

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра гидротехнических сооружений

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛОТИНЫ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания для выполнения
курсовых проектов и выпускных квалификационных работ
студентами направления 270100 – «Строительство»
и специальности 270104 – «Гидротехническое строительство»

Соболь И.С., Ежков А.Н., Горохов Е.Н. Проектирование плотины из грунтовых материалов / Методические указания для выполнения курсовых проектов и выпускных квалификационных работ студентами направления 270100 – «Строительство» и специальности 270104 – «Гидротехническое строительство». – Н.Новгород: ННГАСУ, 2010. - 91 с.

Даны рекомендации по выбору типа, конструированию профиля и основных элементов, выполнению фильтрационных и статических расчетов плотины из грунтовых материалов, рассмотрены вопросы компоновки и организации строительства гидроузла, приведены справочные данные.

Рецензент

Зав. кафедрой гидравлики ННГАСУ, доцент, к.т.н.

А.К. Битюрин

© Соболь И.С., Ежков А.Н., Горохов Е.Н., 2010.

© ННГАСУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1. Исходные данные для проектирования | 6 |
| 2. Выбор типа плотины | 7 |
| 3. Конструирование профиля плотины | 9 |
| 3.1. Очертание откосов | 9 |
| 3.2. Ширина гребня | 9 |
| 3.3. Отметка гребня | 10 |
| 3.4. Крепление откосов | 13 |
| 3.5. Дренажные устройства | 18 |
| 3.6. Противофильтрационные устройства | 19 |
| 3.7. Прогноз зернового состава и расчет границ зон фракционирования грунта в намывных плотинах... | 21 |
| 4. Расчеты плотин | 26 |
| 4.1. Фильтрационные расчеты плотины | 26 |
| 4.1.1. Расчетные случаи и схемы | 27 |
| 4.1.2. Положение поверхности фильтрационного потока в теле плотины | 27 |
| 4.1.3. Фильтрационный расход воды через тело и основание плотины | 28 |
| 4.1.4. Фильтрационная прочность грунтов тела и основания плотины..... | 29 |
| 4.2. Расчет статической устойчивости откосов | 30 |
| 4.3. Подбор обратных фильтров дренажных устройств | 35 |
| 5. Водопропускные сооружения при плотинах из грунтовых материалов | 37 |
| 5.1. Общие сведения о водопропускных сооружениях | 37 |
| 5.2. Трубчатый водосброс | 40 |
| 5.3. Береговой открытый водосброс | 43 |

| | |
|---|----|
| 5.4. Трубчатый водоспуск | 45 |
| 5.5. Расчет гасителя энергии потока воды | 49 |
| 6. Компонировка сооружений | 50 |
| 7. Очередность строительства | 54 |
| 8. Объемы работ | 55 |
| Список использованных источников | 56 |
| Приложение А. К конструированию профиля плотины | 58 |
| Приложение Б. К расчетам плотины | 64 |
| Приложение В. Примеры плотин из грунтовых материалов, построенных в России и других странах | 73 |
| Приложение Г. Примеры конструкций водосбросов и водоспусков различных типов и их компоновок в составе гидроузла | 88 |

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом направления 270100 – «Строительство» с профилем специальных дисциплин «Гидротехническое строительство» и специальности 270104 – «Гидротехническое строительство» предусмотрено выполнение курсового проекта «Плотина из грунтовых материалов».

В проекте требуется осуществить выбор типа и конструирование профиля плотины, выполнить фильтрационные и статические расчеты, разработать конструктивные решения основных элементов плотины, предложить вариант компоновки гидроузла, в состав которого входит проектируемая плотина, наметить очередность его строительства, определить объемы основных работ.

В настоящих указаниях изложена методика, приведены необходимые справочные и нормативные данные для выполнения курсового проекта «Плотина из грунтовых материалов».

Указания могут быть также использованы при выполнении выпускных квалификационных работ.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Исходные данные для проектирования содержатся в задании и представлены в виде:

- топографического плана района строительства гидроузла;
- инженерно-геологического разреза по створу гидроузла;
- кривой расходов в створе гидроузла;
- гранулометрического состава грунтов основания и карьера;
- физико-механических характеристик грунтов основания и тела плотины;
- характерных отметок уровней воды в верхнем и нижнем бьефах, а также отметки дна реки;
- расчетного и строительного расходов;
- расчетной длины водохранилища по направлению господствующих ветров (при НПУ и ФПУ);
- расчетной скорости ветра (при НПУ и ФПУ).

Задания индивидуальны и выдаются каждому студенту руководителем курсового проектирования.

Проектирование начинается с анализа исходных данных, в результате которого студент должен получить представление о том, какими материалами он располагает и какого результата должен достичь при выполнении курсового проекта.

2. ВЫБОР ТИПА ПЛОТИНЫ

Тип плотины следует выбирать в зависимости от топографических и инженерно – геологических условий основания и берегов, гидрологических и климатических условий района строительства, величины напора воды, наличия грунтовых строительных материалов, сейсмичности района, общей схемы организации строительства и производства работ, особенностей пропуска строительных расходов воды, сроков ввода в эксплуатацию и условий эксплуатации плотины [3, табл. 1, п.1.4].

В настоящем курсовом проекте к рассмотрению принимаются земляные насыпные и намывные плотины. Виды земляных насыпных и намывных плотин приведены в [3, п.2.1, п.3.3; 6, рис.6.1, 6.2, 6.3]. Определяющими факторами выбора типа плотины условно приняты: инженерно – геологические условия основания и берегов, наличие местных грунтовых строительных материалов и их физико-механические характеристики.

В соответствии с гранулометрическим составом грунтов, из которых предполагается возводить плотину (грунт первого слоя основания), выбирается тип плотины по условиям ее строительства [3, табл. 1.1, п.2.5, п. 3.9; 6, п.6.3; 7, с.92].

Оценку пригодности карьерного грунта для намывных и насыпных плотин в зависимости от зернового состава следует производить по графикам рис. 2.1. Тип плотины определяется по кривой гранулометрического состава карьерного грунта в зависимости от области в которой находится данная кривая.

При расположении кривой гранулометрического состава в области I и II (рис.2.1) намывных плотин следует определить вид плотины – однородная или неоднородная (с ядром) в зависимости от коэффициента разнозернистости грунта η :

для намывных однородных плотин

$$\eta = k_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} < 2,5 \text{ или } \eta = k_{90/10} < 5, \quad (2.1)$$

для намывных неоднородных (с ядром) плотин

$$\eta = k_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 2,5 \text{ или } \eta = k_{90/10} \geq 5, \quad (2.2)$$

где $k_{60/10}, k_{90/10}$ – коэффициенты разнородности;

d_{10}, d_{60}, d_{90} – диаметры частиц, содержание которых в грунте составляет 10, 60 и 90% соответственно.

При расположении кривой гранулометрического состава в области III и IV (рис.2.1) плотина проектируется насыпной однородной, в области V (рис.2.1) – с противофильтрационными элементами в теле (ядро, диафрагма, экран) и в основании (понур, зуб, цементационная завеса).

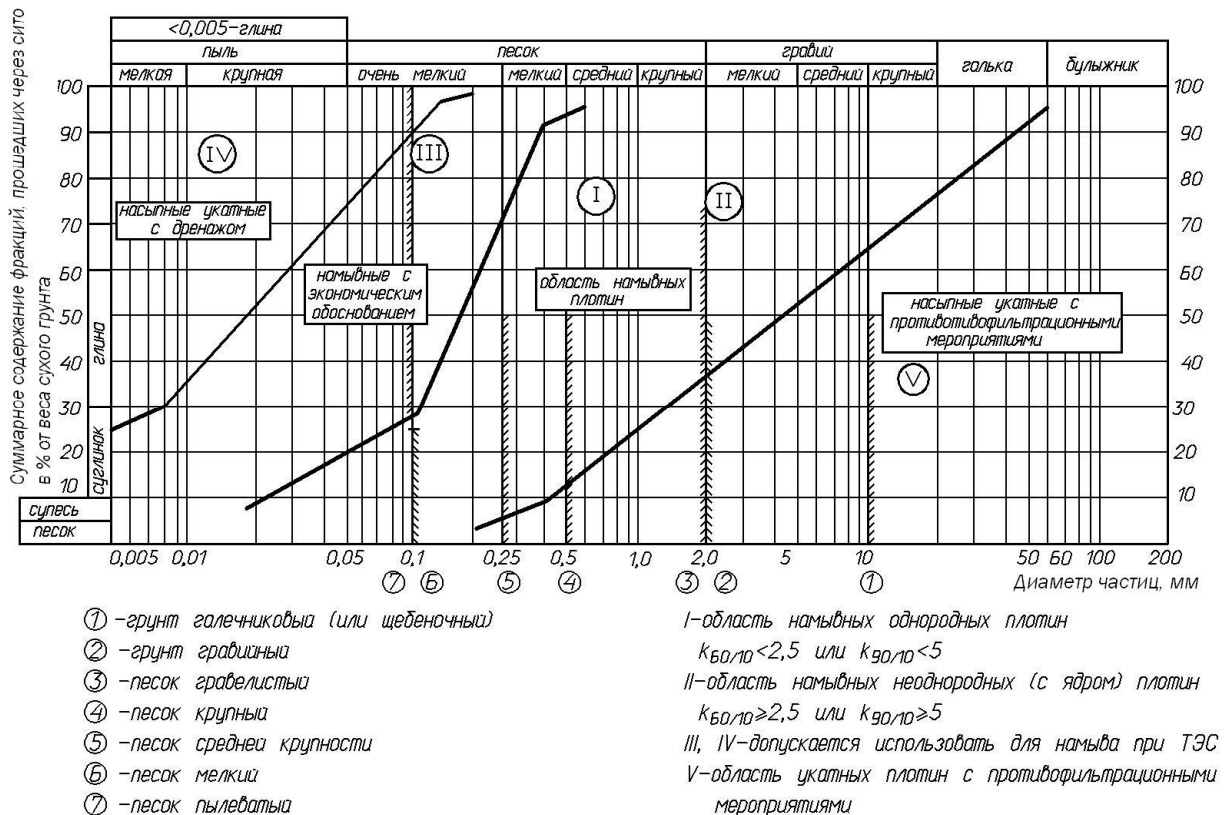


Рис. 2.1. К выбору типа плотины

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПЛОТИНЫ

Конструирование поперечного профиля плотины – это подбор устойчивого, наиболее экономичного профиля и определение параметров его основных элементов.

3.1. Очертание откосов

Крутизну (заложение) откосов (m_v – верхового и m_n - низового) плотины надлежит назначать, исходя из условия их устойчивости с учетом: а) физико-механических характеристик грунтов откосов и основания; б) действующих на откосы сил; в) высоты плотины; г) производства работ по возведению плотины и условий ее эксплуатации [3, п.2.9 – 2.37].

При предварительном назначении крутизны откосов можно воспользоваться данными табл. А.1, А.2, А.3 прил. А, выполнив последующую проверку расчетом статической устойчивости откосов.

На откосах плотины, как правило, следует предусматривать устройство берм, определяя их число в зависимости от высоты плотины, условий производства работ, типов крепления откоса и его общей устойчивости [3, п.2.10; 6, п. 6.4.1]. Бермы следует предусматривать на верховом откосе у нижней границы его крепления для создания необходимого упора (подробнее в п.3.4). На низовом откосе - для служебных проездов, сбора и отвода атмосферных вод, размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) – бермы располагают через 10 – 15 м по высоте. Устройство берм не должно вести к уположению откоса, определенного расчетом. Ширина берм (B_6) определяется их назначением и составляет не менее 3 м, если берма предназначена для проезда, и не менее 2 м, если проезд не предусмотрен [6, п. 6.4.1].

3.2. Ширина гребня

Ширину гребня плотины (B_r) следует устанавливать в зависимости от условий производства работ и эксплуатации (использования гребня для проезда, прохода и других целей), но не менее 4,5 м [3, п. 2.11]. При устройстве

по гребню автомобильной дороги его ширина назначается по табл. А.4 прил. А, при устройстве по гребню железной дороги его ширина назначается по табл. А.5 прил. А.

Ширину гребня плотины в местах сопряжения с другими сооружениями или с берегами следует устанавливать в соответствии с конструкцией сопряжения и необходимостью создания площадок для различных целей [6, п.6.4.1].

3.3. Отметка гребня

Отметку гребня плотины ($\sqrt{Гр}$) следует назначать на основе расчета возвышения его над расчетным уровнем воды [3, п.2.12*].

Возвышение гребня плотины надлежит определять для двух случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе:

а) при НПУ или при более высоком уровне, соответствующем пропуску максимального паводка, входящего в основное сочетание нагрузок и воздействий;

б) при ФПУ, при пропуске максимального паводка, относимого к особым сочетаниям нагрузок и воздействий.

Возвышение гребня плотины h_s (рис.3.1а) в обоих случаях определяется по формуле [3, ф.1]:

$$h_s = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + a, \quad (3.1)$$

где Δh_{set} - ветровой нагон воды в верхнем бьефе, м;

$h_{run1\%}$ - высота наката ветровых волн обеспеченностью 1%, м;

a - запас возвышения гребня плотины, м.

При определении первых двух слагаемых формулы (3.1) следует принимать обеспеченности скорости ветра для расчета элементов волн, наката и нагона при основном сочетании нагрузок и воздействий (при НПУ) для сооружений I, II классов - 2 % и III, IV классов - 4 %; при особом сочетании нагрузок и воздействий (при ФПУ) эти обеспеченности следует принимать для

сооружений I - II классов 20 %, для III класса - 30 %, для IV класса - 50 %.

Запас a для всех классов плотин следует принимать не менее 0,5 м.

