МИНСЕЛЬХОЗ РФ

ФГОУ ВПО ОмГАУ

Институт землеустройства, кадастра и водопользования

Факультет: ФВХС

Кафедра: КГТМ

Специальность: 280402

Специализация: 280402.65

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине «Гидротехнические сооружения»

ВОДОХРАНИЛИЩНЫЙ ГИДРОУЗЕЛ С ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНОЙ на реке тура свердловской области

Исполнитель: студ. 742 гр. ФВХС

Фёдорова Е.А.

Руководитель:

Егорова Т.С.

Омск 2009

**Содержание**

Введение

1. Район строительства, назначение гидроузла и класс гидротехнических сооружений

2. Створ гидроузла, состав и рациональная схема компоновки сооружений гидроузла

2.1 Створ гидроузла

2.2 Состав гидроузла и назначение его сооружений

2.3 Тип водосбросного сооружения

2.4 Компоновка сооружений гидроузла

3. Грунтовая плотина

3.1 Тип и конструкция плотины

3.1.1 Тип плотины

3.1.2 Сопряжение тела плотины с основанием и берегами

3.1.3 Противофильтрационные устройства

3.1.4 Гребень плотины

3.1.5 Откосы и бермы

3.1.6 Дренажи и обратные фильтры

3.2 Фильтрационные расчеты

3.2.1 Задачи и методы расчета

3.2.2 Расчетные схемы и способ расчета

3.2.3 Депрессионная поверхность фильтрационного потока

3.2.4 Фильтрационный расход

3.2.5 Оценка фильтрационной прочности

3.3 Расчет устойчивости откоса

3.3.1 Расчетные случаи и методы расчета

3.3.2 Исходные данные

3.3.3 Коэффициент устойчивости для произвольной кривой обрушения

3.3.4 Оценка устойчивости откоса

4. Водосбросное сооружение

4.1 Трасса водосброса

4.2 Компоновка сооружений водосброса

4.3 Гидравлические расчеты

5. Водовыпуск-водоспуск

6. Водозаборное сооружение

Список использованной литературы

**ВВЕДЕНИЕ**

Целью данного курсового проекта является проектирование водохранилищного гидроузла с грунтовой плотиной. Общий комплекс гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и условиям их совместной работы, называется гидроузлом. В зависимости от назначения различают виды гидроузлов: водозаборные, воднотранспортные, энергетические, ирригационные и другие. Гидроузлы бывают комплексные. Речные гидроузлы называются напорными (или плотинными), если они создают подпор на реке и безнапорными, если подпор отсутствует.

Если имеется совокупность гидротехнических сооружений и гидроузлов, объединенных территориально и служащих общим водохозяйственным целям, то эта совокупность называется гидротехнической системой.

Неотъемлемой частью водохранилищного гидроузла является плотина. Простота конструкции, широкое использование местных строительных материалов, возможность постройки почти на любых основаниях обусловили широкое распространение земляных плотин во всех странах. Земляные плотины подразделяются по множеству признаков. Так по способу возведения они бывают: насыпные, намывные, полунамывные. По конструкции поперечного профиля земляные плотины делятся: из одного грунта, с вертикальным ядром или диафрагмой, с экраном, из разнородных грунтов.

Для возведения земляных плотин применяют различные грунты, имеющиеся на территории постройки плотины. Лучшими грунтами для однородной плотины считаются суглинки и супеси. Вполне пригодными является песчаные и песчано-гравелистые грунты, но в этом случае необходимо применять противофильтрационные устройства: экраны, ядра и понуры. Для противофильтрационных элементов плотины применяются связные, пластичные малопроницаемые грунты: глины, суглинки, а также торф при степени разложения не менее 50%.

При достаточном количестве в районе строительства относительно водонепроницаемых грунтов строят плотину из однородного грунта. Их преимущества – простота и быстрота возведения, возможность применения комплексной механизации, что значительно снижает стоимость работ по сравнению с другими типами плотин.

При недостаточном количестве малопроницаемых грунтов плотину насыпают из имеющихся на месте песчаных грунтов, супесей или других проницаемых материалов. Для предупреждения фильтрации воды через тело плотины применяют противофильтрационные устройства.

Основные элементы профиля плотины приведены на рисунке 1.

1

3

∇ГП

4

∇НПУ

5

2

Рисунок 1 – Элементы профиля земляной плотины:

∇НПУ – нормальный подпертый уровень; ∇ГП – отметка гребня плотины;

1 – верховой откос; 2 – подошва плотины;

3 – берма; 4 – низовой откос; 5 – тело плотины.

**1. РАЙОН СТРОИТЕЛЬСТВА, НАЗНАЧЕНИЕ ГИДРОУЗЛА И КЛАСС ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Район строительства находится на территории Среднего Урала, в Свердловской области, на реке Тура в 220 км к северо-востоку от города Екатеринбурга.

Тура — река в Западной Сибири, левый приток Тобола. Длина составляет около 1030 км, площадь бассейна 80,4 тыс. км2. На данной реке наблюдается высокое весеннее половодье, летне-осенняя межень (с низшим уровнем воды, как правило, с августа по октябрь). Также имеют место незначительные по высоте паводки во время осенних дождей и устойчивая низкая зимняя межень, продолжающаяся в среднем 140-160 дней. Зимняя межень устанавливается во второй половине ноября, а при наличии осенних дождевых паводков – в предзимний период. Низший уровень воды достигается в январе-марте.

