**Гидротехнические сооружения**

СОДЕРЖАНИЕ  
Глава 1. Обоснование выбора створа плотины и компоновка гидроузла 6  
1.1 Выбор створа гидроузла. 6  
1.2 Компановка гидроузла. 8  
Глава 2. Земляная плотина 10  
2.1 Класс капитальности сооружения. 10  
2.2 Выбор типа плотины 10  
Глава 3. Поперечный профиль грунтовой плотины. 13  
3.1 Расчет по определению отметки гребня грунтовой плотины. 16  
3.2. Крепление откосов. 22  
3.3 Дренажные устройства. 25  
Глава 4. Фильтрационные расчеты 28  
Глава 5. Расчет устойчивости 34  
Глава 6. Водопропускные сооружения 24  
6.1 Условия проектирования. 24  
6.2 Открытые водосбросы. 27  
6.3 Открытые регулируемые водосбросы 27  
6.4. Водовыпускные сооружения. 28  
6.5 Водоспукное сооружение. 33  
Паспорт гидроузла 38  
Литература ...........................................................................41  
  
Глава 1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТВОРА ПЛОТИНЫ И КОМПОНОВКА ГИДРОУЗЛА  
1.1 Выбор створа гидроузла.  
При выборе створа плотины рассмотрим несколько вариантов (рис. 1.1).  
Ось плотины в плане желательно прямолинейная по допустимо ломанная. Створ плотины выбираем на основании:  
технико-экономическом обосновании;  
данных топографических, геологических, гидрогеологических и климатических условий строительства;  
от объема земляных работ;  
от возможности обеспечения необходимых объемов водохранилища.  
При выборе створа также учитывают:  
наличие местных грунтовых материалов;  
рациональной компоновки всех зданий и сооружений гидроузла;  
условие пропуска через створ строительных расходов, рыбы и судов;  
наличие подъемных путей к району производства работ при строительстве плотины и ГТС;  
возможность включения верховой перемычки, перекрывающей русло реки в строительный период в тело плотины.  
Створ реки выбирается в наиболее узком месте реки или речной долины. Не должно быть оврагов, оползней, островов.  
Учитывая перечисленные требования, производим подбор створа узла гидротехнических сооружений. Намечаем три варианта. Из намеченных створов принимаем к проектированию третий створ.   
1.2 Компоновка гидроузла.  
В состав сооружения гидроузла входит плотина из грунтовых матераллов или водоспуск.  
Водосбросное сооружение, расположенное на ПК 2 + 54 Гидроузел проектируется для создания водохранилища для народнохозяйственного использования.  
Гидроузел, составленный из этих сооружений предназначен для создания напора при глубине НПУ 13 м, для сброса паводковых вод и ливневых вод, для пропуска воды из верхнего бьефа в нижний бьеф.  
Грунтовая плотина выполняется из местных материалов и создает заданный напор.  
Для частичного, полного опорожнения и попуска воды из ВБ в НБ запроектирован трубчатый водовыпуск и отводящий канал. Ось водовыпуска проведена на ПК 1 + 86.  
Для забора воды для орошения, хозяйственно-питьевых нужд и т.д. проектируем водозабор на ПК 1 + 12.  
Все сооружения гидроузла должны проектироваться на материковых грунтах, обладающих наибольшей несущей способностью, для этого на основном продольном профиле створа наносим геологические условия, которые и определяют местоположение водосбросного сооружения.  
Глава 2. ЗЕМЛЯНАЯ ПЛОТИНА  
2.1 Класс капитальности сооружения.  
Класс капитальности сооружения определяется в зависимости от следующих факторов:  
от высоты и материала плотины;  
от основания плотины, а также от величины ущерба нанесенному хозяйству при аварии.  
Согласно СНИП [13] класс капитальности сооружения IV.  
2.2 Выбор типа плотины  
Тип плотины должен отвечать инженерно-геологическим, гидрогеологическим и климатическим условиям района строительства. При этом учитывается наличие местных материалов, производственная база, строительной организации, состав сооружений гидроузла.  
Учитывая наличие доступных для строительства материалов и класс сооружения, принимаем к проектированию однородную земляную плотину.  
Однородные земляные плотины устраивают при наличии на месте строительства относительно водонепроницаемых грунтов; суглинков, лёссов и глин. Данный тип плотин возводят без противофильтрационных устройств.  
