КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет водного хозяйства и мелиорации

Кафедра строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов

Курсовой проект на тему:

«Проектирование водохранилищного узла»

Выполнил: студент группы ВВ-31

Бередин Вадим

Проверил: Островский Н. В.

Краснодар, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

 Введение

 1 Выбор створа плотины

 2 Конструирование поперечного профиля плотины

 3 Расчет фильтрации через однородную грунтовую плотину с дренажем при на­личии воды в нижнем бьефе

 4 Расчет осадки грунтов основания грунтовой плотины

 5 Расчет устойчивости низового откоса грунтовой плотины

 6 Трубчато-ковшовый водосброс

 7 Водоспуски. Водовыпуски

 8 Список использованных источников

 9 Приложения

ВВЕДЕНИЕ

 Курсовое проектирование ставит своей целью систематилизацию и расширение накопленных знаний, а также их практическое применение при проектировании сооружений водохранилищного узла в конкретных условиях гидромелиоративного строительства, определимых заданием на курсовое проектирование.

 Гидротехнические сооружения постоянно подвержены действию проточной или стоячей воды, оказывающей на это сооружение различное воздействие. Механическое воздействие-вода проявляется в разрушении материалов сооружений и грунтов в их основаниях. Биологическое действие-вода проявляется в разрушительном влиянии, живущих в воде и на подводных частях сооружения различных организмов, которые вызывают гниение древесины, зарастание трубопроводов, нарушение поверхностей сооружения.

 Группы гидротехнических сооружений, объединённых по расположению и условиям совместной работы, называются гидроузлом. Гидроузлы являются комплексными, которые выполняют несколько функций, что позволяет рационально использовать водные ресурсы. В курсовом проекте ведётся расчёт водохранилищного узла

1 ВЫБОР СТВОРА ПЛОТИНЫ

 На положение створа плотины оказывают влияние различные факторы. Топографические условия определяют длину и высоту плотины. Створ пло­тины, как правило, располагают в наиболее узкой части водотока, обычно нор­мально к горизонталям, что обеспечивает минимальные объемы работ, боль­шую роль играют: инженерно-геологические и гидрологические условия, оце­ниваемые прочностными характеристиками грунтов, их напластованием и во­допроницаемостью. Створ плотины целесообразно выбирать одновременно с трассировкой водосбросного тракта. При выборе створа учитывают способ пропуска строительных расходов, наличие и возможность устройства дорожной сети, прокладку линий электропередач.

 В процессе изысканий намечают несколько створов. Створ будущей пло­тины из них выбирают с учетом перечисленных факторов и на основе ре­зультатов технико-экономического сравнения вариантов.

 Для принятого створа делают продольный профиль с фиксацией отме­ток поверхности земли на пикетах и промежуточных точках. В створе выпол­няют шурфование и бурение скважин для освещения инженерно-геологиче­ского строения основания плотины.

 При проектировании плотин учитывают и форму речных долин, в кото­рых на­блюдается два характерных участка: русловой, где протекает вода в ме­женное время, и пойменный, затапливаемый в паводок. На горных участках рек и в руслах малых водотоков поперечное сечение обычно имеет очертание, близкое к треугольному, и здесь пойменных участков нет.

 В водохранилищах, создаваемых с помощью грунтовых плотин, разли­чают три уровня поверхности воды: форсированный подпорный (ФПУ); нор­мальный подпорный (НПУ) и мертвого объема (УМО). Отметки этих уровней устанавливают с помощью водохозяйственных расчетов. Иногда форсировку уровня воды не предусматривают, тогда НПУ и ФПУ имеют одну отметку.

2 КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ

ПЛОТИНЫ

 При проектировании плотин первого и второго класса следует выпол­нять такие основные расчеты: фильтрационные; устойчивости откосов, экрана и защитного слоя; осадок тела плотины и основания; обратных фильтров, дрена­жей и переходных зон; крепление откосов на прочность от действия воды, льда и др. Для плотин третьего и четвертого классов разрешается расчеты осадок тела плотины и основания не делать. Класс грунтовых плотин устанавливается по приложениям.

 Расчеты следует выполнять для наиболее характерных поперечных сече­ний плотин и во всех случаях для основных и особых сочетаний нагрузок, в период эксплуатации и в период их возведения.

 Уклон откосов плотин необходимо назначать, исходя из условий устойчи­вости с учетом: физико-механических характеристик грунтов откосов и основания; действующих на откосы сил: фильтрационных, капиллярного дав­ления и др.; высоты плотины; условий производства работ по возведению пло­тины и ее эксплуатации.

 При предварительном назначении заложения откосов допускается пользо­вание данными аналогичных сооружений с последующей проверкой расчета устойчивости откосов.

 При наличии на верховом откосе экрана из материала, имею­щего более низкие значения коэффициента внутреннего трения и коэффициента сцепления по сравнению с грунтом основного тела плотины, заложение верхового откоса следует назначать не только с учетом обрушения откоса в целом, но и сдвига экрана по поверхности откоса.

 Для однородных плотин из песчано-глинистых грунтов при плотных грун­тах оснований рекомендуется принимать значения коэффициентов отко­сов, приведенные в таблице 2.1. Для более высоких плотин значение коэффи­циентов откосов увеличиваются через 10 м по высоте - верхового на 0,5, низо­вого на 0,25 и уточняются расчетом на устойчивость.

 На откосах через 10-15 м по высоте устраивают горизонтальные пло­щадки - бермы.