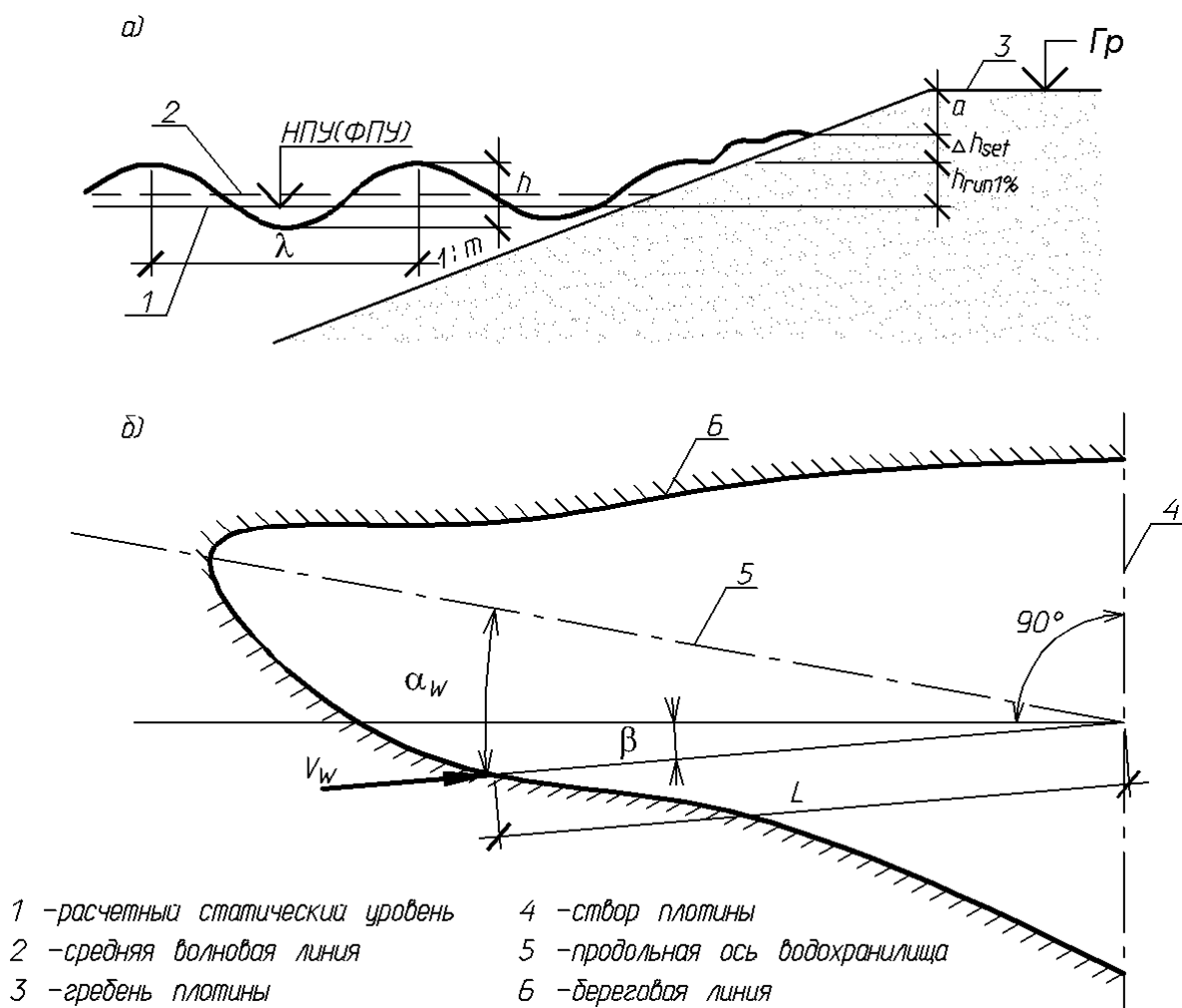


Рис. 3.1. Схемы к определению:
а) отметки гребня плотины; б) величин α_w , β , L

Величину ветрового нагона Δh_{set} , следует определять методом последовательных приближений по формуле [4, прил.1, ф.148*]:

$$\Delta h_{set} = K_{\omega} \frac{V_{\omega}^2 L}{g(d + 0,5\Delta h_{set})} \cos \alpha_{\omega}, \quad (3.2)$$

где (рис.3.1б) α_{ω} - угол между продольной осью водоема и направлением ветра, град.;

V_{ω} - расчетная скорость ветра, м/с;

L - длина водохранилища по направлению господствующих ветров (разгон), м;

K_{ω} - коэффициент, принимаемый по табл. А.6 прил. А;

d - глубина воды перед плотиной, м.

На стадии курсового проектирования допускается пренебречь величиной $0,5\Delta h_{set}$ в знаменателе формулы (3.2), приняв ее равной 0.

Высоту наката ветровых $h_{run1\%}$ волн обеспеченностью 1% следует определять по формуле [4, п. 1.14*]:

$$h_{run1\%} = K_r \cdot K_p \cdot K_{sp} \cdot K_{run} \cdot h_{1\%}, \quad (3.3)$$

здесь K_r и K_p - коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса, принимаемые по табл. А.7 прил. А, зависящие от характеристик откоса;

K_{sp} - коэффициент зависящий от заложения верхового откоса m_B и от V_{ω} , принимаемый по табл. А.8 прил. А;

K_{run} - коэффициент, принимаемый по графикам рис.А.1 прил. А, в зависимости от показателя пологости волн $\frac{\overline{\lambda_d}}{h}$;

$h_{1\%}$ - высота волны 1% обеспеченности.

Высоту волны i %-ой обеспеченности следует определять умножением средней высоты волн на коэффициент k_i , принимаемый по графикам рис. А.3 прил. А для безразмерной величины gL/V_{ω}^2 . При сложной конфигурации береговой черты значение gL/V_{ω}^2 должно приниматься по величине gh_d/V_{ω}^2 и верхней огибающей кривой рис. А.2 прил.А.

Среднюю высоту $\overline{h_d}$, м, и средний период волн \overline{T} , с, в глубоководной зоне необходимо определять по верхней огибающей кривой рис. А.2 прил.А. По значениям безразмерных величин gT/V_{ω} и gL/V_{ω}^2 и верхней огибающей кривой необходимо определять значения $g\overline{h_d}/V_{\omega}^2$ и $g\overline{T}/V_{\omega}$ и по меньшим их величинам вычислить среднюю высоту и средний период волн.

Среднюю длину волн $\overline{\lambda_d}$, м, при известном значении \overline{T} следует определять по формуле [4, прил.1 п.13 ф.150]:

$$\overline{\lambda_d} = \frac{g\overline{T}^2}{2\pi} \quad (3.4)$$

Отметку гребня плотины проектируют с учетом строительного подъема по прогнозируемой осадке плотины и ее основания [4, п.2.12*, пп.5.16* и 5.17*, 4, с.166].

При наличии на гребне плотины сплошного парапета, рассчитанного на воздействие волн, возвышение его верха над уровнем верхнего бьефа надлежит принимать не ниже значений, полученных, по формуле (3.1). Возвышение гребня плотины в этом случае назначают на 0,3 м над НПУ или на отметке ФПУ, причем, принимают высшую из них. [3, п. 2.13; 6, с. 166].

Из двух полученных результатов расчета выбирают более высокую отметку гребня:

$$\downarrow \Gamma_p = \text{ФПУ} + h_s, \text{ или} \quad (3.5)$$

$$\downarrow \Gamma_p = \text{НПУ} + h_s \quad (3.6)$$

3.4. Крепление откосов

Откосы земляных плотин следует защищать специальными креплениями, рассчитанными на воздействие волн, льда, течений воды, изменения уровня воды, атмосферных осадков, ветра, прочих климатических и других разрушающих откос факторов (проникновения землеройных животных, пучения глинистого грунта в зимний период и др.) [3, п.2.16].

Для защиты верхового откоса, как правило, следует применять следующие виды креплений [3, п.2.17]: а) каменные (насыпные); б) бетонные монолитные, железобетонные сборные и монолитные с обычной и предварительно напряженной арматурой; в) асфальтобетонные; г) биологические.

Крепление верхового откоса плотины делится на основное, расположенное в зоне максимальных волновых и ледовых воздействий, возникающих в эксплуатационный период, и облегченное - ниже основного крепления.

Верхней границей основного крепления следует считать отметку гребня плотины [3, п.2.19]. В случае же значительного возвышения гребня над расчетным уровнем воды основное крепление следует заканчивать ниже гребня на отметке высоты наката h_{run} ; далее до гребня доводят облегченное крепление. Нижнюю границу основного крепления следует назначать, считая от минимального уровня сработки водохранилища, на глубине:

$$h = 2h_{1\%}, \quad (3.7)$$

при этом нижняя граница основного крепления должна быть ниже минимального уровня сработки водохранилища не менее чем на $1,5t$, где t - расчетная толщина ледяного покрова [3, п.2.20].

Каменное крепление откосов устраивается при высоте волны до 2,5 м в виде наброски или мощения по слою подготовки, играющей роль обратного фильтра [11, п. 8.2].

Каменные материалы для крепления откосов следует применять из изверженных, осадочных и метаморфических пород, обладающих необходимой прочностью, морозостойкостью и водостойкостью [3, п. 2.25], с удельным весом $\gamma_k > 24 \text{ кН/м}^3$ [11, п. 8.2].

Для крепления откосов каменной наброской следует применять, как правило, несортированный камень (горную массу) [3, п.2.22].

Расчетный вес камня, устойчивого против разрушающего действия волн, можно определить по формуле [11, ф. 8.2]:

$$Q = \frac{\mu \gamma_k h_g^2 \lambda}{(\gamma_k / \gamma_0 - 1)^3 \sqrt{1 + m^3}}, \quad (3.8)$$

где μ - коэффициент, принимаемый для каменной наброски равным 0,025;

γ_k - удельный вес камня;

γ_0 - удельный вес воды;

m - заложение откоса;

h_g и λ - расчетные значения высоты и длины волны.

Для характеристики укладываемого материала удобнее использовать геометрические размеры и задавать крупность камня. Соотношение веса камня и среднего диаметра, приведенного к диаметру шара, дает следующая формула [11, ф. 8.3]:

$$D_{ш} = \sqrt[3]{Q/0,524\gamma_k} . \quad (3.9)$$

Толщина каменной наброски должна обеспечивать защиту фильтра и тела плотины от размыва и назначается не менее $3D_{ш}$ для несортированного камня и $2,5D_{ш}$ для сортированного [11, п. 8.2].

Каменное мощение применяют при малой высоте волн до 1 - 1,2 м. Его устройство более трудоемко, чем наброска камня. Каменное мощение проводится по слою гравийной или щебенистой подготовки и требует меньше камня. Толщина каменного мощения определяется формулой [11, ф. 8.4]:

$$\delta = 1,7 \frac{\gamma_0}{(\gamma_k - \gamma_0)} \cdot \frac{\sqrt{1+m^2}}{m(m+2)} \cdot h_6 . \quad (3.10)$$

Бетонные и железобетонные крепления выполняются в виде монолитных плит, бетонируемых непосредственно на месте, или из сборных плит.

Монолитные бетонные плиты устраивают для защиты верхового откоса при высоте волны 2 - 4 м. Они имеют толщину от 0,15 до 0,5 м и размеры в плане от 5x5 до 20x20 м и более. Швы между плитами делают открытые или закрытые. В случае водонепроницаемых швов исключается необходимость устройства фильтра в основании плит.

Толщина монолитной плиты может быть определена из условия ее всплытия при действии взвешивающего противодействия [11, ф. 8.7]:

$$\delta_n = 0,07kh \frac{\gamma_0}{(\gamma_6 - \gamma_0)} \cdot \frac{\sqrt{1+m^2}}{m} \cdot \sqrt[3]{\lambda/B} , \quad (3.11)$$

где k - коэффициент, равный 1,25 - 1,3;

B - длина плиты по нормали к урезу воды;

γ_6 - удельный вес бетона.

Крепление откосов плитами предохраняет их также от разрушения ледовыми нагрузками. В этом случае прочность плит проверяется на усилия со стороны ледяных полей водохранилищ. Расчетные случаи, регламентированные действующими нормативными документами, предусматривают учет нагрузок от движущихся ледяных полей, остановившегося ледяного поля под воздействием течения воды и ветра, температурного расширения льда, а также от примерзшего к покрытию ледяного покрова при изменении уровня воды в водохранилище.

Сборные плиты делают толщиной от 8 до 20 см и размерами от 1,5x1,5 до 5x5 м. Плиты укладывают на сплошной обратный фильтр и шарнирно соединяют друг с другом. Швы между плитами оставляют открытыми или омоноличивают. Для герметизации швы между плитами уплотняют асфальтобетоном или фасонной резиной, что придает креплению гибкость.

Крепление низового откоса следует выбирать в зависимости от материала, из которого возведена низовая призма плотины, с целью защиты его от атмосферных воздействий и разрушения землеройными животными. Для крепления низового откоса из песчаных или глинистых грунтов следует применять посев трав по растительному слою толщиной 0,2-0,3 м, отсыпку щебня или гравия слоем толщиной 0,2 м и другие виды облегченных покрытий [3, п. 2.30*].

Обратные фильтры под креплением откосов, выполненным в виде каменной наброски, плит с открытыми швами или со сквозными отверстиями и т.п., могут состоять из одного слоя разнотернистого материала или двух слоев материалов с различными по крупности частицами, а также из искусственных водопроницаемых материалов (стекловолокна, геотекстиля, минеральной ваты и др.). Материал для обратного фильтра, число слоев и их толщину выбирают в зависимости от вида грунта откоса, наличия и состава местного материала [3, п. 2.32, 2.33].

Под креплениями из монолитных или сборных железобетонных плит (с уплотненными швами или замоноличенных в секции) на откосах из песчаных

или глинистых грунтов следует, как правило, укладывать однослойный обратный фильтр [3, п.2.35].

Конструкции различных видов крепления верхового откоса представлены на рис. 3.2.

