

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет водохозяйственного строительства и мелиорации
Кафедра строительства и эксплуатации водохозяйственных
объектов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проектированию водохранилищного гидроузла

(Для очного и заочного обучения бакалавров по направлению
подготовки 280100.62 «природообустройство
и водопользование»)

Краснодар 2011

Рекомендовано методической комиссией факультета
Водохозяйственного строительства и мелиорации КубГАУ

Составили:

В.Т. Островский,
Н.В. Островский,
Л.Б. Зотова.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Выбор створа плотины	5
2 Конструирование поперечного профиля плотины	6
3 Расчет фильтрации через однородную грунтовую. плотины с дренажем при наличии воды в нижнем бьефе	10
4 Расчет осадки грунтов основания грунтовой плотины	14
5 Расчет устойчивости низового откоса грунтовой плотины	21
6 Траншейный водосброс	28
7 Трубчато-ковшовый водосброс	33
8 Шахтный водосброс	41
9 Водоспуски. Водовыпуски	47
10 Список использованных источников	51
11 Приложения	52

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по курсу «Гидротехнические сооружения» студентами очного и заочного отделений специальностей 280401.65, 280301.65. Методические указания содержат необходимые теоретические и справочные материалы по девяти разделам курсового проекта. Последовательное выполнение каждого раздела закрепляет у студентов навыки проектирования параметров и оценки устойчивости грунтовых плотин и комплекса водопропускных сооружений в составе водохранилищного гидроузла. Наличие примеров выполнения расчетов и графической части значительно облегчает усвоение материала и сокращает время выполнения курсового проекта.

Водохранилищные гидроузлы является одним из основных звеньев в составе водохозяйственного комплекса. Водохранилища обеспечивают накопление и распределение водных ресурсов между потребителями. Основными потребителями являются: мелиорация, водоснабжение, рыбное хозяйство, судоходство и др.

Выполнение курсового проекта предполагает использование студентами знаний, накопленных при изучении курсов общетехнических дисциплин.

Данные методические указания рекомендуется использовать в дипломном проектировании.

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 таблицам А.1, А.2.

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 значения 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 А.3)

Таблица 2.1 – Примерные значения коэффициентов откосов грунтовых плотин

Высота плотины, м	Коэффициенты откосов		
	верховой m_1	низовой m_2	
		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:

$$d_0 = h_n + \Delta h + a \quad (2.1)$$

h_n – высота наката ветровой волны на откос, м;

h – высота ветрового нагона воды, м

a – запас плотины, принимаемый в зависимости от класса капитальности сооружения равным 0,5-1,0 м., таблица А.4

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

$$h_n = \frac{2K_{ш}}{m} h_в \sqrt{\frac{\lambda}{h_в}} \quad (2.2)$$

$K_{ш}$ – коэффициент, зависящий от типа покрытия откосов (для гладкого 1,0, для шероховатого 0,55);

m – коэффициент верхового откоса;

$h_в$ – высота волны;

λ – длина волны.

Высоту ветрового нагона Δh (м) находят по формуле:

$$\Delta h = K \frac{\omega_{10}^2 L}{3gH} \cos \alpha \quad (2.3)$$

K – коэффициент, зависящий от отношения H / λ , принимается равным 6×10^{-3} ;

ω_{10} – 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:

$$h_g = 0,0208\omega^{5/4}L^{1/3} \quad (2.4)$$

ω - скорость ветра, м/с;
 L – длина разгона волны, км.
 Длину волны λ (м) определяют по формуле:

$$\lambda = 0,304\omega L^{1/2} \quad (2.5)$$

Пример

Расчёта параметров поперечного профиля земляной плотины. Расчёт выполняется при следующих природно-климатических условиях и заданных параметрах проектируемого сооружения: отметка основания – 100 м БС, УНБмах = 104 м БС, угол между осью водоема и направлением ветра $\alpha = 5^0$, условия проезда по гребню плотины – автодорога 3-й категории, отметка НПУ = 127 м БС, расчетная скорость ветра 15 м/с, длина разгона волны $L=20$ км.

1 Определяем длину волны по формуле 2.5:

$$\lambda = 0,304 \times 15 \times 20^{1/2} = 20,4 \text{ м}$$

2 Определяем высоту волны по формуле 2.4:

$$h_g = 0,0208 \times 15^{5/4} \times 20^{1/3} = 1,67 \text{ м}$$

3 Определяем величину ветрового нагона по формуле 2.3:

$$\Delta h = 0,006 \times \frac{15^2 \times 20}{3 \times 9,81 \times 27} \cos 5 = 0,03 \text{ м}$$

4 Определяем высоту наката волн на откос по формуле 2.2:

$$h_n = \frac{2 \times 0,55}{3} \times 1,67 \sqrt{\frac{20,4}{1,67}} = 2,14 \text{ м}$$

5 Возвышение гребня над НПУ определяем по формуле 2.1:

$$d_0 = 2,14 + 0,03 + a = 3 \text{ м}$$

С учетом полученного расчетного возвышения гребня плотины над НПУ назначаем отметку гребня плотины 130 м БС. Для обеспечения устойчивости верхового откоса через 10 м по высоте проектируем строительство двух берм шириной 10 м на отметке 110 м БС и 120 м БС. На низовом откосе плотины проектируем строительство одной бермы шириной 6 м на отметке 120 м БС и дренажной призмы. Отметка верха дренажной призмы назначается на 1 м выше $УНБ_{\max}$ и составляет 105 м БС. Ширина дренажной призмы по верху назначается 6 метров.

Расчётный поперечный профиль грунтовой плотины показан на рисунке В.1

3 РАСЧЁТ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ОДНОРОДНУЮ ЗЕМЛЯНУЮ ПЛОТИНУ С ДРЕНАЖЁМ ПРИ НАЛИЧИИ ВОДЫ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ

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

$$\frac{q_T}{k_T} = \frac{H_{nl} - d_0 - h}{m_1} 2.3 \lg \frac{H_{nl}}{H_{nl} - h} \quad (3.1)$$

$$\frac{q_T}{k_T} = \frac{h^2 - h_0^2}{2S_D} \quad (3.2)$$

q_T - удельный фильтрационный расход, м³/с×м;

k_T - коэффициент фильтрации тела плотины, м/сут;

h - глубина фильтрационного потока, м.

h_0 - 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.

$$S_D = b_{nl} + \left(H_{nl} - h_D \right) m_2 - \Delta_D m_3 + \sum b_o \quad (3.3)$$

S_D - проекция депрессионной кривой, м;

b_{nl} - ширина гребня плотины, м;

H_{nl} - высота плотины, м;

Δ_D - превышение дренажной призмы над УНБ_{макс}, м;

$\sum b_o$ - сумм. ширина берм низового откоса, м.

m_2, m_3 - коэфф. откосов (низового, внутреннего др. призмы).

h_D - высота дренажной призмы.

Глубина фильтрационного потока h_{OY} в раздельном сечении OY определяется с использованием зависимостей (3.4) (3.5). Для этого приравняем правые части уравнений (3.1), (3.2) и находим

$$h = \sqrt{\frac{2S_D}{m_1} \left(H_{nl} - d_0 - h \right) \cdot 3 \lg \frac{H_{nl}}{H_{nl} - h} + h_0^2} \quad (3.4)$$

принимая

$$\frac{2S_D}{m_1} \left(H_{nl} - d_0 - h \right) \cdot 3 \lg \frac{H_{nl}}{H_{nl} - h} = F \quad (3.5)$$

Обозначив подкоренное выражение через $F + h_0^2$, получим $h = \sqrt{F + h_0^2}$. Задавая значение h не менее трех раз, вычисляем соответствующие значения $\sqrt{F + h_0^2}$.

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 45° , 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.

$$y^2 = h_{oy}^2 - \frac{2q_T}{k_T} x \quad (3.6)$$

Пример

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) $k_T = 0.005 \frac{м}{сут}$; $H_{nl} = 30,0 м$; $b_{nl} = 12,0 м$; $b_o = 6,0 м$; $h_D = 5 м$; $m_1 = 3,0$; $m_2 = 2,0$; $m_3 = 1,0$; $m_4 = 2$; $d_0 = 3 м$; $h_0 = 4 м$.

С учётом значения высоты дренажа h_D , заложения откоса m_3 вычисляем

$$\text{Вычисляем } S_d = 12 + (0 - 5) \cdot 2 \cdot 0 - 1,0 \cdot 1,0 + 6 = 67,0 \text{ м}$$

Определяем глубину фильтрационного потока в раздельном сечении.

$$\text{При } h = 10 \text{ м значение } \sqrt{F + h_0^2} = 17,99 \text{ м};$$

$$h_{10} = \sqrt{\frac{2 \cdot 67}{3} (0 - 3 - 10) \cdot 3 \lg \frac{30}{30 - 10} + 4^2} = 17,99 \text{ м}$$

При $h = 15 \text{ м}$ значение $\sqrt{F + h_0^2} = 19,68 \text{ м}$; При $h = 20 \text{ м}$ значение $\sqrt{F + h_0^2} = 15,2 \text{ м}$;

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 45° , из точки пересечения ее с кривой. Опускаем вертикаль на ось абсцисс и находим $h_{0Y} = 19,27 \text{ м}$.

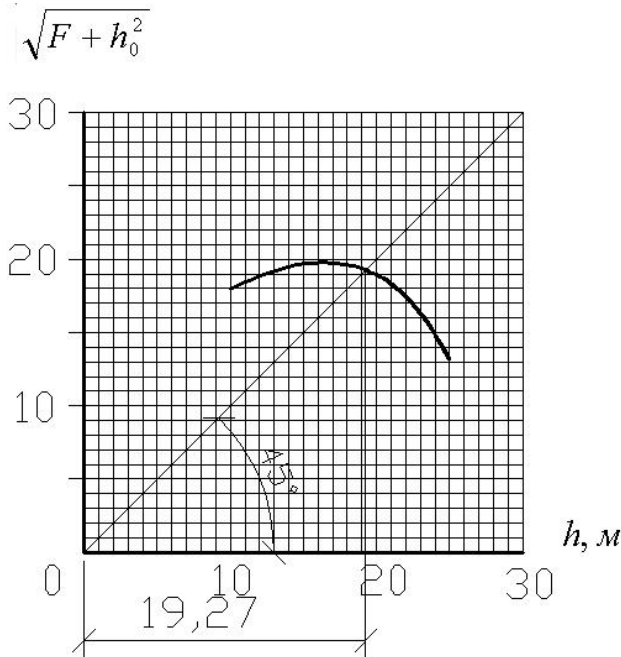


Рисунок 3.1

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

$$q_T = \frac{h_{oy}^2 - h_0^2}{2S_D} \cdot k_T = \frac{9,27^2 - 4^2}{2 \cdot 67} \cdot 0,005 = 0,013258 \text{ м}^3/\text{сут} \text{ на 1 метр}$$

ширины сооружения.