Для обратных фильтров, дренажей, переходных зон и крепления откосов применяют песчаные и крупнообломочные грунты, а также каменную наброску.  
В нашем случае целесообразно в основании однородной плотины заложить зуб, который заполняют глиной или суглинком. Зуб следует закладывать примерно под серединой верхового откоса и заглублять его на 0,5-0,75 м в водоупор.  
Глава 3. ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ.  
При проектировании плотины IV класса следует выполнять основные расчеты фильтрационные, устойчивости откосов, обратных фильтров, дренажей и переходных зон, крепление откосов на прочность от действия льда и др.  
Расчеты следует выполнять для наиболее характерных поперечных сечений плотин и во всех случаях для основных и особых нагрузок, в период эксплуатации и строительства.  
Уклон откосов плотин необходимо назначать, исходя из условия устойчивости с учетом: физико-механических характеристик грунтов откосов и основания; действующих на откосы сил: фильтрационных, капиллярного давления, сейсмических, динамических, различного рода нагрузок, действующих на гребень, и др.; высоты плотины; условий производства работ по возведению плотины и ее эксплуатации.  
Откосы плотин должны быть устойчивыми во время ее строительства и эксплуатации при воздействии статических и динамических нагрузок, фильтрации, капиллярного давления, волн и др. Коэффициенты заложении откосов назначаем предварительно по рекомендациям проф. М.М. Гришина, а так же опыту строительства эксплуатации плотин-аналогов, а затем их устойчивость проверяют расчетом. Для однородных плотин из песчанно-глинистых грунтов при плотных грунтах оснований принимаем ориентировочно следующие значения коэффициентов откосов: верховой m1 = 3 и низовой m2 = 2,25.  
На откосах через 10 - 15 м по высоте устанавливаются горизонтальные площадки - бермы.  
Гребень плотины конструируют из условий производства работ и эксплуатации плотины. Прежде всего, необходимо обеспечить проезд транспорта и сельскохозяйственной техники. Поэтому ширину гребня плотины принимаем в зависимости от категории дороги [13], но не менее 4,5 м (СНиП 2.06.05-84). Ширину гребня плотины назначаем в соответствии с нормами проектирования дорог и ожидаемом характере движения по плотине. Ширина: проезжей части (А) 4,5 м, обочин (В) 1,75 м, земляного полотна 8 м.  
В поперечном направлении дороге придают двусторонний уклон, принимая его равным при булыжном или грунтовом покрытии 3%. Обочинам придают несколько большой уклон. В пределах обочин в соответствии с ГОСТ 23457-79 устраивают ограждения в виде надолб, низких стенок или парапетов.  
3.1 Расчет по определению отметки гребня грунтовой плотины.  
Высоту плотины назначаем с превышением d на расчетным уровнем воды в водохранилище, гарантирующем отсутствие перелива воды через гребень и равным  
d = ?h + hн + а, (3.1)  
где ?h - высота ветрового нагона воды;  
hн - высота наката волн на откос плотины;  
а - конструктивный запас, принимаемый как большее из значений 0,5 м и 0,1 h1%;   
h1% - высота волны 1% - ной вероятности превышения.  
Расчеты по формуле (3.1) следует проводить для двух расчетных случаев:  
уровень воды на отметке НПУ или выше него (основное сочетание нагрузок и воздействий);  
уровень воды на отметке ФПУ при пропуске максимального поверочного расхода воды (особое сочетание нагрузок и воздействий).  
Расчетную скорость ветра в первом случае принимаем 1% вероятности превышения, наблюдаемую в течение года, а во втором - 50% вероятности превышения, во время форсировки уровня. При определении элементов ветровых волн и ветрового нагона согласно СНиП 2.06.04-82 следует принимать вероятность превышения шторма для сооружений IV класса - 4 %.  
В качестве расчетной отметки гребня плотины принимают большую из отметок  
Zгр = ZНПУ + dНПУ;  
Zгр = ZФПУ + dФПУ,  
где ZНПУ и ZФПУ - отметки нормального и форсированного подпорных уровней.  
Высота ветрового нагона при уровне воды в водохранилище, равна  
  