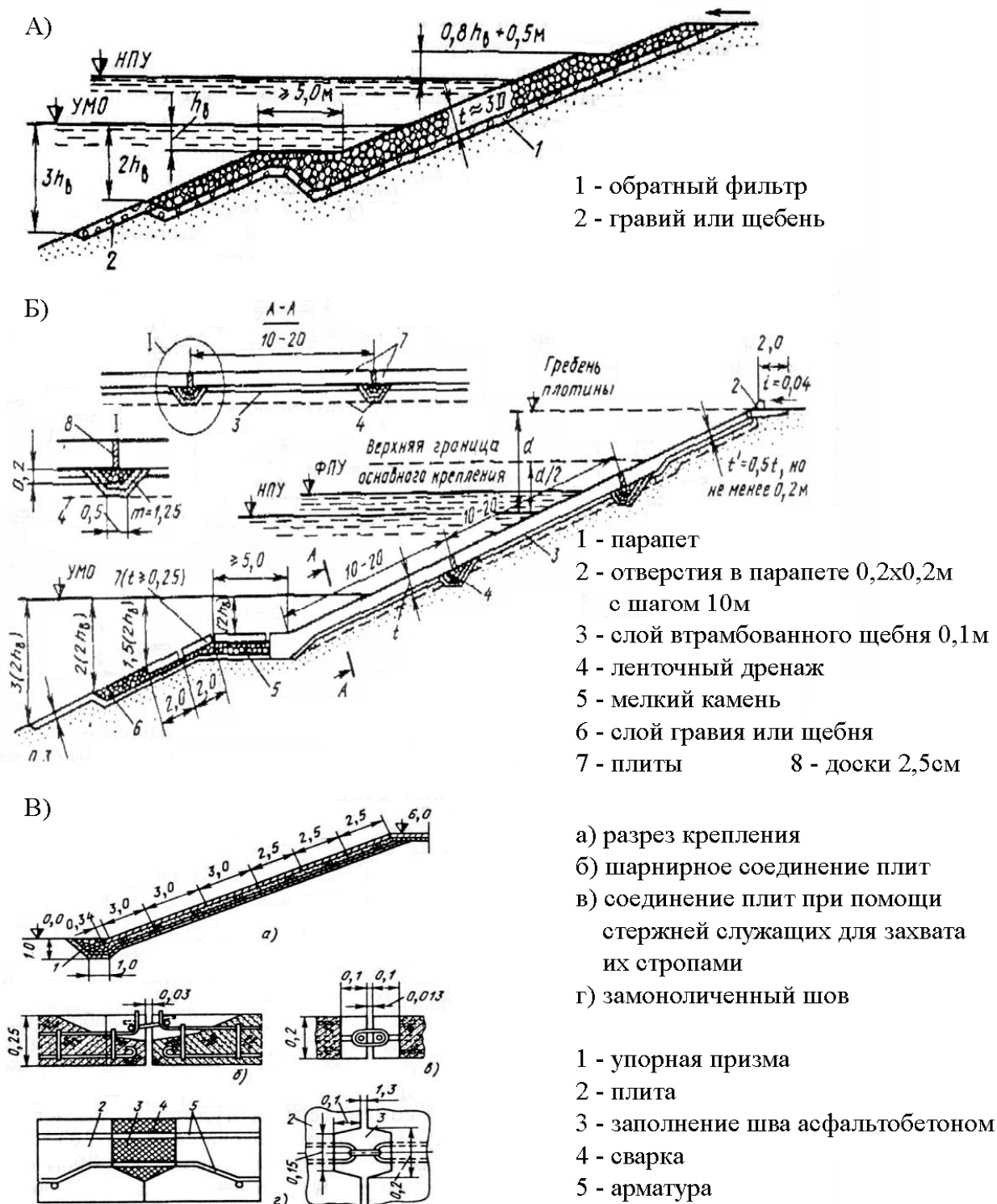


Рис. 3.2. Конструкции различных видов крепления верхового откоса [11, п.8.2]

А) каменной наброской; Б) бетонными плитами; В) сборными железобетонными плитами

3.5. Дренажные устройства

Устройство дренажа тела земляной плотины следует проектировать с целью [3, п.2.51]: а) организованного отвода воды, фильтрующейся через тело и основание плотины в нижний бьеф; б) предотвращения выхода фильтрационного потока на низовой откос и в зону, подверженную промерзанию; в) экономически обоснованного снижения депрессионной поверхности для повышения устойчивости низового откоса (внутренний дренаж); г) повышения устойчивости верхового откоса при быстрой сработке водохранилища, а также для снятия порового давления, возникающего при сейсмических воздействиях; д) отвода воды, профильтровавшейся через экран, ядро.

Конструкции дренажных устройств низовой части плотины представлены на рис.3.3 по данным [3, п.2.52*, рис. 2].

В русловой части плотины чаще всего применяется наружный дренаж в виде каменного банкета или комбинированный дренаж: каменный банкет с наклонным дренажем. В частях плотины, перекрывающих затопливаемую пойму, целесообразно применять наклонный дренаж, а незатопливаемую - трубчатый дренаж.

Дренажный банкет (рис. 3.3. а) следует выполнять, как правило, на русловых участках плотины при ее возведении без перемычек и при перекрытии реки отсыпкой камня в воду. Превышение гребня дренажного банкета h_s (при отсутствии наклонного дренажа) над максимальным уровнем нижнего бьефа (рис. 3.3. а, б) следует определять с запасом на волнение, но не менее 0,5 м. Ширину банкета поверху (B_6) назначают из условий производства работ, но не менее 1 м. При сопряжении тела плотины с дренажным банкетом должна быть обеспечена фильтрационная прочность сопряжения за счет устройства обратного фильтра по внутреннему откосу банкета. При наличии в основании мелкозернистого грунта и больших выходных градиентов напора под дренажным банкетом надлежит предусматривать горизонтальный обратный фильтр. Гребень дренажного банкета ($\sqrt{\Gamma p_6}$) следует защищать от засорения поверхностными стоками [3, п.2.54*].

Наслонный дренаж [3, п.2.52*, рис. 3.3. б] следует выполнять на участках плотины, перекрывающих затопляемую пойму, а также при отсутствии на месте строительства достаточного количества камня. Толщину наслонного дренажа с обратным фильтром следует назначать из условий производства работ, но не менее величины

$$t = 5d_{s,85} + tf, \quad (3.12)$$

где $d_{s,85}$ - диаметр частиц, масса которых вместе с массой более мелких фракций составляет 85 % массы грунта всего дренажного слоя; tf - толщина обратного фильтра. Материал наслонного дренажа должен сопрягаться с материалом обратного фильтра и защищать низовой откос от волнового воздействия в нижнем бьефе, а в некоторых случаях - и от промерзания. Превышение гребня наслонного дренажа h_s над максимальным уровнем нижнего бьефа следует принимать, как и для дренажного банкета, с учетом высоты выклинивания фильтрационного потока на низовой откос плотины и глубины промерзания [3, п.2.55*].

Дренажный коллектор следует проектировать из камня, бетонных, железобетонных, асбестоцементных, гончарных труб и др. с учетом агрессивности воды [3, п. 2.53]. Трубчатый дренаж [3, п.2.52*, рис. 3.3. в] следует применять, как правило, на тех участках плотины, где в период ее эксплуатации вода в нижнем бьефе отсутствует или присутствует кратковременно [3, п.2.56]. Горизонтальный дренаж [3, п. 2.52*, рис. 3.3. г] следует проектировать в виде сплошного дренажного слоя или отдельных горизонтальных поперечных или продольных дренажных лент, выполняемых из крупнозернистого материала и защищаемых обратным фильтром.

3.6. Противофильтрационные устройства

При проектировании противофильтрационных устройств из грунтовых и негрунтовых материалов земляных насыпных плотин необходимо учитывать требования [3, п. 2.38*-2.50].

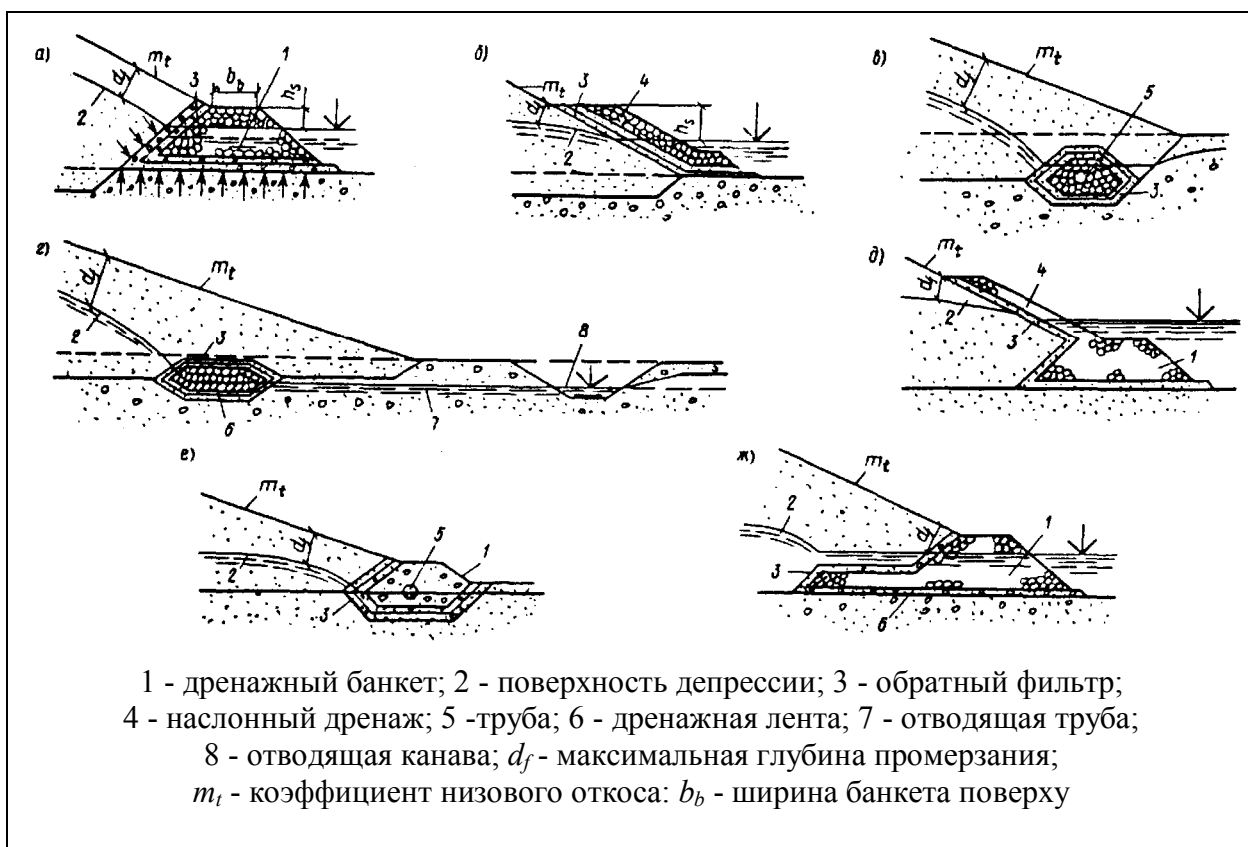


Рис. 3.3. Схемы основных видов дренажа

В русле: а) - дренажный банкет; б) - наклонный дренаж.

На берегу: в) - трубчатый дренаж; г) - горизонтальный дренаж; д-ж) – комбинированные

Противофильтрационные устройства следует выполнять из слабОВОдо-проницаемых грунтов (глинистых и мелкозернистых песчаных, глинобетона, а также торфа) или негрунтовых материалов (бетона, железобетона, полимерных, битумных материалов и др.) в виде верховой или центральной противофильтрационной призмы, экрана, диафрагмы, ядра, понура, шпунта, стенки, в том числе и создаваемой методом «стена в грунте», цементационной и других завес, а при соответствующем обосновании - в виде комбинированной конструкции из грунтовых и негрунтовых материалов [3, п.2.38*].

Толщину грунтового экрана или ядра плотины следует увеличивать сверху вниз. Минимальную толщину экрана или ядра поверху назначают из условий производства работ, но не менее 0,8 м, а понизу - такую, чтобы градиенты напора фильтрационного потока, удовлетворяли критерию фильтрационной прочности [3, п.2.40*].

Гребень грунтового экрана (после окончательной осадки плотины) должен быть выше ФПУ с учетом высоты волны и нагона уровня воды [3, п.2.41*].

При отсутствии на месте строительства плотины грунтов, пригодных для противofильтрационного устройства, или при неблагоприятных климатических условиях необходимо предусматривать негрунтовые противofильтрационные устройства из асфальтобетона, железобетона, полимерных материалов или инъекционную диафрагму [3, п.2.43*].

3.7. Прогноз зернового состава и расчет границ зон фракционирования грунта в намывных плотинах

Прогноз зернового состава намывного грунта в поперечном профиле плотины необходим для установления физико-механических и фильтрационных характеристик материала в различных зонах сооружения.

Изменение зернового состава при намыве происходит в результате отмыва и сброса мелких фракций и гидравлической раскладки частиц вдоль пляжа намыва. При возведении однородных плотин из песков с коэффициентами разнозернистости $k_{60/10} < 2,5$ и $k_{90/10} < 5$ раскладки частиц намываемого грунта практически не происходит, а зерновой состав карьерного материала изменяется только в результате сброса. В неоднородных плотинах помимо учета сброса мелких фракций (в ядре допускается не более 20% глинистых частиц с $d < 0,005$ мм) необходимо учитывать гидравлическую раскладку частиц грунта в поперечном профиле. Рекомендуется определять осредненный зерновой состав грунта в боковых призмах и ядерной зоне неоднородных плотин.