 Ширину гребня плотины назначают в соответствии с нормами проектиро­вания дорог и ожидаемым характером движения по плотине

 Таблица 2.1 - Примерные значения коэффициентов откосов грунтовых плотин

|  |  |
| --- | --- |
| Высота плотины,м | Коэффициенты откосов |
| верховой m1 | низовой m2 |
| без дренажа | с дренажем |
| 5 | 2,0 | 1.5 | 1,5 |
| 5-10 | 2,5 | 2,0 | 1,5-2,0 |
| 12-15 | 2,5-3.0 | 2.5 | 2,0-2,5 |
| 20-30 | 3,0-3,5 | 2,5-3,0 | 2,0-2.5 |

 Минимальная ширина гребня 3-4 м, при двухстороннем движении по плотине - от 6-8 до 10-12 м.

 Возвышение гребня над расчетным уровнем верхнего бьефа определя­ется по формуле:

  (2.1)

 где *hн*- высота наката ветровой волны на откос, м;

 *h* - высота ветрового на­гона воды, м а- запас плотины, принимае­мый в зависимости от класса капитальности сооружения равным 0,5-1,0 м.,

 Высоту наката волн на откос hн (м) определяют по формуле:

  (2.2)

 где *Кш* - коэффициент, зависящий от типа покрытия откосов (для глад­кого 1,0, для шероховатого 0,55);

 *m* - коэффициент верхового откоса;

 *hв*- высота волны;

 *λ* - длина волны.

 Высоту ветрового нагона ∆h (м) находят по формуле:

  (2.3)

 где *К* - коэффициент, зависящий от отношении Н /λ, принимает­ся рав­ным 6·10-3 ;

 *ω10* - расчетная скорость ветра в м/с , измеренная на высоте 10 м над уровнем водоема;

 *L* - длина разгона ветровой волны, км;

 *H* - глубина водоема, м;

 *g* - ускорение свободного падения, м/с2;

 *α* - угол между осью водоема и направлением ветра.

 Высоту волны в открытых водохранилищах (м) при длине раз­гона волны от 3 до 30 км и скоростях ветра до 15 м/с вычисляют по формуле:

  (2.4)

 где *ω* - скорость ветра, м/с;

 *L* - длина разгона волны, км.

 Длину волны *λ* (м) определяют по формуле:

  (2.5)

 Расчёт:

 Расчёт выпол­няется при следующих природно-климатических услови­ях и заданных пара­метрах проектируемого сооружения: отметка осно­вания – 95 м БС, УНБмах= 99 м БС, угол между осью водоема и направлением ветра α=15º , условия проезда но гребню плотины - автодо­рога 4-й категории, отметка НПУ = 107,5 м БС, расчетная ско­рость ветра 16 м/с, длина разгона волны *L*=3 км.

 1 Определяем длину волны по формуле 2.5:

 

 2 Определяем высоту волны по формуле 2.4:

 

 3 Определяем величину ветрового нагона по формуле 2.3:

 

 4 Определяем высоту наката волн на откос по формуле 2.2:

 

 5 Возвышение гребня над НПУ определяем по формуле 2.1:

 

 С учетом полученного расчетного возвышения гребня плотины над ФПУ назначаем отметку гребня плотины 109,542 м БС. На низовом откосе пло­тины проектируем строительство дренажной призмы. От­метка верха дренажной призмы назначается на 1 м выше УНБмах, и составляет 100 м БС. Ширина дренажной призмы по верху на­значается 6 м.

3 РАСЧЕТ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ОДНОРОДНУЮ ЗЕМЛЯНУЮ

ПЛОТИНУ С ДРЕНАЖЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ВОДЫ

В НИЖНЕМ БЬЕФЕ

 При наличии волы в нижнем бьефе для расчета поло­жения депрессион­ной кривой в теле плотины приме­няются следующие расчет­ные зависимости:

  (3.1)

  (3.2)

 где *qТ* - удельный фильтрационный расход, м3/с · м;

 *kТ* - коэффициент фильтрации тела плотины, м/сут;

 *h* - глубина фильтрационного потока, м;

 *h0* - глубина воды в нижнем бьефе, м.

 Конструкция поперечного профиля земляной пло­тины являет­ся, основой для расчёта длины проекции депрессионной кривой фильтрационного потока с ис­пользованием зависимости 3.3:

  (3.3)

 где *SД* - проекция депрессионной кривой, м;

 *bпл* - ширина гребня плотины, м;

 *Нпл* - высота плотины, м;

 *∆Д* - превышение дренажной призмы над УНБmax, м;

 Σ*bб* - сумм. ширина берм низового откоса, м.

 *m2*, *m3* - коэфф. откосов (низового, внутреннего др. призмы);

 *hД* - высота дренажной призмы.

 Глубина фильтрационного потока *hОУ* в раздельном сечении ОY определя­ется с использованием зависимостей (3.4), (3.5). Для этого приравни­ваем правые части уравнений (3.1), (3.2) и находим:

  (3.4)

 Принимаем

  (3.5)

 Обозначив подкоренное выражение через *F+*, получим . Задаваясь значением *h* не менее трех раз, вычисляем соответствующие значе­ния .

 По полученным данным строим график (рисунок 3.1), соблюдая один и тот же масштаб по оси абсцисс и ординат. Из начала координат проводим ли­нию под углом 45º, из точки пересечения ее с кривой опускаем вертикаль на ось абсцисс и находим *h* - высоту депрессионной кривой в раздельном сечении.

 Ординаты кривой депрессии вычисляем по формуле (3.6).

  (3.6)

 Расчёт:

 Построить кривую депрессии и определить удельный фильт­рационный рас­ход однородной плотины с дренажем при наличии во­ды в нижнем бьефе: ко­эффи­циент фильтрации грунта тела плотины (определяется по таблицам А.5, А.6); *kT* =0,005 м/сут; *Нпл*=14,542 м; *bпл*=10 м; *bб* =6,0 м; *hД* =5м; *m1* =3,5; *m2* =2.5; *m3* =1,5; *d0*=2,042м; *h0*=4м .

