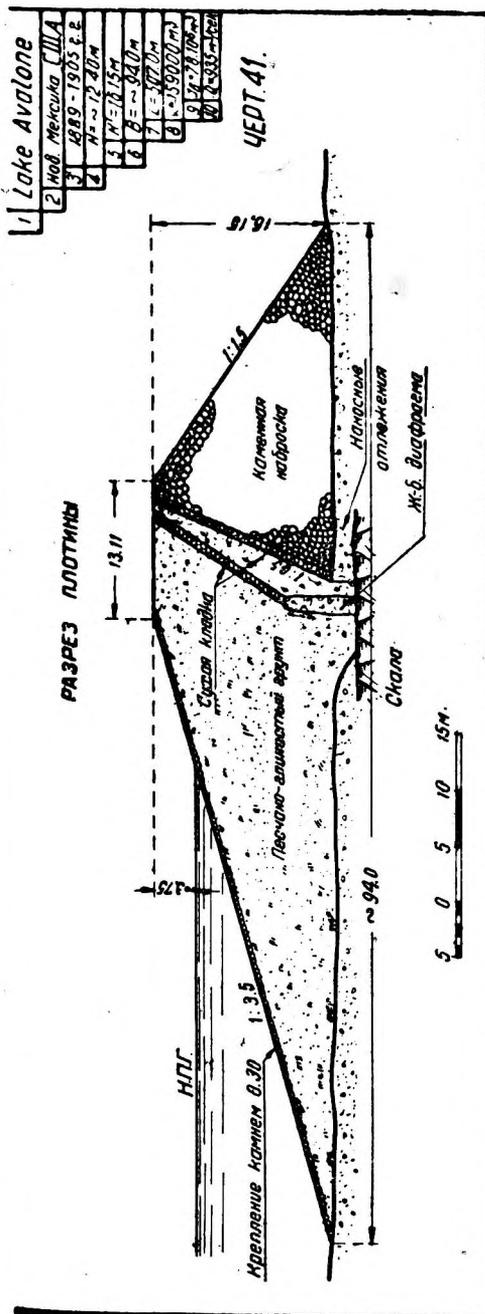
**Местные условия.** Геологические условия места расположения плотины характеризуются наличием в пределах правого берега известняка, а левого — конгломератов, прикрытых в пределах русла реки наносными отложениями.

**Тип и материалы тела плотины.** Смешанный тип плотины с железобетонной диафрагмой, прорезающей аллювий и расположенной между каменной наброской и земляной насыпью.

Профиль плотины трапециевидального сечения с пологом 1:3,5 верховым и крутым 1:1,5 низовым откосом.

Тело плотины состоит из каменной наброски в низовой части и песчано-глинистого экрана с напорной стороны. Внутренняя грань каменной наброски укреплена сухой кладкой по откосу 2:1. Земляная часть профиля укреплена по верховому откосу слоем рваного камня, толщиной 0,3 м. В качестве материала для наброски применен залегающий около плотины конгломерат, представляющий хорошо сцементированный булыжник, диаметром от 0,15 до 0,45 м.

**Основные размеры плотины.** Высота плотины—16,15 м. Дли-



на по гребню — 507 м. Ширина по гребню — 13,11 м. Ширина по основанию около 94 м. Верховой откос — 1 : 3,5. Низовой откос — 1 : 1,5.

**Противофильтрационные устройства.** Водонепроницаемой частью плотины служит песчано-глинистая присыпка с верхового откоса. Аллювиальные отложения прорезаны до скалы вертикальной железобетонной диафрагмой, высотой около 6 м, расположенной около 1 м левее каменной наброски. Выше над диафрагмой устроена наклонная тонкая стенка из сухой кладки, идущая до гребня плотины. Промежуток между этой стенкой и каменной наброской заполнен песчано-глинистым грунтом.

Из производственных соображений по продольному профилю плотины диафрагма частично заменена шпунтовым рядом.

**Дополнительные сведения.** Для отвода высоких вод было предусмотрено устройство 3 водосливных сооружений, из которых два расположены по берегам плотины, а третье — в седловине, расположенной в пределах водохранилища. Суммарная пропускная способность их, включая и расход через головное сооружение, доведена до  $935 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

**Производство работ.** Объем работ по сооружению плотины равен  $83\,000 \text{ м}^3$  каменной наброски и  $76\,000 \text{ м}^3$  насыпи. Укатка песчано-глинистого грунта производилась транспортными средствами, применявшимися при строительстве плотины.