Ординаты кривой депрессии вычисляем по формуле 3.6: Расчёт сводим в таблицу 3.1. Правильность фильтрационных расчётов подтвердится в случае, если $x = S_D$; $y = h_0$.

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	x , м	$(2q_T/k_T)x$	y^2	y , м
1	0	0	371,3329	19,27
2	15	79,545	291,7879	17,08
3	30	159,09	212,2429	14,57
4	45	238,635	132,6979	11,52
5	60	318,18	53,1529	7,29
6	67	355,301	16,0319	4,00

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 $\gamma = 1,6 - 1,7 \text{ т} / \text{м}^3$. 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

$$S = T \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1}, \quad (4.1)$$

T – толщина сжимаемого основания плотины, см;

ε_1 - коэффициент пористости грунта основания плотины в естественном состоянии;

ε_2 - коэффициент пористости грунта основания плотины после возведения насыпи.

$$\varepsilon = \frac{n}{m}, \quad (4.2)$$

n – объем пор;

m – объем скелета в единице объема ненарушенного грунта.

Пример

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

Грунты основания:

1 Супесь $T_1 = 0,5 \text{ м} ; \gamma_1 = 1,6 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$

2 Супесь $T_2 = 4 \text{ м} ; \gamma_2 = 1,9 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$

3 Суглинок $T_3 = 8,0\text{м}; \gamma_3 = 1,88\text{м}/\text{м}^3$

Мощность сжимаемого грунта основания $T_1 + T_2 + T_3 = 12,5\text{м}$.

Ниже грунт практически несжимаем.

Грунт тела плотины проектируется выполнить из суглинка с
объемным весом $\gamma_{\text{пл}} = 1,89\text{м}/\text{м}^3$.

$H_{\text{пл}} = 30\text{м}, b_{\text{пл.сп.}} = 12\text{м}, m_1 = 3, m_2 = 2$

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

$$\rho_{\text{нач}} = \gamma_{\text{ср.эв}} \frac{T}{2}$$

$$\gamma_{\text{ср.эв}} = \frac{\gamma_1 \cdot T_1 + \gamma_2 \cdot T_2 + \gamma_3 \cdot T_3}{T_1 + T_2 + T_3},$$

$$\gamma_{\text{ср.эв}} = \frac{1,6 \cdot 0,5 + 1,9 \cdot 4 + 1,88 \cdot 8}{T_1 + T_2 + T_3} = 1,875\text{м}/\text{м}^3$$

$$\rho_{\text{нач}} = 1,875 \cdot 6,25 = 11,72\text{м}/\text{м}^2 = 114,973\text{кН}/\text{м}^2 = 11,72 \cdot 0,1 = 1,172\text{кз}/\text{см}^2$$

2 По компрессионным кривым (рисунок 4.1) находим средневзвешенный коэффициент пористости грунта основания плотины

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_{1\text{сул}}(T_1 + T_2) + \varepsilon_{1\text{суэ}}T_3}{T_1 + T_2 + T_3} = \frac{0,77 \cdot 4,5 + 0,68 \cdot 8}{12,5} = 0,71$$

3 Определяем напряжение в точке В на поверхности сжимаемого слоя основания

$$\rho_B = \gamma_{\text{пл}} \cdot H_{\text{пл}},$$

$$\rho_B = \gamma_{\text{пл}} \cdot H_{\text{пл}} = 1,89 \cdot 30 = 56,7\text{м}/\text{м}^2 = 5,67\text{кз}/\text{см}^2$$

4 Определяется напряжение в середине сжимаемого слоя после возведение плотины. Расчётная схема показана на рисунке В.3

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

Для левого треугольника вычисляем отношения

$$\begin{aligned} Z/b &= \frac{T}{m_1 H_{nl} + b_{\delta} n_{\delta}} = \frac{12,5}{3 \cdot 30 + 10 \cdot 2} = 0,111 \\ y/b &= \frac{m_1 H_{nl} + b_{\delta} n_{\delta} + b_{nl}/2}{m_1 H_{nl} + b_{\delta} n_{\delta}} = \frac{3 \cdot 30 + 10 \cdot 2 + 12/2}{3 \cdot 30 + 10 \cdot 2} = 1,055 \end{aligned}$$

Используя таблицу 4.1 значений напряжений σ_z , выраженных в долях от интенсивности нагрузки p , изменяющейся по треугольнику, получаем для левого треугольника поперечного профиля $\sigma_{z1} = 0,416$.

Для правого треугольника вычисляем отношения

$$\begin{aligned} Z/b &= \frac{T}{m_2 H_{nl} + b_{\delta} \cdot n_{\delta} + b_{op}} = \frac{12,5}{2 \cdot 30 + 6 \cdot 1 + 6} = 0,17 \\ y/b &= \frac{m_2 H_{nl} + b_{\delta} \cdot n_{\delta} + b_{op} + b_{nl}/2}{m_2 H_{nl} + b_{\delta} \cdot n_{\delta} + b_{op}} = \frac{2 \cdot 30 + 6 \cdot 1 + 6 + 12/2}{2 \cdot 30 + 6 \cdot 1 + 6} = 1,08 \end{aligned}$$

Используя таблицу 4.1 значений напряжений σ_z , выраженных в долях от интенсивности нагрузки p , изменяющейся по треугольнику, получаем для левого треугольника поперечного профиля $\sigma_{znp} = 0,378$

Для средней части профиля вычисляем отношения

$$\begin{aligned} Z/b &= \frac{T}{b_{nl}} = \frac{12,5}{12} = 1,04 \\ y/b &= \frac{0}{12} = 0 \end{aligned}$$

Используя таблицу 4.12 значений напряжений σ_z , выраженных в долях от интенсивности равномерно распределенной нагрузки, получаем $\sigma_z = 0,536$.

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

Напряжение от нагрузки левого треугольника:

$$\rho_1 = \sigma_z \rho_6 = 0,416 \cdot 5,67 = 2,325 \text{ к}^2 / \text{см}^2$$

Напряжение от нагрузки средней части:

$$\rho_2 = \sigma_z \rho_6 = 0,536 \cdot 5,67 = 3,039 \text{ к}^2 / \text{см}^2$$

Напряжение от нагрузки правого треугольника:

$$\rho_3 = \sigma_z \rho_6 = 0,378 \cdot 5,67 = 2,143 \text{ к}^2 / \text{см}^2$$

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

$$\rho_C = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 = 7,507 \text{ к}^2 / \text{см}^2 = 736,4 \text{ кН} / \text{м}^2 = 75,07 \text{ т} / \text{м}^2$$

7 В среднем в грунте основания под гребнем плотины напряжение с учётом первоначального напряжения ($\rho_{нач}$) будет

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_6 + \rho_c}{2} + \rho_{нач},$$

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_6 + \rho_c}{2} + \rho_{нач} = \frac{5,67 + 7,507}{2} + 1,172 = 7,761 \text{ к}^2 / \text{см}^2$$

8 По компрессионной кривой при $\rho = \rho_{cp} = 7,761 \text{ к}^2 / \text{см}^2$ определяем средневзвешенный коэффициент пористости ε_2 :

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_{2сун}(T_1 + T_2) + \varepsilon_{2суг}T_3}{T_1 + T_2 + T_3} = \frac{0,51 \cdot 4,5 + 0,31 \cdot 8}{12,5} = 0,38$$

9 Величину полной осадки основания под гребнем плотины определяем по формуле

$$S = T \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} = 1250 \frac{0,71 - 0,38}{1 + 0,71} = 1250 \cdot 0,193 = 241 \text{ см}$$

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

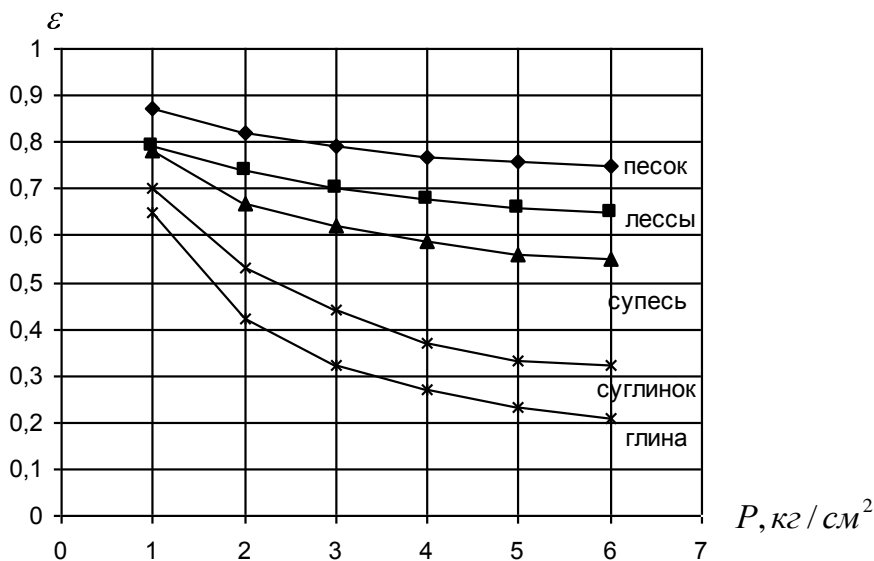


Рисунок 4.1 – Компрессионные характеристики грунтов

Таблица 4.1 – Значения напряжений σ_z выраженные в долях от интенсивности p изменяющейся по треугольнику.

z/b	y/b										
	-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	0,0757	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	0,053	0,053	0,50	0,050	0,045

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

z/b	y/b					
	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	0,11	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 k_3 . В результате расчета заданного откоса требуется найти минимальное значение k_3 и сравнить эту величину с $(k_3)_{доп}$, при этом должно быть соблюдено условие $(k_3)_{мин} \geq (k_3)_{доп}$, где величину допускаемого коэффициента запаса $(k_3)_{доп}$ назначают в зависимости от класса капитальности сооружения и условий работы откоса по таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Допускаемые коэффициенты запаса устойчивости откосов

Сочетание нагрузок и воздействий	Класс плотины			
	I	II	III	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

Пример

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:

$$k_3 = \frac{\sum M_{y\delta}}{\sum M_{сов}} \quad (5.1)$$

Действующие силы определяются в следующей последовательности:

1 Строится прямоугольник ДЖЖ'Д' (рисунок В.4). Для построения из середины осредненного (линия А'В') откоса (точка Б) прочерчивается вертикаль и линия под углом 85° 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 m	1	2	3	4	5	6
$\frac{БД}{H_{пл}} = k_1$	0,75	0,75	1,0	1,5	2,2	3,0
$\frac{БЖ}{H_{пл}} = k_2$	1,5	1,75	2,3	3,75	4,8	5,5

$$БД = k_1 * H_{пл} = 0,75 * 30 = 22,5 \text{ м}$$

$$БЖ = k_2 * H_{пл} = 1,75 * 30 = 52,5 \text{ м}$$

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 $b = 0,1R$. 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 $\sin \alpha$ равен ее порядковому номеру, поделенному на 10. Для полос, расположенных от нулевой полосы влево $\sin \alpha$ - положительны, а для полос, расположенных вправо – отрицательны. При этом, для первой и последней полос $\sin \alpha$ принимается в зависимости от доли полосы по отношению к полной ее ширине, например, в полосе 9 $\sin \alpha = 0,84$, а в полосе -4 $\sin \alpha = -0,39$.