Гидроузел на реке Тура предназначается для сезонного регулирования для орошения сельскохозяйственных угодий. Для определения класса основных гидротехнических сооружений воспользуемся двумя методиками.

По первой методике класс определяется в зависимости от последствия аварии, высоты плотины, материала и вида грунта основания. Необходимо определить максимальную высоту плотины:

м, (1)



где ∇ГП′ – отметка гребня плотины, принимается предварительная: м;



– отметка дна на р.Тура, равная 208,00 м.



Таким образом:

м.



Так как максимальная высота плотины равна 13,1 м, что меньше 15 метров, то по первой методике принимается класс основных гидротехнический сооружений – IV.

Согласно второй методике, класс сооружений определяется в зависимости от последствий нарушения эксплуатации гидроузла. Для этого определяется площадь участка орошения по формуле:

, га (2)



где qВП – максимальный расход водопотребления, м3/с, равный 2,4 м3/с, согласно заданию;

q – расчётный гидромодуль, л/с⋅га, принимается равным 0,5 л/с⋅га;

Таким образом:

га



Так как < 50 000 га, то данное гидротехническое сооружение относится IV классу. Коэффициент надежности КН для сооружения IV класса равен 1,1.



**2. СТВОР ГИДРОУЗЛА, СОСТАВ И РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА КОМПОНОВКИ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОУЗЛА**

**2.1 Створ гидроузла**

При выборе створа гидроузла необходимо учитывать ряд требований:

* расположение плотины по возможности должно быть в самом узком месте речной долины; ось плотины должна быть перпендикулярна горизонталям местности и направлению течения реки;
* при проектировании плотины необходимо провести исследование грунтов, прилегающих к району строительства, которые могут понадобиться для возведения плотины;
* необходимо учесть размеры территории, которые понадобятся для размещения постоянных и временных сооружений гидроузла;
* по возможности необходимо учесть прокладку дорожной сети, линии электропередачи и связи;
* необходимо учитывать интересы пользователей данного гидротехнического сооружения и располагать его вблизи с водопотребителями;
* при проектировании необходимо учитывать территорию затопления после начала работы плотины;
* средняя глубина в водохранилище должна быть не менее 2,5 м для соблюдения экологических и санитарных требований.

Согласно вышеперечисленным требованиям, был запроектирован створ гидроузла (см. Лист 1). По створу гидроузла построен продольный профиль (см. Рисунок 2).

**2.2 Состав гидроузла и назначение его сооружений**

В состав гидроузла входят следующие сооружения:

1. Водонапорное сооружение (плотина). Данное сооружение необходимо для создания подпора воды и образования чащи водохранилища;
2. Водосбросное сооружение. Служит для пропуска избыточного количества воды в нижний бьеф во время весенних половодий либо дождевых паводков;
3. Водовыпускное сооружение. Необходимо для пропуска в нижний бьеф бытовых расходов воды (санитарные попуски), для пропуска строительных расходов, для полного или частичного опорожнения водохранилища;
4. Водозаборное сооружение. Оно требуется для забора воды из водохранилища для целей орошения.

2.3 Тип водосбросного сооружения

Проектирование водосбросного сооружения ведется по типовым проектам. Нужное типовое сооружение подбираем по расходу с учетом возможности применения выбранного типа к конкретным местным условиям. Итак, по расчетному максимальному расходу водосброса, равному 35 м3/с, выбирается тип водосбросного сооружения – ковшовый водосброс автоматического типа.

2.4 Компоновка сооружений гидроузла

Гидроузел предназначен для целей орошения. При компоновке необходимо учитывать ряд требований:

* гидроузел должен находиться как можно ближе к потребителям, т.е. в нашем случае – к полям орошения;
* чтобы территория затопления от создания водохранилища была минимальна.

Ось плотины располагается перпендикулярно направлению горизонталей местности и направлению движения воды в реке.

**3. ГРУНТОВАЯ ПЛОТИНА**

**3.1 Тип и конструкция плотины**

**3.1.1 Тип плотины**

По назначению плотины бывают 3 видов:

* водоподъемные;
* водохранилищные;
* комбинированные.

По способу перекрытия плотины делятся на 2 основные группы:

* глухие плотины, пропуск воды в которых через створ осуществляется водопроницаемыми сооружениями в теле плотины, имеющие весьма малую ширину по сравнению с длиной плотины;
* водосбросные (водопропускные) плотины, по длине которых устраивают достаточно широкие водопропускные отверстия.

По строительному материалу: земляные, каменно-набросные, деревянные, бетонные, каменные. По виду пропуска воды через водохранилище: водосливные, водосбросные, глухие. Согласно классификации плотин – это глухая грунтовая гравитационная однородная насыпная плотина.

Для отсыпки тела плотины используется грунт №3 – суглинок с коэффициентом фильтрации Кф = 0,001 м/сут., так как этот грунт обладает малой водопроницаемостью.

**3.1.2 Сопряжение тела плотины с основанием и берегами**

По данному подпункту рассматривается подготовка основания плотины:

* перенос построек, расположенных вблизи места строительства плотины;
* осуществляется выравнивание местности прилегающей к строительству плотины (выкорчевка пней, срез деревьев и кустарников);
* снятие растительного слоя (30 см);
* проводится планировка поверхности.