где Кв - коэффициент, зависящий от скорости ветра;  
W - расчетная скорость ветра на высоте 10 м над уровнем воды, м/с;  
D - длина разгона ветровой волны, м;   
g - ускорение свободного падения, м/с2;   
Н - условная расчетная глубина воды в водохранилище;   
?в - угол между продольной осью водоема и направление господствующих ветров, град.  
При отметке НПУ  
м.  
При отметке ФПУ  
м.  
Определяем параметры ветровой волны при НПУ. Для этого вычисляем безразмерные комплексы  
gt / W = 9,81 • 21600 / 24 = 8829;  
gD / W2 = 9,81 • 1200 / 242 = 20,44.  
По графику [8] для каждого из безразмерных комплексов определяем значения относительных параметров и и выбираем наименьшие значения  
= 1,53, = 0,0095.  
Тогда средняя высота волны и средний период волны:  
= 0,0095 • 242 / 9,81 = 0,56 м, = 1,53 • 24 / 9,81 = 3,74 с.  
Вычисляем среднюю длину волны   
9,81 • 3,742 / 6,28 = 21,85 м.  
Высоту волны 1%-ной вероятности превышения определяем по формуле h1% = Кi при Кi = 2,07, что соответствует значению комплекса gD/W2 = 20,44 [8],  
h1% = 0,56 • 2,07 = 1,16 м.  
Используя приведенные выше данные, имеем:  
К? = 1,0, КНП = 0,9, Кс = 1,1, К? = 0,84.  
Значение КНГ, определяемое по графикам при = 18,84, равно 1,8.  
Значение коэффициента КHj = при j = 4% составит 0,93.  
Таким образом, высота наката ветровой волны для 4% - ной вероятности превышения расчетного шторма будет  
hHj = h1% К? КНП КC К? КНГ КНj = 1,16 • 1,0 • 0,9 • 1,1 • 0,84 • 1,8 • 0,93 = 1,61 м.  
Определяя аналогично значения величин, при ФПУ, имеем   
hН = 0,58 • 1,0 • 0,9 • 1,1 • 0,84 • 1,4 • 0,93 = 0,63 м.  
По зависимости (3.1) вычисляем требуемое превышение гребня плотины над расчетным уровнем:  
при НПУ d = 0,008 + 1,61 + 0,5 = 2,12 м;  
при ФПУ d = 0,003 + 0,63 + 0,5 = 1,13 м.  
Отметка гребня плотины соответственно должна быть  
при НПУ Zгр = 112,4 + 2,12 = 114,52 м;  
при ФПУ Zгр = 113,2 + 1,13 = 114,33 м.  
Так как при ФПУ отметка гребня получилась больше, то с округлением до 114,6 м найденное значение принимаем в качестве расчетного.  
Расчетная высота плотины Нпл = 114,6 - 99,4 = 15,2 м.  
По откосу плотины назначаем парапет на отметке 114,6, что позволит уменьшить высоту плотины до 14 м, тогда отметка плотины будет располагаться на отметке 113,4 м.  
Поперечный профиль плотины представлен на демонстрационном листе.  
3.2. Крепление откосов.  
Для защиты верхового откоса земляной плотины от разрушающего воздействия ветровых волн, льда, течения воды, атмосферных осадков и других факторов СНиП 2.06.05-84 рекомендует крепление следующих видов: каменное, бетонное и железобетонное, асфальтобетонное, биологическое.  
Крепление верхового откоса делится на основное и облегченное. Верхней границей основного крепления обычно служит гребень плотины. Нижнюю границу основного крепления принимают на глубине h = 2h1%, считая от наинизшего уровня воды в водохранилище (обычно УМО). В тоже время эта граница должна быть не выше наинизшего уровня, уменьшенного на 1,5t, где t - расчетная толщина льда в водохранилище. Нижняя граница облегчаемого крепления определяется условиями неразмываемости грунта плотины течением или волнами.  
Задавшись типом крепления, определяют его границы, основные параметры (размеры плит и др.) и подбирают состав подготовки по покрытие.  
Принимаем бетонное крепление верхового откоса. Бетонное и железобетонное крепление выполняют в виде монолитных или сборных плит. Монолитные плиты толщиной 0,15...0,5 м имеют размеры от 1,5х1,5 до 5х5 м, в зависимости от грузоподъемности транспортных средств и подъемных механизмов. Расчетную толщину плит определяем по формуле  
  
