



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Запорізька державна інженерна академія

---

**В. О. Волков**

**Методичні вказівки до виконання курсового проекту  
з дисципліні:  
«Гідротехнічні споруди»**

На тему: *«Гідровузол з греблею із ґрунтових матеріалів»*

Запорожжє  
2013

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Запорізька державна інженерна академія

**Методичні вказівки до виконання курсового проекту  
з дисципліни:  
«Гідротехнічні споруди»**

На тему: *«Гідровузол з греблею із ґрунтових матеріалів»*

Рекомендовано до видання  
на засіданні кафедри гідроенергетики,  
протокол № 3 від 10.10.2013

**Гідротехнічні споруди.** Методичні вказівки до виконання розрахунковографічних завдань та курсових проектів для студентів ЗДІА спеціальності 6.050602 за напрямом «Гідроенергетика» денної форми навчання. / Укл. Волков В.О. – Запоріжжя, 2013. - 124 с.

Укладач: В.О. Волков, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: зав. кафедри гідроенергетики  
д.т.н., професор О.В. Волков

## Зміст

ВСТУП	3
1 ВХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ	4
2 ВИБІР ТИПУ ГРЕБЛІ	5
3 КОНСТРУЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ГРЕБЛІ	8
3.1 Обрис укосів	8
3.2 Ширина гребеня	8
3.3 Відмітка гребеня	9
3.4 Кріплення укосів	12
3.5 Дренажні пристрої	17
3.6 Протифільтраційні пристрої	19
3.7 Прогноз зернового складу та розрахунок меж зон фракціонування ґрунту в наливних греблях	20
4 РОЗРАХУНКИ ГРЕБЕЛЬ	26
4.1 Фільтраційні розрахунки греблі	26
4.1.1 Розрахункові випадки і схеми	27
4.1.2 Положення поверхні фільтраційного потоку в тілі греблі	27
4.1.3 Фільтраційний витрата води через тіло і підстава греблі	28
4.1.4 Фільтраційна міцність ґрунтів тіла і підстави греблі	28
4.2 Розрахунок статичної стійкості укосів	30
4.3 Підбір зворотних фільтрів дренажних пристроїв	35
5 ВОДОПРОПУСКНІ СПОРУДИ ПРИ ГРЕБЛЯХ З ГРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ	37
5.1 Загальні відомості про водопропускних спорудах	37
5.2 Трубчастий водоскид	40
5.3 Береговий відкритий водоскид	43
5.4 Трубчастий водоспуск	45
5.5 Розрахунок гасителя енергії потоку води	47
6 КОМПАНУВАННЯ СПОРУД	50
7 ЧЕРГОВІСІТЬ БУДІВНИЦТВА	54
8 ОБ'ЄМ РОБІТ	55
ДЖЕРЕЛА ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	56
Додаток А. Будова профілю греблі	59
Додаток Б. Розрахунок гребель	66
Додаток В. Приклади гребель із ґрунтових матеріалів	78
Додаток Г. Приклади конструкцій водоскидів і водоспуск різних типів і їх компонувань у складі гідровузла	86
Додаток Д. Приклад розрахунку	92

## ВСТУП

У проекті потрібно здійснити вибір типу та конструювання профілю греблі, виконати фільтраційні і статичні розрахунки, розробити конструкцію та конструктивні рішення основних елементів греблі, запропонувати варіант компонування гідровузла, до складу якого входить гребля, що проектується, намітити черговість його будівництва, визначити обсяги основних робіт.

У наведених вказівках викладена методика, необхідні довідкові і нормативні дані для виконання курсового проекту «Гребля з ґрунтових матеріалів».

Вказівки можуть бути також використані при виконанні дипломних проектів.

## 1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ

Вихідні дані для проектування містяться у завданні та приведені у вигляді:

- 1) топографічного плану району будівництва гідровузла;
- 2) інженерно-геологічного розрізу по створу гідровузла;
- 3) кривою витрат в створі гідровузла;
- 4) гранулометричного складу ґрунтів основи та кар'єра;
- 5) фізико-механічних характеристик ґрунтів основи та тіла греблі;
- 6) характерних позначок рівнів води у верхньому і нижньому б'єфах, а також позначок дна річки;
- 7) розрахункового і будівельного витрат;
- 8) розрахункової довжини водосховища по напрямку панівних вітрів (при НПУ і ФПУ);
- 9) розрахункової швидкості вітру (при НПУ і ФПУ).

Завдання індивідуальні і видаються кожному студенту керівником курсового проектування.

Проектування починається з аналізу вихідних даних, в результаті якого студент повинен отримати уявлення про те, якими матеріалами він розташовує і якого результату повинен досягти при виконанні курсового проекту.

## 2. ВИБІР ТИПУ ГРЕБЛІ

Тип греблі варто вибирати в залежності від топографічних і інженерно-геологічних умов підстави і берегів, гідрологічних і кліматичних умов району будівництва, величини напору води, наявності ґрунтових будівельних матеріалів, сейсмічності району, загальною схеми організації будівництва і виконання робіт, особливостей пропуску будівельних витрат води, термінів введення в експлуатацію і умов експлуатації греблі [3, табл. 1, п.1.4].

У сьогоднішньому курсовому проекті до розгляду приймаються земляні насипні та наливні греблі. Види земляних насипних і наливних гребель наведені в [3, п.2.1, п.3.3; 6, рис.6.1, 6.2, 6.3]. Визначальними факторами вибору типу греблі умовно прийняті: інженерно – геологічні умови підстави і берегів, наявність місцевих ґрунтових будівельних матеріалів і їх фізико-механічні характеристики.

Відповідно до гранулометричним складом ґрунтів, з яких передбачається зводити греблю (ґрунт першого шару підстави), вибирається тип греблі за умовами її будівництва [3, табл. 1.1, п.2.5, п. 3.9; 6, п.6.3; 7, с.92].

Оцінку придатності кар'єрного ґрунту для наливних і насипних гребель в залежності від зернового складу слід проводити за графіками рис. 2.1. Тип греблі визначається по кривій гранулометричного складу кар'єрного ґрунту в залежності від області в якій знаходиться дана крива.

При розташуванні кривої гранулометричного складу в області I та II (рис.2.1) наливних гребель слід визначити вид греблі – однорідна або неоднорідна (з ядром) в залежності від коефіцієнта різнозернистості ґрунту  $\eta$ :

- для наливних однорідних гребель

$$\eta = k_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} < 2,5 \text{ або } \eta = k_{90/10} < 5,$$

- для наливних неоднорідних (з ядром) гребель

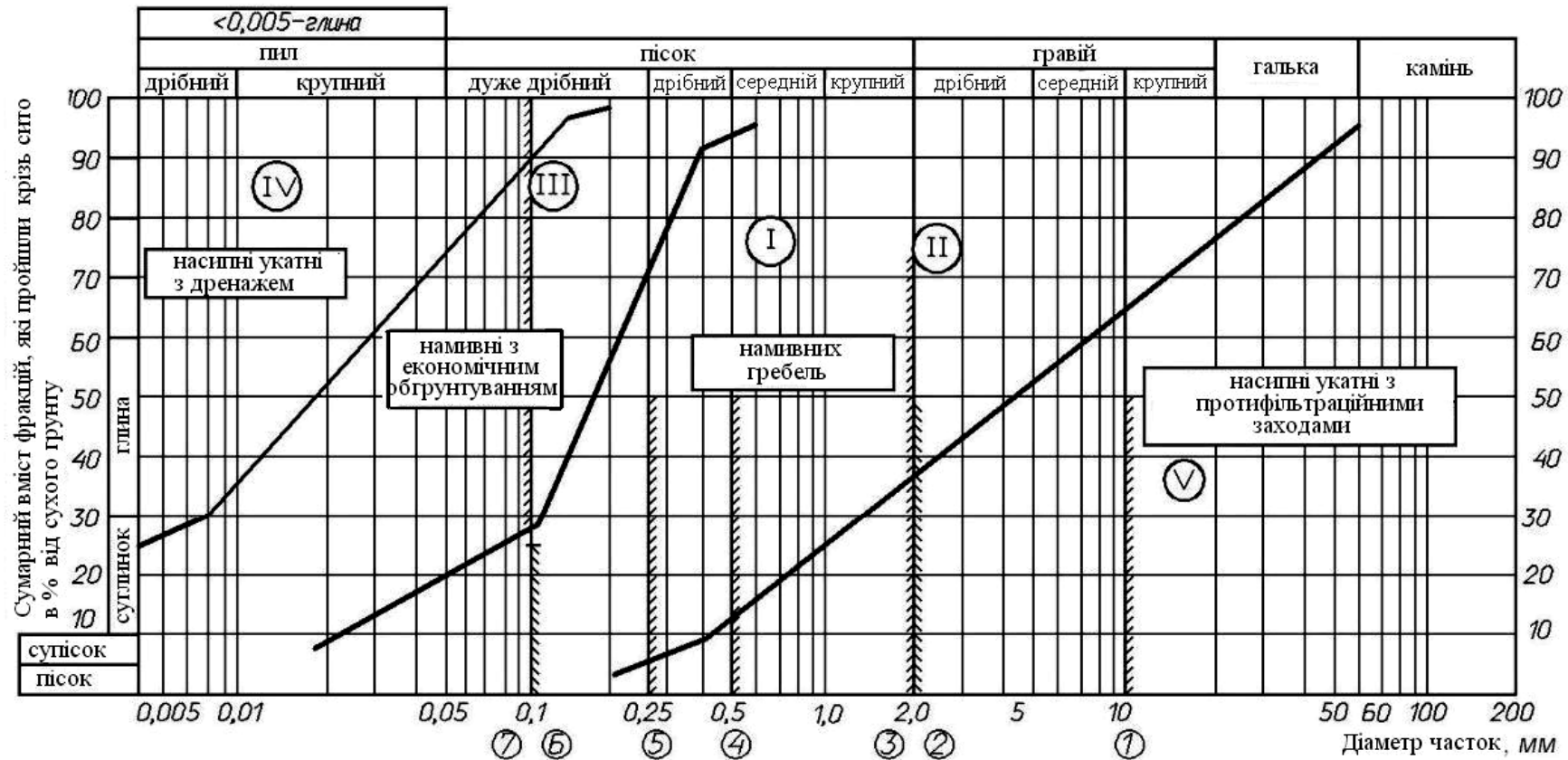
$$\eta = k_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 2,5 \text{ або } \eta = k_{90/10} \geq 5,$$

де  $k_{60/10}, k_{90/10}$  – коефіцієнти різнозернистості;

$d_{10}, d_{60}, d_{90}$  – діаметри часток, вміст яких у ґрунті складає 10, 60 і 90% відповідно.

При розташуванні кривої гранулометричного складу в області III і IV (рис.2.1) гребля проектується насипною однорідною, в області V (рис.2.1) – з протифільтраційними елементами в тілі (ядро, діафрагма, екран) і в підставі (понуро, зуб, цементацийна завіса).





- ① – ґрунт гальковий (або щебеневий)
- ② – ґрунт гравійний
- ③ – пісок гравелистий
- ④ – пісок крупний
- ⑤ – пісок середньої крупності
- ⑥ – пісок дрібний
- ⑦ – пісок пильовий

I - область намівних однорідних гребель

$$k_{60/10} < 2,5 \text{ або } k_{90/10} < 5$$

II - область для намівних неоднорідних (з ядром) гребель

$$k_{60/10} \geq 2,5 \text{ або } k_{90/10} \geq 5$$

III, IV - допускається використання для намівних гребель

V - область насипних укатних гребель з протифільтраційними заходами

Рис.2.1 Вибір типу греблі

### 3. КОНСТРУЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ГРЕБЛІ

Конструювання поперечного профілю греблі – це підбір стійкого, найбільш економічного профілю та визначення параметрів його основних елементів.