**Стоимость работ.** Стоимость работ по указанному объему выразилась в 170 000 долл.

**Эксплуатационные данные.** Описанный профиль плотины является третьим по числу и получен после вторичного восстановления плотины. Первая плотина за время 1889/90 г. имела высоту 14,7 м, а длину по гребню — 345 м. Объем работ по сооружению исчислялся в  $42\,000 \text{ м}^3$  наброски и  $73\,000 \text{ м}^3$  насыпи. Вследствие недостаточной пропускной способности водосбросных сооружений, паводком 1893 г. плотина была затоплена и размыва до основания на протяжении 91,5 м.

После этого разрушения плотина была немедленно восстановлена на новом месте, отнесенном вниз по реке. Второй профиль плотины доведен до 16,15 м, и длина по гребню — до 507 м с расширением при этом водосбросных сооружений и усилением профиля плотины, но с сохранением его типа. Второе разрушение имело место 1/X-1904 г. при нормальном подпорном горизонте воды в водохранилище и было вызвано фильтрацией через тело плотины, которая приписывалась землеройным животным или дефектам сопряжения тела плотины с основанием. Во время этого разрушения паводковой волной были разрушены все мосты г. Карлсбада. После вторичного восстановления плотины было произведено усиление ее профиля за счет увеличения земляной насыпи с доведением ширины плотины по гребню до 13,11 м.

Кроме того в тело плотины введена железобетонная диафрагма до скалы основания.

#### Литературные источники

Merriman and Wiggins, ACE Нью-Йорк 1930 г.

---

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПЛОТИН ИЗ КАМЕННОЙ НАБРОСКИ,**  
(Русские)

№ п/п	Наимен. плотин и год постройки	Государст., страна, штат	Назначение водохранилища	Емкость водохранилища 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Основание плотины	Тип плотины	Обеспечение водонепрониц. плотины	Максим. высота плотины в м
	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сулакская проект 1932	СССР Дагестан	ГЭС	2368	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	233,00
2	Убинская проект 1929	СССР Алтай	ГЭС	700	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	59,00
3	Храмская проект 1933	СССР Закавказье	ГЭС	545	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	40,00
4	Ульбинская строится	СССР Алтай	ГЭС	84,3	Скала	Из каменной наброски	Деревян. экран	39,00
5	Топараванская проект 1930	СССР Закавказье	Регулирующее ГЭС вод-ще	197,00	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	30,00
6	Карагандинская строится	СССР Казакстан	Водоснабжен.	260,00	Скала	Смешанная	Экран из суглинки	20,00
7	Нижнемагнитогорская строится	СССР Урал	Водоснабжен.	60,00	Суглинки, пески, ниже скала	Смешанная	Экран из суглинки	18,00
8	Карачуновская строится	СССР Донбасс	Водоснабжен.	270,00	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	23,00

**Иностранные**

1	San Gabriel № 1, 1932	США, Калифорния	Ирригация	80	Песок и гравий, ниже скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	114
2	Salt Springs 1929 — 1931	США Калифорния	ГЭС	160,5	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	100

плотины)

Ширина по гребню плотины в м	Ширина по основ. плотины в м	Заложен. откос.		Длина по гребню плотины в м	Объем на броски в м <sup>3</sup>	Превышен. гребня над подперг. горизонт. в м	Литературные источники
		напорный	сухой				
10	11	12	13	14	15	16	17
17,00	668,00	1:1,4	1:1,5	230	5900000	3,0 отм. м. г. в.	Эскизн. проект Сулака, составленный Гидроэлектропроектом в 1932 г.
6,00	228,00	1:1 1:1,4	1:1—1:1,5	325	558000	3,0 отм. м. г. в.	Технический проект Убинской гЭС, составленный Ленинградским гидротехническим бюро Энергостроя. в 1929 г.
6,80	61,65	1:1,3	1:1—1:1,4	145	129000	3,5 отм. м. г. в.	1) Гидроэлектропроект, Проект Храмовской гЭС, Москва, март 1933 г. 2) Гэт, Изыскания на р. Храм, 1930 г. 3) Гидроэлектропроект, Геология и гидрология Храмовского водохранилища (по данным исследований на 1/1—1934 г.
5,00	76	3:1	1:1,75	355	147600	2,0	Гидроэлектрострой, Окончательный проект Ульяновской гидростанции, 1931 г. (Архив Гидроэлектропроекта)
3,00	64,00	1,4:1	1:1,3	188,6	69800	2,0 отм. м. г. в.	Проект Топараванской гЭС, Тифлис, 1930 г.
8,00	103,4	1:4 1:2	1:1,5 1:1	Общ. длин. 2000	103750	2,0	Гидроэлектропроект, Технический проект большого Карагандинского водохранилища, 1934 г.
6,00	100,00	1:3	1:1,4	960	240000	2,5	Ничипорович и Истомина, Проектирование и постройка укатанных земляных плотин, 1934 г.
7,50	67,00	1:1,25	1:1,5	206,15	100261	2,0	1) Гидротехстрой, Эскизный проект Карачуновской плотины, 1931 г. 2) Спецстройпроект, Технический проект, 1932 г. и Материалы Водоканалпроекта и Союзводстроя 3) Техничко-производственный отчет строительства за 1934 г.