м,  
где ?пл - коэффициент, принимаемый для сборных плит - 1,1;  
?пл - объемная масса плиты, т/м3;  
В - размер плиты в направлении, нормальном урезу воды, м.  
Результат расчета подтверждает возможность крепления верхового откоса плитами толщиной 0,2 м. Железобетонное крепление предусматриваем, начиная от гребня плотины и до отметки ниже УМО не менее чем на 2,4 м. Ниже этой отметки принимаем крепление из гравелисто-галечниковых грунтов.  
В нижней части крепления железобетонными плитами устраиваем упор в виде бетонного массива размером 0,8х0,4 м.  
Низовой откос покрываем слоем растительного грунта толщиной 0,2 м с посевом трав. Для покрытия используем грунт, снятый в основании плотины.  
3.3 Дренажные устройства.  
Дренажное устройство состоит из двух основных частей: приемной - в виде обратного фильтра из одного или нескольких слоев и отводной - в виде призмы из каменной наброски, которая, кроме основного свое назначения, служит упором низового откоса плотины.  
С внутренней стороны дренажной призмы, примыкающей к телу плотины, и в основании ее укладывают обратный фильтр, состоящий из нескольких слоев сыпучего материала (песка, гравия, щебня). Слои обратного фильтра обычно имеют толщину 0,25 - 0,3 м.  
Верх дренажной призмы должен возвышаться над максимальным уровнем воды в нижнем бьефе на 0,5 - 0,1 м. Коэффициент откоса принимают не менее 1,25, наружного 1,25 - 1,5. Ширину призмы поверху назначают 1 - 4 м в зависимости от необходимости транспортного сообщения по нему. Принимаем высоту призмы 3 м, ширину призмы по верху 2 м.  
Глава 4. Фильтрационные расчеты  
В соответствии со СНиП 2.06.05-84 фильтрационные расчеты следует выполнять для определения фильтрационный прочности тела плотины, ее основания и берегов; расчета устойчивости откосов плотины и берегов; обоснования наиболее рациональных и экономичных форм, размеров и конструкций плотины, ее противофильтрационных и дренажных устройств.  
В ходе выполнения расчетов определяют положение депрессионной кривой, фильтрационный расход воды через тело плотины и ее основание, скорости и градиенты напора фильтрационного потока в теле плотины, основании, а также в местах выхода фильтрационного потока в дренаж, в нижний бьеф, в местах контакта грунтов с различными характеристиками и на границах противофильтрационных устройств.  
Расчет производим по методике расчета фильтрации через однородную земляную плотину на водонепроницаемом основании с дренажем и при наличии воды в нижнем бьефе.  
Назначаем высоту дренажа hд = 3 м, заложение откосов m3 = 1,25 и m4 = 1,5, ширину дренажной призмы bд = 2 м.  
При наличии воды в нижнем бьефе расчетные формулы будут иметь вид  
(4.1)  
(4.2)  
Пользуясь схемой, составляем третье уравнение  
Sд = bпл + (Нпл - hд) m2 - ао m3.  
Вычисляем S = 8 + (14 - 3)2,25 - 0,2 • 1,25 = 32,5 м.  
Определяем глубину фильтрационного потока h в раздельном сечении OY. Для этого приравниваем правые части уравнений (4.1) и (4.2) и находим  
  
Обозначив подкоренное выражение через F + hо2, получим При h = 10 значение =7,25; при h = 8 соответственно = 8,22; при h = 6 соответственно = 8,12.  
По полученным данным строим график (рис. 4.1), соблюдая один и тот же масштаб по оси абсцисс и ординат. Из начала координат проводим линию под углом 45о, из точки пересечения ее с кривой опускаем вертикаль на ось абсцисс и находим h = 10,8 м.  
По формуле (4.2) определяем удельный фильтрационный расход  
м3/сут на 1 м.  
Ординаты кривой депрессии вычисляем по формуле  
  
Расчет сводим в таблицу 4.1. Правильность фильтрационных расчетов подтвердиться при x = Sд; у = hо.  
  
Рис. 4.1 График для определения h.  
Таблица 4.1 Точки х, м у2 у, м 1 0 0,0 116,6 10,80 2 5 17,6 99,1 9,95 3 10 35,1 81,5 9,03 4 15 52,7 64,0 8,00 5 20 70,2 46,4 6,81 6 25 87,8 28,9 5,37 7 30 105,3 11,3 3,37 8 32,5 114,1 2,6 1,60 Глава 5. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ  
Статические расчеты плотины включают проверку устойчивости верхового и низового откосов, а также экрана и его защитного слоя. Оценку устойчивости проводим для низового откоса методом круглоцилендрических поверхностей сдвига для одной из поверхностей сдвига.  
При проверке устойчивости низового откоса плотины производиться согласно СНиП 2.06.05-84.  
Степень устойчивости низового откоса оценивается коэффициентом запаса устойчивости kз. В результате расчета заданного откоса надо найти минимальное значение kз и сравнить эту величину с допускаемой (kз)доп, при этом должно быть соблюдено условие (kз)мин ? (kз)доп, где величину допускаемого коэффициента запаса (kз)доп назначают в зависимости от класса капитальности сооружения и условий работы откоса [1].  
Расчет ведем по методу круглоцилендрической поверхности графоаналитическим способом. Вычерчиваем поперечный профиль плотины, соблюдая вертикальный и горизонтальный масштабы одинаковыми. Проводим осредненную линию низового откоса А'В'. На профиль наносим кривую депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле плотины (рис. 5.1).  
Коэффициент запаса на устойчивость определяется как соотношение суммы моментов сдвигающих сил  
  