4 Вычисляется $\cos \alpha$ по формуле:

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}, \quad (5.2)$$

5 По оси полосы измеряются ее средние высоты: от поверхности откоса до линии депрессии для грунта плотины с естественной влажностью ($h_{еспл}$), от линии депрессии до линии основания – грунт плотины насыщенный водой ($h_{нас пл}$), от линии основания – высота насыщенных водой грунтов основания в пределах расчетного массива ($h_{нас осн1}, h_{нас осн2}, h_{нас осн3}$).

6 Приведенную высоту полосы определяем по формуле:

$$h_{пр} = h_{еспл} + \frac{\gamma_{нас пл}}{\gamma_{еспл}} h_{нас пл} + \frac{\gamma_{есосн1}}{\gamma_{еспл}} \frac{\gamma_{нас осн1}}{\gamma_{есосн1}} h_{нас осн1} + \frac{\gamma_{есосн2}}{\gamma_{еспл}} \frac{\gamma_{нас осн2}}{\gamma_{есосн2}} h_{нас осн2} + \frac{\gamma_{есосн3}}{\gamma_{еспл}} \frac{\gamma_{нас осн3}}{\gamma_{есосн3}} h_{нас осн3} \quad (5.3)$$

Значения объемного веса грунта принимаются по таблицам средних значений физико-механических характеристик грунтов оснований и тела плотины (таблица А.7.)

7 Выбор угла внутреннего трения φ и удельного сцепления c 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 (таблица А.7.).

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

Каждой области с выбранными φ и c вдоль кривой скольжения отвечает соответствующий центральный угол β_i . Общая длина дуги кривой скольжения складывается из длин участков l_i :

$$l_i = \frac{2\pi R \beta_i}{360^0}, \quad (5.4)$$

Таблица 5.3 – К построению кривой скольжения

Наименование грунта	Объемный вес, т/м ³		Угол внутреннего трения		Удельное сцепление, т/м
	$\gamma_{естеств}$	$\gamma_{насыщ}$	$\varphi_{естеств}$	$\varphi_{насыщ}$	
Суглинок тела плотины	1,8	1,11	26	19	3
Супесь основа- ния	1,7	1	25	20	0,3
Супесь основа- ния	1,7	0,94	27	22	0,4
Суглинок осно- вания	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 ΩI - гидродинамического давления определяемая площадью фильтрационного потока Ω в зоне оползающего массива и средним уклоном фильтрационного потока I в этой зоне.

$$\Omega = \sum h_{нас} b , \quad (5.5)$$

$$I = \frac{\Delta h}{\Delta l} , \quad (5.6)$$

$\Delta h, \Delta l$ - 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 O определяется плечо силы r .

Величину коэффициента запаса на устойчивость определяем по формуле 5.7:

$$k_3 = \frac{b\gamma_{ec} \sum h_{np} \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi + \sum cl}{b\gamma_{ec} \sum h_{np} \sin \alpha + \Omega I \frac{r}{R}}, \quad (5.7)$$

$$k_3 = \frac{6,7 \times 1,8 \times 39.049 + 248.248}{6,7 \times 1,8 \times 42,881 + 768,021 \times 0,255 \frac{59,87}{67}} = 1.039$$

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 $k_{3,\min}$, полученное в результате расчетов по нескольким кривым скольжения.

Таблица 5.4 – Расчет действующих сил

Номер поперсы	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$h_{\text{с.п.}}$	$h_{\text{нас.п.}}$	$h_{\text{нас.осн. 1}}$	$h_{\text{нас.осн. 2}}$	$h_{\text{нас.осн. 3}}$	$h_{\text{пр}}$	$h_{\text{пр}}\sin\alpha$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	0,84	0,543	3,04					3,04	2,55
8	0,8	0,600	9,1					9,10	7,28
7	0,7	0,714	9,48	3,91				11,89	8,32
6	0,6	0,800	7,26	8,54				12,53	7,52
5	0,5	0,866	6,13	11,78				13,39	6,70
4	0,4	0,917	6,06	12,54	1	0,29		14,50	5,80
3	0,3	0,954	4,37	10,85	1	2,8		13,08	3,92
2	0,2	0,980	2,76	9,15	1	3,5	1,03	11,42	2,28
1	0,1	0,995	1,76	6,81	1	3,5	2,05	9,61	0,96
0	0	1,000	1,21	4,01	1	3,5	2,25	7,45	0,00
-1	-0,1	0,995	0,95	4,05	1	3,5	2,05	7,10	-0,71
-2	-0,2	0,980		1,54	1	3,5	1,03	3,97	-0,79
-3	-0,3	0,954			1	2,8		2,02	-0,61
-4	-0,39	0,921			1	0,65		0,90	-0,35
			Σ	73,18	9	24,04	8,41		42,881
			Σ	114,63					

Продолжение таблицы 5.4

Номер полосы	$h_{np} \cos \alpha$	φ	$tg \varphi$	$h_{np} \cos \alpha \cdot tg \varphi$	c	l	cl, m	cl, kH
1	11	12	13	14	15	16	17	18
9	1,65	26	0,488	0,804	3	15,19	45,58	447,16
8	5,46	26	0,488	2,663				
7	8,49	19	0,344	2,924	3	28,05	84,15	825,53
6	10,02	19	0,344	3,451				
5	11,60	19	0,344	3,994				
4	13,29	20	0,364	4,837	0,3	2,34	0,7	6,87943
3	12,48	22	0,404	5,041	0,4	10,52	4,21	41,2766
2	11,19	20	0,364	4,073	3	36,23	108,70	1066,3
1	9,56	20	0,364	3,479				
0	7,45	20	0,364	2,713				
-1	7,06	20	0,364	2,569				
-2	3,89	20	0,364	1,415				
-3	1,92	22	0,404	0,778	0,4	10,52	4,21	41,2766
-4	0,82	20	0,364	0,300	0,3	2,34	0,70	6,87943
39,041					105,19		248,25	

6 ТРАНШЕЙНЫЙ ВОДОСБРОС

Водосбросные сооружения предназначены для сброса излишних паводковых вод. Трассу водосбросных устройств выбирают на основании технико-экономического сравнения вариантов так, чтобы объемы работ и общая стоимость сооружения были минимальны. Отметку порога водосбросных сооружений назначают на отметке нормального подпорного уровня когда сооружение автоматического действия, а при управлении затворами – ниже нормального подпорного уровня.

Траншейный водосброс состоит из водослива с широким порогом или практического профиля, водосбросной траншеи и отводного канала.

Порог водослива располагается на отметке НПУ вдоль берега вдоль берега водохранилища на расстоянии 20-40м от плотины. Целесообразно применение водосбросов данной конструкции при расходах через сооружение – $50 \div 100 \text{ м}^3/\text{с}$. Проектный напор на водосливе принимают $0,75 \div 1 \text{ м}$.

В состав расчета сооружения включают определение длины водосливного фронта, построение кривой свободной поверхности воды в траншее при пропуске расчетного расхода.

Длина водосливного фронта определяется по формуле неподтопленного или подтопленного водослива в зависимости от условий работы водослива, определяемых по 6.1, 6.2.

$$\text{подтопление } h_n \geq nH_0, \quad (6.1)$$

$$\text{отсутствие подтопления } h_n \leq nH_0, \quad (6.2)$$

h_n - превышение уровня воды над порогом водослива;

n - коэффициент подтопления, принимаем от 0,75 до 0,83 – 0,87.

Для неподтопленного водослива

$$L = \frac{Q}{m\sqrt{2gH_0^{3/2}}}; m \approx 0.36, \quad (6.3)$$

Для подтопленного водослива

$$L = \frac{Q}{\varphi h \sqrt{2gz}}, \quad (6.4)$$

φ - коэффициент скорости

h - глубина воды на пороге в конце входного участка (глубина подтопления)

z - разность уровней воды перед порогом и на пороге водослива, м.

Глубину наполнения и средние уклоны на отдельных участках траншеи определяют задаваясь ее шириной по дну и средней скоростью воды.

Пример

Рассчитать траншейный водосброс при следующих параметрах: бетонная траншея; $Q = 100 \text{ м}^3/\text{с}$; $H = 1 \text{ м}$; $m = 0.36$; $n = 0.025$; $v_{дон} = 3 \text{ м/с}$; Отметка НПУ=127 м, отметка УВБ= 128 м.

Для неподтопленного водослива с широким порогом

$$L = \frac{100}{0.36 \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 1^{3/2}} = 62.71 \text{ м} \approx 63 \text{ м} = 65 \text{ м} \text{ (принимаем 65}$$

м конструктивно).

Разбиваем траншею на 5 - 6 участков и определяем расстояние до рассматриваемых сечений. $\Delta x_1 = \Delta x_5 = 13 \text{ м}$.

Расчетная схема водосбросной траншеи показана на рисунке В.5.