**3.1.3 Противофильтрационные устройства**

Противофильтрационные устройства делятся на 2 основные группы по месту нахождения в плотине:

* противофильтрационные устройства в теле плотины;
* противофильтрационные устройства в основании плотины.

В грунтовой плотине для уменьшения фильтрационных потерь и снижения кривой депрессии в низовой части откоса в теле плотины устраивают противофильтрационные устройства. Основные противофильтрационные устройства: ядра, экраны, диафрагмы. Для их создания применяют такие грунты, как суглинки, глины, глинобетон, асфальтобетон.

Противофильтрационные устройства в основании плотины могут быть глухими и висячими. Так как основание плотины сложено глинистыми грунтами с малым коэффициентом фильтрации, противофильтрационных устройств в основании плотины не требуется.

**3.1.4 Гребень плотины**

Гребень плотины (см. рисунок 3) используется для проезда автомобильного транспорта.

*m*1

*m*2

*Б*

*Б*

*А*

*В*

Рисунок 3 – Элементы профиля гребня плотины:

А – ширина проезжей части; Б – ширина обочины;

В – ширина гребня плотины.

Для IV категории автомобильной дороги предусмотрены следующие размеры: А = 6 м, Б = 2 м, В = 10 м.

Отметка гребня плотины рассчитывается по следующей формуле:

∇ГП = ∇УВБ + d , м (3)

Расчет отметки гребня плотины ведется для двух случаев:

* для основного случая: ∇ГП1 = ∇НПУ + d1;
* для особого случая: ∇ГП2 = ∇ФПУ + d2.

Необходимо было определить отметку ФПУ:

∇ФПУ = ∇НПУ + Нф, м, (4)

где Hф = 0,75 м – для принятого типа водосбросного сооружения.

Таким образом:

∇ФПУ = 218,1 + 0,75 = 218,75 м.

Для расчёта гребня плотины принимаем отметку ФПУ равной 218,75 м. Возвышение гребня над расчетным уровнем воды верхнего бьефа d определяется по формуле:

d = hн + Δh + a, м, (5)

где hн – высота наката ветровой волны на откос плотины, м;

Δh – высота ветрового нагона волны, м; определяется по формуле:

, м, (6)



где Кв – коэффициент зависящий от скорости ветра; так как скорость ветра не превышает 20 м/с, то Кв = 2,1⋅10-6;

W – расчётная скорость ветра, м/с;

D – длина разгона ветровой волны, м;

Н – условная расчетная глубина воды в водохранилище.

α - угол между продольной осью водоема и направлением господствующих ветров, принимается равным 0°.

а – конструктивный запас высоты, принимается равным 0,5 м.

Расчёт выполнялся для двух случаев: основного и особого.

Основной случай:

W1 = W4% = 20,5 м/с;

Н1 = ∇НПУ – ∇Дна =

=218,1 – 208,0 = 10,1 м;

D1 = 3400 м;

.



Особый случай:

W2 = W50% = 12,6 м/с;

Н2 = ∇ФПУ – ∇Дна =

= 218,85 –208,00 = 10,85 м.

D2 = 3800 м.



Высота наката волны на откос плотины определялась по формуле:

hн = h1% ⋅ KΔ ⋅ KНП ⋅ КС ⋅ Кβ ⋅ КНГ ⋅ КН, м, (7)

где h1% – высота волны 1% вероятности превышения, м;

KΔ и KНП – коэффициенты зависящие от типа и относительной шероховатости верхового откоса, крепления откоса; KΔ = 1, KНП = 0,9 ;

КС – коэффициент, зависящий от скорости ветра и заложения откоса; КС = =1,3;

Кβ - коэффициент, зависящий от угла подхода фронта волны к плотине; Кβ = 1, т.к. β = 0;

КН – коэффициент вероятности превышения по накату; для 1% вероятности превышения КН = 1;

КНГ – коэффициент, зависящий от заложения верхового откоса и параметров ветровой волны; принимается по графику.

Для определения параметров ветровой волны вычисляются безразмерные комплексы:

и , (8)



где g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м2/с;

t – продолжительность действия ветра, равная 21600 с;

W – скорость ветра, м/с;

D – длина разгона волны, м.

Для вычисления h1% необходимо выполнить следующие операции:

Основной случай:

;



.



Особый случай:

;



.



Далее по графику для каждого из найденных комплексов определялись значения относительных параметров:

и , (9)



где τ – средний период волны, с-1;

– средняя высота волны, м.



Основной случай:

Для a1 : , ;



Для b1: , .



Особый случай:

Для a2: , ;



Для b2: , .



Из найденных двух пар значений параметров за расчётные принимаются наименьшие. Таким образом, по графику:

Основной случай:



Особый случай:



Далее определялась средняя высота волны и средний период волны τ:



Основной случай:

с-1;



м.



Особый случай:

с-1;



м.



Средняя длина волны λ:

, м (10)



Основной случай:



Особый случай:



Высота 1% вероятности превышения будет равна:

, (11)



где Ki – коэффициент, устанавливаемый по графику при 1% вероятности превышения в зависимости от значения безразмерного комплекса b.