#### 3.1. Обрис укосів

Крутизну укосів ( $m_v$  – верхового та  $m_n$  – низового) греблі належить призначати, виходячи з умови їх стійкості з урахуванням: а) фізико-механічних характеристик ґрунтів укосів і підстави, б) діючих на укоси сил; в) висоти греблі; г) виробництва робіт по зведенню греблі та умов її експлуатації [3, п.2.9 - 2.37].

При попередньому призначенні крутизни укосів можна скористатися даними табл. А.1, А.2, А.3 додатку А, виконавши наступну перевірку розрахунком статичної стійкості укосів.

На укосах греблі, як правило, слід передбачати пристрій бERM, визначаючи їх число в залежності від висоти греблі, умов виробництва робіт, типів кріплення укосу і його загальної стійкості [3, п.2.10; 6, п. 6.4.1]. БЕРми слід передбачати на верховому укосі у нижній межі його кріплення для створення необхідного упору (докладніше в п.3.4). На низовому укосі – для службових проїздів, розміщення контрольної-вимірювальної апаратури (КВА) – бЕРми розташовують через 10 – 15 м по висоті. Ширина бERM ( $B_{\delta}$ ) визначається з їх призначення і складає не менше 3 м, якщо бЕРма призначена для проїзду, і не менше 2 м, якщо проїзд не передбачений [6, п.6.4.1].

#### 3.2. Ширина гребеня

Ширину гребеня греблі ( $B_r$ ) слід встановлювати в залежності від умов

виконання робіт та експлуатації (використання гребеня для проїзду, проходу та інших цілей), але не менше 4,5 м [3, п. 2.11]. При влаштуванні по гребеню автомобільної дороги його ширина призначається за табл. А.4 додатку А, при влаштуванні по гребені залізниці його ширина призначається по табл. А.5 додатку А.

Ширину гребеня греблі в місцях сполучення з іншими спорудами або з берегами слід встановлювати у відповідності з конструкцією спорудження і необхідністю створення майданчиків для різних цілей [6, п.6.4.1].

### 3.3. Відмітка гребеня

Відмітку гребеня греблі ( $\sqrt{\text{Гр}}$ ) слід призначати на основі розрахунку піднесення його над розрахунковим рівнем води [3, п.2.12 \*]. Піднесення гребеня греблі слід визначати для двох випадків стану рівня води у верхньому б'єфі:

а) при НПУ або при більш високому рівні, відповідному пропуску максимального паводка, що входить в основне сполучення навантажень і впливів;

б) при ФПУ, при пропуску максимального паводку, відносного до особливих сполучень навантажень і впливів.

Піднесення гребеня греблі  $h_s$  (рис.3.1) в обох випадках визначається за формулою (3.1):

$$h_s = \Delta h_{\text{set}} + h_{\text{run}1\%} + a, \quad (3.1)$$

де  $\Delta h_{\text{set}}$  – вітровий нагін води у верхньому б'єфі, м;

$h_{\text{run}1\%}$  – висота нахату вітрових хвиль забезпеченістю 1%, м;

$a$  – запас піднесення гребеня греблі, м.

При визначенні перших двох доданків формули (3.1) необхідно обирати забезпеченість швидкості вітру для розрахунку елементів хвиль, нахату і нагону при основному сполученні навантажень і впливів (при НПУ)

для споруджень I, II класів – 2% і III, IV класів – 4%; при особливому сполученні навантаження і впливів (при ФПУ) ці забезпеченості слід приймати для споруд I - II класів 20%, для III класу – 30%, для IV класу – 50%. Запас  $a$  для всіх класів гребель слід приймати не менше 0,5 м.

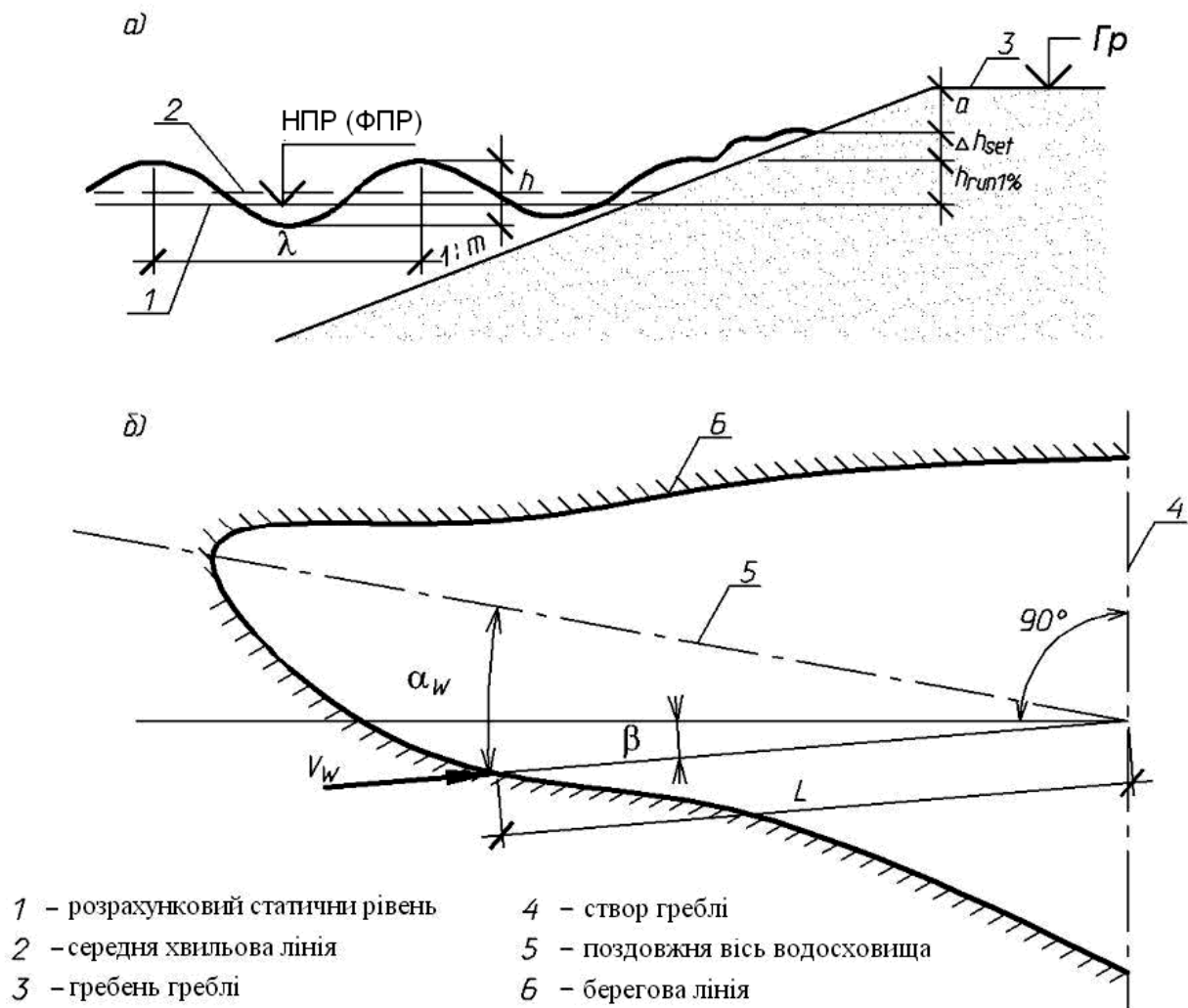


Рис. 3.1. Схеми для визначення:

а) відмітки гребеня греблі; б) величин  $\alpha_w, \beta, L$

Величину вітрового нагону  $\Delta h_{set}$  слід визначати методом послідовних наближень за формулою [4, Прик.1, ф.148 \*]:

$$\Delta h_{set} = K_w \frac{V_w^2 L}{gd} \cos \alpha_w \quad (3.2)$$

де  $\alpha_w$  – кут між прокольною віссю водойму і напрямком вітру, град.;

$V_w$  – розрахункова швидкість вітру, м/с;

$L$  – довжина водосховища в напрямку до пануючих вітрів (розгін), м;

$K_{\omega}$  – коефіцієнт, що приймається з табл.А.6, додатку А;

$d$  – глибина води перед греблею, м.

Висоту нахату вітрових хвиль  $h_{\text{run } 1\%}$  забезпеченістю 1% потрібно визначати за формулою [4, п.1.14\*]:

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

де  $K_r$  і  $K_p$  – коефіцієнти шорсткості і проникності укусу, приймається за табл. А.7 додатку А, залежать від характеристик укусу;

$K_{sp}$  – коефіцієнт, що залежить від верхового укусу  $m_B$  та від  $V_{\omega}$ , що приймаються за табл.А.8 додатку А;

$K_{\text{run}}$  – коефіцієнт, що приймається за графіками рис.А.1 додатку А, в залежності від показника пологості хвиль  $\frac{\bar{\lambda}_d}{h}$ ;

$h_{1\%}$  – висота хвилі 1% забезпеченістю.

Висоту хвилі та і %-ої забезпеченості слід визначати помноженням середньої висоти хвиль на коефіцієнт  $k_i$ , що приймається з графіків рис.А.3 додатку А для безрозмірної величини  $gL/V_{\omega}^2$ . При складній конфігурації берегової лінії значення  $gL/V_{\omega}^2$  повинно прийматися по величині  $gh_d/V_{\omega}^2$  та верхній огинаючої кривої рис.А.2 додатку А.

Середня висота  $\bar{h}_d$ , м, та середній період хвиль  $\bar{T}$ , с, в глибинній зоні необхідно визначати по верхній огинаючої кривої рис. А.2 додатку А. За значеннями безрозмірних величин  $gT/V_{\omega}$  і  $gL/V_{\omega}^2$  та верхньої огинаючої кривої необхідно визначати значення  $g\bar{h}_d/V_{\omega}^2$  та  $g\bar{T}/V_{\omega}$  і за меншими їх величинам обчислити середню висоту і середній період хвиль.

Середню довжину хвиль  $\bar{\lambda}_d$ , м, при відомому значенні  $\bar{T}$  слід визначати за формулою [4, додаток 1, п.13, ф.150]:

$$\bar{\lambda}_d = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi} \quad (3.4)$$

Відмітку гребня греблі проектують з урахуванням будівельного підйому по прогнозованій осаді греблі і її основи [4, п.2.12 \*, пп.5.16 \* і 5.17 \*, 4, с.166].

При наявності на гребені греблі суцільного парапету, розрахованого на вплив хвиль, піднесення його верху над рівнем верхнього б'єфу слід приймати не нижче значень, отриманих, по формулі (3.1). Піднесення гребеня греблі в цьому випадку призначають на 0,3 м над НПУ або на відмітці ФПУ, причому, приймають вищу з них. [3, п. 2.13; 6, с. 166]. Із двох отриманих результатів розрахунку вибирають більш високу відмітку гребеня:

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

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

#### 3.4. Кріплення укосів

Укоси земляних гребель слід захищати спеціальними кріпленнями, розрахованими на вплив хвиль, льоду, течій води, зміни рівня води, атмосферних опадів, вітру, інших кліматичних та інших руйнуючих факторів (проникнення землерийних тварин, пучення глинистого ґрунту в зимовий період та ін) [3, п.2.16].

Для захисту верхового укосу, як правило, слід застосовувати наступні види кріплень [3, п.2.17]: а) кам'яні (насипні), б) бетонні монолітні, залізобетонні збірні і монолітні зі звичайною і попередньо напруженою арматурою; в) асфальтобетонні; г) біологічні.