 С учётом значения высоты дренажа *hД*, заложения откоса *m3* вычисляем по формуле (3.3):

 

 Определяем глубину фильтрационного по­тока в раздельном сече­нии.

 При *h*=12м значение ;

 При *h*=8м значение ;

 При *h*=4м значение ;

 По полученным данным строим график соблю­дая один и тот же масштаб по оси абсцисс и ординат. Из начала коор­динат проводим ли­нию под углом 45°, из точки пересечения ее с кри­вой. Опускаем вертикаль на ось абс­цисс и находим *hOY* = 8,8.

 По формуле 3.2 с учётом значения *k1*, принимаемых по табли­цам А5, А6 оп­ределяем удельный фильтрационный расход

  на 1 метр ширины сооружения.

 Ординаты кривой депрессии вычисляем по формуле 3.6:

Расчёт сводим в таб­лицу 3.1. Правильность фильтрационных расчётов подтвер­дится в случае, если *x* = *S*; *у* = *h0*.

 По полученным значениям положения депрессионной кривой строится де­прес­сионная кривая на поперечном профиле плотины, (ри­сунок В.2).

 Таблица 3.1 - Расчет координат депрессионной кривой в теле земляной пло­тины

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Точки | *х*, м |  | *y2* | *y*, м |
| 1 | 0 | 0 | 77,44 | 8.8 |
| 2 | 5 | 9,5 | 67,94 | 8,2 |
| 3 | 10 | 19 | 58,44 | 7,64 |
| 4 | 15 | 28,5 | 48,94 | 6,9 |
| 5 | 20 | 38 | 39,44 | 6,28 |
| 6 | 25 | 47,5 | 29,94 | 5,47 |
| 7 | 30 | 57 | 20,44 | 4,52 |
| 8 | 32,355 | 61,47 | 15,96 | 3,99 |

4 РАСЧЕТ ОСАДКИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОЙ

ПЛОТИНЫ

 Осадка плотины складывается из осадки тела плотины и осадки грунтов основания.

 В процессе возведения плотины насыпь уплотняется до объемной массы скелета *γ*=1,6-1,7т/м3. Поэтому, считается, что дальнейшее уплотнение под дей­ствием собственного веса не происходит. Основные деформации возникают из-за уплотнения грунтов основания весом плотины. Величина этой осадки (см) определяется по формуле:

  (4.1)

 где *Т* - толщина сжимаемого основания плотины, см;

 *ε1* - коэффициент пористости грунта основания плотины в естествен­ном состоянии;

 *ε2* - коэффициент пористости грунта основания плотины после возве­дения насыпи.

  (4.2)

 где *n* - объем пор;

 *m* - объем скелета в единице объема ненарушенного грунта.

Расчёт:

 Определить величину осадки грунта основания земляной пло­тины, если по ре­зультатам геологических изысканий в основании имеют место следующие грунты:

 Грунты основания:

 1 Глина *T1*=12 м; *γ1* =2 т/м3

 Грунт тела плотины проектиру­ется выпол­нить: из супеси с объемным весом *γпл* =1 т/м3; *Нпл*=14,546 м; *bпл.гр.*=10 м; *m1* =3,5; *m2* = 2,5.

 1 Определяем напряжения в сжимаемого слоя грунта основа­ния пло­тины в естественном состоянии

 

 

 2 По компрессионным кривым (рисунок 4,1) находим средневзвешен­ный коэффициент пористости грунта основания плотины

 

 3 Определяем напряжение в точке В на поверхности сжимаемого слоя

Основания

 

 

 4 Определяется напряжение в середине сжимаемого слоя после воз­веде­ние плотины. Расчётная схема показана на рисунке В.З

 Поперечный профиль плотины делим на три фигуры: левый треуголь­ник; средняя часть - прямоугольник; правая - треугольник.

 Для левого треугольника вычисляем отношения:

 

 

 Используя таблицу 4.1 значений напряжений *σz*, выраженных в долях от ин­тенсивности нагрузки *р*, изменяющейся по треугольнику, получаем для ле­вого треугольника поперечного профиля *σzл* =0,34.

 Для правого треугольника вычисляем отношения:

 

 

 Используя таблицу 4.1 значений напряжений *σz*, выраженных в долях от ин­тенсивности нагрузки *р*, изменяющейся по треугольнику, получаем для ле­вого треугольника поперечного профиля *σzпр* =0,34.

 Для средней части профиля вычисляем отношения:

 

 

 Используя таблицу 4.12 значений напряжений *σz*, выраженных в до­лях от интенсивности и равномерно распределенной нагрузки, получаем *σz*=0,478.

 5 Определяем напряжение в точке С (на границе сжимаемого слоя), обу­словленные воздействием элементарных фигур.

 Напряжение от нагрузки левого треугольника:

 

 Напряжение от нагрузки средней части:

 

 Напряжение от нагрузки правого треугольника:

 

 6 Полное напряжение в точке С определяется, как сумма отдельных трех нагрузок от левой, правой и центральной части:

 

 7 В среднем грунте основания под гребнем плотины напряжение с уче­том первоначального напряжения (*ρнач*) будет:

 

 8 По компрессионной кривой при *ρс*=1,67 кг/см2 определяем средне­взвешенный коэффициент пористости *ε2=0,35*

 9 Величину полной осадки основания под гребнем плотины определя­ем по формуле:

 

 На основании выполненных расчетов выполняется проверка достаточно­сти высоты плотины и, при необходимости, увеличивается величина запаса вы­соты плотины.