Основной случай:

Ki = 2,1

м



Особый случай:

Ki = 2,1

м



По формуле (7):

Основной случай:

м;



Особый случай:

м;



По формуле (5):

Основной случай:

d1 = 0,03+2,41+0,5 = 2,94 м;

Особый случай:

d2 = 0,01+1,34+1 = 2,35 м;

По формуле (3):

Основной случай:

∇ГП1 = 218,1+ 2,94 = 221,04 м;

Особый случай:

∇ГП2 = 218,85 + 2,35 = 221,2 м.

Так как отметка гребня плотины при расчёте на особый случай получилась больше, чем при расчёте на основной случай, то в качестве расчетной отметки гребня плотины принимается:

∇ГП2 = 221,2 м; высота плотины при расчетной отметке гребня плотины равна: Hпл = ∇ГП2 – ∇Дна = 221,2 – 108,0 = 13,2 м.

**3.1.5 Откосы и бермы**

Заложение откоса принимается в зависимости от высоты плотины, вида грунта тела плотины и наличия дренажа в теле плотины. Принимаем следующие значения:

Коэффициент заложения верхового откоса – m1 = 3

Коэффициент заложения низового откоса – m2 = 2

Для защиты верхового откоса от разрушающего действия атмосферных осадков, ветра, волн, льда и других факторов предусматривают крепление откосов. Крепление верхового откоса бывает основное в зоне максимальных волновых воздействий и облегчённое – ниже и выше этой зоны. Верхнюю границу основного крепления принимают на отметке гребня плотины. Нижняя граница основного крепления принимается на глубине

h = 2∙h1% ниже ∇УМО. Для защиты верхового откоса принимают следующие виды крепления:

* каменная наброска или отсыпка;
* бетонные, монолитные, железобетонные, сборные;
* асфальтобетонные;
* биологические;

Для крепления низового откоса с целью защиты его от атмосферных воздействий применяют биологическую защиту – посев трав толщиной 0,2-0,3 м и отсыпка щебня или гравия толщиной 0,2 м.

Для крепления верхового откоса применяются сборные железобетонные плиты размером 2×2 м, толщиной 10 см. При производстве работ плиты укладываются в карты толщиной 8×8 м путём омоноличивания швов.

Толщина плиты определялась по формуле:

, м, (12)



где ηпл – коэффициент, равный для сборных плит - 1,1;

h – высота ветровой волны, м;

λ - длина волны, м;

В – размер плиты, м;

m1 – заложение верхового откоса;

γ0 – объемный вес воды, равный 1 т/м3;

γпл – объемный вес бетона, равный 2,5 т/м3;

Таким образом:

м.



Полученное значение δпл сравнивается с принятой толщиной плиты – 0,1 м. Так как 0,07<0,1, принимается толщина плиты, равная 0,1 м. Под плитами расположен слой песчано-гравийной подготовки толщиной 0,2 м. Затем железобетонное крепление плитами предусматривают от гребня плотины до ∇УМО не ниже 2∙h1%. Ниже этой отметки принимается облегчённое крепление из гравелисто-галечных грунтов. Если отметка конца крепления и отметка дна меньше 3 м, то дальше можно не вести облегчённое крепление.

∇КК = ∇УМО – 2∙h1% = 213,0 – 2⋅0,41 = 212,18 м.

где h1% – высота волны, равная 0,41 м.

Так как разница между отметкой конца крепления, равной 212,18 м и дном реки, равной 108,00 м, не превышает 3 метров, то облегченное крепление не предусматриваем и ∇КК = ∇Дна = 108,00 м.

В нижней части крепления железобетонными плитами устраивается упор в виде бетонного массива размерами 0,8×0,4 м. Для крепления низового откоса используется растительный грунт, снятый с основания плотины. Толщина покрытия – 0,2 м. Также производится посев многолетних трав. На низовом откосе могут располагаться горизонтальные площадки – бермы. Ширина их не менее 3 м. Служат для повышения устойчивости откоса. Так как максимальная высота плотины составляет 13,2 м, то бермы не предусматриваются.

**3.1.6 Дренажи и обратные фильтры**

Дренаж – это устройство для приема и ее организованного отвода воды, профильтровавшейся через тело и основание плотины и обладающее повышенной водопроводимостью. Также дренаж предназначен для предотвращения выхода фильтрационного потока на низовой откос и в зону, подверженную промерзанию.

Существует русловой и пойменный дренаж. Русловой дренаж устраивается в виде дренажной призмы. В дренажной призме внутренний откос m3 принимается равным 1,5, верховой откос – m4 = m2 = 2.

Глубина заложения руслового дренажа в тело плотины определяется по формуле:

, м, (13)



где Hдр – высота дренажной призмы, определась по формуле:

Hдр = ∇ГДП – ∇Дна, м, (14)

где ∇ГДП – отметка гребня дренажной призмы, м, определялась по формуле:

∇ГДП = ∇УНБ5% + 0,5, м, (15)

где ∇УНБ5% – отметка уровня воды в нижнем бьефе, м.

Для определения ∇УНБ5% использовался график зависимости расхода от уровня воды в реке Q = ƒ(H). При Q5% = 29,0 м3/с ∇УНБ5% = 209,55 м.

Тогда по формуле (15):

∇ГДП = 209,55 + 0,5 = 210,05 м.

Высота дренажной призмы по формуле (14):

Hдр = ∇ГДП – ∇Дна = 210,05 – 108,00 = 2,05 м.

Глубина заложения руслового дренажа по формуле (13):

м.