Определяем удельный расход $q = \frac{Q}{L} = \frac{100}{65} = 1.538 \text{ м}^3/\text{с}$
на 1 м

Определяем расчётные расходы в сечениях $Q_n = qX_n$.

$$Q_1 = qX_1 = 19.994 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_2 = 39.988 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_3 = 59.982 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_4 = 79.976 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_5 = 100 \text{ м}^3/\text{с};$$

Задаемся средней скоростью в начале траншеи $v_n = 1,5 \cdot \frac{M}{C}$
 (на $l = 0,5 \text{ м}$ от 0-го сечения) и $v_k = 2,5 \frac{M}{C}$

Определяем средние скорости в сечениях:

$$v_n = v_n + a(x_n - l), \quad (6.5)$$

где a - коэффициент пропорциональности.

$$a = \frac{v_k - v_n}{L - l}, \quad (6.6)$$

$$a = \frac{1}{64,5} = 0,0155$$

$$v_1 = 1,5 + 0,0155(13 - 0,5) = 1,69 \frac{M}{C}; \quad v_2 = 1,89 \frac{M}{C}; \quad v_3 = 2,096 \frac{M}{C};$$

$$v_4 = 2,29 \frac{M}{C}; \quad v_5 = 2,5 \frac{M}{C};$$

Определяем площади живого сечения :

$$\omega_1 = \frac{Q_1}{v_1} = 11,83 \text{ м}^2; \quad \omega_2 = 21,15 \text{ м}^2; \quad \omega_3 = 28,62 \text{ м}^2; \quad \omega_4 = 34,92 \text{ м}^2;$$

$$\omega_5 = 40 \text{ м}^2$$

Исходя из выражения площади 6.7, по формуле 6.8 определяют глубину воды в каждом сечении.

$$\omega = (b + mh)h, \quad (6.7)$$

Задаемся переменной шириной траншеи по дну $b = 5, 8, 11, 14, 17 \text{ м}$.

$$h_1 = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 + 4m\omega_1}}{2m}, \quad (6.8)$$

$$h_1 = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 + 4m\omega_1}}{2m} = \frac{\sqrt{5^2 + 4 \cdot 1 \cdot 11,83} - 5}{2 \cdot 1} = 1,75 \text{ м}; \quad h_2 = 2,09 \text{ м};$$

$$h_3 = 2,17 \text{ м}; \quad h_4 = 2,16 \text{ м}; \quad h_5 = 2,20 \text{ м}.$$

При известных

$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, v_1, v_2, v_3, \dots, h_1, h_2, h_3, \dots, b_1, b_2, b_3, \dots, n = 0,025$ определяют уклон свободной поверхности для каждого сечения по формуле 6.10:

$$i_n = \frac{v_n^2}{C_n^2 R_n}, \quad (6.10)$$

C_n – коэффициент Шези для сечения;
 R_n – гидравлический радиус для сечения;
 v_n – скорость потока в сечении, м/с.

Зная уклон и расстояние между сечениями, определяют потери напора:

$$\Delta h_n = i_n \Delta x_n, \quad (6.11)$$

Полученные Δh_n определяют отметки водной поверхности при пропуске расчетного расхода. По известным h и Δh находят отметки дна траншеи и строят продольный профиль.

Расчеты выполняются в табличной форме (таблица 6.1).
Рекомендуется выполнять расчёт в форме электронных таблиц Excel.

Таблица 6.1 – Расчет отметок дна траншейного водосброса и отметок свободной поверхности потока

Номер сечения	$x, м$	$Q, м^3/с$	$v, м/с$	$\varpi, м^2$	$b, м$	$h, м$	$\chi, м$	$R, м$
1	13	20,00	1,69	11,808	5	1,7494	9,9482	1,1869
2	26	40,00	1,90	21,104	8	2,0913	13,915	1,5166
3	39	60,00	2,10	28,614	11	2,1723	17,144	1,669
4	52	80,00	2,30	34,806	14	2,1546	20,094	1,7322
5	65	100,00	2,50	40	16	2,198	22,217	1,8004

Продолжение таблицы 6.1

Номер сечения	n	C	i	$\Delta h, м$	Отметки свободной поверхности, м	Отметки дна траншеи, м
1	0,025	41,159	0,001427	0,0185	126,98	125,23
2	0,025	42,875	0,001288	0,0168	126,96	124,87
3	0,025	43,565	0,001388	0,0180	126,95	124,77
4	0,025	43,835	0,001587	0,0206	126,93	124,77
5	0,025	44,119	0,001783	0,0232	126,90	124,70

7 ТРУБЧАТО-КОВШОВЫЙ ВОДОСБРОС

Трубчато-ковшовый водосброс состоит из входной части, напорных труб и устройства гашения энергии в нижнем бьефе. Рекомендуется проектировать при $Q=20\div 30 \text{ м}^3/\text{с}$.

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 водосливым 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 расчёт сводится к определению ширины водослива, потерь напора в трубах и определению размеров водобойного колодца.

Ширина водослива

$$b = \frac{Q}{\sigma_n m \sqrt{2g} H_1^{3/2}}, \quad (7.1)$$

σ_n - коэффициент подтопления (рисунок 7.1);

m - коэффициент расхода;

H_1 - напор на пороге водослива;

Коэффициент подтопления σ_n определяется в зависимости от отношения $\frac{h_n}{H_0}$, h_n - высота подтопления; H_0 - 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.

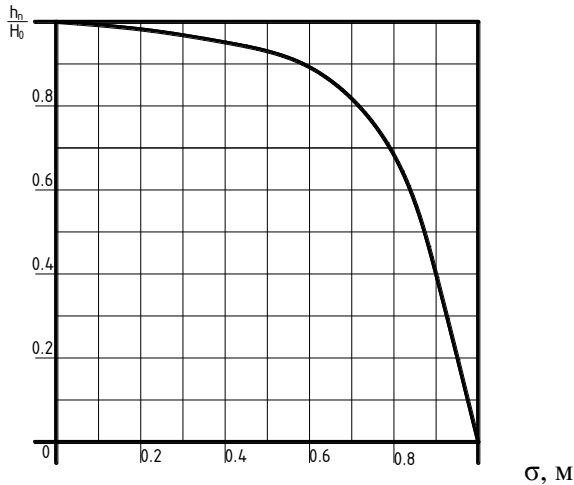


Рисунок 7.1 – График для определение коэффициента подтопления

Задаваясь количеством труб и их размерами, определяют скорость в трубах $v = \frac{Q}{W}$

Полные потери напора определяются по зависимости

$$h_w = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{вых}} + \zeta_{\text{тр}} + \zeta_{\text{пов}} \frac{v^2}{2g}, \quad (7.2)$$

Коэффициент сопротивления на входе определяется с учетом скорости трубе v

$$\zeta_{\text{вх}} = \zeta'_{\text{вх}} \left(\frac{v_{\text{вх}}}{v} \right)^2, \quad (7.3)$$

где $v_{\text{вх}}$ - средняя скорость во входном сечении, м/с.

При острых кромках $\zeta'_{\text{вх}} = 0,5$; при плавном входе $\zeta'_{\text{вх}} = 0,2$; при очень плавном $\zeta'_{\text{вх}} = 0,05$.

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

$$\zeta_{\text{вых}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2, \quad (7.4)$$

ω_1 - площадь потока в трубе, м²;

ω_2 - площадь выходного сечения (площадь живого сечения потока в водобойном колодце при выходе) м².

Коэффициент сопротивления по длине

Для круглых труб

$$\zeta_{mp} = \frac{8gl}{C^2 d} = \frac{\lambda l}{d}, \quad (7.5)$$

Для прямоугольных труб

$$\zeta_{mp} = 2gl \frac{h^2}{R^{4/3}}, \quad (7.6)$$

Значение коэффициента сопротивления по длине λ определяют по таблице 7.1 в зависимости от n и d . Значение коэффициента шероховатости принимают по данным [2].

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 расчётный диаметр труб водовода.

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

Таблица 7.1 – Значения коэффициента λ для круглых труб

$d, \text{ м}$	Коэффициент шероховатости n				
	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

Пример

По плану плотины длина трубопровода трубчато-ковшового водосброса равна 80 м. С учётом удлинения в профиле по уклону поймы длина трубопровода составляет 120 м.

$$Q = 29 \text{ м}^3/\text{с}; H_1 = 1 \text{ м}; \nabla \text{НПУ} = 128 \text{ м}; \nabla \text{УНБ} = 104 \text{ м};$$

$$\nabla \text{ФПУ} = 129 \text{ м}; n_{\text{труб}} = 0,013; (n=0.0125, n=0.012-0.018 \text{ []})$$

В период сброса паводка принимаем, что водослив подтоплен. Уровень воды в ковше на 0,25 м выше порога водослива $h_n = 0,25 \text{ м}$ разность уровней в конце и НБ составляет

$$H = 128,25 - 104 = 23,25 \text{ м}$$

Определяем ширину водослива: находим $\frac{h_n}{H_n} = \frac{0,25}{H_n = 1} = 0,25$

по графику (рис. 7.1) $\sigma_n = 0,93$, $m = 0,42$ как для трапецеидального водослива.

$$b = \frac{29}{0,93 \cdot 0,42 \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 1^{3/2}} = \frac{Q}{\sigma_n m \sqrt{2gH}^{3/2}} = 16,76 = 17 \text{ м}$$

Принимаем длину торцевой стенки 8,6 м и двух боковых 8,4 м, длина одной – 4,2 м.

Принимаем две трубы водосброса диаметром 1 м (2 м – второй расчетный случай) площадь живого сечения в трубах

$$\omega_1 = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \cdot 2 = 1,57 \text{ м}^2 \text{ (6,28 м}^2 \text{ – при диаметре 2 м).}$$

Определяем скорость в трубах: $v = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{29}{1,57} = 18,5 \text{ м/с}$

$$v = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{29}{6,28} = 4,6 \text{ м/с} \text{ (при диаметре 2 м)}$$

Предельно допустимые скорости в напорных водоводах определяется в зависимости, диаметра [1] $d=1$ допускаемая скорость – $17 \div 32 \text{ м/с}$).

Вход в трубу выполняем в виде раструба $d = 4$. Площадь входного раструба составляет $12,56 \text{ м}^2$ или $25,12 \text{ м}^2$ для 2-х раструбов.

$$\text{Скорость на входе в раструб будет } v_{\text{вх}} = \frac{29}{25,12} = 1,154 \text{ м/с}$$

Зная скорости определяем коэффициент сопротивления на входе

$$\zeta_{\text{вх}} = \zeta'_{\text{вх}} \left(\frac{v_{\text{вх}}}{v} \right)^2 = 0,2 \left(\frac{1,154}{18,5} \right)^2 = 0,00727 \text{ - диаметр труб 1 м.}$$

$$\zeta_{\text{вх}} = \zeta'_{\text{вх}} \left(\frac{v_{\text{вх}}}{v} \right)^2 = 0,2 \left(\frac{1,154}{4,6} \right)^2 = 0,0126 \text{ - диаметр труб 2 м.}$$

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:

$$\zeta_{\text{вых}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 = \left(1 - \frac{1,57}{12,5} \right)^2 = 0,764 \text{ - диаметр труб 1 м.}$$

$$\zeta_{\text{вых}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 = \left(1 - \frac{6,28}{12,5} \right)^2 = 0,25 \text{ - диаметр труб 2 м.}$$

Определяем коэффициент сопротивления по длине трубопровода

$$\zeta_{\text{тр}} = \frac{\lambda l}{d} = \frac{0,02 \cdot 120}{1} = 2,4 \cdot 2 = 4,8 \text{ при диаметре труб 1 м.}$$

$$\zeta_{\text{тр}} = \frac{\lambda l}{d} = \frac{0,016 \cdot 120}{2} = 0,96 \cdot 2 = 1,92 \text{ при диаметре труб 2 м.}$$

Коэффициент сопротивления на поворотах трубопровода определяем $\zeta_{\text{пов}} = 0,1$ два поворота $\zeta_{\text{пов}} = 0,2$

Определяем полные потерь напора:

$$h_w = \frac{v^2}{2g} \left(0,00727 + 0,764 + 4,8 + 0,2 \right) = 17,44 * 5,7712 = 100,651 \text{ м}$$

при диаметре труб 1 м.

$$h_w = \frac{v^2}{2g} (0,0126 + 0,25 + 1,92 + 0,2) = \frac{4,6^2}{19,62} * 2,3826 = 2,549 \text{ м при}$$

диаметре 2 м.