Рисунок 4.1 - Компрессионные характеристики грунтов

 Таблица 4.1 - Значения напряжений *σz* выраженные в долях от ин­тенсивно­сти *р* изменяющейся по треугольнику.

|  |  |
| --- | --- |
|  |   |
| -1.5 | -1,6 | -0,5 | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1.0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 0,00 | 0.000 | 0,000 | 0,000 | 0.000 | 0,250 | 0,500 | 0,750 | 0,500 | 0,000 | 0,000 | 0 |
| 0,25 | - | - | 0,004 | 0.075 | 0,256 | 0,480 | 0.643 | 0,424 | 0,015 | 0,003 | - |
| 0,50 | 0,002 | 0,003 | 0,023 | 0,127 | 0,263 | 0,410 | 0,477 | 0,353 | 0,056 | 0.017 | 0,003 |
| 0,75 | 0,006 | 0,016 | 0,042 | 0,153 | 0,248 | 0,335 | 0,361 | 0,293 | 0,108 | 0,024 | 0,009 |
| 1,0 | 0,014 | 0,025 | 0,061 | 0,159 | 0,223 | 0,275 | 0.279 | 0,241 | 0,129 | 0,045 | 0,013 |
| 1,5 | 0,020 | 0,048 | 0,096 | 0,145 | 0,178 | 0,200 | 0,202 | 0,185 | 0,124 | 0,082 | 0,041 |
| 2,00 | 0.033 | 0,061 | 0,092 | 0,127 | 0.146 | 0,155 | 0,163 | 0,153 | 0,108 | 0,069 | 0,050 |
| 3,00 | 0,500 | 0.064 | 0,080 | 0,096 | 0,103 | 0,104 | 0,108 | 0,104 | 0,090 | 0,071 | 0,050 |
| 4,00 | 0,051 | 0,060 | 0,067 | 0,075 | 0,078 | 0,085 | 0,082 | 0,075 | 0,073 | 0,060 | 0,049 |
| 5,00 | 0,047 | 0,052 | 0,057 | 0,059 | 0.062 | 0.063 | 0,063 | 0,065 | 0.061 | 0.051 | 0.047 |
| 6,00 | 0,041 | 0.041 | 0,050 | 0.051 | 0,052 | 0,053 | 0.055 | 0.053 | 0,50 | 0,050 | 0,045 |

 Таблица 4.2 - Значения напряжений *σz* выраженные в долях от ин­тенсивно­сти равномерно распределённой нагрузки

|  |  |
| --- | --- |
|  |   |
| 0 | 0,25 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 |
| 0,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,25 | 0,96 | 0,90 | 0,50 | 0,02 | 0,00 | 0.00 |
| 0,50 | 0,82 | 0,74 | 0,48 | 0,08 | 0,02 | 0,00 |
| 0,75 | 0,67 | 0,61 | 0,45 | 0,15 | 0,04 | 0,00 |
| 1,00 | 0,55 | 0,51 | 0,41 | 0,19 | 0,07 | 0,02 |
| 1,25 | 0,46 | 0,44 | 0,37 | 0,20 | 0,10 | 0,03 |
| 1,50 | 0,40 | 0,38 | 0,33 | 0,21 | О.П | 0,06 |
| 1,75 | 0,35 | 0,34 | 0,30 | 0,21 | 0,11 | 0,07 |
| 2,00 | 0,31 | 0,31 | 0,28 | 0,20 | 0,13 | 0,08 |
| 3,00 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,17 | 0,135 | 0,10 |
| 4,00 | 0,16 | 0,16 | 0.15 | 0,14 | 0,12 | 0,10 |
| 5,00 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0.09 |
| 6,00 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | - |

5 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ НИЗОВОГО ОТКОСА ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

 Степень устойчивости низового откоса оценивается коэффи­циентом за­паса ус­тойчивости *kз*. В результате расчета заданного от­коса требуется найти ми­ни­мальное значение *kз* и сравнить эту вели­чину с *kз.доп*, при этом должно быть соблюдено условие *kз.минkз.доп*, где величину допускаемого коэф­фи­ци­ента за­паса *kз.доп* назначают в зависимости от класса капитальности соору­же­ния и ус­ловий работы откоса по таблице 5.1.

 Таблица 5.1 - Допускаемые коэффициенты запаса устойчиво­сти откосов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сочета­ниенагрузок ивоздей­ствий |  | Класс плотины |  |
| I | 11 | Ш | IV |
| Основ­ные | 1,30-1,25 | 1,20-1,15 | 1,15-1,10 | 1,10-1,05 |
| Особые | 1,10-1,05 | 1,10-1,05 | 1,05 | 1,05 |

 Расчёт:

 Определить коэффициент запаса устойчивости низового отко­са грунто­вой пло­тины. Грунт тела плотины - суглинок. В основании плотины присутст­вуют: супесчаный грунт мощностью 4,5 м и ниже суглинистый грунт. Конст­рукция поперечного профиля плотины ана­логична примеру раздела 2. Кри­вая депрес­сии принимается по расчет­ным данным в примере раздела 3. Класс капи­тально­сти сооружения III.

 Расчет ведется по методу круглоцилиндрической поверхности графоанали­тиче­ским способом. Вычерчивается поперечный профиль плотины при усло­вии ра­венства горизонтального и вертикального масштабов. Прово­дится ос­редненная линия низового откоса А'В'. На профиль наносится кривая депрес­сионной по­верхности фильтрацион­ного потока в теле плотины.

 Коэффициент запаса на устойчивость определяется как отно­шение суммы мо­ментов удерживающих сил к сумме моментов сдви­гающих сил:

  (5.1)

 Действующие силы определяются в следующей последова­тельности:

 1 Строится прямоугольник ДЖЖ'Д'. Для построения из средины осредненного (линия А'В') откоса (точка Б) прочерчивается вертикаль и ли­ния под углом 85º и затем, пользуясь таблицей 5.2 вы­числяются радиусы БД и БЖ и проводятся дуги ДД' и ЖЖ'.