плотины

9,14	336	1:1,3+ +1:1,4	1:1,4 1:1,6	510	4500000	2,97	WCN, 10/V—1932 г. 2) WCN, II 1932 г. 3) WCN, 10/VII—1932 г. 4) А н и с и м о в, Проектирование глухих плотин, 1934 г., стр. 134
4,57	275	1:1,3	1:1,4	396,5	2300000	—	1) ENR, 16/I—1930 г. 2) ENR, 28/VIII—1930 г. 3) А н и с и м о в, Проектирование глухих плотин, 1934 г., стр. 123

№ п/п	Наимен. плотин и год постройки	Государст., страна, штат	Назначение водохранилища	Емкость водохранилища 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Основание плотины	Тип плотины	Обеспечение водонепрониц. плотины	Максим. высота плотины в м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Dix River 1923 - 1925	США Кентуки	ГЭС	370	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	83,82
4	San Gabriel № 2 1932 — 1937	США Калифорния	Регулирование стока и ирригация	16	Песок и гравий, ниже скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	77,72
5	Cogoti 1931	Чили	Ирригация	—	Скала	Сейсмостойкий тип из кам. набр.	Жел.-бет. экран	75,00
6	De Gribe 1930	Африка Алжир	Ирригация	3	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	62,50
7	Relief <sup>1</sup> 1909—1912	США Калифорния	ГЭС	—	Скала	Из камен. наброски со стенкой из кладки	Жел.-бет. экран	42,60
8	North Bowman 1925 — 1927	США Калифорния	Ирригация	80	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	50,00
9	Morena 1896—1912	США Калифорния	Водоснабжен.	59	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	45,72
10	Strawberry 1913—1917	США Калифорния	ГЭС	—	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	42,70
11	Cucharas <sup>1</sup> 1904—1905	США Колорадо	Ирригация	61,65	Глины и сланцы	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	38,10
12	Boulder Canyon <sup>2</sup> проект 1923	США Колорадо	ГЭС, ирригация, водоснабж.	41276	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	217,93
13	Bonito 1930—1931	Н. Мексика	Водоснабжен.	1,45	Скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. экран	28,00

<sup>1</sup> Отметка гребня плотин: 7—2200, 11-й—1800.

<sup>2</sup> Плотина не построена — оказалась дороже гравитационной.

Ширина гребню плотины	Ширина по основанию плотины в м	Заложен. откос.		Длина по гребню пло- тины в м.	Объем на- броски в м <sup>3</sup> .	Превышен. гребня над подперт. го- ризонт. в м	Литературные источники
		напор- ный	сухой				
10	11	12	13	14	15	16	17
6,10	209	1:1 1:1,2	1:1 1:1,4	315	1336000	10,66	1) Wegman, The design and construction of dams, стр. 279 2) ENR, 25/VI—1925 г. стр. 1058 3) ENR, № 94 2/IV—1925 г. стр. 548 4) Кригер, Гидроэлектрический справочник т. I
5,48	233,16	1:1,25— 1:1,35	1:1,3 1:1,6	176,78	930000	6,08	1) WW, 15/X—1932 г. № 21 2) WCN, 10/VI—1933 г., стр. 243 3) ENR, 15/IX—1932 г. 4) ENR, 23/VI—1932 г., стр. 904 5) Анисимов. Проектирование глухих плотин, 1934 г.
10,00	265,00	1:1,6	1:1,8	—	560000	—	ENR, 5/IX—1931 г
6,00	149,65	1:1,1	1:1,25	143	625000	7,50	1) EE, май 1930 г. 2) APC, январь 1931 г., стр. 367
4,00	85,00	1:0,5	1:1,5	155	—	3,00	1) L. Luiggi, Dighe di scogliera, Рим, 1917 г. 2) Анисимов, Водохранилищные плотины, 1931 г.
4,57	112,77	1:0,5 1:0,75	1:1,4	224	230000	—	1) Eng. Tibbetts, Repair of breaks in outlet tunnel of rock-fill dam. 2) ENR, 6/VI—1929 г. 3) Wegman, The design and construction of dams, стр. 279
4,87	130,00	1:0,9 1:0,5	1:1,5	158,50	225000	—	1) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, Берлин, 1925 г. стр. 83 2) Wegman, The design and construction of dams, стр. 276 3) L. Luiggi, Dighe di scogliera, Рим, 1917 г.
4,57	115,00	1:1 1:1,2	1:1,3	187	294000	1,53	1) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 87. 2) Wegman, The design and construction of dams, стр. 279 3) ENR, 3/II—1916 г.
6,10	102	1:1	1:1,5	—	—	—	1) Ziegler, Der Talsperrenbau т. I. 1925 г. 2) ENR, 64/538
15,24	716,28	1:1	1:2	—	—	3,05	Журнал „Американская техника и промышленность“, № 12, стр. 746, 1930 г.
8,10	79,5	1:1,17	1:1,4	134	107000	2,43	WCN, 10/IX—1932 г.