Кріплення верхового укосу греблі ділиться на основне, яке розміщується в зоні максимальних хвильових і льодових впливів, виникаючих в експлуатаційний період, і полегшене – нижче основного кріплення.

Верхньою межею основного кріплення слід вважати відмітку гребня греблі [3, п.2.19]. У випадку ж значного піднесення гребеня над розрахунковим рівнем води основне кріплення слід закінчувати нижче

гребеня на позначці висоти нахату  $h_{\text{run}}$ ; далі до гребеня доводять полегшене кріплення. Нижню межу основного кріплення слід призначати, вважаючи від мінімального рівня спрацювання водосховища, на глибині:

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

при цьому нижня межа основного кріплення повинна бути нижче мінімального рівня спрацювання водосховища не менше ніж на  $1,5t$ , де  $t$  – розрахункова товщина крижаного покриву [3, п.2.20].

Кам'яне кріплення укосів влаштовується при висоті хвилі до 2,5 м в вигляді накидання або мощення по шару підготовки, що грає роль зворотного фільтра [11, п. 8.2].

Кам'яні матеріали для кріплення укосів слід застосовувати з вивержених, осадових і метаморфічних порід, що володіють необхідною міцністю, морозостійкістю і водостійкістю [3, п. 2.25], з питомою вагою  $\gamma_k > 24 \text{ кН/м}^3$  [11, п. 8.2].

Для кріплення укосів кам'яною накидкою слід застосовувати, як правило, несортований камінь (гірську масу) [3, п.2.22]. Розрахункова вага каменю, стійкого проти руйнуючої дії хвиль, можна визначити за формулою [11, ф. 8.2]:

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

де  $\mu$  – коефіцієнт, що приймається для кам'яної начерки 0,025;

$\gamma_k$  – питома вага каменю;

$\gamma_0$  – питома вага води ( $9,81 \text{ кН/м}^3$ );

$m$  – закладення укосу;

$h_d$  і  $\lambda_d$  – розрахункові значення висоти і довжини хвилі.

Для характеристики матеріалу, що укладається зручніше використовувати геометричні розміри і задавати крупність каменю. Співвідношення ваги каменю та середнього діаметру, приведеного до

діаметру кулі, дає наступна формула [11, ф. 8.3]:

$$D_{\text{ш}} = \sqrt[3]{Q/0,52\gamma_{\text{к}}} . \quad (3.9)$$

Товщина кам'яної начерки повинна забезпечувати захист фільтра і тіла греблі від розмиву і призначається не менше  $3 D_{\text{ш}}$  для несортваного каменю і  $2,5 D_{\text{ш}}$  для сортованого [11, п. 8.2].

Кам'яне мощення застосовують при малій висоті хвиль до 1 – 1,2 м. Його устрій більш важкий, ніж накидка каменю. Кам'яне мощення проводиться по шару гравійної або щебеневої підготовки і вимагає менше каміння. Товщина кам'яного мощення визначається формулою [11, ф. 8.4]:

$$\delta = 1,7 \frac{\gamma_0}{(\gamma_{\text{к}} - \gamma_0)} \cdot \frac{\sqrt{1 + m^2}}{m(m + 2)} \cdot h_{\text{в}} \quad (3.10)$$

Бетонні і залізобетонні кріплення виконуються у вигляді монолітних плит, бетонованих безпосередньо на місці, або зі збірних плит. Монолітні бетонні плити влаштовують для захисту верхового укусу при висоті хвилі 2 – 4 м. Вони мають товщину від 0,15 до 0,5 м і розміри в плані від 5x5 до 20x20 м і більше. Шви між плитами роблять відкриті або закриті. У разі водонепроникних швів виключається необхідність устрою фільтра в підставі плит.

Товщина монолітної плити може бути визначена з умови її неспливання при дії вагового протитиску [11, ф. 8.7]:

$$\delta = 0,07kh \frac{\gamma_0}{(\gamma_{\text{б}} - \gamma_0)} \cdot \frac{\sqrt{1 + m^2}}{m} \cdot \sqrt[3]{\lambda/V} , \quad (3.11)$$

де  $k$  – коефіцієнт, рівний 1,25 – 1,3;

$V$  – довжина плити по нормалі до створу води;

$\gamma_{\text{б}}$  – питома вага бетону.

Кріплення укусів плитами охороняє їх також від руйнування льодовими навантаженнями. У цьому випадку міцність плит перевіряється на зусилля з боку крижаних полів водосховищ. Розрахункові випадки, регламентовані чинними нормативними документами, передбачають облік



навантажень від рухомих крижаних полів, крижаного поля, що зупиняється під впливом течії води і вітру, температурного розширення льоду, а також від примерзання до покриття крижаного покриву при зміні рівня води у водосховищі.

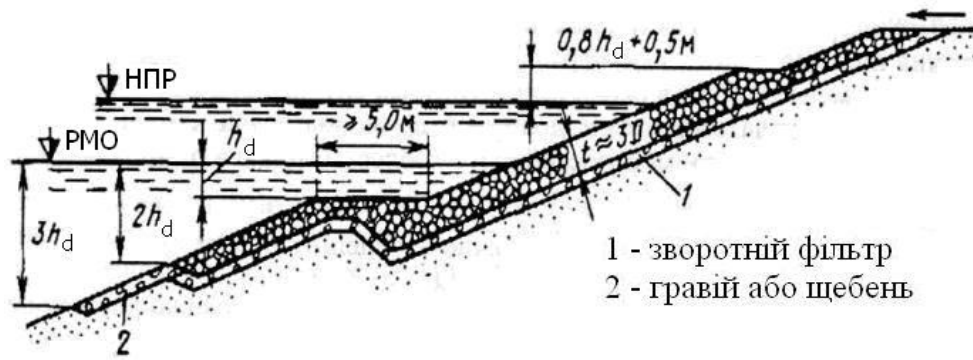
Збірні плити роблять товщиною від 8 до 20 см і розмірами від 1,5 x 1,5 до 5x5 м. Плити укладають на суцільний зворотний фільтр і шарнірно з'єднують один з одним. Шви між плитами залишають відкритими. Для герметизації шви між плитами ущільнюють асфальтобетоном або фасонною гумою, що надає кріпленню гнучкість.

Кріплення низового укосу слід вибирати залежно від матеріалу, з якого зведена низова призма греблі, з метою захисту його від атмосферних впливів і руйнування землерийними тваринами. Для кріплення низового укосу з піщаних або глинистих ґрунтів слід використовувати посів трав по рослинному шару завтовшки 0,2-0,3 м, відсипання щебеню або гравію шаром завтовшки 0,2 м та інші види полегшених покриттів [3, п. 2.30 \*].

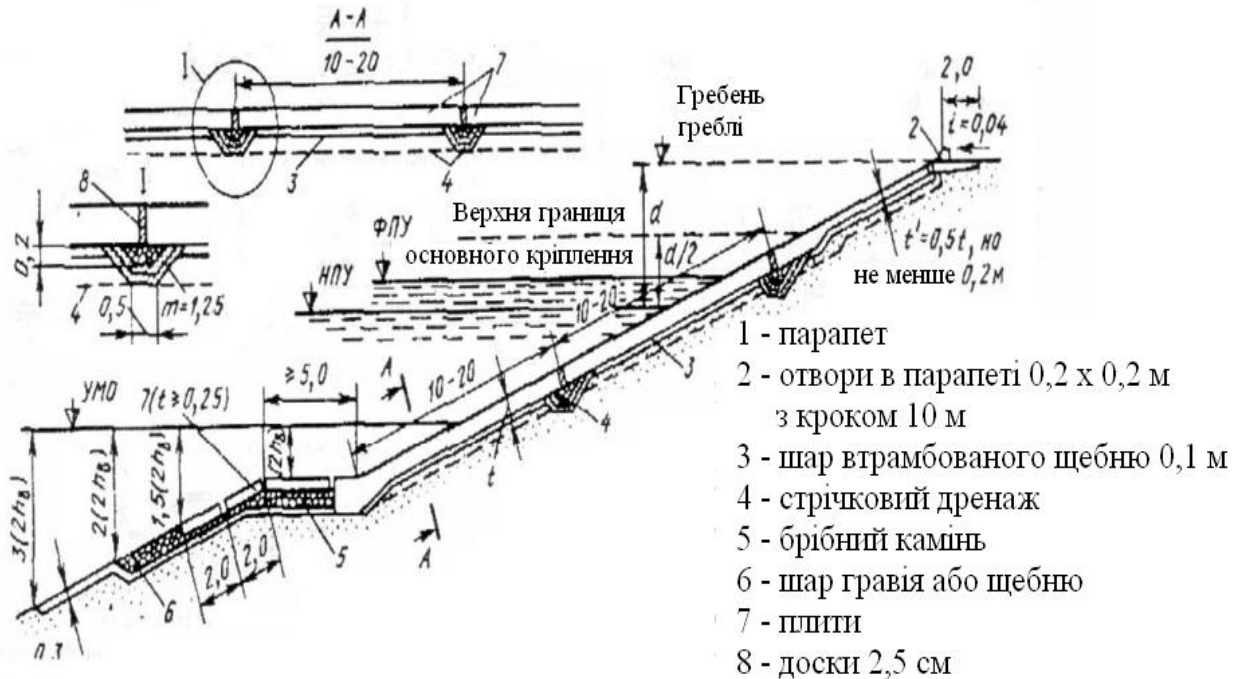
Зворотні фільтри під кріпленням укосів, виконаним у вигляді кам'яної начерки, плит з відкритими швами або з наскрізними отворами і т.п., можуть складатися з одного шару різнозернистого матеріалу або двох шарів матеріалів з різними по крупності частинками, а також з штучних водопроникних матеріалів (скловолокна, геотекстилю, мінеральної вати та ін.). Матеріал для зворотного фільтру, число шарів і їх товщину вибирають в залежності від виду ґрунту укосу, наявності та складу місцевого матеріалу [3, п. 2.32, 2.33].

Під кріпленнями з монолітних або збірних залізобетонних плит (з ущільненими швами або замонолічених в секції) на укосах з піщаних або глинистих ґрунтів слід, як правило, укладати одношаровий зворотній фільтр [3, п.2.35].

Конструкції різних видів кріплення верхового укосу представлено на рис.3.2.