Грунты песчано-гравийных и песчаных карьеров в зависимости от показателей их гранулометрического состава и технологии намыва делятся на пять групп [прил. А, табл. А.10]. Прогноз зернового состава грунта предваряет расчет нормы отмыва. Для каждой группы грунтов и принятой технологии

намыва сооружения норму отмыва НО определяют по формулам [3, прил. 3*] в процентах к объему:

1-я группа: разнозернистый песок с гравием, двусторонний намыв -

$$\text{НО} = 0,1 [d = 0,25 - 0,10 \text{ мм}] \% + 0,35 [d = 0,10 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ + 0,9 [d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 0,9 [d = 0,01 - 0,005 \text{ мм}] \% + 1 [d < 0,005 \text{ мм}] \%;$$

2-я группа: среднезернистый песок, двусторонний намыв -

$$\text{НО} = 0,025 [d = 0,25 - 0,10 \text{ мм}] \% + 0,35 [d = 0,10 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ + 0,8 [d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 1 [d < 0,01 \text{ мм}] \%;$$

3-я группа: мелкозернистый песок, двусторонний намыв -

$$\text{НО} = 0,05 [d = 0,25 - 0,10 \text{ мм}] \% + 0,3 [d = 0,10 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ + 0,9 [d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 1 [d < 0,01 \text{ мм}] \%;$$

4-я группа: мелкозернистые и пылеватые пески, двусторонний намыв -

$$\text{НО} = 0,11 [d = 0,10 - 0,05 \text{ мм}] \% + 0,5 [d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + \\ + 0,6 [d = 0,01 - 0,005 \text{ мм}] \% + 0,9 [d < 0,005 \text{ мм}] \%;$$

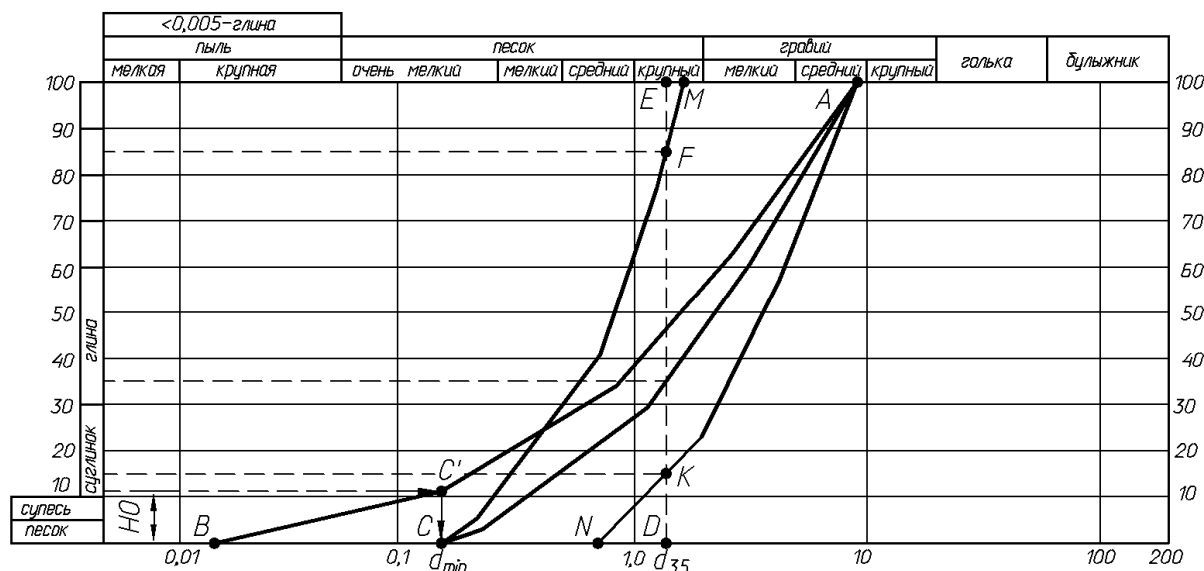
5-я группа: разнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые пески, односторонний намыв со свободным откосом -

$$\text{НО} = 0,15 [d = 0,25 - 0,10 \text{ мм}] \% + 0,5 [d = 0,10 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ + 0,9 [d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 1 [d < 0,01 \text{ мм}] \%;$$

(3.13)

При намыве плотин двухсторонним способом для прогноза зернового состава грунта следует использовать графический прием, приведенный на рис.3.4. [6, п.6.8.4]. Определив по кривой гранулометрического состава наименьший размер частиц грунта d_{\min} , которые останутся в сооружении после отмыва мелких фракций, как показано на рис. 3.4 (точка C), кривую зернового состава карьерного материала AB поворачивают вокруг точки A до совмещения с точкой C . Полученная таким образом кривая AC характеризует средний зерновой состав грунта в намытой плотине, а вертикальный отрезок CC' определяет % отмыва. Далее через точку D , соответствующую d_{35} отмытого

грунта, проводят вертикаль DE . Вращая кривую AC вокруг точки C до совмещения с точкой F на пересечении вертикали DE с горизонталью, соответствующей 85% состава материала, получают линию CFM , которую принимают за кривую зернового состава по оси ядра плотины. Кривую зернового состава грунта на внешних откосах боковых призм получают вращением кривой AC вокруг точки A до совмещения с точкой K на пересечении вертикали DE с горизонталью, соответствующей 15% состава материала.



AC – кривая среднего зернового состава грунта в намытой плотине,

CFM – кривая зернового состава грунта ядра плотины,

AKN – кривая зернового состава грунта боковых призм.

Рис. 3.4. К прогнозу зернового состава намытого грунта
в поперечном профиле плотины

После выполнения прогноза зернового состава намытого грунта в поперечном профиле плотины необходимо определить наименование грунтов, пользуясь рис.2.1, и коэффициенты фильтрации, пользуясь рис.А.4 прил. А, по диаметру частиц d_{17} в ядре и боковых призмах.

Фракционирование грунта - процесс, положенный в основу конструкции намывных плотин и проявляющийся в раскладке зерен грунта по крупности по длине откоса намыва с постепенным уменьшением средней крупности намытого грунта по мере удаления от выпуска пульпы из распределительного пульпопровода.

Для неоднородных плотин, намываемых из песчано-гравийного грунта, должны быть определены расстояния от откоса плотины до внутренней границы боковой зоны и до границы ядра (для неоднородных плотин с ядром) или расстояние от откоса плотины до границы центральной зоны (для неоднородных плотин с центральной зоной).

Для неоднородных плотин с ядром расстояние от откоса плотины до внутренней границы боковой зоны X_1 и от откоса плотины до границы ядра X_2 определяется по формулам [3, прил.4, ф. 1, 2]:

$$X_1 = \left[0,01 \sum_{d=2\text{мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi} \right] L, \quad (3.14)$$

$$X_2 = \left[0,01 \sum_{d=0,1\text{мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi} \right] L, \quad (3.15)$$

где $\sum_{d=2\text{мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi}$, $\sum_{d=0,1\text{мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi}$ - содержание всех фракций крупнее 2 мм и 0,1 мм соответственно в составе карьерного грунта, %;

L - расстояние от откоса до оси плотины.

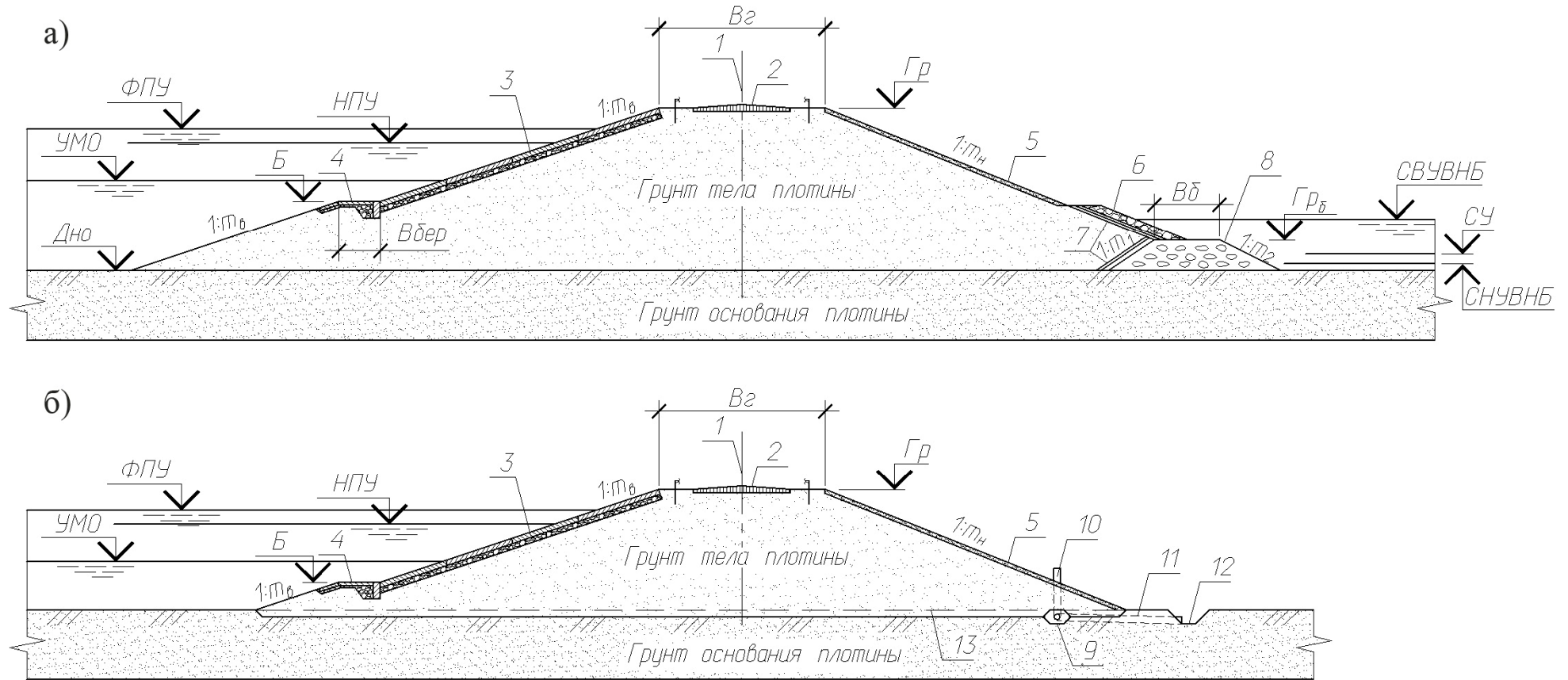
Для неоднородных плотин с центральной зоной, намываемых из песчано-гравийных грунтов расчет расстояния от откоса плотины до границы центральной зоны X_3 выполняют по формуле [3, прил. 4, ф. 3]:

$$X_3 = \left[0,01 \sum_{d=0,25\text{мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi} \right] L, \quad (3.16)$$

где $\sum_{d=0,25\text{мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi}$ - содержание всех фракций крупнее 0,25 мм в составе карьерного грунта, %.

После назначения основных размеров элементов профиля на миллиметровой бумаге (или в компьютерном виде) вычерчиваются профили для руслового и пойменного сечений плотины (рис. 3.5. а, б) и назначается ее класс по СНиП [2, прил.Б. табл.Б.1, Б.2, Б.3].

В приложении В приведены примеры конструкций плотин из грунтовых материалов, построенных в России и других странах.



- 1 – ось плотины; 2 – автодорога по гребню; 3 – крепление верхового откоса;
 4 – берма на верховом откосе; 5 – крепление низового откоса; 6 – наклонный дренаж; 7 – слои обратного фильтра; 8 – дренажный банкет;
 9 – трубчатый дренаж; 10 – смотровой колодец; 11 – отводящая труба; 12 – приплотинный коллектор ливневых и фильтрационных вод;
 13 – снятие растительного слоя грунта

Рис.3.5. Русловой (а) и пойменный (б) профили земляной плотины

4. РАСЧЕТЫ ПЛОТИН

При проектировании плотин из грунтовых материалов необходимо выполнять следующие основные расчеты [3, п.5.1*]:

- а) фильтрационные;
- б) фильтрационной прочности;
- в) обратных фильтров, дренажей и переходных слоев;
- г) устойчивости откосов, экрана и защитного слоя.

4.1. Фильтрационные расчеты плотины

Фильтрационные расчеты тела плотины, основания и берегов следует выполнять для [3, п.5.3]:

- а) определения фильтрационной прочности тела плотины, ее основания и берегов;
- б) расчета устойчивости откосов плотины и берегов;
- в) обоснования наиболее рациональных и экономичных форм, размеров и конструкций плотины, ее противофильтрационных и дренажных устройств.

Фильтрационными расчетами надлежит определять следующие параметры фильтрационного потока [3, п.5.4*]:

- а) положение поверхности фильтрационного потока (депресссионной поверхности) в теле плотины и берегах;
- б) фильтрационный расход воды через тело и основание плотины;
- в) напоры (или градиенты напора) фильтрационного потока в теле плотины, основании, а также в местах выхода фильтрационного потока в дренаж, в нижний бьеф за подошвой низового откоса, в местах контакта грунтов с различными характеристиками и на границах противофильтрационных устройств [3, п.5.4*, рис.9].

4.1.1. Расчетные случаи и схемы

В соответствии с требованиями СНиП [2, п.5.2.3] воздействие фильтрующейся воды должно определяться для двух расчетных случаев расхода воды – основного и поверочного. Указанное воздействие, соответствующее пропуску расхода воды основного расчетного случая, определяют при нормальном подпорном уровне (НПУ) воды в верхнем бьефе. Его следует учитывать в составе основного сочетания нагрузок и воздействий. Воздействие фильтрующейся воды, соответствующее пропуску расхода воды поверочного расчетного случая, должно определяться при форсированном подпорном уровне (ФПУ) воды в верхнем бьефе и учитываться в составе особого сочетания нагрузок и воздействий.

В курсовом проекте фильтрационные расчеты выполняются для руслового сечения плотины для двух расчетных случаев:

1 расчетный случай (основной) - в верхнем бьефе - НПУ, в нижнем бьефе – СНУВНБ (максимальный напор на плотину), с условием, что СНУВНБ не превышает уровня, определяемого при глубине воды в НБ равной $0,2h_i$, где h_i - высота откоса.

2 расчетный случай (особый) – в верхнем бьефе ФПУ, в нижнем бьефе СВУВНБ.

4.1.2. Положение поверхности фильтрационного потока в теле плотины

Положение поверхности депрессии (в курсовом проекте – кривой депрессии, поскольку рассматривается одно сечение плотины) определяется аналитическим способом для одной из следующих групп расчетных схем (прил. Б, табл. Б.1):

- 1) плотины однородные на водонепроницаемом основании;
- 2) плотины однородные на водопроницаемом основании конечной мощности.

Выбор той или иной расчетной схемы зависит от инженерно-геологических условий основания, строения тела плотины и свойств слагаю-

щего его грунта. При выборе схемы и выполнении расчетов необходимо руководствоваться следующими соображениями:

а) грунт основания считается водоупором, если выполняется условие

$$k_m/k_o \geq 20...25, \quad (4.1)$$

где k_m и k_o - коэффициенты фильтрации грунтов тела и основания плотины, соответственно;

б) если основание водопроницаемое, а глубина до водоупора T неизвестна, то расчеты следует вести для условного водоупора, расположенного на глубине

$$T = T_{усл} = 0,5L_{ос}, \text{ м} \quad (4.2)$$

где $L_{ос}$ - ширина плотины по основанию в расчетном сечении;

в) если плотина неоднородная, например, с ядром или экраном, то ее следует привести к однородной, используя метод виртуальных длин (прил. Б, табл. Б.1, схемы 5 и 6).

Определение положения кривой депрессии с использованием расчетных схем (прил. Б, табл. Б.1) сводится к вычислению ординат этой кривой при задаваемых значениях абсциссы. Расчет удобно вести в табличной форме.

4.1.3. Фильтрационный расход воды через тело и основание плотины

Установление фильтрационного расхода воды через тело и основание плотины проводится для определения потерь воды из водохранилища и расчетов специальных дренажных устройств (например, трубчатого дренажа) [11, п. 2.1].