№ п/п	Наимен. плотин и год постройки	Государст., страна, штат	Назначение водохранилища	Емкость водохранилища 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Основание плотины	Тип плотины	Обеспечение водонепрониц. плотин	Максим. высота плотины в м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Dewero 1920 — 1921	Италия	ГЭС	16,2	Скала и морена	Сухая кладка, смешан. с наброской	Слой кладки на растворе	31,00
15	Drew's 1915	США Орегон	Ирригация	74,0	Скала	Из каменной наброски	Деревянный экран	20,12
16	Escondido 1885	США Калифорния	Ирригация	—	Скала	Из каменной наброски	Деревянный экран	23,16
17	Penrose 1930 — 1932	США Колорадо	ГЭС	1,58	Скала	Из каменной наброски	Металлический экран	30,50
18	Eildon 1925—1927	Австрал. Виктория	Ирригация	375	Глины ниже скала	Из каменной наброски	Жел.-бет. диафрагма и глиняное ядро.	42,90
19	Portus 1914—1915	Швеция	ГЭС	—	Скала	Смешанная	Жел.-бет. диафрагма	17,50
20	Oued Kebir <sup>1</sup>	Африка Тунис	Водоснабжен.	25,9	Аллювий	Из каменной наброски	Жел.-бет. диафрагма	35,04
21	Cranevalley 1914 — 1915	США Калифорния	ГЭС	55,0	Скала	Из каменной наброски	Бетонная диафрагма	45,72
22	Lover Otay 1897	США Калифорния	Водоснабжен.	52,3	Скала	Из каменной наброски	Металлическая диафрагма	39,62
23	Castelwood 1889 — 1890	США Денвер	Ирригация	4,3	Песчано-глинист. грунты	Из каменной наброски	Стенка на растворе, земляной присыпка	21,34

<sup>1</sup> Проект плотины был принят по конкурсу во Франции. Плотина имела разрушение.

10	11	Заложен. откос.		14	15	16	17
		напор- ный	сухой				
ширина по гребню плотины в м	Ширина по основ. плотины в м			Длина по гребню плотины в м	Объем наброски в м <sup>3</sup>	Превышен. гребня над подперт. го- ризонт. в м	Литературные источники
4,00	—	1:1 2:1	1:1	115	54000	2,00	1) Jng. E. Scimemi, Dighe, Милан, 1928 г. 2) А н и с и м о в, Водохранилищ. плотины, Москва, 1931 г. 3) А н и с и м о в, Проектирование глухих плотин, Москва, стр. 115, 1934 г.
3,05	41,5	1:0,5	1:1,5	—	—	—	ENR, 18/I— № 3, 1917 г.,
3,05	42,67	1:0,5	1:1 1:1,25	116	37160	—	1) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 89 2) Wegman, The design and construction of dams, стр. 267—279
6,68	—	1:0,5	1:1,4	177	—	1,82	ENR, 25/V—1932 г.
15,00	—	1:1,5	1:1,5	690	—	5,20	1) L. Luiggi, Dighe di scogliera, Рим, 1917 г. 2) TE, 24/I 1930 г. 3) TE, 4/X и 11/X 1929 г.
4,70	—	1:3 1:2	1:2	—	—	3,90	Ludin, Die Nordischen Wasserkräfte, Берлин, стр. 550, 1930 г.,
—	96	1:1	1:1,5	350	—	1,96	1) GC, 17/VI—1922 г. 2) GC, 1931 г. 3) ENR, 3/XI—1932 г.
4,57	123,44	1:1,25	1:1,28	164,6	200000	1,53	1) Ziegler, Der Talsperrenbau, стр. 104, 246 2) ENR, 63/124
6,10	—	1:1	1:1	172,2	127000	1,52	1) R. A. Silent, Failure of the Lower Otay dam, ENR, 17/II—1916 г. 2) Wegman, The design and construction of dams, стр. 270 3) Ziegler, Der Talsperrenbau, стр. 96
2,44	—	10:1	1:1	183	—	1,22	1) WCN, № 8, 15, 1933 г. 2) ENR, 10/VIII—1933 г., 7/IX—1933 г., 9/X—1933 г. 3) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 90 4) Wegman, Die design and construction of dams, стр. 275. 5) Brunton and Davis. Modern tunneling, стр. 438 6) Merriman and Wiggin, ACE, Нью-Йорк, стр. 1547, 1930 г.