Общий напор на водосбросном сооружении составляет 24,25 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 $\sum h_w \leq H$ не выполняется произведём расчёт для труб диаметром 1,35м

$$\omega_1 = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \cdot 1,823 \cdot 2 = 2,86 \text{ м}^2$$

Определяем скорость в трубах: $v = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{29}{2,86} = 10,1398 \text{ м/с}$

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

Скорость на входе в раструб будет $v_{\alpha} = \frac{29}{25,12} = 1,154 \text{ м/с}$

Зная скорости определяем коэффициент сопротивления на входе

$$\zeta_{\alpha} = \zeta'_{\alpha} \left(\frac{v_{\alpha}}{v} \right)^2 = 0,2 \left(\frac{1,154}{10,1398} \right)^2 = 0,00259.$$

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:

$$\zeta_{\text{вых}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 = \left(1 - \frac{2,86}{12,5} \right)^2 = 0,5947$$

Определяем коэффициент сопротивления по длине трубопровода

$$\zeta_{mp} = \frac{\lambda l}{d} = \frac{0.0195 \cdot 120}{1,35} = 2.4 \cdot 2 = 3,47$$

Коэффициент сопротивления на поворотах трубопровода определяем $\zeta_{nod} = 0,1$ два поворота $\zeta_{nod} = 0,2$

Определяем полные потерь напора:

$$h_w = \frac{v^2}{2g} (0.00259 + 0.5947 + 3,47 + 0.2) = \frac{10,1398^2}{2 \cdot 9,81} * 4,267 = 22,36 \text{ м}$$

Общий напор на водосбросном сооружении составляет 24,25 м, Потери напора в водосбросе близки по величине действующему напору. Превышение напора над расчетными потерями на сооружении на величину 1,89 м обеспечивает запас пропускной способности. Следовательно, для строительства водосбросного сооружения могут быть применены трубы с внутренним диаметром близким к 1,35 м. Окончательно внутренний диаметр принимается по сортаменту выпускаемых труб.

8 ШАХТНЫЙ ВОДОСБРОС

Шахтные водосбросы устраивают на одном из берегов водохранилища вне плотины, обычно в узких горных долинах при крутых и скальных склонах берега, для пропуска больших расходов и при больших напорах. Они состоят из водосливной воронки (кольцевого водослива), переходного участка, вертикальной шахты и отводящего туннеля. Туннель шахтных водосбросов можно использовать для пропуска строительных расходов при возведении узла сооружений. После окончания строительства узла сооружений начальную часть туннеля отключают от шахты бетонной пробкой, а нижний конец шахты сопрягают с отводящей частью туннеля (рисунок 8.1). Целесообразно применение водосбросов данной конструкции при расходах через сооружение – $80 \div 120 \text{ м}^3/\text{с}$.

Водосливная воронка имеет кольцевую форму. Если верх водосливной воронки находится на отметке нормального подпорного уровня воды, то она является водосбросным сооружением автоматического действия и сброс расхода происходит при повышении уровня выше этой отметки. При пропуске больших сбросных расходов, чтобы избежать значительного повышения уровня воды в верхнем бьефе, на водосливном пороге воронки устанавливают затворы и тогда порог воронки устраивают ниже нормального подпорного уровня воды.

В начале воронки устраивают конический участок. Уклон поверхности конического участка ($i = \operatorname{tg} \alpha = 0,10-0,15$ или $\alpha = 6-9^\circ$). За конической частью начинается криволинейный участок, очерченный параболической кривой, плавно сопрягающийся с шахтой. Очертание этой кривой находят, рассматривая условно падение струи на этом участке как свободное падение точки.

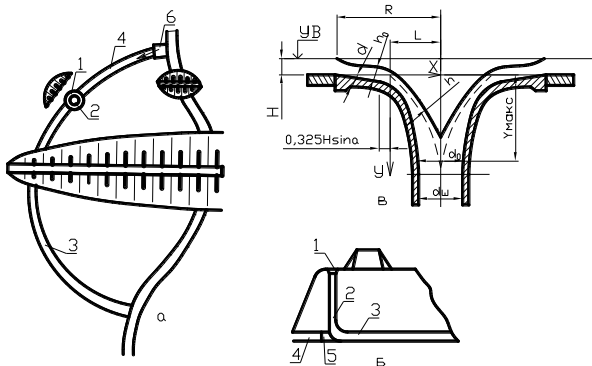
Координаты точек по оси струи для криволинейного участка водосливной воронки определяют по уравнению параболы

$$y = \frac{g}{2} \left(\frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2 + x \operatorname{tg} \alpha, \quad (8.1)$$

где x и y - переменные абсцисса и ордината для построения параболы, м;

v_0 - средняя скорость в конце конической части, м/с.

Начало координат принимается в центре тяжести сечения струи в конце конической части (точка O на рисунке 8.2).



а – план; б – разрез по оси; в – водосливная воронка с коническим участком; 1 – водосливная воронка; 2 – вертикальная шахта; 3 – отводящий туннель; 4 – начальная часть, устраиваемая для пропуска строительного расхода; 5 – бетонная пробка.

Рисунок 8.1 – Шахтный водосбор

Значение x принимается в пределах от 0 до r_0 . Значение r_0 находят по формуле

$$r_0 = R - L - 0,325 H \sin \alpha , \quad (8.2)$$

r_0 - радиус в конце конической части воронки, м;

R - радиус водосливной воронки, м;

L - длина конической части, м;

H - напор на гребне воронки, м;

α - угол между образующей конической поверхности воронки и горизонтом.

Среднюю скорость в конце конической части определяют по формуле

$$v_0 = \frac{Q}{2\pi r_0 h_0} , \quad (8.3)$$

Q - расчетный расход, м³/с;

h_0 - глубина воды в конце конической части, которая принимается равной $h_0=0,65H$, м.

Длина конической части $L = (0,4 \div 0,5) R$.

Средняя скорость для точек по оси струи до места слияния струй приближенно равна

$$v = \varphi \sqrt{2gy + v_0^2}, \quad (8.4)$$

y - переменная ордината, м;

φ - коэффициент скорости, принимаемый 0,95-0,97.

Толщина струи на параболическом участке

$$h = \frac{Q}{2\pi(r_0 - x)v}, \quad (8.5)$$

Построив по уравнению (8.1) ось струи, определяют значения v и h по формулам (8.4) и (8.5) при различных значениях y . Затем, откладывая по нормали к оси струи в обе стороны по $0,5 h$, получают очертание внешней и внутренней границ струи. Внешнюю границу струи принимают за очертание параболического участка воронки.

Радиус водосливной воронки вычисляют по формуле

$$R = \frac{Q}{m2\pi\sqrt{2g}H^{3/2}}, \quad (8.6)$$

m - коэффициент расхода, принимаемый 0,36

В месте пересечения в воронке поверхностей потока расположена точка схода струй на оси воронки, координата этой точки – y_{\max} .

Диаметр воронки при y_{\max} вычисляют по формуле:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{y_{\max}}}}, \quad (8.7)$$

Скорость в токе y_{\max} определяется:

$$v_y = \varphi \sqrt{2gy_{\text{макс}}} , \quad (8.8)$$

Если $d_o \leq d$, где d — диаметр туннеля, то, начиная от водосливной воронки и донизу, устанавливают цилиндрическую шахту диаметром $d_{ш} = d_o$; если $d_o > d$, то строят плавный переходной участок переменного сечения. Диаметр переходного участка в любом сечении

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{ш}}} , \quad (8.9)$$

и соответственно скорость

$$v_{ш} = 0,98 \sqrt{2g y_{ш}} , \quad (8.10)$$

$y_{ш}$ - координата точки в любом сечении переходного участка, м.

В том месте, где $d_n = d$, переходной участок заканчивают и устраивают цилиндрическую шахту с постоянным диаметром.

В некоторых случаях переходной участок может соединиться непосредственно с туннелем. Шахту с отводящим туннелем сопрягают криволинейной вставкой, описываемой радиусом не меньше $R \geq (2,5-4)d$, где d — диаметр туннеля.

Диаметр отводящего туннеля, как и размеры водосливной воронки вертикальной шахты, определяют из условия пропуск расчетного строительного паводкового расхода и проверяют на пропуск максимального паводкового расхода в период эксплуатации, когда туннель работает как часть шахтного водосброса.

В шахтных водосбросах, имеющих постоянный диаметр шахты, в большинстве случаев возникает вакуум. В шахтах с плавным переходным участком вакуум значительно меньше или его вообще нет. Для борьбы с вакуумом в область его образования по трубам подводят воздух. Площадь воздухопроводящих отверстий в цилиндрических шахтах принимают примерно 10—15% площади сечения шахты.

Пример

Рассчитать шахтный водосброс с коническим участком: $Q=80 \text{ м}^3/\text{с}$; угол наклона конической поверхности к горизонту $\alpha=8^\circ$; глубина воды на пороге водосброса $H=1 \text{ м}$; коэффициент расхода $m=0,36$.

Определяем радиус воронки по формуле 8.6:

$$R = \frac{Q}{m2\pi\sqrt{2gH^{3/2}}} = \frac{80,0}{2 \times 0,36 \times 3,14 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 1^{3/2}}} = 8,0 \text{ м}$$

Определяем длину конической части: $h_0=0,65H=0,65 \text{ м}$.

Длина конической части составляет $L = 0,4 \times 8=3,2 \text{ м}$.