Пойменный дренаж – горизонтальный трубчатый. Выполнен из асбестоцементных перфорированных труб, диаметром 200 мм. Отводящий трубопровод – 100 мм.

Глубина заложения пойменного дренажа в тело плотины определяется по формуле:

, м, (16)



где Впл – ширина плотины, м, вычисляется по формуле:

Впл = В + Нпл∙(m1 + m2), (17)

Таким образом:

Впл = 10 + 13,2∙ (3+2) = 76 м;

Тогда по формуле (16):

м.



Главным недостатком дренажа является возможность возникновения фильтрационных деформаций грунта тела плотины и основания. Для борьбы с фильтрационными деформациями применяют обратные фильтры.

Обратный фильтр – это устройство, предотвращающее вымыв мелких частиц грунта. Благодаря обратным фильтрам скорость фильтрационного потока сокращается. Они оберегают дренажные системы от попадания частиц грунта. Обратный фильтр устраивается на контакте дренажа и дренируемого тела и основания плотины.

**3.2 Фильтрационные расчеты**

**3.2.1 Задачи и методы расчета**

К задачам фильтрационных расчетов можно отнести:

* определение общего фильтрационного расхода через тело плотины и основание;
* построение депрессионной поверхности фильтрационного потока;
* проверка общей фильтрационной прочности грунта тела плотины.

Методы, которыми решаются данные задачи:

* гидравлические;
* гидромеханические;
* экспериментальные методы.

В курсовом проекте в основу фильтрационных расчетов положен гидравлический метод.

**3.2.2 Расчетные схемы и способы расчета**

В расчетах используется гипотеза академика Н.Н.Павловского о независимости фильтрации в теле плотины и ее основании: Q = qтела + qосн.

При использовании гипотезы делается ряд допущений:

* рассматривается плоская схема фильтрации;
* водоупор принимается плоским, горизонтальным и абсолютно водонепроницаемым;
* грунт тела плотины и основания считается однородным и изотропным;
* слой воды в нижнем бьефе считается равным нулю;
* положение кривой депрессии не зависит от вида и фильтрационных свойств грунта тела плотины. Определяется оно положением уровней воды в бьефах и геометрическими размерами тела плотины.

Осуществляем выбор расчетной схемы. Для этого проводим ряд операций:

* разбиваем продольный профиль плотины на 3 части: одну русловую и две пойменные;
* в каждой из частей проводим сечение. Сечение I проводится в самой глубокой точки русловой части. В каждом сечении должен быть уровень воды в верхнем бьефе;
* составляем расчетную схему.

При расчете рассматриваем наполнение водохранилища до НПУ.

**3.2.3 Депрессионная поверхность фильтрационного потока**

Координаты кривой депрессии рассчитываются по формуле:

(18)



Для расчета координат депрессионной кривой необходимо иметь следующие исходные данные:

Сечение I-I

* высота плотины в сечении:

Нпл = ∇ГП – ∇Дна = 221,2–108,0 =13,2 м;

* глубина воды в верхнем бьефе:

Н1 = ∇НПУ – ∇Дна = 218,1– 208,0 = 10,1 м;

d = Hпл – H1 = 13,2 – 10,1 = 3,1 м;

* горизонтальная проекция депрессионной кривой:

L = d∙m1 + B + Hпл∙m2 – Sдр = 3,1∙3 + 10 + 13,2∙2 – 7,18 = 38,52 м;

Lр = ∆l + L = 4,34 + 38,52 = 42,86 м,

где ∆l = β ∙ H1 = 0,43∙10,1 = 4,34 м,

где ;



* коэффициент фильтрации через тело плотины: Кф = 0,001 м/сут;
* координаты кривой депрессии, рассчитанные по формуле (18):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | 4,34 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 42,86 |
| y | 9,57 | 9,49 | 8,83 | 8,13 | 7,35 | 6,48 | 5,48 | 4,24 | 2,45 | 0 |

Сечение II-II

* высота плотины в сечении:

Нпл = ∇ГП – ∇Дна = 221,2 – 215,2 = 6 м;

* глубина воды в верхнем бьефе:

Н1 = ∇НПУ – ∇Дна = 218,1– 215,2 = 2,9 м;

d = Hпл – H1 = 6 – 2,9 = 3,1 м;

* горизонтальная проекция депрессионной кривой:

L = d∙m1 + B + Hпл∙m2 – Sдр = 3,1∙3 + 10 + 6∙2 – 9,5 = 21,8 м;

Lр = ∆l + L = 1,25 + 21,8 = 23,05 м,

где ∆l = β ∙ H1 = 0,43∙2,9 = 1,25 м,

где ;



* коэффициент фильтрации через тело плотины: Кф = 0,001 м/сут.
* координаты кривой депрессии, рассчитанные по формуле (18):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | 1,25 | 5 | 10 | 15 | 20 | 21,8 |
| y | 2,85 | 2,57 | 2,19 | 1,74 | 1,10 | 0 |

Сечение III-III

* высота плотины в сечении:

Нпл = ∇ГП – ∇Дна = 221,2 – 216,9 = 4,3 м;

* глубина воды в верхнем бьефе:

Н1 = ∇НПУ – ∇Дна = 218,1– 216,9 = 1,2 м;

d = Hпл – H1 = 4,3 – 1,2 = 3,1 м;

* горизонтальная проекция депрессионной кривой:

L = d∙m1 + B + Hпл∙m2 – Sдр = 3,1∙3 + 10 + 4,3∙2 – 9,5 = 18,4 м;

Lр = ∆l + L = 0,52 + 18,4 = 18,92 м,

где ∆l = β ∙ H1 = 0,43∙1,2 = 0,52 м,

где ;



* коэффициент фильтрации через тело плотины: Кф = 0,001 м/сут.
* координаты кривой депрессии, рассчитанные по формуле (18):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | 0,52 | 1 | 5 | 10 | 15 | 18,4 |
| y | 1,18 | 1,17 | 1,02 | 0,80 | 0,49 | 0 |

**3.2.4 Фильтрационный расход**

Фильтрационный расход складывается из удельных фильтрационных расходов тела плотины (qтi) и ее основания (qоi):

qi = qтi + qоi , м2/сут (19)

Удельный фильтрационный расход основания плотины находится по формуле:

м2/сут, (20)



где K0 – осредненный коэффициент фильтрации грунтов основания, м/сут;

Т – толщина водопроницаемого слоя основания, м;

Bпл – ширина плотины в сечении по основанию, м;

n – поправочный коэффициент, зависящий от ширины плотины в сечении и от толщины водопроницаемого слоя;

Сечение I-I:

Т = 2,05 м, n = 1,15;

, ;



;



Удельный расход через основание плотины в данном сечении: м2/сут;



q1 = qт1 + qо1 = 0,0012 + 0,0003 = 0,0015 м2/сут.

Сечение II-II:

Т1 = 1,2 м, Т2 = 7,8 м, n = 1,23;

,



;



;



Удельный расход через основание плотины в данном сечении: м2/сут;



q2 = qт2 + qо2 = 0,00018 + 0,02 = 0,02 м2/сут.

Сечение III-III:

Т = 9,8 м, n = 1,3;

,



;



;



Удельный расход через основание плотины в данном сечении: м2/сут;



q3 = qт3 + qо3 = 0,00004 + 0,0001 = 0,00014 м2/сут.

**3.2.5 Оценка фильтрационной прочности**

Фильтрационная прочность – способность грунта сопротивляться фильтрационным деформациям. Фильтрационная прочность оценивается путем сравнения действительного градиента напора с допустимым. В данном курсовом проекте оценивается только общая фильтрационная прочность грунта тела плотны.

(21)



гдеYср – осредненный градиент напора в расчетной области фильтрации, определяется по формуле:

, (22)



где ∆y – падение депрессионной кривой в пределах массива обрушения;

∆x – расстояние, на котором произошло падение депрессионной кривой.

– осредненный критический градиент напора для грунта, для суглинка принимается равным от 4 до 1,5;



Кн – коэффициент надежности сооружения, для IV класса Кн = 1,1.

Таким образом, отношение ;



Далее определялся осредненный градиент напора в сечениях:

Сечение I-I:

По формуле (22):

;



Т.к. то условие соблюдается: 0,21≤1,82 ⇒



⇒ фильтрационных деформаций не наблюдается.

Сечение II-II:

По формуле (22):

;



Т.к. то условие соблюдается: 0,21≤1,82 ⇒



⇒ фильтрационных деформаций не наблюдается.

Сечение III-III:

По формуле (22):

;



Т.к. то условие соблюдается: 0,05≤1,82 ⇒



⇒ фильтрационных деформаций не наблюдается.

Условие (21) выполняется по всем сечениям, следовательно, фильтрационная прочность грунта тела плотины обеспечена.

**3.3 Расчет устойчивости откоса**

**3.3.1 Расчетные случаи и методы расчета**

Различают три расчетных случая:

* 1 основной расчетный случай. Когда в верхнем бьефе равна ∇НПУ, а нижнем – 0;
* 2 основной расчетный случай. Когда в верхнем бьефе ФПУ1 , а нижнем бьефе УНБ (при основном расходе водосброса);
* Поверочный. Когда в верхнем бьефе ФПУ2 , а в нижнем – УНБ (при 1% расходе для сооружения IV класса).

Так как курсовой проект учебный, то ограничиваемся одним расчетным случаем: 1 основным. Метод расчета относится к группе графоаналитических методов и носит название – метод круглоцилиндрических поверхностей сдвига. Расчеты ведутся только для руслового сечения, так как здесь самые неблагоприятные условия.

**3.3.2 Исходные данные**

Курсовым проектом предусмотрено два типа расчета – на ЭВМ и вручную. Для расчета на ЭВМ потребуются следующие исходные данные:

* Высота плотины: Н = 13,2 м;
* Ширина гребня плотины: В = 10 м;
* Заложение верхового откоса: m1 = 3,0;
* Заложение низового откоса: m2 = 2,0;
* Глубина воды в верхнем бьефе: H1 = 10,1 м;
* Глубина воды в нижнем бьефе: Н2 = 0;
* Высота дренажной призмы: Ндр = 2,05 м;
* Заложение откоса дренажной призмы: m3 = 1,5;
* Объемный вес грунта тела плотины при естественной влажности: γ1 = 2,71 т/м3;
* Угол внутреннего трения:

а) при естественной влажности: ϕ1 = 20 град.

б) в водонасыщенном состоянии: ϕ2 = 17 град.

* Удельное сцепление грунта тела плотины:

а) при естественной влажности: С1 = 2,4 т/м2.

б) в водонасыщенном состоянии: С2 =2,1 т/м2.