 Таблица 5.2 - К построению кривой скольжения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэффици­ент от­коса *т* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 0,75 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 3,0 |
|  | 1.5 | 1,75 | 2,3 | 3,75 | 4,8 | 5,5 |

 БД=*k1*·*Нпл* =0, 75\*14,542=10,9 м;

 БЖ=*k2*·*Нпл* =1,75\*14,542=25,45 м.

 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.

 2 Делим массив откоса АА'В'ГА 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.

 3 Для рассматриваемой полосы *sin α* равен ее порядко­вому номеру, поде­лен­ному на 10. Для полос, расположенных от нулевой полосы влево *sin α* - поло­жи­тельны, а для полос, расположенных вправо - отри­цательны. При этом, для пер­вой и последней полос *sin α* прини­мается в зависимости от доли полосы по от­ношению к полной ее ши­рине, например, в полосе 10 *sin α*=0,3, а в по­лосе -7 *sin α*= - 0,4 .

 4 Вычисляется *cos α* формуле:

  (5.2)

 По оси полосы измеряются ее средние высоты: от поверхности отко­
са до линии депрессии для фунта плотины с естественной влажно­
стью *hес.пл*, от линии депрессии до линии основания - грунт плотины насыщен­ный водой *hнас.пл*, от линии основания - высота насыщенных водой грунтов ос­нования в пределах расчетного массива *hнас.осн 1*, *hнас.осн 2*, *hнас.осн 3*.

 6 Приведенную высоту полосы определяем по формуле:

  (5.3)

 Значения объемного веса грунта принимаются по таблицам средних значе­ний физико-механических характеристик грунтов оснований и тела пло­тины

 7 Выбор угла внутреннего трения *φ* и удельного сцепления *с* проводится также по таблицам средних значений физико-механических свойств грунтов оснований и тела плотины в зависимости от того, в какой области относительно кривой депрессии и в каком слое основания находится низ отсека полосы .

 Для настоящего распределения грунтов тела плотины и основания вы­браны характеристики, показанные в таблице 5.3.

 Каждой области с выбранными *φ* и *с* вдоль кривой скольже­ния отвечает соот­ветствующий центральный угол *βi*. Общая длина дуги кривой скольжения скла­дывается из длин участков *li*:

  (5.4)

 Таблица 5.3 - К построе­нию кривой скольжения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наимено­вание грунта | Объ­емный вес, т/м3 | Угол внут­реннего тре­ния | Удель­ное сцепление, т/м |
| *γестеств* | *γнасыщ* | *φестеств* | *φнасыщ* |
| Суглинок тела пло­тины | 1,8 | 1,11 | 26 | 19 | 3 |
| Супесь основа­ния | 1,7 | 1 | 25 | 20 | 0,3 |
| Супесь основа­ния | 1,7 | 0,94 | 27 | 22 | 0,4 |
| Суглинок осно­ва­ния | 1,8 | 1,11 | 27 | 20 | 3 |

 Расчеты по формулам 5.1 - 5.4 сводятся в таблицу 5.4. В таб­лице 5.4 также вы­полняются промежуточные расчеты с получением значений необхо­димых для окончательного вычисления коэффициен­та устойчи­вости низового откоса.

 8 К числу сил, сдвигающих низовой откос, относится сила *ΩΙ* - гид­родина­миче­ского давления определяемая площадью фильтрационного потока *Ω* в зоне опол­зающего массива и средним уклоном фильтра­цион­ного потока *Ι* в этой зоне.

  (5.5)

  (5.6)

 где ,  - параметры гра­диента фильтрационного потока в зоне спол­заю­щего массива.

 Площадь фильтрационного потока *Ω* определяется суммиро­ванием пу­тем насыщенных высот полос по полосам обрушаемого мас­сива (графы 5 - 8 таб­лицы 5.4) и умножением на ширину полосы.

 В ходе графических построений вектор силы гидро­динамиче­ского давле­ния проводится через центр тя­жести фигуры, ограничен­ной депрессион­ной кривой и кривой скольжения. Относительно цен­тра скольже­ния О опреде­ляется плечо силы *r*.

 Величину коэффициента запаса на устойчивость определяем по фор­муле 5.7:

  (5.7)

 

 Полученное значение коэффициента запаса удовлетворяет нормаль­ным усло­виям работы сооружений III класса. Однако, при выполне­нии единствен­ного расчета нельзя сделать вывод о том, будет ли по­лученное значение коэффи­циента устойчивости минимальным. В практике проектирования с до­пускае­мым значением коэффициента запаса сравнивается минимальное значе­ние *kз мин*, полученное в ре­зультате расчетов по нескольким кривым скольжения.