Радиус в конце конической части определяется по формуле

8.2:

2

$$r_0 = R - L - 0,325H \sin \alpha = 8,0 - 3,2 - 0,325 \times 1,0 \times 0,14 = 4,75 \text{ м}.$$

Скорость в конце конической части определяется по формуле

8.3:

$$v_0 = \frac{Q}{2\pi r_0 h_0} = \frac{80,0}{2 \times 3,14 \times 4,75 \times 0,65} = 4,12 \text{ м/с}$$

По уравнению 8.1 определяем координаты точек по оси струи. Полную среднюю скорость в этих точках определяем по формуле 8.4. Толщина струи в этих точках определяется по формуле 8.5. Расчет сводим в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Расчет координат оси струи на водосбросе

$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$	$v, \text{ м/с}$	$h, \text{ м}$
0,00	0,00	3,96	0,68
1,00	0,44	4,85	0,70
2,00	1,46	6,48	0,71
3,00	3,07	8,44	0,86
4,00	5,28	10,54	1,61

Начало координат принимаем в точке О (рисунок 8.2) на половине глубины в конце конической части. Затем по координатам x и y наносим ось струи. В точках с известными координатами проводим нормали к оси струи, на которых откладывают в каждую сторону по

0,5h. Соединяя точки плавной кривой, получим внешнюю и внутреннюю границу струи. Внешнюю границу струи принимаем за очертание параболического участка водосливной воронки. Пересечение внутренних границ струи на оси воронки даст точку схода струи, для которой ордината $y_{\max} = 5,0$ м (рисунок 8.2).

Определяем скорость при y_{\max} по формуле 8.8:

$$v_y = \varphi \sqrt{2gy_{\max}} = 0,97 \sqrt{2 \times 9,81 \times 4,9} = 9,41 \text{ м/с.}$$

Диаметр воронки при y_{\max} находим по формуле 8.7:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{y_{\max}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 80,0}{3,14 \times 9,41}} = 3,3 \text{ м}$$

Приняв диаметр туннеля без расчета $d = d_0 = 3,3$ м, устраиваем цилиндрическую шахту диаметром $d_{ш} = 3,3$ м.

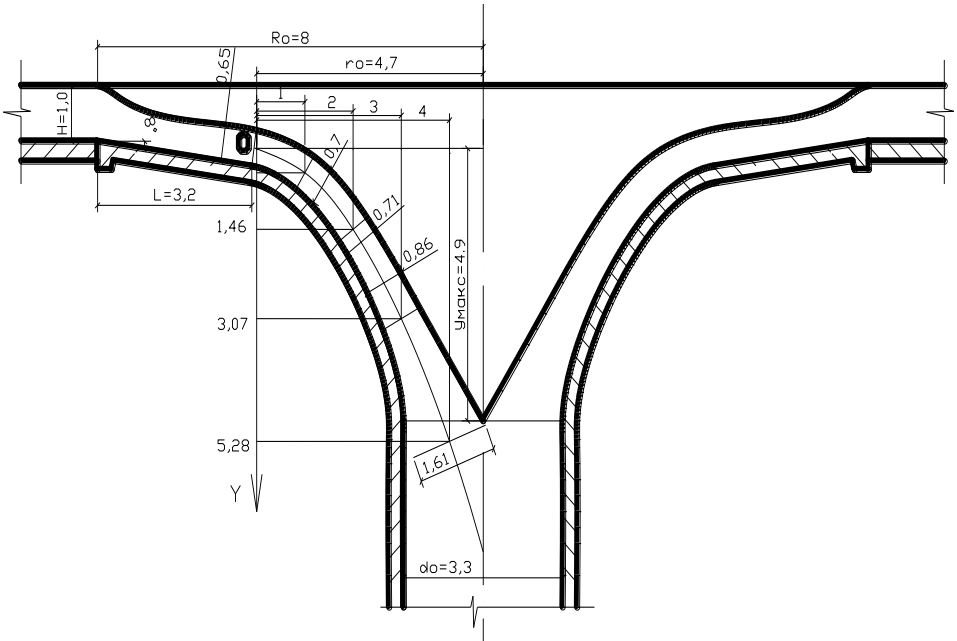


Рисунок 8.2 – Расчетная схема шахтного водосброса

9 ВОДОСПУСКИ. ВОДОВЫПУСКИ

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 трубных 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 назначены глубина колодца 0,3-0,5 м и длина 3-8 м.

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

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz}, \quad (9.1)$$

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

ω – площадь поперечного сечения трубы, м²;

z – разность отметок уровней верхнего и нижнего бьефов.

Коэффициент расхода определяется по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{\sum \zeta + \frac{\lambda l}{4R}}}, \quad (9.2)$$

$\sum \zeta$ – сумма коэффициентов всех местных сопротивлений;

λ – коэффициент сопротивления трубопровода по длине;

l – длина трубопровода;

R – гидравлический радиус.

Пример

Определить диаметр трубы водовыпуска. Расчетный расход $Q=4 \text{ м}^3/\text{с}$. Выходное отверстие подтопленное. Отметка НПУ=127 м БС. Водовыпуск трассируется горизонтально на отметке 120 м БС. Отметка дна отводящего канала – 120 м БС, проектная отметка уровня воды в отводящем канале – 122 м БС. Длина трубопровода водовыпуска в основании плотины составляет $l=60 \text{ м}$.

Задаемся предварительно коэффициентом расхода $\mu = 0,5$.

Определяем площадь поперечного сечения трубопровода

$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gz}} = \frac{4}{0,5 \sqrt{2 \times 9,81 \times 5}} = 0,808 \text{ м}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4\omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,808}{3,14}} = 1,015 \text{ м}$$

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{рел}} + \zeta_{\text{затв}} + \zeta_{\text{вых}}$$

$\zeta_{\text{вх}}$ – коэффициент сопротивления на входе в трубопровод, принимается 0,2;

$\zeta_{\text{реш}}$ – коэффициент сопротивления сороудерживающей решетки, принимается 0,3;

$\zeta_{\text{затв}}$ – коэффициент сопротивления затвора трубопровода, принимается 0,2;

$\zeta_{\text{вых}}$ – коэффициент сопротивления на выходе в нижний бьеф, 1;

$$\sum \zeta = 0.2 + 0.3 + 0.2 + 1 = 1.7$$

Определяем гидравлический радиус:

$$\chi = \pi d = 3.14 \times 1.015 = 3.187 \text{ м}$$

$$R = \varpi / \chi = 0.808 / 3.187 = 0.254 \text{ м}$$

Определяем коэффициент расхода по формуле (9.2):

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{1.7 + \frac{0.025 \times 60}{4 \times 0.254}}} = 0.56$$

Принятое предварительно и расчетное значение коэффициента расхода имеют значительное расхождение.

Задаемся предварительно коэффициентом расхода $\mu = 0,55$ и выполняем повторный расчет.

$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gz}} = \frac{4}{0.55 \sqrt{2 \times 9.81 \times 5}} = 0.734 \text{ м}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4\varpi}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.734}{3.14}} = 0.967 \text{ м}$$

Определяем гидравлический радиус:

$$\chi = \pi d = 3.14 \times 0.969 = 3.036 \text{ м}$$

$$R = \varpi / \chi = 0.734 / 3.036 = 0.242 \text{ м}$$

Определяем коэффициент расхода по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{1.7 + \frac{0.025 \times 60}{4 \times 0.242}}} = 0.555$$

Предварительно принятое значение коэффициента расхода $\mu = 0.55$ мало отличается от вычисленного 0,555, следовательно, диаметр трубы определен правильно.

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, толщиной стенок 10 мм, вес одно погонного метра 249,08 кг. Длина одной трубы 6 м из стали марки СтЗсп.

Список использованных 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Справочные материалы

Таблица А.1 - Класс капитальности гидротехнических сооружений мелиоративных систем

Площадь мелиорируемых земель с помощью данного сооружения, тыс. га		Класс постоянных сооружений	
орошение	осушение	основных	второстепенных
400 и более	-	II	III
от 50 до 400	50 и более	III	IV
менее 50	менее 50	IV	IV

Примечание: В тех случаях, когда гидротехническое сооружение мелиоративной системы участвует в создании подпора, его класс повышается на единицу.

Таблица А.2 - Классы плотин из грунтовых материалов

Виды грунтов основания	Классы сооружений, высота сооружений			
	I	II	III	IV
Скальные	> 100	70-100	25 - 70	< 25
Песчаные, крупнообломочные, глинистые в твердом состоянии	>75	35-75	15-35	<15
Глинистые, водонасыщенные в плотном состоянии	> 50	25 - 50	15-25	< 15

Таблица А.3 - Основные нормы проектирования автомобильных дорог

Категория дороги	Число полос движения	Ширины полосы движения (м)	Ширины обочины (м)	Общая ширина земельного полотна, (м)
1	4 и более	3,75	3,75	27,5 и более
2	2	3,75	3,75	15
3	2	3,5	2,5	12
4	2	3,0	2,0	10
5	1	4,5	1,75	8

Таблица А.4 - Значение запаса высоты плотины

Условия эксплуатации	Класс сооружения				
	I	II	III	IV	V
Нормальные	1,0	0,7	0,5	0,4	0,3
Чрезвычайные	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2

Таблица А.5 - Коэффициенты фильтрации грунтов

Наименование грунтов	Коэффициенты фильтрации см/с
Глина	1×10^{-99} - 1×10^{-7}
Суглинок	1×10^{-7} - 1×10^{-5}
Супесь	1×10^{-5} - 1×10^{-3}
Иловатые грунты	1×10^{-3} - 1×10^{-2}
Мелкозернистый песок	1×10^{-4} - 1×10^{-3}
Среднезернистый песок	1×10^{-4} - 1×10^{-3}
Крупнозернистый песок	1×10^{-2} - 1×10^{-1}
Гравий и галька	1×10^{-1} - 1×10^0

Таблица А.6 - Приближенные значения коэффициента фильтрации гравелистых материалов с частицами

Средний диаметр частиц (по весу), мм	35,0	21,0	10,0	14,0	5,8	3,0	2,9
Коэффициент неоднородности	2,7	2,0	2,0	6,3	5,9	3,5	3,3
Пористость	0,38	0,40	0,40	0,33	0,33	0,38	0,38
Коэффициент фильтрации К в см/с	20,0	20,0	20,0	5,0	3,3	0,8	0,8

Таблица А.7 – Средние значения физико-механических характеристик грунтов оснований

Грунт	Удельный вес грунта $\gamma_{гр}$, т/м ³	Объёмный вес, $\gamma_{об}$, т/м ³	Объёмный вес, насыщенного $\gamma_{нас}$, т/м ³	Отношение пористости	Удельное сцепление грунта, т/м ²		Угол внутреннего трения грунта	
					естественной влажности	насыщенного водой	естественной влажности	насыщенного водой
Глина	274	1,58...2,05	0,87...1,13	0,35...0,50	3,00...6,00	2,00...3,50	20°...26°	12°...16°
Суглинок	271	1,71...2,08	0,94...1,11	0,35...0,45	2,00...4,00	1,50...3,00	21°...27°	15°...20°
Супесь	2,7	1,71...2,17	0,94...1,19	0,30...0,45	0,50...1,30	0,30...0,50	25°...30°	20°...25°
Песок								
пылеватый	2,7	1,74...1,93	0,95...1,05	0,38...0,44	0,20...0,60	0,20...0,60	26°...32°	24°...30°
мелкий	2,66	1,74...1,90	0,95...1,03	0,38...0,43	0,20...0,40	0,20...0,40	28°...34°	27°...32°
средний	2,66	1,80...1,99	0,98...1,08	0,35...0,41	0,10...0,20	0,10...0,20	35°...38°	34°...37°
крупный	2,66	1,80...1,99	0,98...1,08	0,35...0,41	0,1	0,1	38°...40°	35°...38°

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Индивидуальные задания по разделам курсового проекта

Раздел 4

Сжимаемая толща грунта основания состоит из трех слоев:

T1- песок, супесь, ил. Мощность слоя для расчетов принимаем 0,5 – 1 м.