* Пористость грунта тела плотины: n1 = 36%.
* Плотность грунта основания при естественной влажности: γ=2,71.
* Угол внутреннего трения грунта основания:

а) при естественной влажности ϕ2=17 град.

б) в водонасыщенном состоянии ϕ,3 =17 град.

* Удельное сцепление:

а) при естественной влажности: С1=2,4 т/м2.

б) в водонасыщенном состоянии: С=2,1 т/м2.

* Пористость грунта основания n=36%

Для ручного расчета применяются те же исходные данные, что и для расчета на ЭВМ – меняется только объемный вес грунта:

Для первого: γ1 =2,71 т/м3; для второго: γ2 = (1-n1)⋅(γгт-γ0),

гдеγ0 – плотность воды: γ0 = 1 т/м3.

γ1 = (1-0,36)⋅(2,71-1) = 1,09 т/м3.

**3.3.3 Коэффициент устойчивости для произвольной кривой обрушения**

Для нахождения коэффициента устойчивости низового откоса строится расчетная схема. Для каждого фрагмента находятся значения sinα и cosα:

sinα = 0,1∙Nфр;

cosα=;



Определяются средние высоты составных частей каждого фрагмента, имеющие различные плоскости. Вес отсека определяется по формуле:

Gфр = ()∙b∙ 1пм;



Устанавливается сила трения, возникающая на подошве всего массива обрушения, равная сумме и соответствующая силе по фрагментам:

F = Gфр∙ tgφ ∙ cosα

Составляющая веса массива обрушения:

Т = Gфр∙sinα

Фильтрационная сила учитывается как объемная:



где W – вес фигуры массива обрушения, насыщенного водой

W = ω∙Yср∙1 пм ∙γ0 , т,

где ω – площадь фигуры массива обрушения насыщенного водой;

Yср – градиент, равный 0,21 (был определён ранее);

r – плечо силы;

R – радиус кривой обрушения.

Находится коэффициент устойчивости:



Расчёты сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Определение значений F и Т.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №фр. | sinα | cosα | γ1∙h1 | γ2∙h2 | γ3∙h3 | Gфр | Fтр | Т |
| +9 | 0,90 | 0,44 | 6,50 | 0,00 | 0,00 | 16,00 | 2,51 | 14,40 |
| +8 | 0,80 | 0,6 | 15,72 | 0,00 | 0,00 | 38,67 | 8,35 | 30,93 |
| +7 | 0,70 | 0,71 | 16,80 | 1,96 | 0,00 | 46,16 | 10,22 | 32,31 |
| +6 | 0,60 | 0,8 | 14,63 | 3,49 | 0,00 | 44,58 | 11,06 | 26,75 |
| +5 | 0,50 | 0,87 | 12,47 | 4,58 | 0,00 | 41,93 | 11,26 | 20,96 |
| +4 | 0,40 | 0,92 | 11,38 | 5,23 | 0,00 | 40,87 | 11,61 | 16,35 |
| +3 | 0,30 | 0,95 | 9,21 | 5,01 | 0,44 | 36,07 | 10,67 | 10,82 |
| +2 | 0,20 | 0,98 | 8,13 | 4,14 | 1,09 | 32,87 | 9,98 | 6,57 |
| +1 | 0,10 | 0,99 | 7,05 | 3,27 | 1,53 | 29,13 | 8,99 | 2,91 |
| 0 | 0,00 | 1,00 | 7,59 | 3,71 | 1,74 | 32,07 | 9,94 | 0,00 |
| -1 | -0,10 | 0,99 | 8,67 | 0,00 | 1,53 | 25,09 | 7,74 | -2,51 |
| -2 | -0,20 | 0,98 | 5,42 | 0,00 | 1,20 | 16,28 | 4,95 | -3,26 |
| -3 | -0,30 | 0,95 | 2,17 | 0,00 | 0,55 | 6,67 | 1,97 | -2,00 |
| Σ | | | | | | | 109,24 | 154,25 |

ω = 72 м2; Yср = 0,21;

W = 72∙0,21∙1,0 = 15,12 т;

т.



Сила сцепления определяется следующим образом:

, т/м (23)



Где Сi – удельное сцепление грунта;

li – длина кривой обрушения в данном грунте.

Таким образом:

т/м;



.



**3.3.4 Оценка устойчивости откоса**

Коэффициент устойчивости низового откоса плотины должен удовлетворять следующему условию:

, (24)



Где Кс – коэффициент, зависящий от сочетания нагрузок, равный 1;

Кт – коэффициент метода расчета, равный 1,1;

Кн – коэффициент надежности сооружения равный 1,1;

Куст = 1,17;

Отношение ;



Таким образом, условие выполняется: .



Минимальный коэффициент устойчивости больше нормативного, следовательно, низовой откос обладает устойчивостью.

**4. ВОДОСБРОСНОЕ СООРУЖЕНИЕ**

На глухих плотинах для пропуска излишних паводковых вод, для полезных попусков из водохранилища, а также для спуска воды с целью полного или частичного опорожнения водохранилища устраивают водопропускные сооружения.

Сооружения, устраиваемые при глухих плотинах для сброса излишних паводковых вод, называют водосбросными или водосбросами. Накопленная вода в водохранилище используется в народном хозяйстве на орошение.