Действующие силы определяем в такой последовательности.  
В.В. Фадеев рекомендует центры кривых скольжения располагать в прямоугольнике ДЖЖ'Д'. Для построения этого прямоугольника из середины откоса (точка Б) прочерчиваем вертикаль и линию под углом 85о к откосу. Затем, пользуясь таблицей 7 [1], вычерчиваем радиусы БД и БЖ и проводим дуги ДД' и ЖЖ'.  
Таблица 5.1 Подсчет действующих сил  
Номер  
полосы sin ? cos ? hес hнас hпр hпрsin ? hпрcos ? ? tg ? hпрcos ?  
tg ? с ? с?, кН 9 0,84 0,543 1,4 - 1,40 1,176 0,760 21 0,38 0,291 0,21 5,78 12,13 8 0,8 0,600 4,6 - 4,60 3,680 2,760 21 0,38 1,059 7 0,7 0,714 4 2,8 5,03 3,522 3,593 15 0,27 0,962 0,19 15,23 28,93 6 0,6 0,800 3,4 5 5,24 3,145 4,194 15 0,27 1,123 5 0,5 0,866 2,3 6,2 4,58 2,292 3,970 15 0,27 1,063 4 0,4 0,917 2 7 4,58 1,832 4,197 15 0,27 1,124 3 0,3 0,954 1,4 7,4 4,13 1,238 3,936 15 0,27 1,054 2 0,2 0,980 1,2 7 3,78 0,756 3,703 15 0,27 0,992 1 0,1 0,995 1 6,4 3,36 0,336 3,341 15 0,27 0,895 0 0 1,000 0,9 5,7 3,00 0,000 3,000 15 0,27 0,803 -1 -0,1 0,995 0,8 4 2,27 -0,227 2,262 21 0,38 0,868 0,21 26,25 55,13 -2 -0,2 0,980 - 2 0,74 -0,147 0,722 21 0,38 0,277 -3 -0,3 0,954 - 1,4 0,52 -0,155 0,492 21 0,38 0,189 -4 -0,43 0,903 - 0,6 0,22 -0,095 0,200 21 0,38 0,077 ? 55,5 ? 17,35 ? 10,78 ? 96,19 В секторе ДЖЖ'Д' выбираем центр скольжения О, из которого радиусом R очерчиваем кривую скольжения АГ с таким расчетом, чтобы она проходила между осью плотины и бровкой низового откоса плотины.  
Для выявления всех действующих сил на откосе плотины массив АА'В'ГА делим на вертикальные полосы шириной b = 0,1 R. Разбивку полос начинаем с нулевой, которая располагается по обе стороны от вертикали, опущенной из точки О до пересечения с кривой скольжения АГ.  
Подсчет действующих сил сводим в таблицу 5.1, порядок заложения которой следующей: sin ? для рассматриваемой полосы равен ее порядковому номеру, поделенному на 10. Для полос, расположенных от нулевой полосы влево, sin ? - положительное, а для полос, расположенных вправо, - отрицательные. При этом для первой и последней полос sin ? принимается в зависимости от доли полосы по отношению к полной ее ширине, например в полосе 9 sin ? = 0,82, в полосе 5 sin ? = - 0,43. Cos ? вычисляем по формуле cos ? = По оси полосы измеряем среднюю высоту ее. От поверхности откоса плотины до линии депрессии грунт находиться в состоянии естественной влажности, поэтому средняя высота полосы в этих пределах составляет hес. От линии дисперсии до линии скольжения грунт насыщен водой, поэтому средняя высота полосы в зоне обозначается hнас.  
Приведенную высоту полосы определяем по формуле  
  
Объемную массу грунта при естественной влажности вычисляем по формуле ?ес = (1 - n) ?гk. Объемную массу взвешенного и насыщенного водой грунта определяем по формуле  
?нас = (1 - n) (?г - ?в),  
где n - относительная пористость грунта;  
?г - плотность грунта;  
?в - плотность воды;  
k - коэффициент, зависящий от влажности грунта (при W = 12 - 18% коэффициент k = 1,12 ? 1,18).  
Угол внутреннего трения ? и удельное сцепление с принимаются по зонам соответственно состоянию и физико-техническим характеристикам грунтов. Например, в зоне прохождения кривой скольжения от А до М принимаем ?1, с1; от М до К: ?2, с2; от К до Г: ?3, с3.  
Длину дуги кривой скольжения вычисляем по формуле  
  