T2 – основной слой, тип грунта по заданию (по строке грунт основания). Мощность слоя $2+0,1i$ м;

T3 – по выбору студента тип грунта принимается самостоятельно, отличным от двух предыдущих слоев.

Мощность слоя $5+0,15i$.

Разделы 6, 7, 8

Тип водосбросного сооружения принимается по вариантам задания на курсовой проект:

1÷10 – трубчато-ковшовый водосброс;

11÷20 – траншейный водосброс;

21÷30 – шахтный водосброс.

Расход воды через водосбросное сооружение:

$20+i$, м³/с – трубчато-ковшовый водосброс;

$50+(5*(i-10))$, м³/с – траншейный водосброс;

$80+(4*(i-20))$, м³/с – шахтный водосброс.

Раздел 9

Расход водовыпуска – $2+0,11*i$, м³/с;

Глубина в отводящем канале – $h_k = 1,5+0,025*i$, м;

Отметка дна отводящего канала – $\nabla_{\text{дно к}} =$

$= \nabla_{\text{НПУ}} - (3+0,21*i)$, МБС;

Длина трубы водовыпуска $l_{\text{тр}}$ определяется по плану и профилю плотины.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Графическая часть

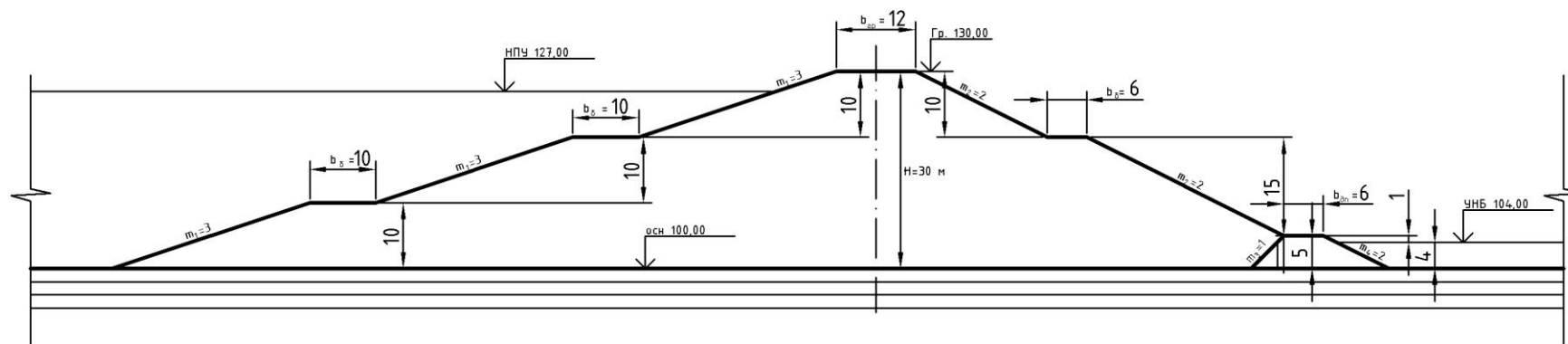


Рисунок В.1 - Поперечный профиль плотины

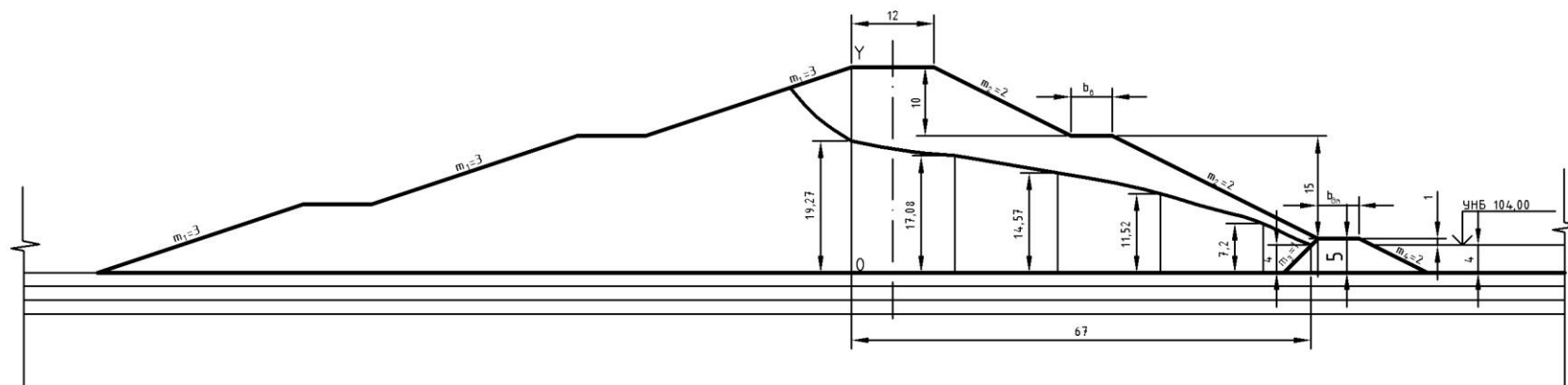


Рисунок В.2 - Построение депрессионной кривой
в теле однородной грунтовой плотины М 1:1000