а)



б)

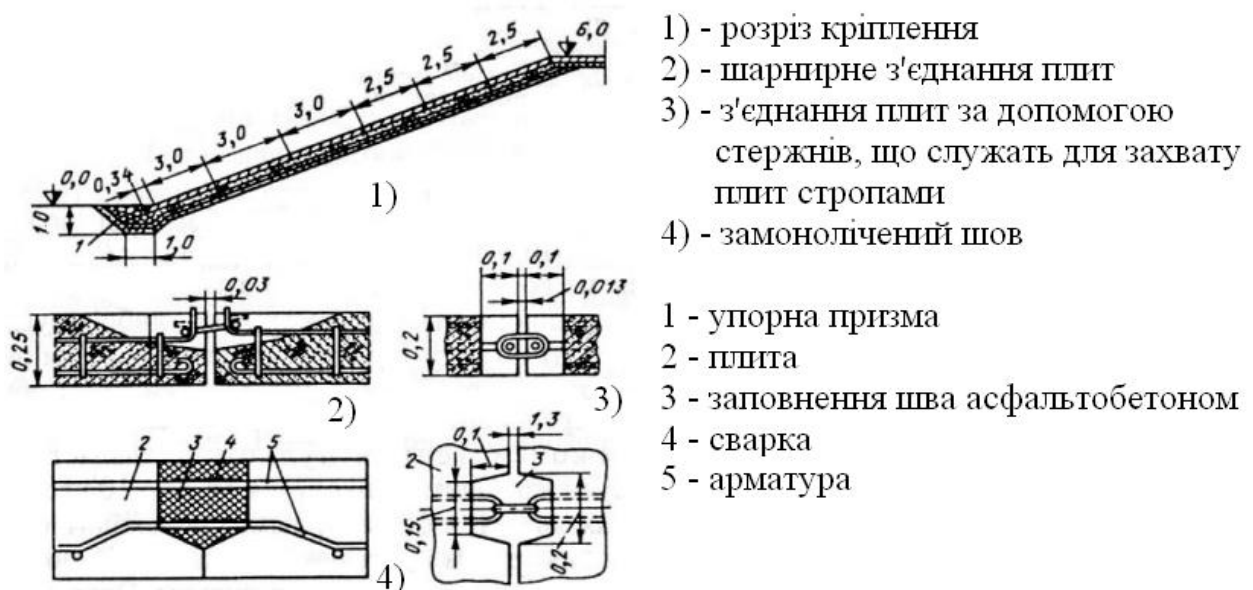


Рис. 3.2 Конструкції різних видів кріплення верхнього укосу [11, п.8.2]

а) кам'яною накидкою; б) бетонними плитами; в) збірними залізобетонними плитами

### 3.5. Дренажні пристрої

Пристрій дренажу тіла земляної греблі слід проектувати з метою [3 п.2.51]: а) організованого відведення води, що фільтрується через тіло і основу греблі в нижній б'єфу; б) запобігання виходу фільтраційного потоку на низовий укіс і в зону, піддану промерзанню; в) економічно обґрунтування зниження депресійної поверхні для підвищення стійкості низового укосу (внутрішній дренаж); г) підвищення стійкості верхового укосу при швидкому спрацюванні водосховища, а також для зняття порового тиску, що виникає при сейсмічних впливів; д) відведення води, що профільтрувалася через екран, ядро.

Конструкції дренажних пристроїв низової частини дамби представлені на рис.3.3 за даними [3, п.2.52 \*, рис. 2].

У руслової частини греблі найчастіше застосовується зовнішній дренаж в вигляді кам'яного банкету або комбінований дренаж: кам'яний банкет з наслонним дренажем. У частинах греблі, де призводиться затоплення пойми, доцільно застосовувати наслонний дренаж, а де немає затоплення –трубчатий дренаж.

Дренажний банкет (рис. 3.3, а) слід виконувати, як правило, на руслових ділянках греблі при її зведенні без перемичок і при перекриванні річки відсипанням каменю у воду. Перевищення гребеня дренажного банкету  $h_s$  (при відсутності наслонного дренажу) над максимальним рівнем нижнього б'єфу (рис. 3.3. а, б) слід визначати із запасом на хвилювання, але не менше 0,5 м. Ширину банкету поверху ( $B_6$ ) призначають з умов виробництва робіт, але не менше 1 м. При сполученні тіла греблі з дренажним банкетом повинна бути забезпечена фільтраційна міцність сполучення за рахунок устрою зворотного фільтру по внутрішньому укосі банкету. При наявності в основі дрібнозернистого ґрунту і великих вихідних градієнтів напору під дренажним банкетом належить передбачати горизонтальний зворотній фільтр. Гребінь дренажного банкету (ГДБ) слід

захищати від засмічення поверхневими стоками [3, п.2.54 \*].

Наслонний дренаж [3, п.2.52 \*, рис. 3.3. б] слід виконувати на ділянках греблі, що перекривають затоплену пойму, а також при відсутності на місці будівництва достатньої кількості каменю. Товщину наслонного дренажу із зворотним фільтром слід призначати з умов виробництва робіт, але не менше величини

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

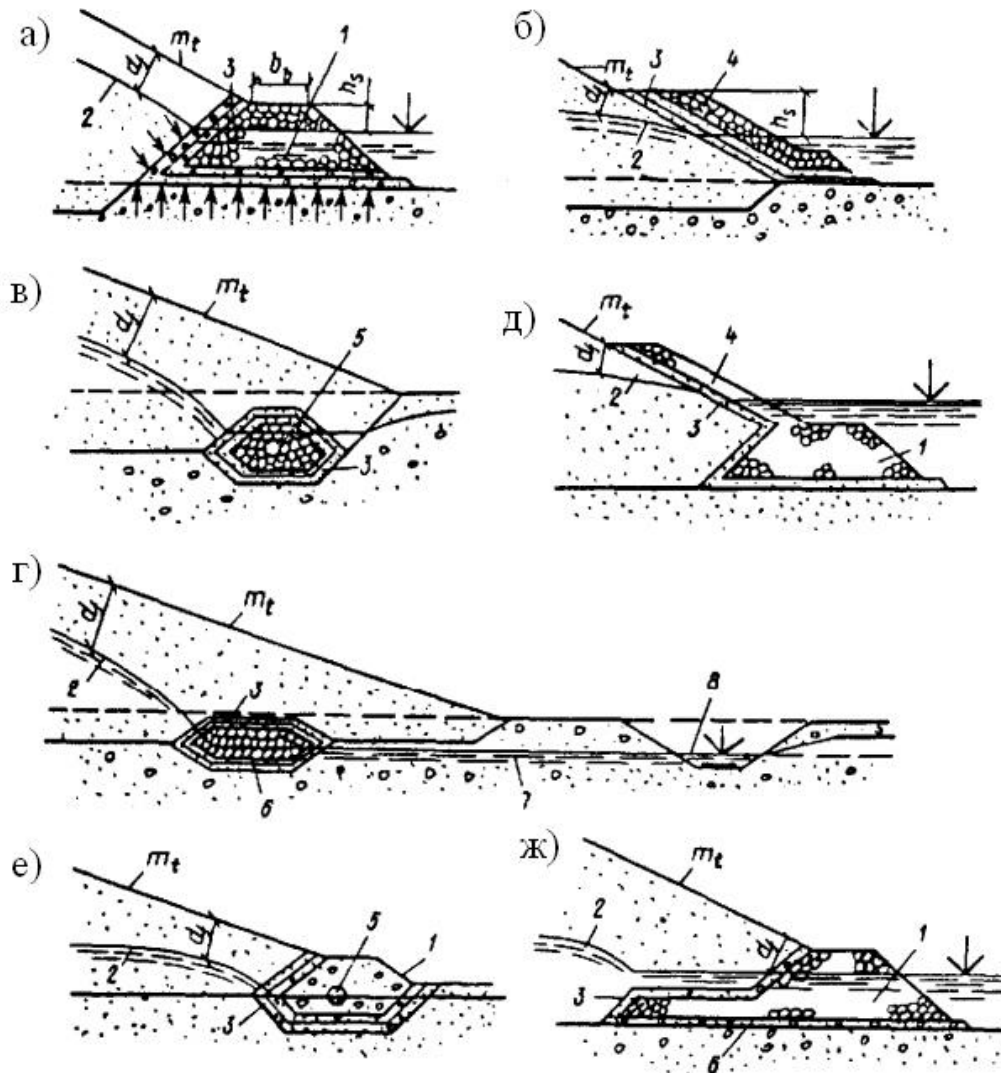
де  $d_{s,85}$  – діаметр часток, маса котрих з масою більш дрібних фракцій складає 85% маси ґрунту всього дренажного шару;

$tf$  – товщина зворотного фільтру. Матеріал наслонного дренажу повинен сполучатися з матеріалами зворотного фільтру і захищати низовий укіс від хвильового впливу в нижньому б'єфі, а в деяких випадках – і від промерзання. Перевищення гребеня наслонного дренажу  $h_s$  над максимальним рівнем нижнього б'єфу слід приймати, як і для дренажного банкету, з урахуванням висоти виклинювання фільтраційного потоку на низовий укіс греблі і глибини промерзання [3, п.2.55 \*].

Дренажний колектор слід проектувати з каменю, бетонних, залізобетонних, азбестоцементних, гончарних труб та ін., з урахуванням агресивності води [3, п. 2.53]. Трубчатий дренаж [3, п.2.52 \*, рис. 3.3. в] слід використовувати, як правило, на тих ділянках греблі, де в період її експлуатації вода в нижньому б'єфі відсутній або присутня короткочасно [3, п.2.56]. Горизонтальний дренаж [3, п. 2.52 \*, рис. 3.3. г] слід проектувати у вигляді суцільного дренажного шару або окремих горизонтальних поперечних або поздовжніх дренажних стрічок, виконаних з крупнозернистого матеріалу та захищених зворотним фільтром.

### 3.6 Протифільтраційні пристрої

При проектуванні протифільтраційних пристроїв з ґрунтових і неґрунтових матеріалів земляних насипних гребель необхідно враховувати вимоги [3, п. 2.38 \* – 2.50].



1 – дренажний банкет; 2 – поверхня депресії; 3 – зворотний фільтр;  
 4 – наклонний дренаж; 5 – труба; 6 – дренажна стрічка; 7 – відвідна труба;  
 8 – відвідна канава;  $d_f$  - максимальна глибина промерзання;  
 $m_t$  - коефіцієнт низового укосу;  $b_b$  - ширина банкету по верху

Рис. 3.3 Схеми основних видів дренажу

У руслі: а) – дренажний банкет, б) – наклонний дренаж.

На березі: в) – трубчастий дренаж; г) – горизонтальний дренаж; д), е), ж) – комбіновані

Протифільтраційні пристрої слід виконувати з слабо водопроникних ґрунтів (глинистих і дрібнозернистих піщаних, глінобетону, а також торфу) або неґрунтових матеріалів (бетону, залізобетону, полімерних, бітумних

матеріалів та ін.) у вигляді верхової або центральної протифільтраційної призми, екрана, діафрагми, ядра, понура, шпунта, стінки, в тому числі і створюваної методом «стіна в ґрунті», цементаційної та інших завіс, а при відповідному обґрунтуванні – у вигляді комбінаційної конструкції з ґрунтових і неґрунтових матеріалів [3, п.2.38 \*].

Товщину ґрунтового екрану або ядра греблі слід збільшувати зверху вниз. Мінімальну товщину екрану або ядра поверху призначають з умов виконання робіт, але не менше 0,8 м, а понизу – таку, щоб градієнти напору фільтраційного потоку, задовольняли критерію фільтраційної міцності [3, п.2.40 \*].

Гребінь ґрунтового екрану (після остаточної осаду греблі) повинен бути вище ФПУ з урахуванням висоти хвилі та нагону рівня води [3, п.2.41 \*].

При відсутності на місці будівництва греблі ґрунтів, придатних для протифільтраційного пристрою, або при несприятливих кліматичних умовах необхідно передбачати неґрунтові протифільтраційні пристрої з асфальтобетону, залізобетону, полімерних матеріалів або ін'єкційну діафрагму [3, п.2.43 \*].

### 3.7. Прогноз зернового складу та розрахунок меж зон фракціонування ґрунту в намивних греблях

Прогноз зернового складу намитого ґрунту в поперечному профілі греблі необхідний для встановлення фізико-механічних і фільтраційних характеристик матеріалу в різних зонах споруди.