 Таблица 5.4 - Расчет действующих сил

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер по­лосы | *sin α* | *cos α* | *hес.пл*. | *hнас.пл*. | *hнас.осн*. *1* | *hпр* | *hпр sin α* | *hпр cos α* | *φ* | *tgφ* | *hпр cos α tgφ* | *c* | *l* | *cl*, m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 10 | 0,3 | 0,94 | 2,2 | - | - | 2,2 | 0,66 | 2,068 | 30 | 0,57 | 1,18 | 1 | 7.36 | 7,36 |
| 9 | 0,9 | 0,436 | 6,6 | 0 | 0 | 6,6 | 5,94 | 2,9 | 30 | 0,57 | 1,65 |
| 8 | 0,8 | 0,6 | 7 | 4,2 | 0 | 9,1 | 7,28 | 5,46 | 20 | 0,36 | 1,97 | 0,5 | 17,39 | 8,695 |
| 7 | 0,7 | 0,714 | 6,2 | 7,2 | 0 | 9.8 | 6,86 | 6,9 | 20 | 0,36 | 2,48 |
| 6 | 0,6 | 0,8 | 5,4 | 6,6 | 3 | 10,2 | 6,12 | 8,16 | 15 | 0,27 | 2,2 | 3 | 64,8 | 194,4 |
| 5 | 0,5 | 0,866 | 5,2 | 6,2 | 4,8 | 10,7 | 5,35 | 9,3 | 15 | 0,27 | 2,5 | 3 | 64,8 | 194,4 |
| 4 | 0,4 | 0,917 | 4 | 6 | 6,4 | 10,2 | 4,08 | 9,36 | 15 | 0,27 | 2,53 | 3 | 64,8 | 194,4 |
| 3 | 0,3 | 0,954 | 3,4 | 4,4 | 7,4 | 9,3 | 2,79 | 8,97 | 15 | 0,27 | 2,42 | 3 | 64,8 | 194,4 |
| 2 | 0,2 | 0,980 | 2,8 | 4,8 | 8,4 | 9,4 | 1,88 | 9,2 | 15 | 0,27 | 2,48 | 3 | 64,8 | 194,4 |
| 1 | 0,1 | 0,995 | 2,2 | 4,2 | 8,8 | 8,7 | 0,87 | 8,7 | 15 | 0,27 | 2,35 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 9 | 4,5 | 0 | 4,5 | 15 | 0,27 | 1,2 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -1 | -0,1 | 0,995 | 0 | 0 | 8,8 | 4,4 | -0,44 | 4,38 | 15 | 0,27 | 1,18 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -2 | -0,2 | 0,980 | 0 | 0 | 8,4 | 4,2 | -0,84 | 4,12 | 15 | 0,27 | 1,11 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -3 | -0,3 | 0,954 | 0 | 0 | 7,4 | 3,7 | -1,11 | 3,53 | 15 | 0,27 | 0,95 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -4 | -0,4 | 0,917 | 0 | 0 | 6,4 | 3,2 | -1,28 | 2,93 | 15 | 0,27 | 0,79 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -5 | -0,5 | 0,866 | 0 | 0 | 4,8 | 2,4 | -1,2 | 2,08 | 15 | 0,27 | 0,56 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -6 | -0,6 | 0,8 | 0 | 0 | 3 | 1,5 | -0,9 | 1,2 | 15 | 0,27 | 0,33 | 3 | 64,8 | 194,8 |
| -7 | -0,7 | 0,9 | 0 | 0 | 2 | 1 | -0,4 | 0,9 | 15 | 0,27 | 0,22 | 3 | 64,8 | 194,8 |

*∑hнас.пл=43,6 ∑ hнас.осн*. и *пл.=132,2 ∑ l=89,55*

*∑ hнас.осн*. *1=88,6 ∑ hпр cos α tgφ=28,1*

*∑ hпр sin α=35,66 ∑ cl=210,455*

6 ТРУБЧАТО-КОВШОВЫЙ ВОДОСБРОС

 Трубчато-ковшовый водосброс состоит из входной части, напорных труб и устройства гашения энергии в нижнем бьефе. Рекомендуется проектировать при *Q*=20 - 30 м3/с.

 Входная часть представляет собой водослив практического профиля боль­шой ширины с подходом с торца и с боков. Если верх водо­слива находится на отметке нормального подпорного уровня, то со­оружение работает как во­дос­брос автоматического действия.

 За водосливным порогом устраивают ковш, в нижней части которого раз­ме­щаются входные отверстия труб.

 Для водосброса обычно применяют железобетонные или асбестоцемент­ные трубы. Трубы укладывают на подготовку из тощего бе­тона толщиной 0,2 - 0,4 м. Для предупреждения сосредоточенной фильтрации вокруг труб укладывают глину или глинобетон.

 Водосброс трассируется по пойме водотока (не по насыпному грунту пло­тины).

 Гидравлический расчет сводится к определению ширины водослива, потерь напора в трубах и определению размеров водобойного колодца.

 Ширина водослива:

  (7.1)

 где с - коэффициент подтопления (рисунок 7.1);

 *т* - коэффициент расхода;

 *Н1*, - напор на пороге водослива.

 Коэффициент подтопления  определяется в зависимости от отношения:

 

 где *hn* - высота подтопления;

 *Н0* - напор на водосливе с учётом скорости подхода.

 Общая ширина водослива складывается из торцевой и боковых частей водослива. Ширина торцевой части должна быть больше или равна входному фронту раструба ковша водосброса.

Рисунок 7.1 - График для определения коэффициента подтопления

 Задаваясь количеством труб и их размерами, определяют скорость в трубах:

 

 Полные потери напора определяются по зависимости:

  (7.2)

 Коэффициент сопротивления на входе определяется с учетом скорости в трубе *υ*:

 

 где *υвх*- средняя скорость во входном сечении, м/с

 При острых кромках =0,5; при плавном входе =0,2; при очень плавном =0,05.

 Коэффициент сопротивления на выходе из водовода в нижний бьеф опреде­ляют по зависимости:

  (7.4)

 где *ω1* - площадь по­тока в трубе, м2;

 *ω2* - площадь выходного сечения (площадь живого сечения потока в водо­бой­ном колодце при выходе), м2.

 Коэффициент сопротивления по длине:

 Для круглых труб

  (7.5)

 Для прямоугольных труб

  (7.6)

 Значение коэффициента сопротивления по длине *λ* определяют по таб­лице 7.1 в зависимости от *п* и *d*. Значение коэффициента ше­роховатости прини­мают по данным.

 Если полные потери равны напору на сооружении, то сечение труб доста­точно для пропуска расчётного расхода. Если суммарные потери напора зна­чительно меньше напора на сооружении, то необхо­димо уменьшать расчет­ный диаметр труб водовода.