№ п/п	Наимен. плотин и год постройки	Г. сударст., страна штат	Назначение водохранилища	Емкость водохранилища 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Основание плотины	Тип плотины	Обеспечение водостойкости непрочных плотины	Максим. высота плотины в м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	Терухтепек 1927 — 1929	Мексика	ГЭС	—	Скала	Из сухой кладки	Жел.-бет. экран	37,50
25	Piano dei Greci 1923	Италия г. Палермо	ГЭС, ирригац.	—	Скала и глины	Из сухой кладки	Жел.-бет. экран	35,50
26	Lago Wargno 1917 — 1918	Италия Торно	ГЭС	1,1	Скала	Из сухой кладки	Жел.-бет. экран	21,00
27	Cignano 1926 — 1929	Италия	ГЭС	16	Скала	Из сухой кладки	Жел.-бет. экран	17,00
28	Tarlebo	Швеция	ГЭС	—	Скала	Из сухой кладки	Кладка на растворе	17,00
29	East Canyon Creek 1897 — 1901	США Утта	Ирригац.	7	Скала	Из каменной наброски	Металлич. диафрагма	28,35
30	El Capitan 1932 — 1934	США Калифорния	Водоснабжен.	145	Скала	Смешан. намывн. с кам. наброской	Глиняное ядро	72,00
31	Rio Grande 1908 — 1913	США Колорадо	ГЭС	54	Песчано-глинист. грунты	Смешанная	Грунтов. отсыпь	30,50
32	Zuni 1909	Н. Мексика Мекинл.	Ирригац.	198	Глины	Смешанная	Грунтов. отсыпь	24,69
33	Lake Avalone 1889 — 1890	Н. Мексика Карлсбад	Ирригац.	7,8	Скала	Смешанная	Грунтов. отсыпь	16,15

КРАТКИЕ АННОТАЦИИ ПЛОТИН (иностраннх),

1	Sierra Nevada	США Калифор.	Ирригац.	—	Скала	Каменная наброска	Жел.-бет. экран	52,00
2	Swift 1914	США Монтень	—	—	Скала	Каменная наброска	Жел.-бет. экран	40,30
3	Bulley Creek <sup>1</sup> 1925	Орегон	—	—	—	Каменная наброска	Жел.-бет. экран	38,20
4	Beaver Park <sup>2</sup> 1914	США Колорадо	ГЭС	5,5	Валуны, ниже скала	Каменная наброска	Жел.-бет. экран	32,92

<sup>1</sup> Разрушена в 1926 г.

Ширина по гребню пло- тины в м	Ширина по осн. в. пло- тины в м	наклон. сткосов		Длина по гребню пло- тины в м	Объем наброски в м <sup>3</sup>	Превышен. гребня над подперг. го- ризонт. в м	Литературные источники
		напр- ный	сухой				
10	11	12	1	14	15	16	17
5,60	—	1:0,7	1:0,7 1:1	274	73000	—	1) Материалы инж. Омдео, Милан, Италия. 2) А н и с и м о в, Проектирова- ние глухих плотин, 1933 г.
4,45	62,5	1:0,7	1:0,7	260,20	—	4,00	ЕЕ, 1924—1925 гг.
3,85	41,00	1:0,7	1:0,7	114	—	—	Jng. S c i m e m i, Dighe, Милан, 1928 г.
3,50	—	1:0,7	1:1,5	110	—	3,50 от м. г. в.	L u d i n, Die Nordischen Wasser- kräfte, Берлин, стр. 545, 1930 г.
2,93	—	1:0,67	1:1	150,5	—	0,60	ЕЕ, стр. 434, XII—1928
—	84	1:1	1:2	53	30200	—	1) Z i e g l e r, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 97 2) L. L u i g g i, Dighe di scogliera. Рим, 1917 г. 3) W e g m a n, The design and construction of dams, стр. 279 4) А н и с и м о в, Водохрани- лищные плотины, Москва, стр. 95, 1931 г.,
7,3	578	1:3 1:2	1:3 1:1,5	354	620000	4,59 от м. г. в.	1) W C N, 25/III—1932 г. 2) E N R, 13/VII—1933 г.
9,14	176,9	1:4	1:1,5	137,16	90000	4,50	1) Z i e g l e r, Der Talsperrenbau т. I, Берлин, стр. 62, 1925 г. 2) E N R, 66/508
6,10	104,55	1:3	1:1,25	219,45	—	3,05	1) E N R, 2/XII—1909 г. 2) W e g m a n, The design and construction of dams, стр. 263 Лондон, 1927 г.
13,11	94,00	1:3,5	1:1,5	507	83000	3,75	Merriman and Wiggin, ACE, Нью-Йорк, 1930 г.