В курсовом проекте расчеты водного баланса водохранилища и специальных дренажных устройств выполнять не требуется, поэтому можно ограничиться вычислением удельного фильтрационного расхода q по формулам, приведенным в (прил. Б, табл. Б.1), в зависимости от выбранной расчетной схемы.

4.1.3. Фильтрационная прочность грунтов тела и основания плотины

В соответствии с указаниями [3, п. 5.5*] расчеты фильтрационной прочности надлежит выполнять исходя из наибольшего напора, действующего на плотину (1 расчетный случай).

При оценке фильтрационной прочности необходимо выполнить условие [3, п. 5.5*; 12, п. 4.3]:

$$J_{est,m} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{cr,m}; \quad (4.3)$$

где $J_{est,m}$ - действующий средний градиент напора в расчетной области фильтрации;

$J_{cr,m}$ - критический средний градиент напора, принимаемый на основании исследований грунтов в условиях, отвечающих реальным условиям эксплуатации сооружения. В предварительных расчетах значения $J_{cr,m}$ могут быть приняты в соответствии с имеющимися аналогами (прил. Б, табл. Б.2, Б. 3);

γ_n - коэффициент надежности по ответственности сооружений, определяемый по [2, п. 5.3.3], в зависимости от класса сооружения.

Выполнение условия требуется как при проверке общей, так и местной фильтрационной прочности.

При оценке **общей фильтрационной прочности** грунта величину $J_{est,m}$ в формуле (4.3) следует определять по зависимостям:

для тела плотины

$$J_{est,m} = \frac{H_{\max}}{L + 0,4H_1}; \quad (4.4)$$

для основания плотины

$$J_{est,m} = \frac{H_{\max}}{L_{oc} + 0,88T}, \quad (4.5)$$

где $H_{\max} = \sqrt{\text{НПУ}} - \sqrt{\text{СНУВНБ}}$, м – максимальный напор на плотину;

L_{oc} - см. формулу (4.2); остальные параметры определяются по расчетным схемам (прил. Б, табл. Б.1).

В курсовом проекте следует оценить местную фильтрационную прочность грунта ядра (если плотина неоднородная) и основания в местах выхода фильтрационного потока в нижний бьеф. Проверка выполняется по условию (4.3), при этом величины действующих градиентов напора следует определять по зависимостям:

для ядра плотины

$$J_{est,m} = \frac{\Delta H^Я}{\Delta \delta^Я_{CP}}; \quad (4.6)$$

для места выхода фильтрационного потока в нижний бьеф

$$J_{est,m} = J_{вых}, \quad (4.7)$$

где $\Delta H^Я$ - потеря напора на ядре,

$\Delta \delta^Я_{CP}$ - средняя толщина ядра;

$J_{вых}$ - значение выходного градиента, определяется по зависимостям (прил. Б, табл. Б.1), сообразно выбранной расчетной схеме.

В случае невыполнения условия (4.3) при оценке общей или местной фильтрационной прочности следует внести изменения в конструкцию профиля плотины, в частности изменить местоположение дренажа, увеличить ширину плотины по основанию, выполнить пригрузку основания в нижнем бьефе и др.

4.2. Расчет статической устойчивости откосов

Назначенные в п. 3.1 заложения откосов являются ориентировочными, уточнить их значения можно расчетом статической устойчивости откосов.

В соответствии с требованиями [3, п. 5.11*] расчеты устойчивости откосов грунтовых плотин всех классов следует выполнять для круглоцилиндрических поверхностей сдвига. Критерием обеспечения устойчивости откоса [12, п. 3.1] или зависимостью для коэффициента устойчивости k_s [3, п. 5.11*] является условие:

$$k_s = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_n \gamma_{fc}}{\gamma_c}, \quad (4.8)$$

где F , R - расчетные значения соответственно обобщенных сдвигающих сил и сил предельного сопротивления или моментов сил, стремящихся повернуть (опрокинуть) и удержать сооружение;

γ_n - коэффициент надежности по нагрузке, определяемый по [3, табл.9];

γ_{fc} - коэффициент сочетания нагрузок, определяемый по [3, табл. 10];

γ_c - коэффициент условий работы, определяемый по [3, табл. 11].

При расчетах устойчивости откосов плотин необходимо рассматривать три расчетных случая для верхового и низового откосов [3, п. 5.12*].

В курсовом проекте надлежит выполнить расчет устойчивости низового откоса в русловом сечении плотины. Рассматриваемый расчетный случай – основной [3, п.5.12*]: в верхнем бьефе - нормальный подпорный уровень (НПУ), в теле плотины - установившаяся фильтрация; при наличии воды в нижнем бьефе глубину ее принимают максимально возможной при НПУ, но не более $0,2h_i$, где h_i - высота откоса.

Расчет следует начинать с назначения центра кривизны поверхности обрушения. Этот центр располагается в зоне $adfeb$, которая строится так: из середины откоса т. C проводится вертикаль cd и линия ce под углом 85° к откосу; затем из точек A и B проводятся дуги радиусом R до пересечения в т. f . Значение R принимается по прил. Б. табл. Б.4. Далее из т. C проводится дуга радиусом:

$$r = fc / 2, \quad (4.9)$$

где fc – это расстояние от точки f до точки c .

В результате в криволинейном четырехугольнике, образованном линиями $adfeb$ получается искомая зона центров круглоцилиндрических поверхностей сдвига.

Центр кривизны поверхности обрушения (т. O на рис.4.1) следует назначить на прямой af . Из этого центра проводится дуга (линия обрушения) радиусом R_0 так, чтобы дуга имела пересечение с гребнем плотины. Зона между этой дугой и низовым откосом образует призму обрушения. Область, ог-

раниченную кривой сдвига и внешними очертаниями плотины (массив обрушения), разбивают вертикальными прямыми на отсеки шириной b . При расчете вручную удобно величину b принимать равной $0,1 R$, центр нулевого отсека размещать под центром кривой сдвига, а остальные отсеки нумеровать с положительными знаками при расположении их вверх по откосу и с отрицательными – вниз к подошве плотины, считая от нулевого. Нумерация отсеков показана на рис.4.1. При такой нумерации:

$$\sin \alpha_i = 0,1 \cdot i, \quad (4.10)$$

где i - номер отсека с соответствующим знаком;

$$\cos \alpha_i = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_i} \quad . \quad (4.11)$$

Для рассматриваемого отсека задаются рядом возможных круглоцилиндрических поверхностей сдвига (рис.4.1, на котором ED - одна из произвольно заданных поверхностей сдвига грунта). Для возможного отсека обрушения, ограниченного снизу соответствующей поверхностью сдвига (рис. 4.1) вычисляется коэффициент устойчивости k_s [11, п. 6.1].

Коэффициент устойчивости определяется по формуле:

$$k_s = \frac{\sum (G_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i) + \sum (c_i / \cos \alpha_i)}{\sum (G_i \cdot \sin \alpha_i) + (Y \cdot r_0 \cdot \rho_w / R_0) \cdot \sum h_i'} \quad , \quad (4.12)$$

где R_0 - радиус кривой обрушения; G - вес отсека; c - удельное сцепление грунта; r_0 - плечо центра тяжести площади зоны обрушения ниже кривой депрессии; ρ_w - плотность воды; Y - средний уклон фильтрационного потока:

$$Y = \Delta h / \Delta l, \quad (4.13)$$

Δh и Δl и составляющие (4.12) показаны на рис.4.1.

Вес каждого отсека (на единицу площади) определяется по формуле:

$$G_i = (h_i - h_i') \cdot \rho_{zi} + h_i' \cdot \rho_{ni}, \quad (4.14)$$

где h_i - высота отсека от линии обрушения до контура плотины;

h_i' - высота отсека до кривой депрессии.

Высоты следует относить к середине отсека. Для отсеков, не пересе-

каемых кривой депрессии, $h_i' = 0$;

ρ_{zi} - плотность грунта основания по заданию;

$$\rho_{ni} = \rho_{zi} + n_{zi} \cdot \rho_{в}, \quad (4.15)$$

где n_{zi} - пористость грунта.

Угол внутреннего трения для отсеков, подошва которых находится выше кривой депрессии, следует принимать для грунта в естественном состоянии, для прочих отсеков – во взвешенном водой состоянии.

Расчет коэффициента устойчивости удобно выполнять в форме таблицы (табл. 4). Таблица 4

К расчету устойчивости низового откоса плотины

| № Отсека i | $\sin \alpha_i$ | $\cos \alpha_i$ | h_i , м | h_i' , м | G_i , т/м ² | $G_i \cdot \cos \alpha_i$, т/м ² | $G_i \cdot \sin \alpha_i$, т/м ² | $\operatorname{tg} \varphi_i$ | $G_i \cdot \cos \alpha_i \times$ $\times \operatorname{tg} \varphi_i$, т/м ² | c_i , т/м ² | $c_i / \cos \alpha_i$, т/м ² |
|--------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|-----------------------------|---|---|-------------------------------|--|-----------------------------|---|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Устойчивость откоса плотины должна быть проверена по возможным поверхностям сдвига с нахождением наиболее опасной призмы обрушения, характеризуемой минимальным отношением обобщенных предельных реактивных сил сопротивления к активным сдвигающим силам. Таких поверхностей может существовать множество, а выполняемые при этом расчеты занимают много времени. В курсовом проекте достаточно однократно выполнить описанный расчет.

При выполнении неравенства (4.8) откос можно считать устойчивым, в противном случае заложение откоса нужно увеличить, если полученные расчетом значения коэффициента устойчивости k_s при соответствующем сочетании нагрузок превышают величину $\gamma_n \gamma_{fc} / \gamma_c$ более чем на 10 % (если это не обусловлено особенностями сооружения), то заложение откоса нужно уменьшить.

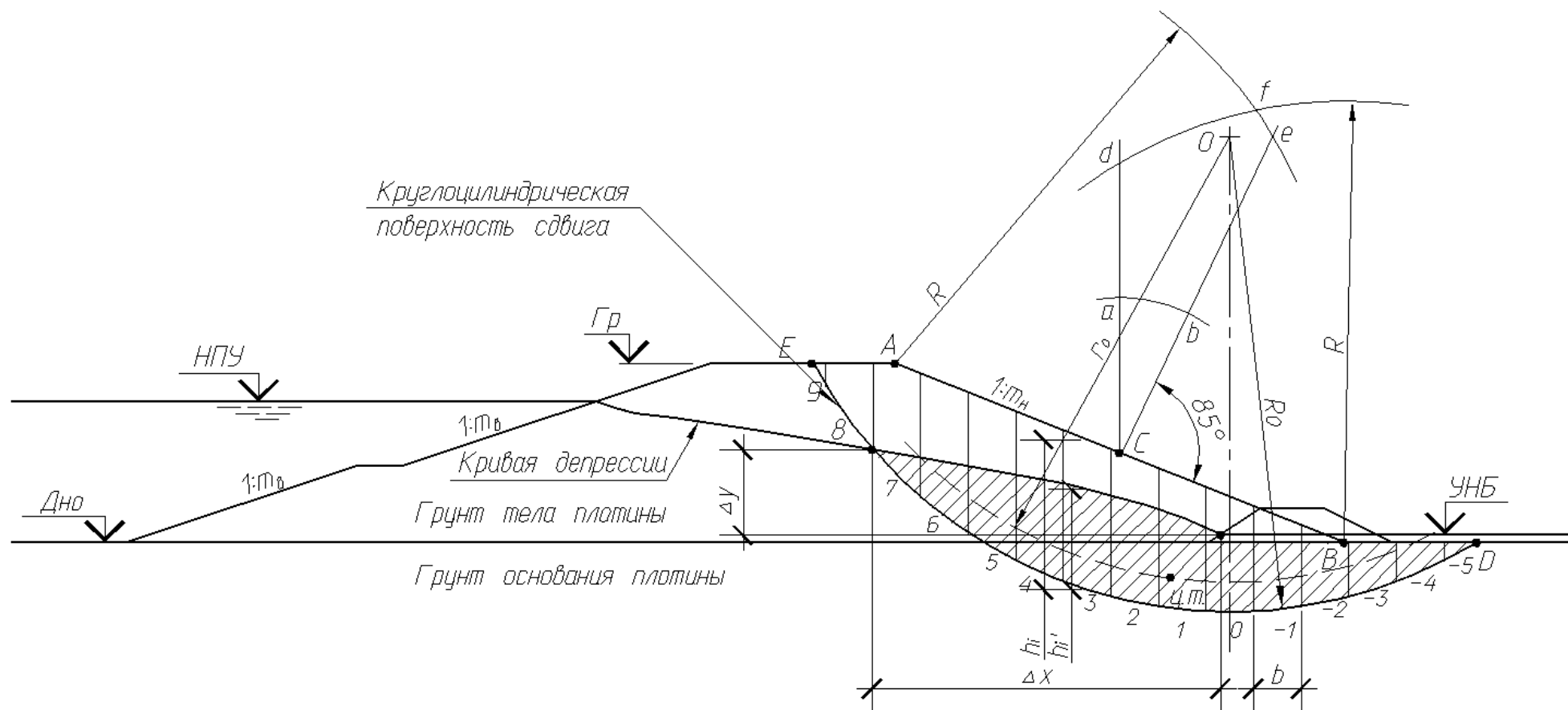


Рис. 4.1. Схема к расчету устойчивости низового откоса

4.3. Подбор обратных фильтров дренажных устройств

Для устройства обратных фильтров дренажей применяют несупфозионные несвязные грунты, естественные или искусственно приготовленные смеси путем подбора необходимых фракций.

Проектирование грунтов для обратных фильтров дренажей зависит от ряда условий [10, с.12]: а) характеристик защищаемого грунта; б) от конструкции дренажа и от условий выхода фильтрационного потока в дренаж; в) от класса сооружения, для дренажа которого проектируется обратный фильтр; г) от характеристик грунтов, предназначенных для обратного фильтра; д) от способов отсыпки фильтровых материалов.

Указанные выше условия определяют рекомендации допустимых величин коэффициентов разнорзернистости фильтровых материалов η_ϕ и толщины слоев фильтра δ_ϕ [10, с.32-34; 13, гл. 1]:

1) для фильтров, выполняемых отсыпкой в воду с $\eta_\phi \leq 10$:

а) для фильтров однослойных - δ_ϕ не менее 0,75 м;

б) для двухслойного и более - каждый последующий должен быть не менее 0,5 м;

2) для фильтров отсыпаемых насухо - δ_ϕ не менее 0,2 м и коэффициенты разнорзернистости должны быть:

- если защищаемый грунт несвязный несупфозионный- $\eta_\phi \leq 20$,

- если защищаемый грунт несвязный супфозионный- $\eta_\phi \leq 15$,

- если защищаемый грунт связный $\eta_\phi \leq 50$.