 В конце трубопровода устраивают гаситель энергии - водобой­ный коло­дец или водобойную стенку.

 Таблица 7.1 - Значения коэффициента *λ* для круглых труб

|  |  |
| --- | --- |
| *d*, м | Коэффициент шероховатости *п* |
| 0,01 | 0,012 | 0,013 | 0,014 | 0,015 |
| 0,20 | 0,021 | 0,026 | 0,033 | 0,039 | 0,050 |
| 0,30 | 0,019 | 0,024 | 0,029 | 0,035 | 0,044 |
| 0,40 | 0,017 | 0,022 | 0,026 | 0,033 | 0,039 |
| 0,50 | 0,016 | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,036 |
| 0,60 | 0,016 | 0,019 | 0,024 | 0,028 | 0,034 |
| 0,70 | 0,015 | 0,019 | 0,023 | 0,027 | 0,032 |
| 0,80 | 0,015 | 0,018 | 0,022 | 0,026 | 0,031 |
| 0,90 | 0,014 | 0,017 | 0,021 | 0,025 | 0,029 |
| 1,00 | 0,013 | 0,017 | 0,02 | 0,023 | 0,028 |
| 1,20 | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,022 | 0,026 |
| 1,50 | 0,012 | 0,015 | 0,018 | 0,021 | 0,025 |
| 2,00 | 0,011 | 0,014 | 0,016 | 0,019 | 0,022 |
| 2,50 | 0,011 | 0,013 | 0,015 | 0,018 | 0,021 |
| 3,00 | 0,010 | 0,012 | 0,014 | 0,017 | 0,020 |

 Расчёт:

 Q= 22м3/с; Н1 = 1 м ; НПУ = 107,5 м; ; УНБ =99 м;

 ФПУ = 108,5 м; nтруб= 0,013; (n=0.О125, n=0.012-0.018); l=110 м.

 В период сброса паводка принимаем, что водослив подтоплен. Уровень воды в ковше на 0,25 м выше порога водослива hп=0,25м разность уровней в конце и НБ составляет:

 

 Определяем ширину водослива:

 находим 

 по графику (рис. 7.1) *σn* =0,96, *т*=0,42 как для трапецеидального водослива, формула (7.1).

 

 Принимаем две трубы водосброса диаметром 1м (2м - второй расчетный случай), тогда площадь живого сечения в трубах равна:

 

 и 6,28 м2 - при диаметре 2 м

 Определяем скорость в трубах:

 

  - при диаметре 2 м

 Предельно допустимые скорости в напорных водоводах опреде­ляется в зави­симости от диаметра, *d*=1 допускаемая скорость 17 - 32 м/с.

 Вход в трубу выполняем в виде раструба *d*=4. Площадь входно­го рас­труба составляет 12,56 м2 или 25,12 м2 для 2-х раструбов.

 Скорость на входе в раструб будет:

 

 Зная скорости, определяем коэффициент сопротивления на входе:

 - при диаметре труб 1 м

 - при диаметре труб 2 м

 Ширину водо­бой­ного колодца назначаем конструктивно с уче­том ши­рины выходного фронта водовода - 5 м. Глубина водобойного колодца при­ни­мается конструктивно из условия затопления выходно­го сечения - 2,5 м.

 Определяем коэффициент сопротивления на выходе в НБ:

 - при диаметре труб 1 м

 - при диаметре труб 2 м

 Определяем коэффициент сопротивления по длине трубопровода

 - при диаметре труб 1 м

 - при диаметре труб 2 м

 Коэффициент сопротивления на поворотах трубопровода опре­деляем *ςпов*=0,1 м, два поворота *ςпов*=0,2 м.

Определяем полные потери напора:

  - при

диаметре труб 1 м

  - при

диаметре труб 2 м

 Общий напор на водосбросном сооружении составляет 8,5 м, т.е. усло­вие ра­венства потерь напора в водосбросе дейст­вующему на­пору не вы­полняется ни в одном из расчетных случаев. Необходимо подобрать диаметр труб водосброса в диа­пазоне 1 - 2 м и повторить расчет.

 Так как при диаметрах трубопроводы 1 и 2 метра условие  не выполняется, произведём расчёт для труб диаметром 1,5 м

 

 Определяем скорость в трубах:

 

 Вход в трубу выполняем в виде рас­труба *d*=3,7. Площадь входно­го рас­труба со­ставляет 14,13 м2 или 28,26 м2 для 2-х растру­бов.

 Скорость на входе в раструб будет:

 

 Зная скорости, определяем коэффициент сопротивления на входе

 

 Ширину водобойного колодца назначаем конструк­тивно с уче­том ширины выходного фронта водовода – 6,4 м. Глубина водобойного колодца принима­ется кон­структивно из условия затопления выходно­го сечения – 3,2 м.

 Определяем коэффициент сопротивления на выходе в НБ:

 

 Определяем коэффициент сопротивления по длине трубопровода:

 

 Коэффициент сопротивления на поворотах трубопровода опре­деляем *ςпов*=0,1 м, два поворота *ςпов*=0,2 м.

 Определяем полные потери напора:

 

 Общий напор на водосбросном сооружении составляет 8,5 м, следовательно подбираем другой диаметр, d=1.7:



 Определяем скорость в трубах:

 

 Вход в трубу выполняем в виде рас­труба *d*=3,7. Площадь входно­го рас­труба со­ставляет 14,13 м2 или 28,26 м2 для 2-х растру­бов.

 Скорость на входе в раструб будет:

 

 Зная скорости, определяем коэффициент сопротивления на входе

 

 Ширину водобойного колодца назначаем конструк­тивно с уче­том ширины выходного фронта водовода – 6,4 м. Глубина водобойного колодца принима­ется кон­структивно из условия затопления выходно­го сечения – 3,2 м.