где R - радиус кривой скольжения;  
?о - центральный угол дуги АМКГ (рис. 5.1).  
Заполнив таблицу 5.1, получаем в результате суммирования данные по графам 5, 7, 11, 14, которыми пользуемся для определения коэффициента запаса на устойчивость по развернутой формуле  
  
где b?ес ?hпр cos? tg? - сила трения;  
?с? - сила сцепления;  
b?ес ?hпр sin? - сдвигающая сила от собственного веса;  
?I - сдвигающая сила от гидравлического давления фильтрационного потока;  
r - плечо силы ?I.  
Площадь фильтрационного потока в зоне сползаемого массива ? = ?hнас b; средний градиент в этой зоне где ?h и ?? - параметры градиента фильтрационного потока в зоне сползаемого массива (рис. 5.1).  
Радиусы для построение сектора ДД'ЖЖ', в котором размещаются центры наиболее опасных кривых скольжения, имеют следующие значения: БД = k1Нпл = 0,812 • 14 ? 11,4 м; БЖ = k2 Нпл = 1,89 • 14,0 ? 26,4 м.  
В результате графического построения профиля плотины, кривой скольжения и сползаемого массива (рис. 5.1) имеем: R = 30,1 м; b = 0,1 R = 3,01 м; число полос 14.  
Путем подсчета величин по данным таблицы 5.1 получено: b?ес ?hпр cos? tg? = 10,78; ?с? = 96,19 кН; ?hпр sin? = 17,35; ? = 55,5 • 3,01 = 167,06 м2; I = 0,29; плечо силы гидродинамического давления ?I равно r = 28 м. Объемная масса грунта в естественном состоянии ?ес = (1 - 0,37) • 2,7 • 1,12 = 1,90 т/м3; при насыщении и взвешивании ?нас = (1 - 0,37)(1,9 - 1) = 0,7 т/м3.  
Приведенная средняя высота полосы   
Подставляя все данные, полученные графоаналитеческим способом, вычисляем коэффициент запаса на устойчивость при радиусе скольжения R = 30,1 м.  
  