Следует иметь в виду, что минимальная толщина слоя фильтра, независимо от способов отсыпки фильтра, должна быть по фильтрационным условиям не менее [10, с.34; 13, с. 5, ф. 1]:

$$T_{\min} = 5 \cdot d_{90}, \quad (4.16)$$

где d_{90} , мм - крупность частиц, меньше которых содержится в грунте фильтра 90% по весу.

Расчеты по проектированию фильтровых материалов дренажей, защищающих несвязные грунты, начинаются с оценки суффозионности защищаемого обратным фильтром грунта. В зависимости от того, будет ли защищаемый несвязный грунт несуффозионным или суффозионным и от вида дренажа выбирается та или иная методика подбора грансостава первого слоя обратного фильтра и последующих расчетов.

Грунт считается несуффозионным, если выполняются следующие условия [10, с. 19, 29]:

$$а) d_{\min} > 0,77 \cdot \chi \cdot 0,455 \cdot \sqrt[n]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} \quad (4.17)$$

где $\chi = 1 + 0,05\eta$ - для грунтов с $\eta \leq 25$; (4.18)

$$\chi = 0,35 / (3 + \sqrt[3]{\eta} \cdot \lg \eta) - \text{для грунтов с } \eta > 25; \quad (4.19)$$

$\eta = d_{60} / d_{10}$ - коэффициент разнородности грунта;

n - пористость;

d_{17} - крупность частиц (мм), меньше которых содержится в грунте 17%

по весу;

$$б) \frac{d_5}{d_{17}} \geq 0,32 \cdot \sqrt[n]{\eta} \cdot (1 + 0,05 \cdot \eta) \cdot \frac{n}{1-n} \quad (4.20)$$

В зависимости от вида грунта определяется методика проектирования (подбора) желаемого грансостава грунта или искусственной смеси различных фракций грунта для слоя обратного фильтра и выполняется его подбор с использованием рекомендаций:

Защищаемый грунт несвязный

А) несуффозионный - методика подбора первого случая [10, с. 38-41; 13, гл. 3];

Б) суффозионный - методика подбора соответствует второму расчетному случаю [10, с. 38-41; 13, гл. 4].

Защищаемый грунт связный – методика подбора [10, с. 84-91; 13, гл. 5].

5. ВОДОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПРИ ПЛОТИНАХ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Общие сведения о водопропускных сооружениях

При проектировании гидроузлов при глухих плотинах из грунтовых материалов устраивают водосбросные, водовыпускные и водоспускные сооружения [14, п. 3.2].

В курсовом проекте необходимо запроектировать водосброс и водоспуск.

Водосбросными сооружениями (водосбросами) называют гидротехнические сооружения, предназначенные для пропуска паводковых вод на водоподпорных гидроузлах [15, п. 1.2]. В ряде случаев водосброс совмещают с другими водопропускными сооружениями гидроузла - водоспуском, водозабором и т.п.

Выбор варианта водосброса основывается на учете природных, гидрологических и инженерно-геологических условий района строительства, а также эксплуатации проектируемых сооружений. Оптимальный вариант принимается на основе технико-экономического сравнения различных вариантов [14, п. 3.2.1].

По гидравлическому режиму работы водосбросы могут быть напорными, безнапорными, напорно-безнапорными (полунапорными).

По режиму эксплуатации водосбросы бывают автоматического действия и управляемые (с затворами). В отдельных случаях применяют водосбросы полуавтоматического действия, которые обеспечивают пропуск части сбросного расхода в автоматическом режиме, а часть расхода пропускают через отверстия, перекрываемые затворами.

По конструктивному признаку различают водосбросы закрытые (трубчатые), открытые (лотковые), сборные, монолитные.

По месту расположения в составе гидроузла водосбросы делят на береговые, русловые, пойменные.

По расположению водоприемного отверстия, относительно уровня ВБ водосбросы классифицируют на поверхностные, глубинные и донные.

Конструкция водосброса - сложное инженерное сооружение, состоящее из нескольких простейших сооружений, конструктивных узлов и деталей.

В водосбросном сооружении можно выделить четыре основные составные части: подводящая, водоприемная или водосливная, сопрягающая и устройство нижнего бьефа. Каждая часть существенно отличается своим назначением, гидравлическим режимом и конструктивным решением.

Подводящая часть обеспечивает плавный подход воды к сливной (головной) части водосброса, создает благоприятные условия для нормальной эксплуатации всего сооружения.

Водосливная часть осуществляет прием паводковых вод из водоема и отвод их в сопрягающую часть сооружения. Водосливная часть является головной частью водосброса. На управляемых водосбросах через головную часть прокладывают служебный и проезжий мост, на ней устанавливают затворы, другое механическое оборудование и т. д.

Сопрягающая часть соединяет водослив с устройством нижнего бьефа. По ней вода скатывается с верхнего в нижний бьеф.

Устройство нижнего бьефа обеспечивает гидравлическое сопряжение сбросного потока с нижним бьефом, гашение избыточной кинетической водной энергии, защиту сооружения от подмыва и разрушения.

Каждая основная часть водосброса, в свою очередь, состоит из ряда более простых устройств и деталей. Например, подводящая часть может включать: подводящий канал или выемку, струенаправляющие дамбы или системы, ледозащитные устройства, сопрягающие открылки и т. п.

Водосливная часть может иметь различное конструктивное решение. Наиболее типичными решениями являются: прямолинейная сливная стенка (сливная плотина, сливной порог шлюза), сливной оголовок с замкнутым сливным контуром, сливная траншея. В свою очередь, в состав сливной части

может входить: сопрягающая вставка, стенки-устои, разделительные стенки-быки, затворы и другие устройства.

Сопрягающую часть делают открытой или лотковой (быстроток, перепад), закрытой или трубчатой.

В устройство нижнего бьефа входят: устройство для сопряжения сбросного потока с нижним бьефом (уступ, консоль, сопрягающая вставка, водобой), устройство для гашения энергии, крепление русла от размыва, струенаправляющие устройства.

Водоспускными сооружениями (водоспусками) называют гидротехнические сооружения, предназначенные для полного или частичного опорожнения водохранилища и пропуска бытовых расходов в нижний бьеф [14, п. 3.2.4]. Водоспуск можно использовать для промывки верхнего бьефа от наносов и мусора, при пропуске строительных расходов, а в определенных условиях совместить с водосбросом или водовыпуском.

Водоспуски размещают как в теле плотины, так и в берегах. Их выполняют в виде отдельно стоящих сооружений или совмещенных с водосбросами. Отдельно расположенные водоспуски могут быть открытыми (безнапорными) и закрытыми (напорными). Открытые, в основном береговые водоспуски, применяют на небольших водохранилищах глубиной до 4... 6 м. При больших глубинах предпочтительнее закрытые водоспуски, размещаемые в теле плотины.

Наибольшее распространение имеют трубчатые водоспуски, устраиваемые в теле низконапорных грунтовых плотин. Трубчатый водоспуск состоит из трубопровода, входного и выходного оголовков, колодцев для задвижек.

Примеры конструкций водосбросов и водоспусков различных типов и компоновка этих сооружений в гидроузлах приведены в приложении Г.

В настоящем курсовом проекте требуется запроектировать трубчатый водосброс, совмещенный с водоспуском или береговой открытый водосброс и отдельно расположенный водоспуск.

5.2. Трубчатый водосброс

Трубчатые водосбросы устраивают в теле грунтовых плотин в основном небольшой высоты и значительно реже в плотинах высотой до 60 - 80 м. Важным преимуществом этих водосбросов является возможность их комплексного использования - сначала для пропуска строительных расходов, а затем, в период эксплуатации гидроузла, в качестве водосбросов и водоспусков [6, п. 13.2.2].

В состав трубчатого водосброса входят: а) головная часть в виде водослива или башни, оборудованных затворами; б) донная труба, укладываемая в грунт основания; в) выходной оголовок с устройствами для гашения энергии потока в виде водобойного колодца, трамплина или гасителя другого типа (рис. 5.1).

Донные трубы выполняют обычно из железобетона с круглым, овальным или прямоугольным поперечным сечением. При необходимости укладки нескольких труб их объединяют в общую монолитную многоочковую конструкцию. Трубы следует располагать на плотном основании и надежно сопрягать как с основанием, так и с телом плотины с устройством двух-трех противофильтрационных диафрагм по их периметру. По длине трубы разрезают температурно-осадочными швами через 20 - 25 м, выполняя в них водонепроницаемые шпонки для исключения выноса грунта фильтрационным потоком.

Для определения основных размеров водосброса необходимо выполнить гидравлические расчеты.

Периметр башни в плане вычисляется по формуле водослива с тонкой стенкой [6, п. 3.6.2]:

$$B_{баш} = \frac{Q_{\max}}{m\sqrt{2gh}^{3/2}}, \text{ м}, \quad (5.1)$$

где Q_{\max} - максимальный расчетный расход водосброса, м³/с;

m - коэффициент расхода, принимается равным 0,35;

h - напор на гребне водослива, м.

$$h = \text{ФПУ} - \text{НПУ} \quad (5.2)$$

Далее рассчитывается площадь поперечного сечения отводящих труб [6, п. 3.2.2]:

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{макс}}}{\mu \sqrt{2gH_{\text{ф}}}}, \quad (5.3)$$

где $\mu = 0,6 \dots 0,7$ – коэффициент расхода;

$H_{\text{ф}} = \text{ФПУ} - \text{СВУВНБ}$.

Для определения числа труб необходимо задаться стандартным диаметром одной трубы $d_{\text{тр}} \leq 2$ м и вычислить площадь сечения одной трубы ω_1 .

Тогда число труб будет:

$$n_{\text{тр}} = \frac{\omega_{\text{тр}}}{\omega_1}. \quad (5.4)$$

Конструктивно трубчатый водосброс можно совместить с водоспуском, если устроить в башне отверстие, перекрываемое затвором.

Площадь отверстия водоспуска может быть определена по формуле:

$$\omega_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{сп}}}{\mu \sqrt{2gH_{\text{м}}}}, \quad (5.5)$$

где $H_{\text{м}} = \text{УМО} - \text{СНУВНБ}$.

После расчета гасителя энергии воды (см. раздел 5.5) производится конструирование водосброса по аналогии с рис. 5.1.

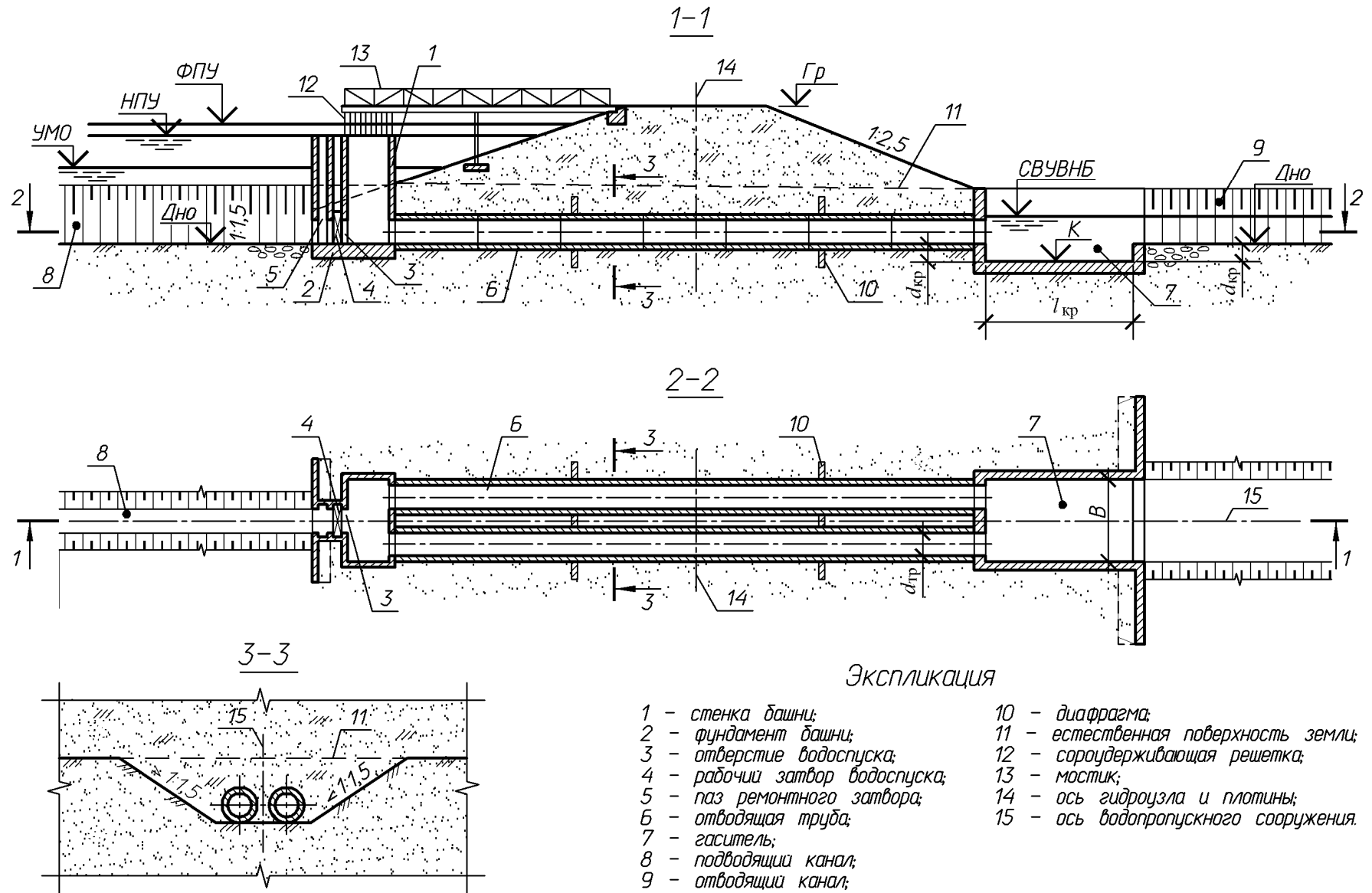


Рис. 5.1. Схема башенного водосбора, совмещенного с водоспуском

5.3. Береговой открытый водосброс

Открытый береговой водосброс состоит из трех основных частей: подводящего канала; водослива фронтального типа, регулирующего сбрасываемый расход; водоотводящего устройства [6, п. 13.2.3].