Зміна зернового складу при намиві відбувається в результаті відмиву і скидання дрібних фракцій і гідравлічної розкладки частинок вздовж пляжу намиву. При зведенні однорідних гребель з пісків з коефіцієнтами різнозернистоті  $k_{60/10} < 2,5$  та  $k_{90/10} < 5$  розкладки частинок намиваючого ґрунту практично не відбувається, а зерновий склад кар'єрного матеріалу

змінюється тільки в результаті скидання. В неоднорідних греблях крім обліку скидання дрібних фракцій (в ядрі допускається не більше 20% глинистих частинок з  $d < 0,005$  мм) необхідно враховувати гідравлічну розкладку частинок ґрунту в поперечному профілі. Рекомендується визначати осереднений зерновий склад ґрунту в бічних призмах і ядерній зоні неоднорідносних гребель.

Ґрунти піщано-гравійних та піщаних кар'єрів у залежності від показників їх гранулометричного складу і технології наміву діляться на п'ять груп [прил. А, табл. А.10]. Прогноз зернового складу ґрунту попереджує розрахунок норми відмивання. Для кожної групи ґрунтів і прийнятої технології наміву споруди норму відмивання (НВ) визначають за формулами [3, дод. 3 \*] у відсотках до об'єму:

1-а група: різнозернистий пісок з гравієм, двосторонній намів –

$$\begin{aligned} \text{НВ} = & 0,1[d = 0,25 - 0,1 \text{ мм}] \% + 0,35[d = 0,1 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ & + 0,9[d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 0,9[d = 0,01 - 0,005 \text{ мм}] \% + \\ & + 1[d < 0,005 \text{ мм}] \% ; \end{aligned} \quad (3.13\text{а})$$

2-а група: середньозернистий пісок, двосторонній намів –

$$\begin{aligned} \text{НВ} = & 0,025[d = 0,25 - 0,1 \text{ мм}] \% + 0,35[d = 0,1 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ & + 0,8[d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 1[d < 0,01 \text{ мм}] \% ; \end{aligned} \quad (3.13\text{б})$$

3-я група: мілко зернистий пісок, двосторонній намів –

$$\begin{aligned} \text{НВ} = & 0,05[d = 0,25 - 0,1 \text{ мм}] \% + 0,3[d = 0,1 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ & + 0,9[d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 1[d < 0,01 \text{ мм}] \% ; \end{aligned} \quad (3.13\text{в})$$

4-а група: мілко зернисті та пилкові піски, двосторонній намів –

$$\begin{aligned} \text{НВ} = & 0,11[d = 0,1 - 0,05 \text{ мм}] \% + 0,5[d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + \\ & + 0,6[d = 0,01 - 0,005 \text{ мм}] \% + 0,9[d < 0,005 \text{ мм}] \% ; \end{aligned} \quad (3.13\text{г})$$

5-а група: різнозернисті, середньозернисті та мілкозернисті піски, односторонній намів з вільним укосом –

$$\begin{aligned} \text{НВ} = & 0,15[d = 0,25 - 0,1 \text{ мм}] \% + 0,5[d = 0,1 - 0,05 \text{ мм}] \% + \\ & + 0,9[d = 0,05 - 0,01 \text{ мм}] \% + 1[d < 0,005 \text{ мм}] \% . \end{aligned} \quad (3.13\text{д})$$

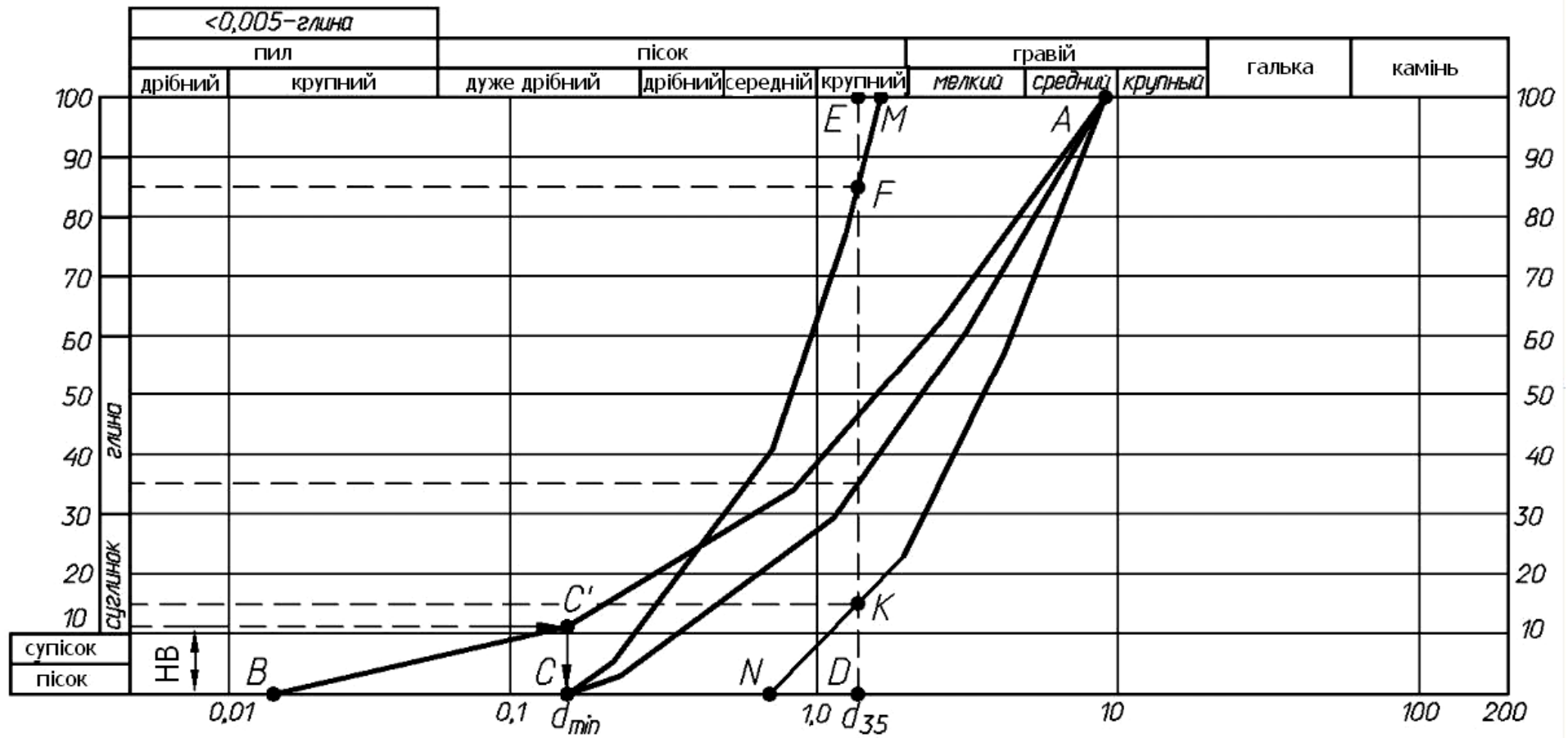
При наміві гребель двостороннім способом для прогнозу зернового

складу ґрунту слід використовувати графічний прийом, наведений на рис.3.4. [6, п.6.8.4]. Визначивши по кривій гранулометричного складу найменший розмір частинок ґрунту  $d_{\min}$ , які залишаються в спорудженні після відмивання дрібних фракцій, як показано на рис. 3.4 (точка С), криву зернового складу кар'єрного матеріалу АВ повертають навколо точки А до збігу з точкою С. Отримана таким чином крива АС характеризує середовищний зерновий склад ґрунту в намитій греблі, а вертикальний відрізок СС' визначає процент (%) відмивання. Далі через точку D, відповідну  $d_{35}$  відмитого ґрунту, проводять вертикаль DE. Обертаючи криву АС навколо точки С до збігу з точкою F на перетині вертикалі DE з горизонталлю, відповідній 85% складу матеріалу, отримують лінію CFM, яку приймають за криву зернового складу по осі ядра греблі. Криву зернового складу ґрунту на зовнішніх укосах бічних призм отримують обертанням кривої АС навколо точки А до суміщення з точкою К на перетині вертикалі DE з горизонталлю, відповідної 15% складу матеріалу.

Після виконання прогнозу зернового складу намитого ґрунту в поперечному профілі греблі необхідно визначити найменування ґрунтів, користуючись рис.2.1, і коефіцієнти фільтрації, користуючись рис.А.4 дод. А, по діаметру частинок  $d_{17}$  в ядрі і бічних призмах.

Фракціонування ґрунту – процес, покладений в основу конструкції намивних гребель і виявляється в розкладці зерен ґрунту по крупності по довжині укосу намиву з поступовим зменшенням середньої крупності намитого ґрунту в міру віддалення від випуску пульпи з розподільчого пульпопроводу.





AC – крива середнього зернового складу ґрунту в намитій греблі,

CFM – крива середнього зернового складу ґрунту ядра греблі,

AKN – крива середнього зернового складу ґрунту бокових призм.

Рис.3.4 Прогноз зернового складу намитного ґрунту в поперечному профілі греблі

Для неоднорідних гребель, що наминаються з піщано-гравійного ґрунту, повинні бути визначені відстані від укосу греблі до внутрішньої границі бокової зони і до кордону ядра (для неоднорідних гребель з ядром) або відстань від укосу греблі до межі центральної зони (для неоднорідних гребель з центральною зоною).

Для неоднорідних гребель з ядром відстань від укосу греблі до внутрішнього кордону бічної зони  $X_1$  і від укосу греблі до кордону ядра  $X_2$  визначається за формулами [3, дод.4, ф. 1, 2]:

$$X_1 = \left[ 0,01 \sum_{d=2 \text{ мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi} \right] L, \quad (3.14) \quad X_2 = \left[ 0,01 \sum_{d=0,1 \text{ мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi} \right] L, \quad (3.15)$$

де  $\sum_{d=2 \text{ мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi}$ ,  $\sum_{d=0,1 \text{ мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi}$  – вміст всіх фракцій більше 2 мм і 0,1 мм

відповідно до складу кар'єрного ґрунту, %;

$L$  – відстань від укосу до осі греблі.

Для неоднорідних гребель з центральною зоною, що наминаються з піщано-гравійних ґрунтів розрахунок відстані від укосу греблі до межі центральної зони  $X_3$  виконують за формулою [3, дод. 4, ф. 3]:

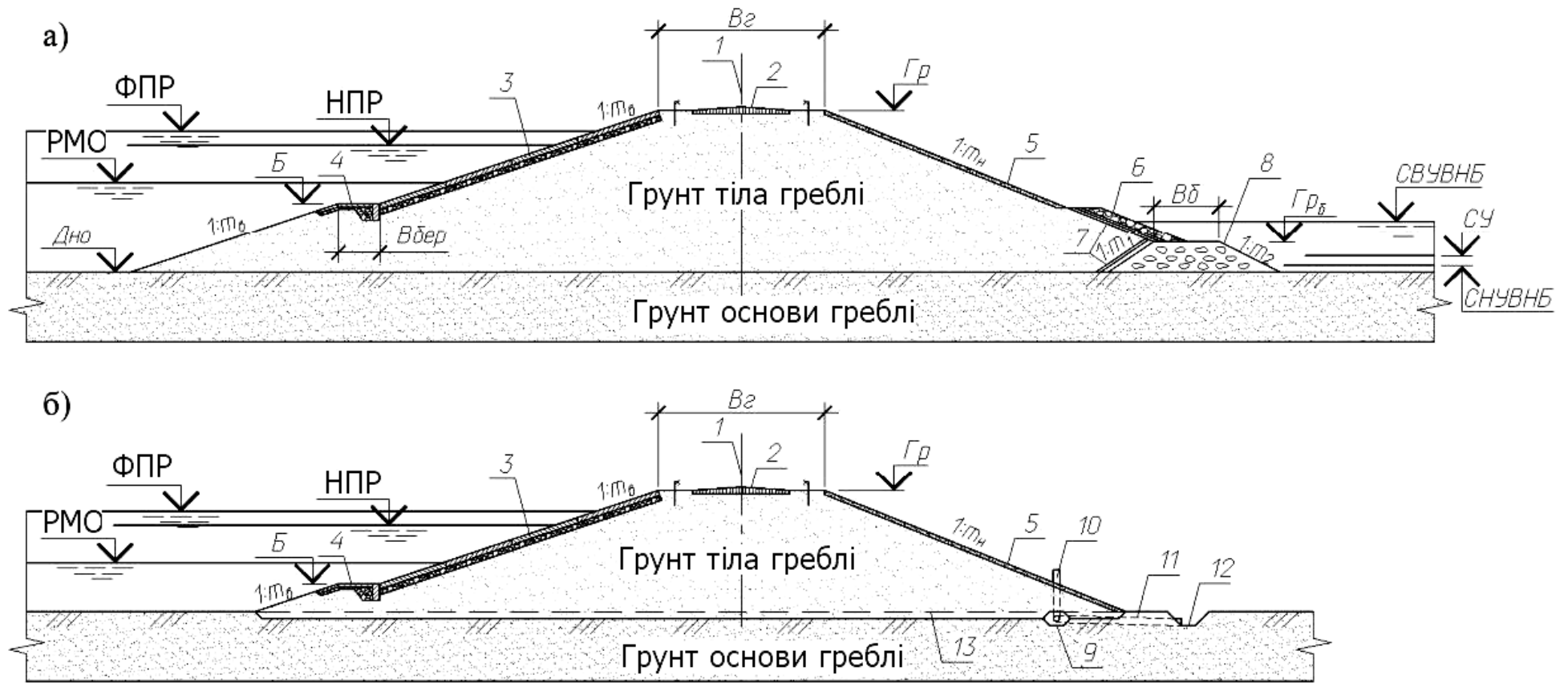
$$X_3 = \left[ 0,01 \sum_{d=0,25 \text{ мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi} \right] L, \quad (3.16)$$

де  $\sum_{d=0,25 \text{ мм}}^{d_{\max}} \Phi_{oi}$  – вміст всіх фракцій більше 0,25 мм у складі кар'єрного

ґрунту, %.

Після призначення основних розмірів елементів профілю на міліметровому папері (або в комп'ютерному вигляді) викреслюються профілі для руслового і пойменого перетинів греблі (мал. 3.5. а, б) і призначається їй клас за СНіП [2, дод.Б. табл.Б.1, Б.2, Б.3].

У додатку В наведені приклади конструкцій гребель з ґрунтових матеріалів.



- 1 – вісь греблі; 2 – автодорога по гребеню; 3 – кріплення верхового укосу; 4 – берма на верховому укосі;  
 5 – кріплення низового укосу; 6 – «наклонний» дренаж; 7 – шари зворотнього фільтру; 8 – дренажний банкет;  
 9 – трубчастий дренаж; 10 – оглядовий колодязь; 11 – відвідна труба;  
 12 – пригребельний колектор зливових та фільтраційних вод; 13 – зняття рослинного шару ґрунту

Рис.3.5. Русловий (а) і «поймений» (б) профілі земляної греблі

## 4. РОЗРАХУНКИ ГРЕБЕЛЬ

При проектуванні гребель із ґрунтових матеріалів необхідно виконувати наступні основні розрахунки [3, п.5.1 \*]:

- а) фільтраційні;
- б) фільтраційної міцності;
- в) зворотних фільтрів, дренажів та перехідних шарів;
- г) стійкості укосів, екрану і захисного шару.

### 4.1. Фільтраційні розрахунки греблі

Фільтраційні розрахунки тіла греблі, основи і берегів слід виконувати для [3, п.5.3]:

- 1) визначення фільтраційної міцності тіла греблі, її основи і берегів;
- 2) розрахунку стійкості укосів греблі і берегів;
- 3) обґрунтування найбільш раціональних і економічних форм, розмірів і конструкцій греблі, її протифільтраційних і дренажних пристроїв.

Фільтраційними розрахунками слід визначати наступні параметри фільтраційного потоку [3, п.5.4 \*]:

- а) положення поверхні фільтраційного потоку (депресійної поверхні) в тілі греблі і берегах;
- б) фільтраційний витрата води через тіло й основу греблі;
- в) напори (або градієнти напору) фільтраційного потоку в тілі греблі, основи, а також у місцях виходу фільтраційного потоку в дренаж, в нижній б'єф за підшвою низового укосу, в місцях контакту ґрунтів з різними характеристиками і на кордонах протифільтраційних пристроїв [3, п.5.4 \*, рис.9].

#### 4.1.1 Розрахункові випадки і схеми

У відповідності з вимогами СНиП [2, п.5.2.3] вплив фільтруючої води повинен визначатися для двох розрахункових випадків витрати води – основного і повірочного. Зазначений вплив, відповідний пропуску витрати води основного розрахункового випадку, визначають при нормальному підпірному рівні (НПР) води у верхньому б'єфі. Його слід враховувати у складі основного сполучення навантажень і впливів. Вплив фільтруючої води, відповідного пропуску витрати води повірочного розрахункового випадку, повинен визначатися при форсованому підпірному рівні (ФПР) води у верхньому б'єфі і враховуватися в складі особливого поєднання навантажень і впливів.

У курсовому проекті фільтраційні розрахунки виконуються для руслового розтину греблі для двох розрахункових випадків:

1) розрахунковий випадок (основний) – у верхньому б'єфі – НПУ, в нижньому б'єфі – СНУВНБ (максимальний напір на греблю), з умовою, що СНУВНБ не перевищує рівня, визначеного при глибині води в НБ рівного  $0,2h_i$ , де  $h_i$  – висота укошу.

2) розрахунковий випадок (особливий) – у верхньому б'єфі ФПР, в нижньому б'єфі – СВУВНБ.

#### 4.1.2. Положення поверхні фільтраційного потоку в тілі греблі

Положення поверхні депресії (в курсовому проекті – кривою депресії, оскільки розглядається один перетин греблі) визначається аналітичним способом для однієї з наступних груп розрахункових схем (дод. Б, табл. Б.1):

- 1) греблі однорідні на водонепроникної основі;
- 2) греблі однорідні на водопроникної основі кінцевої потужності.

Вибір тієї чи іншої розрахункової схеми залежить від інженерно-геологічних умов підстави, будови тіла греблі і властивостей складових цього ґрунту. При виборі схеми і виконанні розрахунків необхідно використовувати такі міркування:

а) ґрунт основи вважається водопідпором, якщо виконується умова

$$k_T/k_0 \geq 20 \dots 25 \quad (4.1)$$

де  $k_T$  та  $k_0$  – коефіцієнти фільтрації ґрунтів тіла й основи греблі, відповідно;

б) якщо основа водопроникна, а глибина до водопідпору  $T$  невідома, то розрахунки слід вести для умовного водопідпору, розташованого на глибині

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

де  $L_{\text{ос}}$  – ширина греблі по основі в розрахунковому перерізі;

в) якщо гребля неоднорідна, наприклад, з ядром або екраном, то її слід привести до однорідної, використовуючи метод віртуальних довжин (дод. Б, табл. Б.1, схеми 5 і 6).

Визначення положення кривої депресії з використанням розрахункових схем (дод. Б, табл. Б.1) зводиться до обчислення ординат цієї кривої при заданих значеннях абсциси. Розрахунок зручно вести в табличній формі.

#### 4.1.3. Фільтраційний витрата води через тіло й основу греблі

Встановлення фільтраційного витрати води через тіло й основу греблі проводиться для визначення витрат води з водосховища і розрахунків спеціальних дренажних пристроїв (наприклад, трубчастого дренажу) [11, п. 2.1].

У курсовому проекті розрахунки водного балансу водосховища й спеціальних дренажних пристроїв виконувати не потрібно, тому можна обмежитися обчисленням питомої фільтраційного витрати  $q$  за формулами, наведеними у (дод. Б, табл. Б.1), в залежності від обраної розрахункової схеми.

#### 4.1.4. Фільтраційна міцність ґрунтів тіла й основи греблі

Відповідно до вказівок [3, п. 5.5 \*] розрахунки фільтраційної міцності слід виконувати виходячи з найбільшого напору, діючого на греблю (1 розрахунковий випадок).

При оцінці фільтраційної міцності необхідно виконати умову [3, п. 5.5 \*; 12, п. 4.3]:

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

де  $J_{est,m}$  – діючий середній градієнт напору в розрахунковій області фільтрації;

$J_{cr,m}$  – критичний середній градієнт напору, що приймається на підставі досліджень ґрунтів в умовах, що відповідають реальним умовам експлуатації споруди. У попередніх розрахунках значення  $J_{cr,m}$  можуть бути прийняті у відповідності з наявними аналогами (дод. Б, табл. Б.2, Б. 3);

$\gamma_n$  – коефіцієнт надійності щодо відповідальності споруд, який визначається по [2, п. 5.3.3], в залежності від класу споруди.

Виконання умови потрібно як при перевірці загальної, так і місцевої фільтраційної міцності.

При оцінці загальної фільтраційної міцності ґрунту величину  $J_{est,m}$ , у формулі (4.3) слід визначати по залежностях:

- для тіла греблі

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

- для основи греблі

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

де  $H_{max} = \downarrow \text{НПР} - \downarrow \text{СНУВНБ}$ ,  $m$  – максимальний напір на греблю;

$L_{oc}$  – див. формулу (4.2); інші параметри визначаються за розрахунковими схемами (додаток Б, табл. Б.1).

У курсовому проекті слід оцінити місцеву фільтраційну міцність ґрунту ядра (якщо гребля неоднорідна) й основи в місцях виходу фільтраційного потоку в нижній б'єф. Перевірка виконується по умові (4.3), при цьому величини діючих градієнтів напору слід визначати по залежностях:

- для ядра греблі

$$J_{\text{est,m}} = \frac{\Delta H_{\text{я}}}{\Delta \delta_{\text{я ср}}} ; \quad (4.6)$$

- для місця виходу фільтраційного потоку в нижній б'єф

$$J_{\text{est,m}} = J_{\text{ввых}} \quad (4.7)$$

де  $\Delta H_{\text{я}}$  – втрати напору на ядрі;

$\Delta \delta_{\text{я ср}}$  – середня товщина ядра;

$J_{\text{ввых}}$  – значення вихідного градієнта, визначається по залежностях (дод. Б, табл. Б.1), згідно обраної розрахунковій схемі.

У разі невиконання умови (4.3) при оцінці загальної або місцевої фільтраційної міцності слід внести зміни в конструкцію профілю греблі, зокрема змінити місце розташування дренажу, збільшити ширину греблі по основі, виконати привантаження основи в нижньому б'єфі та ін.

## 4.2. Розрахунок статичної стійкості укосів

Призначені в п. 3.1 закладення укосів є орієнтовними, уточнити їх значення можна розрахунком статичної стійкості укосів.

У відповідності до вимог [3, п. 5.11 \*] розрахунки стійкості укосів ґрунтових гребель всіх класів слід виконувати для круглоциліндричних поверхонь зсуву. Критерієм забезпечення стійкості укосу [12, п. 3.1] або залежністю для коефіцієнта стійкості  $k_s$  [3, п. 5.11 \*] є умова:

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

де  $F$ ,  $R$  – розрахункові значення відповідно узагальнених сил, що здвигають, і сил граничного опору або моментів сил, що прагнуть повернути (перекинути) й втримати споруду;

$\gamma_n$  – коефіцієнт надійності за навантаженням, що визначається за [3, табл.9];



$\gamma_{fc}$  – коефіцієнт поєднання навантажень, що визначається за [3, табл. 10];

$\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи, який визначається за [3, табл. 11].