Из расчета следует, что вычисленный коэффициент устойчивости низового откоса плотины вполне удовлетворяет нормальным условиям работы сооружений IV класса, однако он не является минимальным.  
С допускаемым значением коэффициента запаса сравнивается его минимальное значение (kз)мин, полученное в результате расчета по нескольким кривым скольжения.  
Глава 6. ВОДОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ  
6.1 Условия проектирования.  
При глухих плотинах для пропуска излишних паводковых вод, для полезных попусков из водохранилища, а так же для спуска воды с целью полного или частичного опорожнения водохранилища устраивают водопропускные сооружения.  
В зависимости от назначения водопропускные сооружения разделяются на водосбросы и водовыпуски. Первые предназначаются для сброса излишних паводковых вод, вторые - для выпуска воды из водохранилища с целью полного или частичного его опорожнения или для полезных попусков из водохранилища на орошение, обводнение и другие нужды.  
Трассу водосбросных устройств выбирают на основании технико-экономического сравнения вариантов так, чтобы объемы работ и общая стоимость сооружения были минимальны. При этом учитывают возможность частичного или полного использования грунтов. Трасса пот возможности должна быть прямолинейной, а там, где достичь этого невозможно, радиусы закругления должны быть в пределах, допустимых по нормам для каналов различного назначения.  
Открытые водосбросные сооружения бывают автоматического действия и с затворами.  
Расположение водопропускных сооружений, их форма и размеры должны быть таковыми, чтобы обеспечивался плановый подход воды к ним и не возникали большие скорости подхода воды.  
Такие сооружения следует строить до возведения плотины или одновременно с ней. Во избежание подмыва оснований сооружений необходимо предусматривать устройства для гашения энергии потока.  
Отметку порога для водопропускных сооружений устанавливают в зависимости от их назначения. Для водосбросных сооружений отметку водосливного порога назначают на отметке нормального подпорного уровня, когда сооружение автоматического действия, а при управлении затворами ниже нормального подпорного уровня. В водовыпускных сооружениях отметку порога принимают: для водовыпуска - на отметке метрового объема, а для водовыпуска - в наиболее пониженной части тальвега или вблизи него.  
6.2 Открытые водосбросы.  
Среди водосбросных сооружений, устраиваемых при низконапорных грунтовых плотинах, широкое распространение получение открытые регулируемые и нерегулируемые водосбросы. Их отличается простота и конструктивные особенности, позволяющие максимально использовать условия местности и гидроузла в целом.  
6.3 Открытые регулируемые водосбросы.  
Открытые регулируемые водосбросы позволяют пропускать значительные расходы при малой форсировке уровней воды в водохранилище; срабатывать водохранилище в сравнительно малые промежутки времени; автоматизировать процесс пропуска паводковых и санитарных расходов.  
Применение их ограничивается необходимостью постоянного присутствия на гидроузле обслуживающего персонала, недостаточным уровнем надежности автоматизации управления их работой, опасностью заклинивания затворов при сейсмических воздействиях. При проектировании регулируемых водосбросов необходимо предусматривать сооружения по защите ото льда и плавающих тел. При конструировании таких устройств используем ТП 820-87 (Ледозащитные устройства для водосбросов при земляных плотинах. Ленгипроводхоз, 1987).  
Укргипроводхоз разработал технические решения регулируемых водосбросов, расчитанных на пропуск расходов от 100 до 400 м3/с с нопором от 3,5 до 5,5.  
6.4. Водовыпускные сооружения.  
Для забора воды из водохранилища при плотинах усваивают водовыпуски, при помощи которых вода подается в оросительные, обводнительные или деривационные каналы. Поэтому конструкция водовыпуска должна обеспечивать бесперебойную подачу воды и удобное обслуживание сооружения. Этим условиям в большей степени отвечает конструкция водовыпуска с башней.  
Башня служит для размещения затворов - основного, закрывающего входное отверстие трубы в башне, и вспомогательного, который обычно состоит из шандор, закрываемых в пазы в передней стенке башни. При ремонте основного затвора шандорную стенку ставят выше уровня воды в водохранилище и, подняв основной затвор, выпускают воду из башни. Для спуска в башню на боковой стенке ее устраивают лестницу из скоб.  
Для задержания мусора перед входом в трубу устанавливают решетку.  
Сооружение выполняют из сборного или монолитного железобетона.  
Трубы водовыпускных сооружений применяем прямоугольного сечения. Размер труб определяется расчетом.  
Нагрузка от земли по длине трубы неодинакова и, чтобы ослабить напряжение от изгиба, ее устраивают из нескольких звеньев. Звенья труб с башней и между собой сопрягают швами, которые выполняются так, чтобы при осадках не нарушалась их водонепроницаемость.  
Трубу укладывают на подготовку из тощего бетона толщиной 30 - 40 см. Перед засыпкой грунтом наружные поверхности всех элементов сооружений покрывают горячим битумом и опесковывают.  
При расположение труб в теле плотины вдоль их наружной поверхности может возникнуть фильтрация. Для предотвращения этого трубу сверху и с боков обкладывают мятой глиной или тяжелым суглинистым слоем не менее 0,5 м.  
Для гашения энергии потока в конце трубы устраивают водобойный колодец (при расходах до 4 м3/с) глубиной 0,3 ? 0,5 м и длиной 3 - 8 м.  
Гидравлический расчет водовыпуска сводиться к определению размеров трубы и условия сопряжения бьефов  
Размеры труб определяем из условия пропуска заданного расхода при минимальном уровне воды в водохранилище, близком к уровню мертвого объема. В этом случае движение воды через водовыпуск происходит, как безнапорной трубе, и расход вычисляется по формуле  
  
где ? - коэффициент бокового сжатия (0,8 ? 0,95);  
? - коэффициент скорости (0,8 ? 1,0);  
b - ширина трубы;  
h - глубина воды в трубе, принимаемая приближенно равной глубине воды в отводящем канале;  
zо - потери напора в трубе водоспуска (0,1 ? 0,25 м).  
Высоту трубы назначаем hтр = 1,4 м - минимальную по условиям прохода при осмотрах и ремонте. При этой высоте движение воды будет безнапорным, так как глубина воды в трубе, принимаемая примерно равной глубине в канале, h = 0,6 м < hтр = 1,4 м.  
На свободной поверхности воды образуются три перепада z1, z2, z3, выражающие гидравлические потери при входе в трубу в начале, при входе в трубу в башне и при входе воды в канал.  
6.5 Водоспускное сооружение.  
Для полного или частичного опорожнения водохранилища при ремонте плотины со стороны верхнего бьефа, для промывки наносов, а так же для освежения воды в рыбоводных прудах устраивают водоспуски, которые предназначаются для пропуска небольших расходов. Их устраивают из стальных сварных или чугунных раструбных и железобетонных труб, работающих как напорные.  
Трубы водовыпуска располагают непосредственно в основании плотины в наиболее пониженной части тальвега или вблизи него. В нашем случае ось водоспуска расположена на ПК 1 + 86.  
Чтобы обеспечить прочность труб при осадке плотины и избежать фильтрации вдоль труб, устанавливают железобетонные диафрагмы (на стальных трубах стальные диафрагмы), располагая их в местах стыков отдельных звеньев труб. Вокруг труб укладывают слой глины или глинобетона.  
Диаметр трубы водовыпуска при подтопленном выходном отверстии определяют из формулы  
  