Подводящий канал должен обеспечивать плавный подвод воды к водосливу. В плане он имеет обычно криволинейное очертание, переменную или постоянную ширину вдоль потока. При больших глубинах канал часто выполняется с горизонтальным дном, а при малых глубинах - с обратным уклоном для обеспечения более равномерного и плавного входа в него воды. Откосы и дно канала в скальных грунтах не укрепляются, а в нескальных покрываются защитной одеждой, но лишь в зоне его примыкания к водосливу, если скорости потока превышают допустимые для неукрепленного грунта. Поперечное сечение подводящего канала трапецеидальное с заложением откосов примерно 1,5 - 2,5 в нескальных грунтах и 0,5 в скальных.

Водосливная часть представляет собой невысокую водосливную плотину, имеющую прямолинейное очертание в плане. Для увеличения длины водосливного фронта в стесненных условиях водосливу придается криволинейная или более сложная, зигзагообразная форма. В конструктивном отношении водосливная плотина открытого берегового водосброса выполняется в виде водослива с низким порогом [6, рис. 13.5 а, б], реже практического профиля [6, рис. 13.5, в]. Особенностью водослива берегового водосброса является отсутствие с его низовой стороны устройств для гашения энергии сбрасываемого расхода. В большей части сооружений вода поступает в водоотводящее устройство без гашения энергии.

Водоотводящее устройство в береговых открытых водосбросах включает, как правило, отводящий промежуточный канал, сопрягающее сооружение в виде быстротока или в отдельных случаях в виде многоступенчатого перепада и устройства для гашения энергии потока.

Отводящий промежуточный канал устраивается для выравнивания потока и подвода его к сопрягающему сооружению. Длина канала определяется

топографическими условиями трассы водоотводящего устройства. При большом уклоне трассы его не устраивают. Дно и откосы канала укрепляются бетонной одеждой, толщина которой принимается в зависимости от скорости потока и геологических условий.

Быстроток представляет собой канал, уклон которого значительно превышает критический. Наиболее часто уклон задается в пределах 0,05 - 0,25. Ширина быстротока может быть постоянной или переменной - уменьшающейся или увеличивающейся книзу. Изменение ширины быстротока вызывается как условиями гашения энергии в нижнем бьефе, так и возможностью некоторого сокращения объема работ. В конструктивном отношении быстроток выполняется в виде бетонного или железобетонного лотка с прямоугольным, трапецеидальным или полигональным поперечным сечением. Борта лотка образуются подпорными стенками того или иного типа, чаще отрезанными от днища деформационными швами. В лотках небольших размеров стенки и днище представляют собой монолитную неразрезную конструкцию докового типа. Днище бетонного лотка на нескальных грунтах выполняется в виде плиты толщиной 0,3 - 0,8 м. Стенки и днище по длине лотка разрезаются деформационными швами через 20 - 25 м. В скальных прочных породах облицовку не делают. В слабых скальных и полускальных породах борта лотка выполняются крутизной 1 : 0,3 – 1 : 0,5, а его дно и откосы покрываются заанкеренной бетонной облицовкой толщиной 0,2 - 0,3 м.

В плане быстротокам обычно придается прямолинейное очертание, однако в ряде случаев при относительно небольших расходах их выполняют и криволинейными, что существенно влияет на форму поперечного сечения лотка. При этом для обеспечения нормальной работы лотка в условиях действия центробежных сил его дну придают уклон также и в поперечном направлении со значительной разницей отметок у вогнутой и выпуклой стенок.

Сопряжение быстротока с нижним бьефом на нескальных грунтах осуществляется с помощью водобойного колодца или водобойной стенки (гаситель энергии воды см. раздел 5.5).

Для определения основных размеров берегового открытого водосброса необходимо выполнить гидравлические расчеты.

Ширину входной части и быстротока следует принять постоянной и определять по формуле водослива с широким порогом [6, п. 3.6.5]:

$$B = \frac{Q_{\text{макс}}}{m\sqrt{2gh_b^{3/2}}}, \text{ м}, \quad (5.6)$$

где m – коэффициент расхода [6, табл. 3.20];

h_b – напор на пороге водослива. В курсовом проекте следует принять $h_b = 2 \dots 4$ м для водослива с затворами, $h_b = \text{ФПУ} - \text{НПУ}$ для водослива без затворов.

Глубина воды в конце быстротока может быть вычислена по формуле:

$$h_{\text{нк}} = \left[\frac{Q_{\text{макс}} \cdot n_b}{B\sqrt{i_b}} \right]^{0,6}, \text{ м}, \quad (5.7)$$

где n_b – шероховатость бетонной поверхности [6, табл. 3.6];

i_b – уклон водоската.

После расчета гасителя энергии воды (см. раздел 5.5) производится конструирование водосброса по аналогии с рис. 5.2.

5.4. Трубчатый водоспуск

Трубчатые водоспуски широко применяются в гидроузлах с плотинами из грунтовых материалов небольшой и средней высоты для пропуска санитарных расходов и опорожнения водохранилища. Они выполняются из одной или нескольких труб, снабженных затворами, и устройств для приема воды и управления затворами в виде башни или камеры. Водоспуски с башнями называют башенными, а с камерами – безбашенными. Большее распространение в гидротехническом строительстве получил первый из указанных типов, как более надежный в эксплуатации [6, п. 13.3.2].

Применяемые в водоспусках водопропускные трубы представляют собой железобетонные галереи или стальные трубопроводы, прокладываемые в грунте основания или в теле плотин.

Водоспуски в зависимости от их назначения работают постоянно или периодически. Водоспуски, используемые для постоянной работы, например для полезных попусков воды в нижний бьеф, должны иметь не менее двух независимо работающих ниток трубопроводов для возможности отключения одной из них на ремонт в процессе эксплуатации.

Трубчатые водоспуски снабжают, как правило, двумя затворами - ремонтным и рабочим. Башни и камеры управления затворами размещают как в начале или на некотором расстоянии от него (при прокладке стальных труб в железобетонной галерее), так и в конце водоспуска (при прокладке труб непосредственно в грунтах без галерей).

Подходные участки к водоспускам выполняются в виде каналов, рассчитанных на пропуск строительного расхода. Крепление их откосов и дна предусматривается в виде каменной мостовой или бетонных плит в зависимости от скорости течения.

Башни водоспусков устраиваются чаще с круглым сечением в плане, их внутренний диаметр назначается в зависимости от диаметра прокладываемых в них трубопроводов и размеров внутренних устройств, но не менее 2,5 - 3 м.

Металлические трубы в теле плотины укладываются на специально подготовленный бетонный фундамент или бетонные опоры и лишь в малоответственных сооружениях - непосредственно на уплотненный грунт с последующим весьма тщательным уплотнением засыпки вокруг труб. Снаружи трубы покрывают антикоррозионными покрытиями.

Железобетонным напорным трубопроводам и галереям задают внутри круглое очертание поперечного сечения, а снаружи вверху - круглое, у подошвы - плоское для более равномерной передачи нагрузки на основание. Внешнюю поверхность галерей обычно защищают гидроизоляционными покрытиями и слоем водонепроницаемого грунта.

Площадь живого сечения и число труб водоспуска можно определить по формулам (5.3) и (5.4). После определения параметров следует разработать конструкцию водоспуска по аналогии с рис. 5.3.

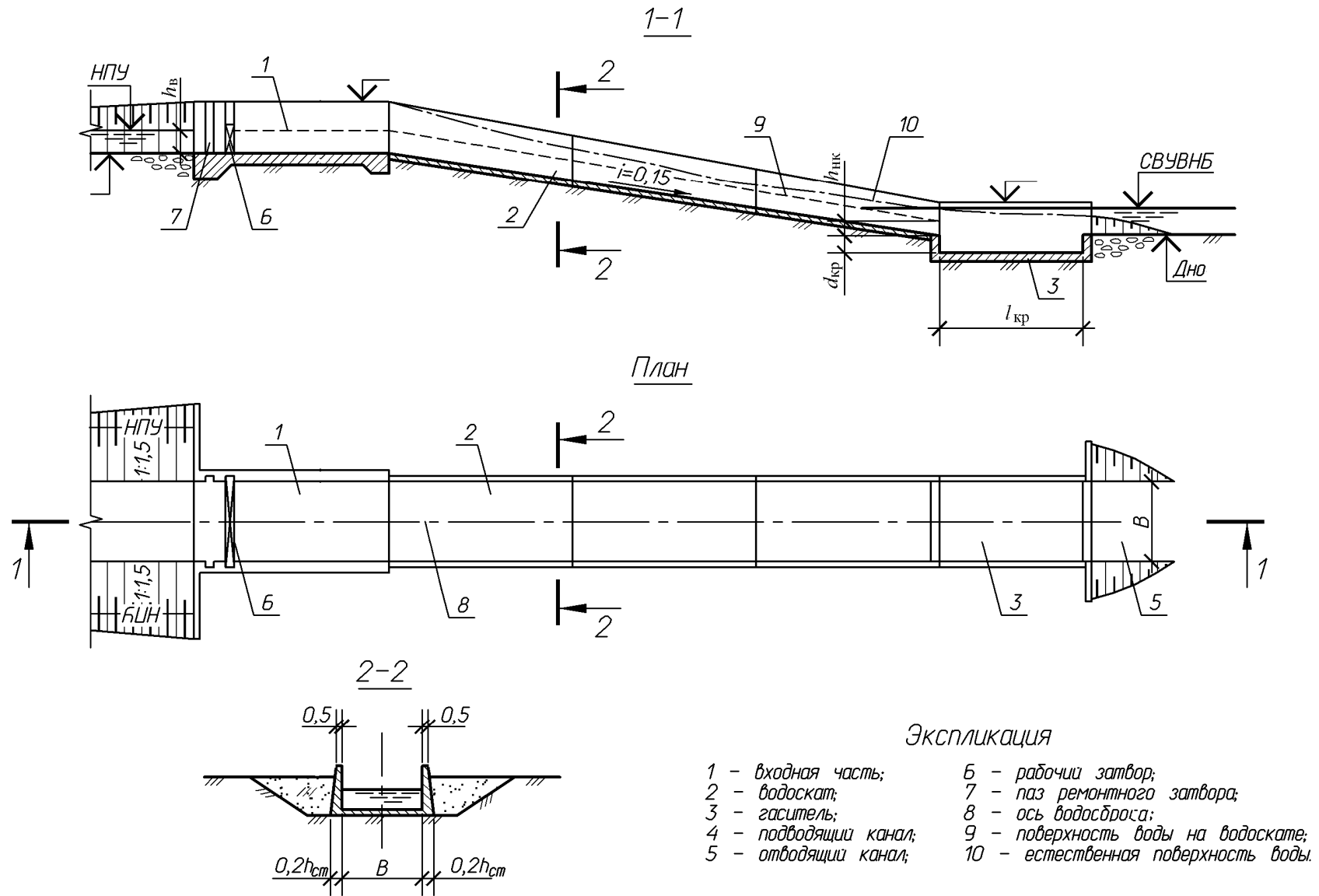
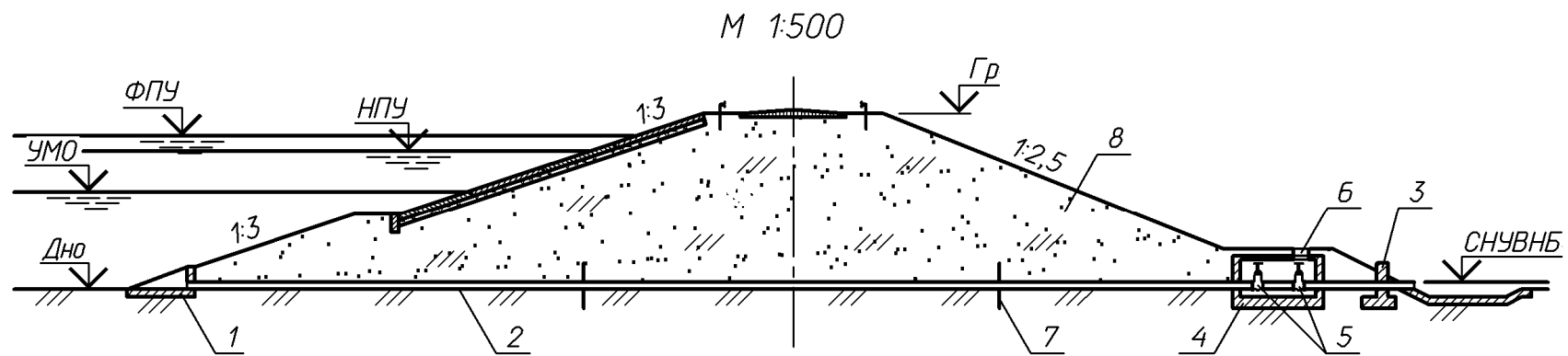


Рис. 5.2. Схема берегового открытого водосброса



Экспликация

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1 - входной оголовок; | 5 - задвижки; |
| 2 - труба водоспуска; | 6 - люк; |
| 3 - выходной оголовок; | 7 - диафрагма; |
| 4 - колодец; | 8 - плотина; |

Рис. 5.3. Схема трубчатого водоспуска

5.5. Расчет гасителя энергии потока воды

Избыточная кинетическая энергия потока воды за водосбросами должна быть уменьшена до пределов, при которых невозможно размывание грунтов основания. Это осуществляется с помощью специального элемента водосброса – гасителя, одним из которых является водобойный колодец.

Его длина может быть определена по формуле [6]:

$$l_{кр} = 6 \frac{\omega}{B} \left(\sqrt{1 + \frac{8,6 \cdot H_{\phi}}{\omega/B}} - 1 \right), \text{ м}, \quad (5.8)$$

где ω – площадь живого сечения потока при входе в гаситель; в случае бащенного водосброса $\omega \approx \omega_{тр}$; для быстротока $\omega = Bh_{нк}$, где B – ширина гасителя (рис. 5.1 и 5.2).