не вошедших в книгу

—	—	1:0,5	1:0,75	244,0	—	—	Строительная промышленность, № 6, стр. 500, 1929 г.
4,57	—	1:1	1:1,50	—	—	—	1) Z i e g l e r, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 78 2) Merriman and Wiggin, ACE, Нью-Йорк, 1930 г. стр. 1549
—	—	1:1	1:1,25	—	—	—	E N R, 28/V—1929 г.
4,88	—	1:0,5	1:2 1:1,25	—	—	—	1) Z i e g l e r, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 80 2) К р и г е р и Д ж е с т и н, Ги- дроэлектрический справоч- ник, стр. 288, 1934 г.

Таблица 2.

№ п/п	Наимен. плотин и год постройки	Государ т., страна, штат	Назначение водохрани-лица	Емкость водохрани-лица 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Основание плотины	Тип плотины	Обес-печение в непр-плот	Максим. высота плотины
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Princ River 1917	Африка	ГЭС	—	Песок, гравий, валуны	Каменная наброска	Жел.-бет. экран	28,50
6	Chatsworth-Pork 1896	Калифор-ния	ГЭС	—	Скала, покрытая наносами	Каменная наброска	Бетон. слой	12,50
7	Walnut Grove 1885	США Аризон	ГЭС	84,90	Скала	Каменная наброска	Деревян. экран	33,53
8	South Fork 1908	США Калифор.	ГЭС	—	Скала	Каменная наброска	Деревян. экран	25,50
9	Middle Fork 1909	США Калифор.	ГЭС	—	Скала	Каменная наброска	Деревян. экран	22,50
10	Elvado 1933	Новая Мексика	Ирригац.	243,00	Глинист. сланцы	Грав. и ка-менная набр.	Стальной экран	51,80
11	Slave Fales	США	—	—	Гравий, валуны	Каменная наброска	Стальная облиц.	24,40
12	Victor 1901	США Колорадо	ГЭС	—	—	Каменная наброска	Стальной экран	21,30
13	Conchos проект 1932	Мексика	Ирригац.	—	Скала	Каменная наброска	Пустот. жел.-бет. диафраг.	22,90
14	Vanino 1924	Италия Наварро	ГЭС	8,60	Наносн. морена	Сух. кладка	Жел.-бет. экран	27,00
15	Avino <sup>2</sup> 1918	Италия	ГЭС	6,90	Скала	Сух. кладка	Жел.-бет. экран	15,50
16	Biaschina <sup>2</sup> 1912	Италия	Увел.емк. озера	—	Скала	Сух. кладка	Жел.-бет. экран	13,00
17	Hordeland	Норвег.	ГЭС	—	—	Сух. кладка	Жел.-бет. экран	10,30
18	Alpone <sup>2</sup> 1906	Италия	ГЭС	Увелич. объем озера на 150000 м	Скала	Сух. кладка	Бетон. экран	7,00
19	Bouquet <sup>2</sup> 1932	Калифор-ния	Водосн. и ГЭС	40,50	—	Смешанная	—	56,38
20	Priest <sup>2</sup> 1921	Сан-Францис.	ГЭС	—	—	Смешанная	Стальная централ. диафраг.	41,50
21	Vigin 1929	США Невада	ГЭС	—	Скала и толща наносов	Каменная наброска	—	36,60
22	Bluwater 1908	Новая Мексика	ГЭС	1,50	—	Смешанная	Цент.диа-фрагм. из глин.-бет.	27,40
23	Arroy—Hondo 1908 — 1913	Новая Мексика	Ирригац.	—	—	Смешанная	—	19,81
24	Budal	Норвег.	ГЭС	4,10	—	Смешанная	Жел.-бет. центр. диафраг.	12,40
25	Oxjon 1932	Швеция	ГЭС	—	—	Каменная наброска	Глин.-бет. экран	8,00