 Определяем коэффициент сопротивления на выходе в НБ:

 

 Определяем коэффициент сопротивления по длине трубопровода:

 

 Коэффициент сопротивления на поворотах трубопровода опре­деляем *ςпов*=0,1 м, два поворота *ςпов*=0,2 м.

 Определяем полные потери напора:

 

 Потери на­пора в водосбросе близки по величине действующему напо­ру. Следо­вательно, для строительства во­до­сбросного сооружения могут быть применены трубы с внутренним диа­метром близким к 1,7 м. Оконча­тельно внутренний диаметр принимается по сорта­менту выпус­каемых труб.

7 ВОДОСПУСКИ. ВОДОВЬШУСКИ

 Водоспускные сооружения устраиваются для полного или час­тичного опо­рож­нения водохранилища при ремонте плотины со сторо­ны верхнего бьефа, для промывки наносов, а также для освежения во­ды в рыбоводных прудах. Во­до­спускные сооружения устраиваются для пропуска небольших расходов из стальных, или чугунных рас­трубных и железобетонных труб, работающих как напорные.

 Трубы водоспуска располагают непосредственно в основании плотины в наи­более пониженной части тальвега или вблизи него. Что­бы обеспечить проч­ность труб при осадке плотины и избежать фильт­рации вдоль труб уст­раивают диафрагмы, располагая их в местах сты­ков отдельных звеньев труб. Вокруг труб укладывают слой глины или глинобетона.

 Для забора воды из водохранилища при плотинах устраивают водовы­пуски, при помощи которых вода подается в оросительные, обводнительные или де­ривационные каналы. Конструкция водовыпуска должна обеспечивать бес­пе­ребойную подачу воды и удобное обслуживание сооружения.

 Трубы укладывают на подготовку из тощего бетона толщиной 30 - 40 см. Пе­ред засыпкой грунтом наружные поверхности всех эле­ментов сооружений покры­вают горячим битумом и опесковывают.

 При расположении труб, в теле плотины вдоль их наружной поверхности мо­жет возникнуть фильтрация. Для предотвращения это­го трубу сверху и с бо­ков обкладывают мятой глиной или тяжелым суглинком, слоем не менее 0,5 м.

 Для гашения энергии потока на выходе из труб водоспусков и водовыпус­ков устраивают водобойные колодцы или другие гасители энергии. При расходах до 4 м3/с могут быть конструктивно назначена глубина колодца 0,3 - 0,5 м и длина 3 - 8 м.

 Диаметр трубчатого водовыпуска или водовыпуска при подто­пленном вы­ход­ном отверстии определяют из формулы:

  (9.1)

 где *μ* - коэффициент расхода, принимаемый в пределах 0,4 - 0,6;

 *ω* - пло­щадь по­пе­речного сечения трубы, м;

 *z* - разность отметок уровней верхнего и ниж­него бьефов.

 Коэффициент расхода определяется по формуле:

  (9.2)

 где Σ*ς* - сумма коэффициентов всех местных сопротивлений;

 *λ* - коэффициент сопротивления трубопровода по длине;

 *l* - длина трубопровода;

 *R* - гидравли­че­ский радиус.

 Пример

 Определить диаметр трубы водовыпуска. Расчетный расход *Q*=2.22 м3/с. Вы­ход­ное отверстие подтопленное. Отметка НПУ=107.5 м БС. Отметка дна отводящего канала -104,08 м БС. Длина трубо­провода водовы­пуска в основании плотины составляет *l*=42,77 м, hк=1,55 м, z= 8,5 м.

 Задаемся предварительно коэффициентом расхода *μ*=0,05.

 Определяем пло­щадь поперечного сечения трубопровода:

 

 

 

 где *ςвх* - коэффициент сопротивления на входе в трубопровод, принима­ется 0,2;

 *ςреш* - коэффициент сопротивления сороудерживающей решетки, принимается 0,3;

 *ςзатв* - коэффициент сопротивления затвора трубопровода, принимается 0,2;

 *ςвых* - коэффициент сопротивления на выходе в нижний бьеф, принимается 1.

 

 Определяем гидравлический радиус:

 

 

 Определяем коэффициент расхода по формуле (9.2):

 

 Принятое предварительное и расчетное значение коэффициента расхода имеют значительное расхождение.

 Задаемся предварительно коэффициентом расхода *μ*=0,55 и выполняем по­вторный расчет.

 

 

 Определяем гидравлический радиус:

 

 

 Определяем коэффициент расхода:

 

 Окончательный диаметр трубопровода принимается близко к рас­чет­ному с учетом параметров типоразмеров труб, указанных в ГОСТ 10704 - 91 и ГОСТ 12586,1 - 83.

 Для гашения энергии потока в конце трубы устанавливают во­добойный ко­лодец.

 В соответствии с ГОСТ 10704 - 91 «Трубы стальные электросварные прямо­шов­ные» выбираем трубу с внешним диаметром 1020 мм, тол­щенной стенок 10 мм, вес одного погонного метра 249,08 кг. Длинна одной трубы 6 м из стали марки СтЗсп.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

 1 Проектирование гидротехнических сооружений / Волков И.М. Коно­ненко П.Ф., Федичкин И.К. и др.: Учебник и учебное пособие для высш. с.-х. учеб. за­ведений - М.: Колос, 1977. - 384 с.

 2 Справочник по гидравлическим расчетам /Под ред. П.Г. Кисе­лева. - М.: Энергия, 1974. - 313 с.

 3 Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооруже­ниям / Под ред. В.С. Лапшенкова - М.: Агропромиздат, 1989 - 448 с.