где ? - коэффициент расхода, принимаемый в пределах 0,4 - 0,6;   
w - площадь поперечного сечения трубы;   
z - разность отметок уровней верхнего и нижнего бьефов.  
Коэффициент расхода можно определить по формуле:  
(6.1)  
где ?? - сумма коэффициентов всех местных сопротивлений, равная ?вх + ?реш + ?зат + ?вых;   
? - коэффициент сопротивления по длине трубы;  
? - длина трубы;  
R - гидравлический радиус.  
Принимаем расчетный расход Q = 1,5 м3/с. Выходное отверстие подготовленное, разность отметок уровней z = 5,9 м. Длина трубы ? = 50 м.  
Задаваясь предварительно ? = 0,5, определяем площадь сечения трубы   
м2;  
м.  
Сумма коэффициентов всех местных сопротивлений ?? = ?вых + ?реш + ?зат + ?вых = 0,2 + 0,3 + 0,2 + 1 = 1,7.  
Гидравлический радиус R = w / ? = 0,278 / 1,88 = 0,148 м. Коэффициент расхода по формуле (6.1).  
  
Предварительно принятое значение коэффициента расхода ? = 0,5 мало отличается от вычисленного 0,51, следовательно, диаметр трубы определен правильно.  
ПАСПОРТ ГИДРОУЗЛА Наименование Ед. измерения Кол-во Проектные отметки: основания  
УМО  
НПУ  
ФПУ  
парапета  
min УНБ  
max УНБ  
Ширина: гребня  
проезжей части  
Оси сооружений: водосброс  
водовыпуск  
водоспуск  
Мах расход водосброса  
Мах расход реки   
Полезные попуски  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м  
м3/с  
м3/с  
м3/с 99,4  
106,5  
112,4  
113,2  
114,6  
100  
101  
8  
4,5  
ПК 2+54  
ПК 1+12  
ПК 1+86  
115  
0,06  
0,56   
Литература  
Волков И.М. и др. Проектирование гидротехнических сооружений. - М.: Колос. 1977 г.  
Волков И.М., Кононенко П.Ф., Феничкин И.К. Гидротехнические сооружения. - М.: Колос, 1968 г.  
Гидротехнические сооружения. Учебное пособие для ВУЗов под редакцией Н.П. Розанов. - М.: Агропромиздат, 1985.  
Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика/Железняков Г.В., Ибад-заде Ю.А., Иванов П.Л. и др.: Под общ. ред. Недриги В.П. - М.: Стройиздат, 1983. - 543 с.  
Гришин М.М. Гидротехнические сооружения. М.: Гостройиздат, 1962 г.  
Замарин Е.А., Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения. - М.: Изд. Колос, 1965 г.  
Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. - М.: Энергия. 1972 г.  
Курсовое и дипломное проектирование по ГТС. Учебное пособие под ред. Лапшенкова. - М.: Агропромиздат. 1989 г.  
Попов К.В. Проектирование гидротехнических сооружений. - М.: Сельхозиздат. 1963 г.  
СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги. Гостсрой СССР. - М.: 1986 г.  
СНиП 2.06.01 - 86 ГТС речные. Основные положения проектирования. - М.: Стройиздат. 1987 г.  
СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения. Госстрой СССР. - М.: 1986 г.  
СНиП 2.06.05-84 Плотины из грунтовых материалов. Норма проектирования. Госкомитет СССР по делам строительства. - М.: 1985 г.  
Хруппа И.Ф., Иванов В.П. Гидротехнические сооружения и с/х мелиорация. - М.: Колос. 1983 г.  
Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения. - Ленинград.: Энергия. 1967 г.  
Шведовский В.В. Сельскохозяйственное ГТС. - Ленинград. 1967 г.