<sup>2</sup> Отметка гребня плотин: 4—58, 21, 15—2244, 9, 16—1773, 18—2000, 19—917, 44 и 20—684, 22

Ширина по гребню	Ширина по основанию в м	Уложен. откосов		Длина по гребню плотины в м	Объем наброски м <sup>3</sup>	Превышен. гребня над горизонтом в м	Литературные источники
		напорный	сухой				
10	11	12	13	14	15	16	17
6,00	—	1:1,25	1:1,50	—	—	2,40	1) Карток, 1,94 2) Анисимов, Водохранилищные плотины, Москва, 1931 г., стр. 93
1,22	—	1:0,57	1:0,90	—	2156	—	1) Wegman, The design and construction of dams, стр. 273 2) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 90
3,05	42,06	1:0,5	1:0,6	122,0	62000	2,0	1) Wegman, The design and construction, of dams, стр. 269 2) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 90 3) Brunton and Davis, Modern tunneling, стр. 488 4) Merriman and Wiggin, ACE, Нью-Йорк, 1930 г. стр. 1547
3,00	—	1:0,75	1:1,25	—	—	1,80	EW, 17/X—1914 г.
3,00	—	1:0,75	1:1,25	—	—	1,80	То же
6,85	—	1:1,5	1:2	365	—	—	ENR, 26/X—1933 г.
—	—	—	—	167,6	—	—	Can. Engr. 12/VII—1932 г.
6,10	—	1:0,6	1:1,20	122,0	—	—	Wegman, The design construction of dams
6,40	—	1:1,3	1:1,5	—	—	—	1) Гидростроительство, Сборник, вып. I, 1932 г., стр. 29 2) ENR, 26/II и 3/IX—1931 г. 3) Jng. Scimemi, Dighe. Милан, 1928 г.
5,70	—	1:0,8	1:1 1:1,5	—	—	—	EE, XII—1924 г.
3,00	—	1:0,3	1:0,7	224,9	—	—	То же
2,00	9,50	1:0,3	1:0,7	—	—	2,00	То же
2,50	—	1:0,4	1:0,4	70,0	—	—	Ludin, Die Nordischen, Wasserkräfte, 1930 г.
3,00	9,50	1:0,6	1:0,4	—	—	0,50	1) Jng. Scimemi, Dighe, Милан, 1928 г. 2) Анисимов, Плотины, 1928 г.
15,25	393,0	1:3	1:3	366,0	2140000	—	WCN, 1/VII, № 4, стр. 115
6,10	—	1:2,5	1:2	305	—	—	1) ENR, 21/X1922 г. II 2) Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, стр. 109.
—	—	—	—	—	—	—	ENR, 3/X—1929 г.
—	—	—	—	—	—	—	Jng. Anderson, The failure of the Bluwater dam New, Mexico, 1930 г.
3,05	—	1:2,5	1:1,5	100	—	—	Ziegler, Der Talsperrenbau, т. I, № 66/304
—	—	1:3	1:2	100	—	—	Jng. Anderson, The failure of the Bluwater dam New Mexico, 1930 г.
3,00	—	1:2	1:1,5	—	—	—	E, 1/XII 1933 г.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

П р е д и с л о в и е .....	3
-----------------------------	---

### А . Союзные набросные плотины

№1 Сулакская плотина.....	5
№ 2 Убинская.....	10
№ 3 Храмская .....	14
№ 4 Ульбинская.....	17
№ 5 Топараванская .....	22
№ 6 Карагадинская.....	25
№ 7 Нижнемагнитогорская .....	29
№ 8 Карачуновская.....	31