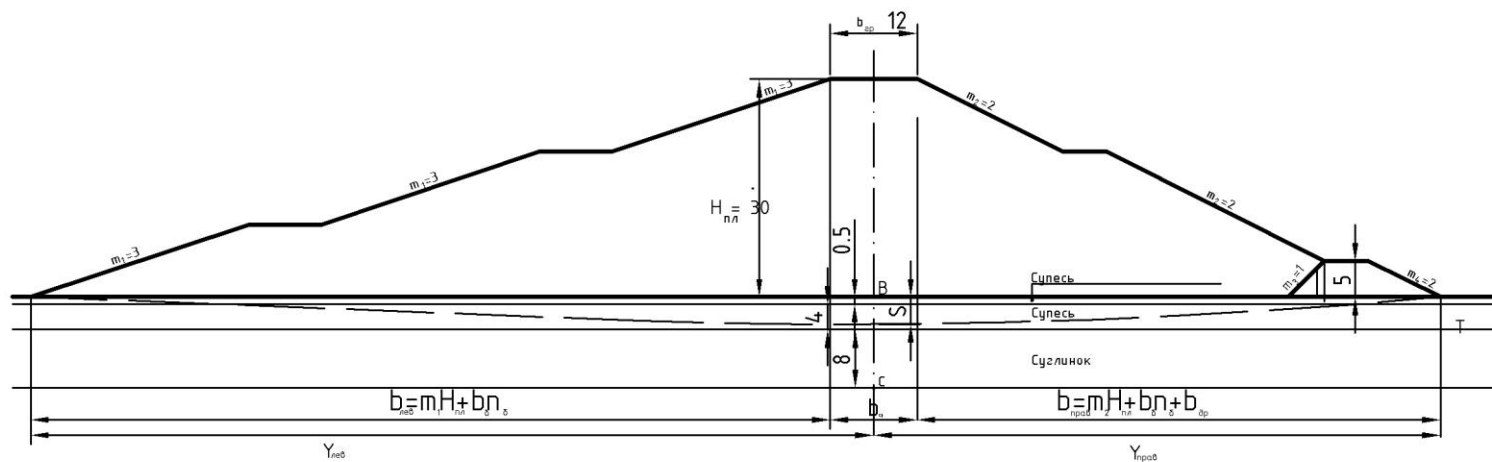


Рисунок В.3 - Расчетная схема осадки грунтов основания. М 1:1000

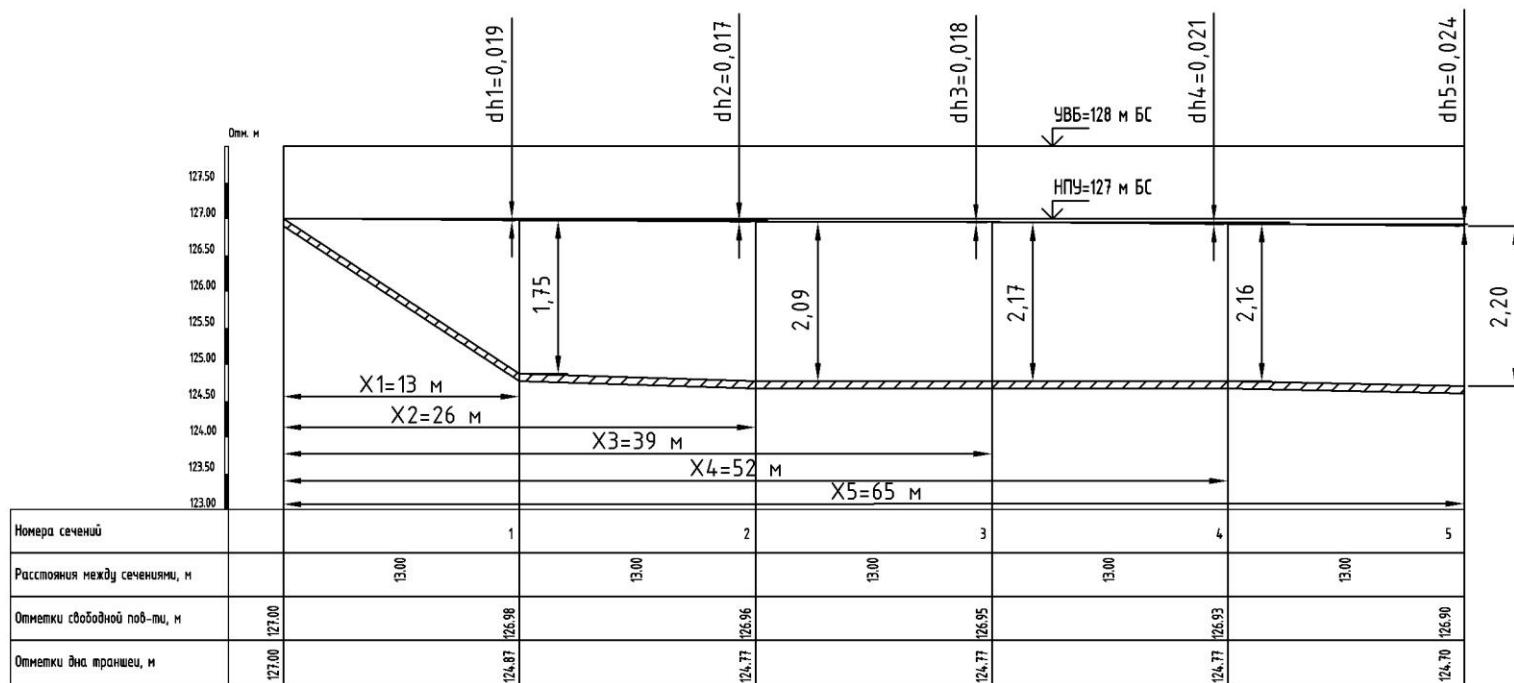
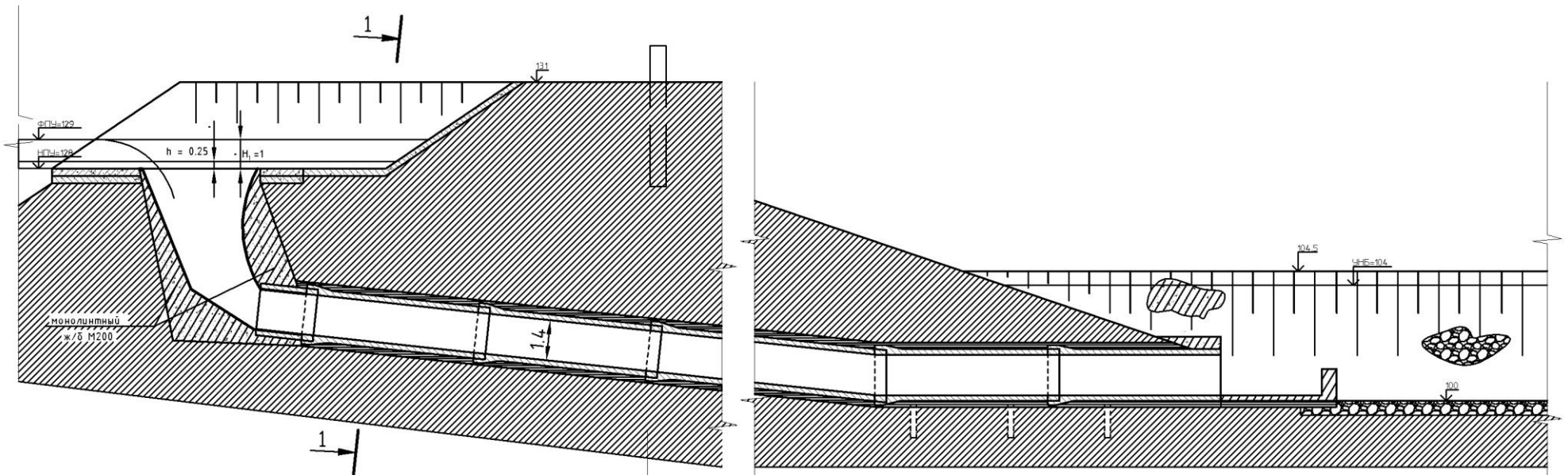


Рисунок В.5 - Продольный профиль водосборной траншеи (расчетная схема)

Продольный разрез сооружения, М1:200



Водоприемная часть трубчатокорытового водосбора, М1:200

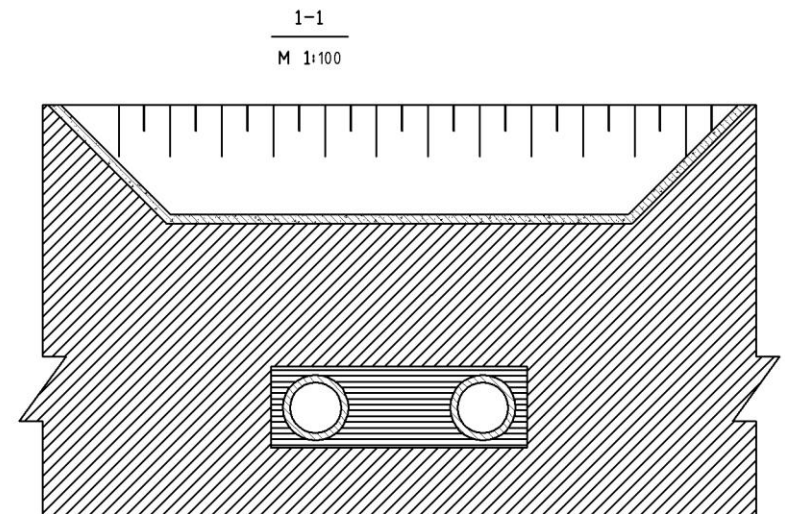
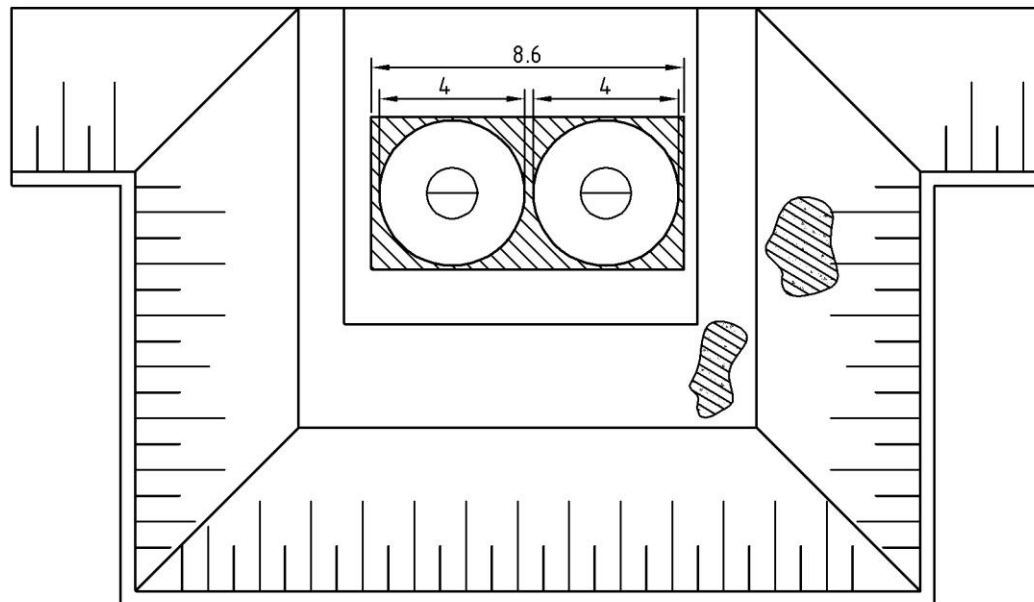
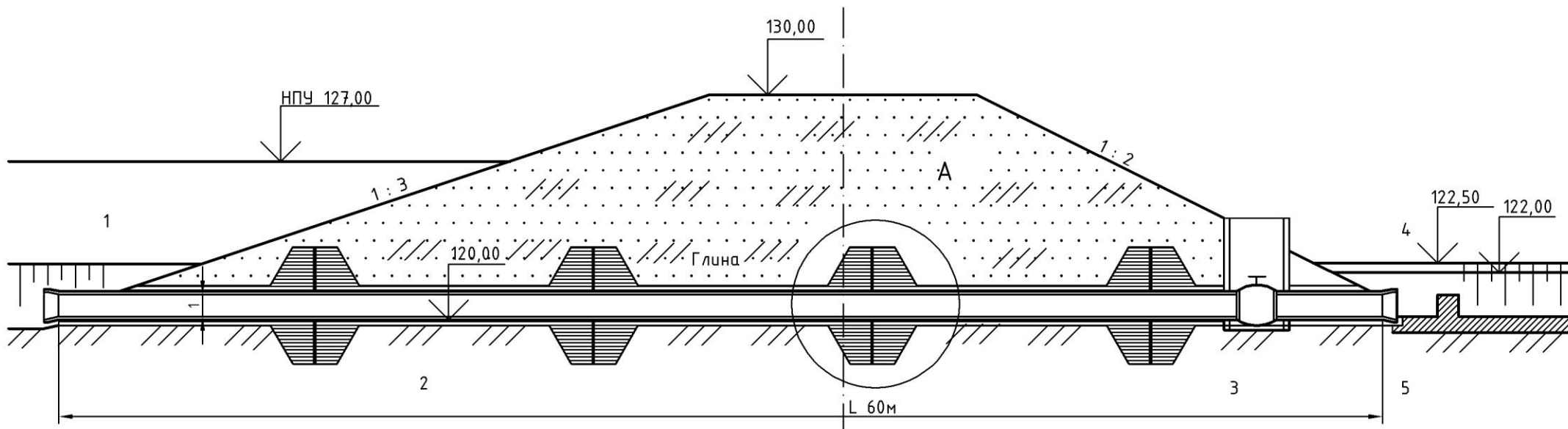
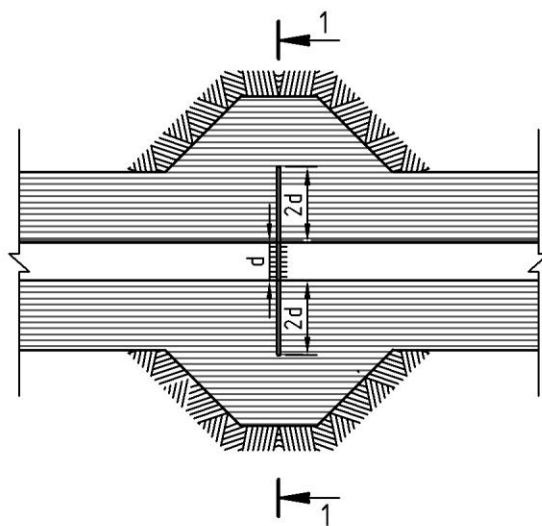
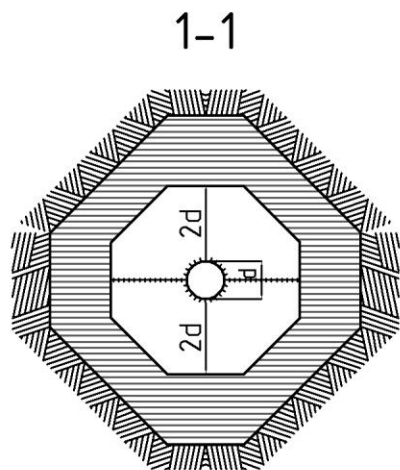


Рисунок В.6 - Трубчато-корытовый водосбор, М 1:200



A
1:200



- 1 - входной оголовок
- 2 - диафрагмы
- 3 - задвижка
- 4 - выходной оголовок
- 5 - водобойный колодец

Рисунок В.7 - Плотинный водовыпуск, М 1:200