При розрахунках стійкості укосів дамб необхідно розглядати три розрахункові випадки для верхового і низового укосів [3, п. 5.12 \*].

У курсовому проекті належить виконати розрахунок стійкості низового укосу в русловому перетині греблі. Розглянутий розрахунковий випадок – основний [3, п.5.12 \*]: у верхньому б'єфі – нормальний підпірний рівень (НПР), в тілі греблі – усталена фільтрація; при наявності води в нижньому б'єфі глибину її приймають максимально можливою при НПР, але не більше  $0,2h_i$ , де  $h_i$  – висота укосу.

Розрахунок слід починати з призначення центру кривизни поверхні обвалення. Цей центр розташовується в зоні *adfeb* (рис.4.1), яка будується так: з середини укосу т. *C* проводиться вертикаль *cd* і лінія *ce* під кутом  $85^\circ$  до укосу; потім з точок *A* і *B* проводяться дуги радіусом *R* до перетину в т. *f*. Значення *R* приймається з дод. Б. табл. Б.4. Далі з т. *C* проводиться дуга радіусом:

$$r = f_c / 2 \quad (4.9)$$

де  $f_c$  – це відстань від точки *f* до точки *C*.

У результаті в криволінійному чотирикутнику, утвореному лініями *adfeb* знаходиться шукана зона центрів круглоциліндричних поверхонь зсуву.

Центр кривизни поверхні обвалення (т. *O* на рис.4.1) слід назначити на прямій *af*. З цього центру проводиться дуга (лінія обвалення) радіусом  $R_0$  так, щоб дуга мала перетин з гребенем греблі. Зона між цією дугою і низовим укосом утворює призму обвалення. Область, що обмежена кривою зсуву і зовнішніми обрисами греблі (масив обвалення), розбивають вертикальними прямими на відсіки шириною *b*. При розрахунку вручну зручно величину *b* приймати рівної  $0,1 R$ , центр нульового відсіку розміщувати під центром кривої зсуву, а інші відсіки нумерувати з позитивними знаками при

розташуванні їх вгору по укосі і з від'ємними – вниз до підшови греблі, рахуючи від нульового. Нумерація відсіків показана на рис.4.1. При такій нумерації:

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

де  $i$  – номер відсіку з відповідним знаком;

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

Для розглянутого відсіку задаються рядом можливих круглоциліндричних поверхонь зсуву (рис.4.1, на якому ED – одна з довільно заданих поверхонь зсуву ґрунту). Для можливого відсіку обвалення, обмеженого знизу відповідною поверхнею зсуву (рис. 4.1) обчислюється коефіцієнт стійкості  $k_s$  [11, п. 6.1].

Коефіцієнт стійкості визначається за формулою:

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

де  $R_0$  – радіус кривої обвалення;

$G$  – вага відсіку;

$c$  – питома зчеплення ґрунту;

$r_0$  – плече центру тяжіння площі зони обвалення нижче кривої депресії;

$\rho_B$  – щільність води;

$Y$  – середній ухил фільтраційного потоку:

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

де  $\Delta h$  й  $\Delta l$  – складові (4.12) показані на рис.4.1.

Вага кожного відсіку (на одиницю площі) визначається за формулою:

$$G_i = (h_i - h'_i) \cdot \rho_{Гі} + h'_i \cdot \rho_{ні}, \quad (4.14)$$

де  $h_i$  – висота відсіку від лінії обвалення до контуру греблі;

$h'_i$  – висота відсіку до кривої депресії.

Висоти слід відносити до середини відсіку. Для відсіків, що не

перетинають криву депресії,  $h'_i = 0$ ;

$\rho_{Гі}$  – щільність ґрунту основи за завданням;

$$\rho_{ні} = \rho_{Гі} + n_{Гі} \cdot \rho_{в} , \quad (4.15)$$

де  $n_{Гі}$  – пористість ґрунту.

Кут внутрішнього тертя для відсіків, підосва яких знаходиться вище кривої депресії, слід приймати для ґрунту в природному стані, для інших відсіків – у зваженому водою стані.

Розрахунок коефіцієнта стійкості зручно виконувати у формі таблиці (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Розрахунку стійкості низового укосу греблі

№ відсіку і	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	$h_i$	$h'_i$	$G_i$	$G_i \cdot \cos \alpha_i$	$G_i \cdot \sin \alpha_i$	$\operatorname{tg} \varphi_i$	$G_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$	$c_i$	$c_i / \cos \alpha_i$
			м	м	т/м <sup>2</sup>	т/м <sup>2</sup>	т/м <sup>2</sup>		т/м <sup>2</sup>	т/м <sup>2</sup>	т/м <sup>2</sup>

Стійкість укосу греблі повинна бути перевірена за можливими поверхням зсуву зі знаходженням найбільш небезпечної призми обвалення, що характеризується мінімальним відношенням узагальнених граничних реактивних сил опору до активних сил, що зрушують. Таких поверхонь може існувати безліч, а виконувати при цьому розрахунки займають багато часу. У курсовому проекті достатньо одноразово виконати описаний розрахунок.

При виконанні (4.8) укіс можна вважати стійким, інакше закладення укосу потрібно збільшити, якщо отримані розрахунком значення коефіцієнта стійкості  $k_s$  при відповідному сполученні навантажень перевищують величину  $\gamma_n \cdot \gamma_{fc} / \gamma_c$  більш ніж на 10 % (якщо це не обумовлено особливостями споруди), то закладення укосу потрібно зменшити.



#### 4.3 Підбір зворотних фільтрів дренажних пристроїв

Для пристрою зворотних фільтрів дренажів застосовують несупозиційні незв'язні ґрунти, природні або штучно приготовані суміші шляхом підбору необхідних фракцій.

Проектування ґрунтів для зворотних фільтрів дренажів залежить від ряду умов [10, с.12]: а) характеристик ґрунту, що захищає; б) від конструкції дренажу і від умов виходу фільтраційного потоку в дренаж; в) від класу споруди, для дренажу, для якого проектується зворотний фільтр; г) від характеристик ґрунтів, призначених для зворотного фільтра; д) від способів відсіпання фільтрових матеріалів.

Зазначені вище умови визначають рекомендації допустимих величин коефіцієнтів різнозернистості фільтрових матеріалів  $\eta_{\phi}$  і товщини шарів фільтра  $\delta_{\phi}$  [10, с.32-34; 13, гл. 1]:

1) для фільтрів, виконаних відсіпанням у воду з  $\eta_{\phi} \leq 10$ :

а) для фільтрів одношарових –  $\delta_{\phi}$  не менше 0,75 м;

б) для двошарового і більше – кожен подальший шар повинен бути не менше 0,5 м;

2) для фільтрів, що відсіпаються насухо –  $\delta_{\phi}$  не менше 0,2 м та коефіцієнти різнозернистості повинні бути:

- якщо ґрунт, що захищається, незв'язний несупозиційний –  $\eta_{\phi} \leq 20$ ,

- якщо ґрунт, що захищається, незв'язний супозиційний –  $\eta_{\phi} \leq 15$ ,

- якщо ґрунт, що захищається, зв'язний –  $\eta_{\phi} \leq 50$ .

Слід мати на увазі, що мінімальна товщина шару фільтра, незалежно від способів відсіпання фільтра, повинна бути по фільтраційним умовам не менше [10, с.34; 13, с. 5, ф. 1]:

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

де  $d_{90}$ , мм – крупність часток, менше яких міститься в ґрунті фільтру 90% по вазі.

Розрахунки з проектування фільтрових матеріалів дренажів, що захищають незв'язні ґрунти, починаються з оцінки суфозійного ґрунту зворотного фільтру, що захищає. В залежності від того, чи буде захищаний незв'язний ґрунт несуфозійним або суфозійним й від виду дренажу вибирається та чи інша методика підбору гранскладу першого шару зворотного фільтру й наступних розрахунків.

Ґрунт вважається несуфозійним, якщо виконуються наступні умови [10, с. 19, 29]:

$$а) d_{\min} > 0,77 \cdot \chi \cdot 0,455 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} \quad (4.17)$$

де  $\chi = 1 + 0,05\eta$  – для ґрунтів з  $\eta \leq 25$ ; (4.18)

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

$\eta = d_{60}/d_{90}$  – коефіцієнт різнозернистості ґрунту;

$n$  – пористість (табл.Б.9);

$d_{17}$  – крупність часток (мм), менше яких вміщаються в ґрунті 17 % по вазі;

$$б) \frac{d_5}{d_{17}} \geq 0,32 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot (1 + 0,05 \cdot \eta) \cdot \frac{n}{1-n} \quad (4.20)$$

В залежності від виду ґрунту визначається методика проектування (підбору) бажаного гранскладу ґрунту або штучної суміші різних фракцій ґрунту для шару зворотного фільтру і виконується його підбір з використанням рекомендацій:

1) ґрунт незв'язний, що захищається

а) несуфозійний – методика підбору першого випадку [10, с. 38-41; 13, гл. 3];

б) суфозійний – методика підбору відповідає другому розрахунковому випадку [10, с. 38-41; 13, гл. 4].

2) ґрунт зв'язний, що захищається – методика підбору [10, с. 84-91; 13, гл. 5].

## 5. ВОДОПРОПУСКНІ СПОРУДИ ПРИ ГРЕБЛЯХ З ГРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

### 5.1 Загальні відомості про водопропускних спорудах

При проектуванні гідровузлів при глухих греблях з ґрунтових матеріалів влаштовують водоскидні, водовипускні і водоспускні спорудження [14, п. 3.2].

У курсовому проекті необхідно запроектувати водоскид і водоспуск.

Водоскидних споруд (водоскидами) називають гідротехнічні споруди, призначені для пропуску паводкових вод на водопідпірних гідровузлах [15, п. 1.2]. У ряді випадків водоскид суміщають з іншими водопропускними спорудами гідровузла – з водоспуском, з водозабором і т.п.

Вибір варіанту водоскиду ґрунтується на обліку природних, гідрологічних та інженерно-геологічних умов району будівництва, а також експлуатації проєктованих споруд. Оптимальний варіант приймається на основі техніко-економічного порівняння різних варіантів [14, п. 3.2.1].

По гідравлічному режиму роботи водоскиди можуть бути напірними, безнапірними, напірно-безнапірними (напівнапірними).

По режиму експлуатації водоскиди бувають автоматичної дії і керовані (з затворами). В окремих випадках застосовують водоскиди напівавтоматичної дії, які забезпечують пропуск частини скидної витрати в автоматичному режимі, а частина витрат пропускають через отвори, що перекриваються затворами.

За конструктивною ознакою розрізняють водоскиди закриті (трубчаті), відкриті (лоткові), збірні, монолітні.

За місцем розташування у складі гідровузла водоскиди ділять на берегові, руслові, заплавні.

За розташуванням водоприймального отвору, щодо рівня ВБ водоскиди класифікують на поверхневі, глибинні і донні.

Конструкція водоскиду – складна інженерна споруда, що складається з декількох найпростіших споруд, конструктивних вузлів і деталей.

У водоскидних споруд можна виділити чотири основні складові частини: підвідні, водоприймальні або водозливні, сполучаючі та пристрої нижнього б'єфу. Кожна частина істотно відрізняється своїм призначенням, гідравлічним режимом і конструктивним рішенням.

Підвідна частина забезпечує плавний підхід води до зливної (головної) частини водоскиду, створює сприятливі умови для нормальної експлуатації всієї споруди.