**4.1 Трасса водосброса**

При проектировании трассы водосброса необходимо учитывать ряд требований:

* основание сооружений должен служить естественный грунт. Водосброс не должен лежать на насыпном грунте тела плотины;
* общая длина водосбросного тракта проектируется по возможности небольшой и прямолинейной;
* ось водосбросного тракта целесообразно трассировать по берегам водотока и по возможности перпендикулярно горизонталям;
* трасса водосбросного тракта не должна проходить в глубокой выемке;
* необходимо обеспечить плавный вход и выход потока.

Трасса водосброса показана на листе 1.

**4.2 Компоновка сооружений водосброса**

В качестве водосбросного сооружения принят водосброс ковшовый автоматический водосброс КВАТ-3. Данный водосброс рассчитан на расходы воды от 24 до 36 м3/с. Водоприёмная часть выполняется в виде прямоугольного ковша, разработанного в монолитном и сборно-монолитном исполнении. Трубопровод запроектирован из железобетонных труб диаметром 1,4 м. В зависимости от сбросного расхода водосброс включает от одной до четырёх ниток круглых безнапорных труб. Коэффициент сборности сооружения составляет 48…49%. Сброс максимальных расходов происходит при превышении уровня верхнего бьефа (ФПУ) над отметкой порога оголовка (НПУ) для КВАТ-3 0,75 м.

В зависимости от размещения сооружений, расходов, слоя форсировки и числа водоводов применяют ковши прямоугольного и криволинейного очертания. Периметр оголовка ковша, параметры труб и воронки определяются гидравлическим расчётом.

**4.3 Гидравлические расчёты**

Гидравлические расчеты водосброса трубчатого автоматического с ковшовым оголовком выполнялись следующим образом:

Сначала определялся пропускной расход по формуле:

, м3/с, (25)



где: - коэффициент расхода трубы, равный 0,5;



- площадь поперечного сечения трубы, м2;



- геометрическая высота, м, рассчитывается по формуле:



м (26)



Площадь поперечного сечения трубы, согласно формуле (25):

м2.



Далее вычислялся диаметр трубы по формуле:

,м



Принимается стандартный диаметр: мм.



**5. водовыпуск-водоспуск**

Водовыпуск служит:

1. Для полезных санпопусков в нижний бьеф;
2. Для опорожнения водохранилища;
3. Для частичной промывки водохранилища от наносов.

Водовыпуск в водосбросе ковшового типа является отдельно работающим. Водовыпуск также имеет береговую или русловую компоновку. Гидравлическим расчётом определен диаметр трубы, отметка оси трубы и размеры отводящего канала. Гидравлический расчет водовыпуска произведён в следующем порядке:

Отметка оси трубы определяется по формуле:

, (27)



где dст – стандартный диаметр трубопровода, определяется по пропускной способности истечения через систему труб, равный 0,6 м;

м;



Определена ширина канала по дну В = 0,8 м.

* Глубина воды в канале:

, м, (28)



где m – заложение откоса канала, равное 1,5.

Таким образом:

⇒ h = 0,72 м.



* Смоченный периметр канала:

м



Гидравлический радиус:

; (29)



Для нахождения гидравлического радиуса найдена площадь живого сечения канала:

(30)



Таким образом:



Тогда:

м.



Определен коэффициент Шези по формуле Н.Н. Павловского

, (31)



гдеn – коэффициент шероховатости; для суглинка n = 0,025;

y – принимается равным 0,2.

Тогда: .



Рассчитан уклон дна канала:

; (32)



.



**6. ВОДОЗАБОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ**

Водозаборное сооружение устраивают с целью забора требуемых количеств воды для орошения. Проектируют водозаборы в соответствии с требованиями и положениями нормативных документов (СНиП 2.06.01-86 и ВСН II-14-76). При проектировании водозаборных сооружений рекомендуется соблюдать такую последовательность: собрать необходимую исходную информацию для проектирования (по водоисточнику и водозабору); выбрать местоположение, тип и компоновочное решение водозабора; запроектировать элементы водозабора.

Исходная информация по водоисточнику включает гидрологические данные (сведения о расходах и уровнях воды); данные по твёрдому стоку; сведения о режиме источника в осенне-зимне-весенние периоды; топографические и геологические материалы.

Требования к режиму работы водозабора определяется графиком водоподачи и необходимой степенью осветления потока. Тип водозабора (плотинный или бесплотинный) принимают с учётом условий водотока на основе технико-экономического сопоставления вариантов.

Бесплотинные водозаборные гидроузлы проектируют в том случае, когда уровни воды в реке обеспечивают командование над расчётными уровнями магистрального канала и самотечный водозабор не превышает 20% соответствующих расходов реки при благоприятных топографических условиях (устойчивое русло, прочные берега и др.). Если эти условия не выполняются, то строят плотинные водозаборные гидроузлы или забирают воду с помощью насосов.

При проектировании необходимо учесть, что процент водозабора бесплотинных гидроузлов может быть увеличен устройством водозахватной шпоры (на реках с больши́ми уклонами).

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гидротехнические сооружения / Волков И.М., Кононенко П.Ф., Федичкин И.К. – М., Колос, 1968.
2. Лапшенков В.С. / Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям – М., Агропромиздат, 1989.
3. Розанов Н.П. / Гидротехнические сооружения – М., Агропромиздат, 1985.
4. Справочник по гидравлическим расчетам / под редакцией П.Г. Киселева, М., 1972.