Глубина водобойного колодца вычисляется по формуле:

$$d_{кр} = 1,2 \left(\frac{\omega}{B} \sqrt{1 + \frac{8,6 H_{\phi}}{\omega/B}} - h_{нб} \right), \text{ м}, \quad (5.9)$$

где $h_{нб} = \text{СВУВНБ} - \text{ДНО}$.

Если определенная по формуле (5.9) $d_{кр} < 0$, то она принимается равной нулю. В пределах водобойного колодца дно и борта отводящего канала укрепляются неразмываемым материалов – бетоном, каменной наброской.

6. КОМПОНОВКА СООРУЖЕНИЙ

При проектировании речных гидроузлов, как правило, исходят из условия комплексного использования стока рек для удовлетворения потребностей в воде различных отраслей народного хозяйства, в том числе нужд энергетики, водоснабжения, ирригации, водного транспорта, рыбного хозяйства [6]. В связи с этим в состав гидроузлов наряду с плотиной обычно включают в том или ином сочетании различные специальные гидротехнические сооружения, такие, как гидроэлектростанцию, водозабор, водосброс, судоходный шлюз, рыбозащитное устройство и т. п. Большое число этих сооружений при значительном разнообразии природных условий и требований, предъявляемых к размещению каждого из них, существенно осложняет компоновку гидроузла.

При заданном составе сооружений проектируемого гидроузла на их компоновку оказывают существенное влияние такие факторы, как топографические и геологические условия на участке расположения створа, водность реки, напор, условия строительства отдельных сооружений, расположение потребителей и дорог, условия эксплуатации сооружений гидроузла и др.

В настоящем курсовом проекте при разработке компоновки следует сосредоточить внимание на расположении грунтовой плотины и водосброса относительно друг друга и относительно заданного створа гидроузла. Примеры компоновок приведены в приложении Г.

Топографические условия на участке расположения створа гидроузла должны обеспечивать минимальную длину фронта напорных сооружений без значительного затопления и подтопления прилегающих к водохранилищу промышленных и сельскохозяйственных территорий. Рельеф местности должен позволять осуществление строительства необходимой сети автомобильных дорог.

Геологическое строение основания и берегов должно быть благоприятным в отношении как несущей способности пород, так и их фильтрационных

свойств. Для размещения бетонных и каменнонабросных подпорных сооружений следует отдавать предпочтение скальному основанию.

Рациональная компоновка гидроузла должна обеспечивать: компактное расположение бетонных сооружений во избежание большого числа их сопряжений с грунтовыми сооружениями; концентрацию бетонного хозяйства; надежный пропуск строительных расходов воды в течение всего периода строительства; максимальное использование местных строительных материалов без нарушения окружающей природной среды; возможность возведения гидроузла в кратчайшие сроки с минимальными затратами дефицитных строительных материалов и максимальным использованием совершенных методов возведения и совершенного оборудования; доступность сооружений для подвоза строительных материалов и оборудования.

При компоновке гидроузла стремятся к тому, чтобы он был компактным, а все его сооружения могли наилучшим образом выполнять свои функции в период эксплуатации.

В результате проектирования компоновки сооружений должен быть выполнен генплан гидроузла аналогично представленным на рис. 6.1 и 6.2.

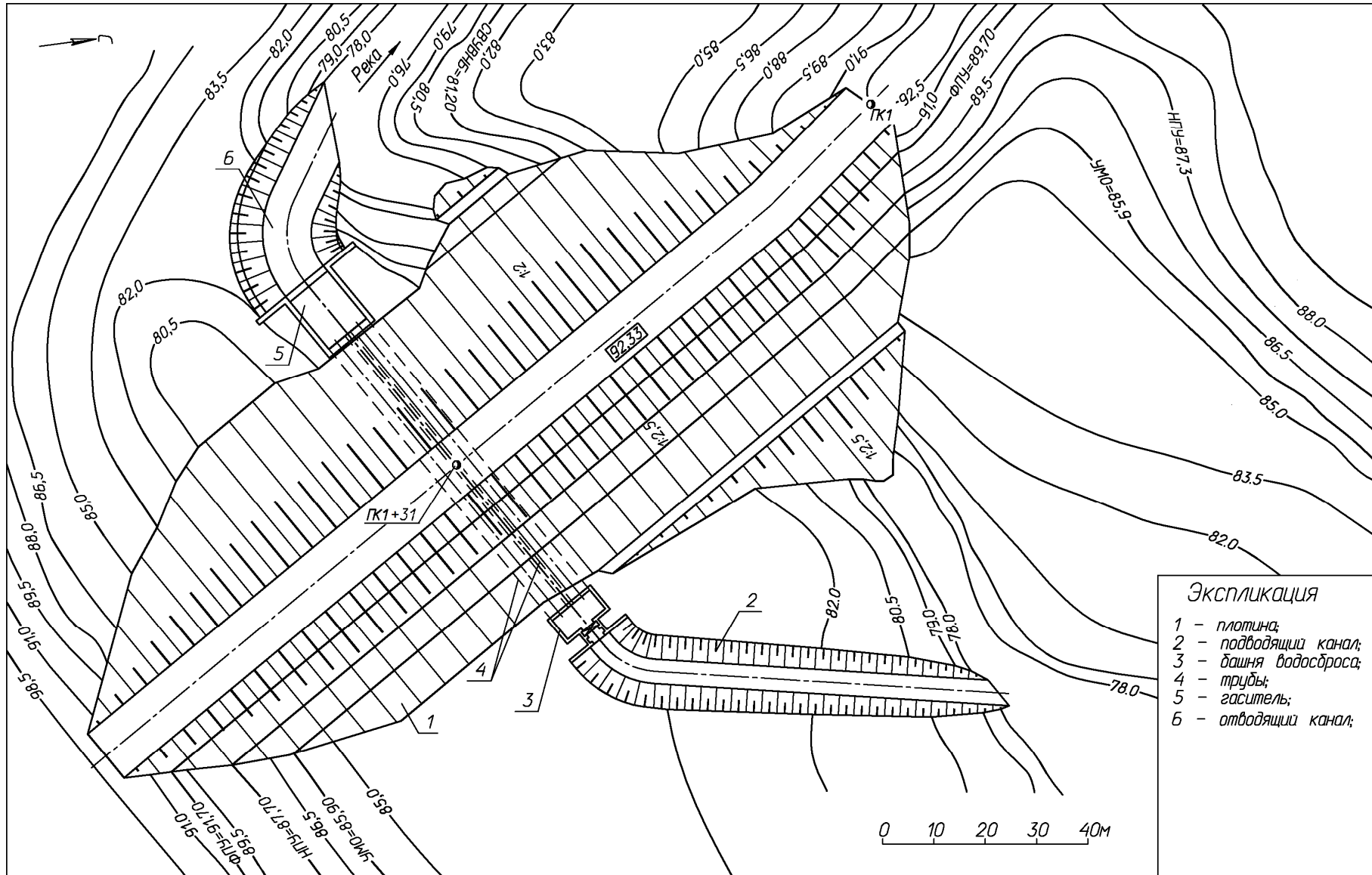


Рис. 6.1. Генеральный план гидроузла с трубчатым водосбором

7. ОЧЕРЕДНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Важнейшей особенностью строительства гидроузла является необходимость пропуска расходов реки через створ в течение всего периода работ. Выбор способа пропуска строительных расходов определяется характером и компоновкой сооружений, гидрологическими характеристиками водотока, топографическими и геологическими условиями створа.

Строительство основных сооружений гидроузла на равнинных реках осуществляется очередями методом секционирования русла. При таком методе строительства в первую очередь часть русла реки ограждают перемычками. В образовавшемся котловане возводят до проектных отметок водосбросные сооружения гидроузла с оставлением в них временных водопропускных отверстий для пропуска расходов второй очереди. Река в это время течет по стесненному руслу. После возведения водосбросных сооружений перемычки разбирают, стесненную часть русла перекрывают каменным банкетом, а поток переключают на оставленные ранее водопропускные отверстия в сооружениях, построенных в первую очередь. В свободной части русла под защитой каменного банкета возводится плотина из грунтовых материалов. По мере возведения сооружений напорного фронта временные отверстия закрывают и наполняют водохранилище. По этой схеме построены, например, все гидроузлы Волжско-Камского каскада ГЭС.

В курсовом проекте необходимо наметить очередность строительства гидроузла, пользуясь источниками, в которых вопросы организации строительства гидроузлов рассмотрены подробно, например [24].

8. ОБЪЕМЫ РАБОТ

В основе проектирования и строительства гидроузлов лежит технико-экономическая оценка вариантов и принятых проектных решений. Технико-экономическая оценка базируется на анализе стоимости строительства, определенной по действующим методам определения сметной стоимости строительства. Сметная стоимость строительства вычисляется на основе определенных по конструктивным чертежам объемов работ. В настоящем курсовом проекте определять стоимость строительства не требуется, а требуется определить объемы основных работ. Примерный перечень видов работ приводится ниже и может быть скорректирован в зависимости от конструктивных особенностей сооружения:

1. Снятие растительного слоя грунта на пойменных участках под плотиной;
2. Выемка грунта (под водосброс, дренаж и пр.);
3. Возведение плотины (насыпь или намыв);
4. Возведение каменного банкета;
5. Устройство дренажа (в зависимости от вида);
6. Крепление откосов плотины;
7. Возведение водосброса и водоспуска (железобетонные и стальные конструкции, арматура);
8. Устройство автомобильной или железной дороги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. О безопасности гидротехнических сооружений : федер. закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ [ред. от 27.12.2009] // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 1997. - № 30, ст. 3589.
2. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения : строит. нормы и правила : приняты и введ. в д. 30.06.03 : взамен СНиП 2.06.01-86 : дата введ. 01.01.04 / Госстрой России. - М. : ФГУП ЦПП, 2006. - III, 25 с.
3. СНиП 2.06.05-84*. Плотины из грунтовых материалов : строит. нормы и правила : изм., утв. 17.09.90 : утв. Госстроем СССР 28.09.84 : взамен СНиП II-И.4-73 (II-53-73) : срок введ. в д. 01.07.85. - М. : Технорматив, 2008. - 68 с. : ил.
4. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые, от судов) : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 15.06.82 : взамен СНиП II-57-75 : срок введ. в д. 01.01.84. - М. : Технорматив, 2008. - 78 с. : ил.
5. Плотина из грунтовых материалов в составе гидроузла : метод. указания для выполнения курсового и дипломного проектов студентами специальности 29.04 «Гидротехническое строительство» / Нижегород. архитектур.-строит. ин-т ; сост. В. Н. Грандилевский. – Н. Новгород : НАСИ, 1992. - 36 с.
6. Гидротехнические сооружения : справ. проектировщика / под ред. В. П. Недриги. – М. : Стройиздат, 1983. – 543 с.
7. Чугаев, Р. Р. Гидротехнические сооружения. Ч. 1. Глухие плотины / Р. Р. Чугаев. - М. : Агропромиздат, 1985. – 319 с.
8. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 17.12.85 : взамен СНиП II-Д.5-72 и СН 449-72 : срок введ. в д. 01.01.87. - М. : Технорматив, 2008. - 72 с. : ил
9. СНиП 32-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм : строит. нормы и правила : взамен СНиП II-39-76, СНиП III-38-75, СН 468-74 : введ. 01.01.96 / Минстрой России. - Изд. офиц. - М. : ГП ЦПП, 1996. - 20 с.
10. Рекомендации по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений : П 92-80 / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидротехники им. Б. Е. Веденеева. - Л. : ВНИИГ, 1981. - 105 с.

11. Гольдин, А. Л. Проектирование грунтовых плотин : учеб. пособие / А. Л. Гольдин, Л. Н. Рассказов. – М. : АСВ, 2001. – 384 с.

12. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 12.12.85 : взамен СНиП II-16-76 : срок введ. в д. 01.01.87. - Переизд. СНиП 2.02.02-85 с изм. №1, утв. 30.06.03. - М. : ФГУП ЦПП, 2004. - 48 с. : ил.

13. Проектирование обратных фильтров гидротехнических сооружений : метод. разработка к выполнению курсового и дипломного проектов студентами специальности 29.04 «Гидротехническое строительство» / Нижегород. архитектур.-строит. ин-т ; сост. В. Н. Грандилевский. – Н. Новгород : НАСИ, 1993. - 31 с.

14. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям / под. ред. В. С. Лапшенкова. – М. : Агропромиздат, 1989. – 448 с.

15. Ларьков, В. М. Водопропускные сооружения низконапорных гидроузлов (с глухими плотинами) : учеб. пособие / В. М. Ларьков. – Минск : Ураджай, 1990. – 351 с.

16. Чугаев, Р. Р. Гидротехнические сооружения. Глухие плотины / Р. Р. Чугаев. – М. : Высш. шк., 1975. – 328 с.

17. Гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов / под. ред. П. С. Непорожного. – М. : Энергия, 1973. – 288 с.

18. Родионов, Г. А. Волжско – камский каскад гидроэлектростанций – основа комплексного использования водных ресурсов Поволжья / Г. А. Родионов, Л. С. Подоплелов. – Саратов : Изд. Саратов. ун-та, 1983. – 106 с.

19. Плотины из грунтовых материалов в районах крайнего Севера и вечной мерзлоты / Л. И. Кудояров, М. П. Павчич, В. Г. Радченко [и др.]. – Л. : ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1973. – 132 с.

20. Радченко, В. Г. Каменно-земляные и каменнонабросные плотины / В. Г. Радченко, В. А. Запрова. – Л. : Энергия, 1971. – 166 с.

21. Гидротехнические сооружения. Ч. 1. / под ред. Л. Н. Рассказова. – М. : Стройиздат, 1996. – 435 с.

22. Ерахтин Б.М. Расчетные работы и упражнения по организации строительства ГЭС: учеб. Пособие / Б.М. Ерахтин, С.В. Ерахтин. - Н.Новгород.: ННГАСУ, 2002. - 96 с.

Илья Станиславович Соболев
Алексей Николаевич Ежков
Евгений Николаевич Горохов

Проектирование плотины из грунтовых материалов
Методические указания для выполнения
курсовых проектов и выпускных квалификационных работ
студентами направления 270100 – «Строительство»
и специальности 270104 – «Гидротехническое строительство»

Подписано к печати_____. Бумага газетная. Формат 60×90 $\frac{1}{16}$.
Уч. печ. л._____. Усл. печ. л._____ Тираж 200 экз. Заказ №_____.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет.
Н. Новгород, ул. Ильинская. 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н. Новгород, ул. Ильинская, 65.