### Б. Иностраные набросные плотины

№ 1 Сан-Габриэл № 1.....	37
№ 2 Салт Спрингс.....	40
№ 3 Дикс-Ривер.....	45
№ 4 Сан-Габриэл № 2.....	49
№ 5 Коготи.....	53
№ 6 Де Гриб.....	56
№ 7 Релиф.....	58
№ 8 Нортс-Боумен.....	60
№ 9 Морена.....	63
№ 10 Строуберри.....	66
№ 11 Кухарас.....	70
№ 12 Боулдер .....	73
№ 13 Бонито.....	75
№ 14 Деверо.....	78
№ 15 Дрюс.....	80
№ 16 Эскондидо.....	82
№ 17 Пенрозе.....	85
№ 18 Эйлдон.....	89
№ 19 Порьюс .....	93
№ 20 Кебир.....	95
№ 21 Крэн-Вэлей.....	99
№ 22 Лауэр-Отэй.....	105
№ 23 Кэстлвуд.....	106
№ 24 Тепукстепек .....	109
№ 25 Пиано Деи-Гречи.....	115
№ 26 Лаго Варньо.....	120
№ 27 Чиньяна.....	123
№ 28 Тарлебо.....	126
№ 29 Ист-Кэньон-Крик.....	128
№ 30 Эль Капитэн.....	131
№ 31 Рио-Гранде.....	135
№ 32 Цуни.....	137
№ 33 Лэк Авалон.....	139

### П р и л о ж е н и я :

Сводная таблица 1 плотин из каменной наброски, сухой кладки и смешанных, помещенных в книжке.....	142
Таблица 2 краткие аннотации плотин (иностраных), не вошедших в книжку.....	148

**З А М Е Ч Е Н Н Ы Е О П Е Ч А Т К И**  
 в книге **„Набросные плотины“** — Гидроэнергопроекта

Стр.	Стр о ка		Напечатано	С л е д у е т
	сверху	снизу		
8	13		25000 м <sup>3</sup> /сек.	2500 м <sup>3</sup> /сек.
21	9		2 X 6 м	2 X 1,6 м
45		11	вывертившиеся известняки прорезанны по всему конту- ру верхнего	выветрившиеся известняки прорезаны по всему конту- ру верхового
149	11		455	545
150	5		Prina	Princ

ЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ КНИГИ

# ГИДРОЭНЕРГОПРОЕКТА

1. Проф. Г. К. Ризенхампф, инж. И. С. Танагоз, проф. Д. С. Флексор, В. Ключников. Иригационная система на основе дождевания (для условий Приволжского Юго-Востока), 1934 г., цена с переплетом 7 р. 20 к.
2. Гидроэлектростроит. Схема реконструкции Волги, 1934 г., цена с переплетом 7 р. 25 к.
3. Проф. С. В. Бернштейн-Коган и инж. Г. М. Матлин. К вопросу о выборе схемы реконструкции Волги, 1934 г., цена 2 руб.
4. Гидроэлектростроит. Инструкции по водно-энергетическим изысканиям в 6 выпусках.  
Выпуск I. Топографо-геодезические работы.  
Выпуск II. Гидрологические работы.  
Выпуск III. Инженерная геология. Изд. «Станд. и рацион», 1934 г., цена первых двух выпусков по 5 руб., а третьего 6 руб. с переплетом.  
Выпуск IV. Приемка подвальных и камеральных работ. Энергостроит, 1934 г., цена 1 руб.  
Выпуск V. Комплектность оборудования, Энергостроит, 1934 г., цена 3 руб.  
Выпуск VI. Нормы и расценки, Энергостроит, 1934 г., цена 15 руб.
5. Инж. А. Омодео. Водные ресурсы Закавказья и их использование, Энергостроит, 1934 г., цена 1 р. 75 к.
6. Г. Г. Зурабов и О. Е. Бугаева. Гидротехнические тоннели; часть I. Напорные тоннели, Транскавказстростроит, 1934 г., цена с переплетом 7 р. 50 к.
7. Гидроэлектростроит. Ленточные транспортеры. Гл. ред. стр. литер., 1935 г., цена 1 р. 60 к.
8. Проектирование производства работ по сооружению гидротехнических установок. Гл. ред. стр. литер., 1935 г., цена 1 руб.
9. По гидростанциям Европы, цена 2 р. 50 к.
10. Сифонные водосбросы. Гл. ред. энерг. литер., 1935 г. цена 1 р. 60 к.
11. Проекты стандартов размеров затворов гидротехнических сооружений. Гл. ред. стр. литер., 1935 г., цена 1 р. 25 к.
12. Графики для расчета железобетонных плотин.
13. Профиль водосливных плотин, Гл. ред. энерг. литер., 1935 г., цена 2 р. 25 к.

Книги продаются в магазинах ОНТИ и КОГИЗ

Наложенным платежом (без залатки) высылают Техкнига—почтой (Москва, Третьяковский пр., д. 1).

## НАХОДЯТСЯ В ПЕЧАТИ

1. Высоконапорные трубопроводы.
2. Противофильтрационная одежда каналов.
3. Материалы по транспортной реконструкции Волги.

ЦЕНА 4 р. 75 к.