Водозливна частина здійснює прийом паводкових вод з водоймища і відведення їх у сполучаючу частину споруди. Водозливна частина є головною частиною водоскиду. На керованих водоскидах через головну частину прокладають службовий і проїжджий міст, на ній встановлюють затвор, інше механічне обладнання і т. ін.

Сполучаюча частина з'єднує водозлив з пристроєм нижнього б'єфу. По ній вода скочується з верхнього в нижній б'єф.

Пристрій нижнього б'єфу забезпечує гідравлічне спряження скидного потоку з нижнім б'єфом, гасіння надлишкової кінетичної водної енергії, захист споруди від підмиву і руйнування.

Кожна основна частина водоскиду, в свою чергу, складається з ряду більш простих пристроїв і деталей. Наприклад, підвідна частина може включати: підвідний канал або виїмку, струміньюспрямовуючу дамбу або систему, льодозахистні пристрої, що сполучають відкритки і т. п.

Водозливна частина може мати різне конструктивне рішення. Найбільш типовими рішеннями є: прямолінійна зливна стінка (зливна гребля, зливний поріг шлюзу), зливний оголовок із замкнутим зливним контуром, зливна траншея. У свою чергу, до складу зливної частини може входити: сполучаюча вставка, стінки-підвалини, розділові стінки-бики, затвори та інші пристрої.



Сполучаюча частина роблять відкритою або лотковою (швидкоток, перепад), закритою або трубчастою.

У пристрій нижнього б'єфу входять: пристрій для сполучення скидного потоку з нижнім б'єфом (уступ, консоль, сполучаюча вставка, водобій), пристрій для гасіння енергії, кріплення русла від розмиву, струменеспрямовуючі пристрої.

Водоспускними спорудами (водоспуск) називають гідротехнічні споруди, призначені для повного або часткового опорожнення водосховища та пропуску побутових витрат у нижній б'єф [14, п. 3.2.4]. Водоспуск можна використовувати для промивання верхнього б'єфу від наносів і сміття, при пропуску будівельних витрат, а в певних умовах можна поєднати з водоскидом або водовипуском.

Водоспуски розміщують як в тілі греблі, так і в берегах. Їх виконують у вигляді окремо розташованих споруд або суміщених з водоскидами. Окремо розташовані водоспуски можуть бути відкритими (безнапірними) і закритими (напірними). Відкриті, в основному берегові водоспуски, застосовують на невеликих водосховищах глибиною до 4 ... 6 м. При великих глибинах переважніше закриті водоспуски, що розміщуються в тілі греблі.

Найбільше поширення мають трубчасті водоспуски, що влаштовуються в тілі низьконапірних ґрунтових гребель. Трубчастий водоспуск складається з трубопроводу, вхідного і вихідного оголовків, колодязів для засувки.

Приклади конструкцій водоскидів і водоспуск різних типів й компоновка цих споруд в гідровузлах наведені в додатку Г.

У сьогоденні курсовому проекті потрібно запроектувати трубчастий водоскид, поєднаний з водоспуск або береговий відкритий водоскид й окремо розташований водоспуск.

## 5.2. Трубчастий водоскид

Трубчасті водоскиди влаштовують в тілі ґрунтових гребель в основному невеликої висоти і значно рідше у греблях висотою до 60 – 80 м.

Важливою перевагою цих водоскидів є можливість їх комплексного використання – спочатку для пропуску будівельних витрат, а потім, в період експлуатації гідровузла, в якості водоскидів і водоспусків [6, п. 13.2.2].

До складу трубчастого водоскиду входять: а) головна частина у вигляді водозливу або вежі, обладнаних затворами; б) донна труба, укладається в ґрунт основи; в) вихідний оголовок з пристроями для гасіння енергії потоку у вигляді водобійного колодезя, трампліну або гасителя іншого типу (рис. 5.1).

Донні труби виконують зазвичай із залізобетону з круглим, овальним або прямокутним поперечним перерізом. При необхідності укладання декількох труб їх об'єднують в загальну монолітну конструкцію. Труби слід розташовувати на щільній основі і надійно сполучати як з основою, так і з тілом греблі з улаштуванням двох-трьох протифільтраційних діафрагм по їх периметру. По довжині труби розрізають температурно-осадовими швами через 20 – 25 м, виконуючи в них водонепроникні шпонки для виключення виносу ґрунту фільтраційним потоком.

Для визначення основних розмірів водоскиду необхідно виконати гідравлічні розрахунки.

Периметр вежі в плані обчислюється за формулою водозливу з тонкою стінкою [6, п. 3.6.2]:

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

де  $Q_{\text{макс}}$  – максимальна розрахункова витрата водоскиду,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$m$  – коефіцієнт витрати, приймається рівним 0,35;

$h$  – напір на гребені водозливу, м.

$$h = \text{ФПР} - \text{НПР} \quad (5.2)$$

Далі розраховується площа поперечного перерізу відвідних труб [6, п.3.2.2]:

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

де  $\mu = 0,6 \dots 0,7$  – коефіцієнт витрати;

$$H_{\phi} = \text{ФПР} - \text{РНБ}.$$

Для визначення числа труб необхідно задатися стандартним діаметром однієї труби  $d_{\text{тр}} \leq 2$  м й обчислити площу перерізу однієї труби  $\omega_1$ . Тоді число труб буде:

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

Конструктивно трубчастий водоскид можна поєднати з водоспуском, якщо влаштувати в вежі отвір, що перекривається затвором.

Площа отвору водоспуску може бути визначена за формулою:

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

де  $Q_{\text{сп}} = Q_{\text{макс}} / n_{\text{тр}}$ ;

$$H_{\text{м}} = \text{РМО} - \text{РНБ}.$$

Після розрахунку гасителя енергії води (див. розділ 5.5) проводиться конструювання водоскиду по аналогії з рис. 5.1.

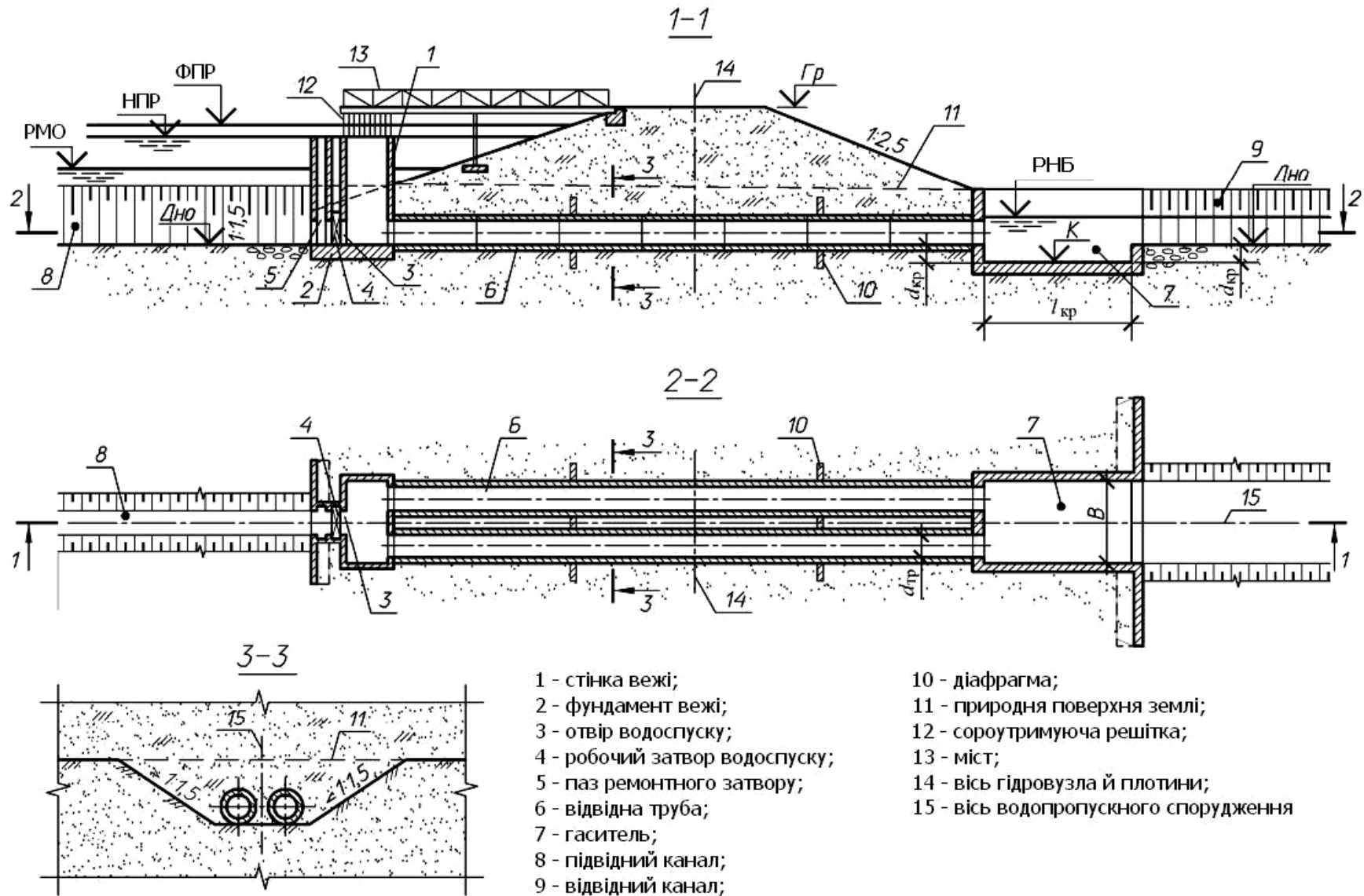


Рис.5.1 Схема водоскиду вежі, сумісного з водоспуском

### 5.3. Береговий відкритий водоскид

Відкритий берегової водоскид складається з трьох основних частин: підвідного каналу; водозливу фронтального типу, що регулює витрата скидання; водовідвідні пристрої [6, п. 13.2.3].

Підвідний канал повинен забезпечувати плавне підведення води до водозливу. У плані він має зазвичай криволінійний обрис, змінну або постійну ширину вздовж потоку. При великих глибинах канал часто виконується з горизонтальним дном, а при малих глибинах – із зворотним уклоном для забезпечення більш рівномірного і плавного входу в нього води. Укоси і дно каналу в скельних ґрунтах не зміцнюються, а в нескельних покривають захисним одягом, але лише в зоні його примикання до водозливу, якщо швидкості потоку перевищують допустимі для неукріпленого ґрунту. Поперечний переріз підвідного каналу трапецієподібне із закладенням укосів приблизно 1,5 – 2,5 в нескельних ґрунтах і 0,5 в скельних.

Водозливна частина являє собою невисоку водозливну греблю, що має прямолінійний обрис в плані. Для збільшення довжини водозливного фронту в обмежених умовах водозливу надається криволінійна або більш складна, зигзагоподібна форма. У конструктивному відношенні водозливна гребля відкритого берегового водоскиду виконується в вигляді водозливу з низьким порогом [6, рис. 13.5 а, б], рідше практичного профілю [6, рис. 13.5, в]. Особливістю водозливу берегового водоскиду є відсутність з його низової сторони пристроїв для гасіння енергії скиданої витрати. У більшій частині споруд вода надходить у водовідвідний пристрій без гасіння енергії.

Водовідвідні пристрої в берегових відкритих водоскидах включають, як правило, відвідний проміжний канал, сполучаючи споруди у вигляді швидкотоку або в окремих випадках у вигляді багатоступінчастого перепаду і пристрої для гасіння енергії потоку.

Відвідний проміжний канал влаштовується для вирівнювання потоку й підведення його до сполучаючого спорудження. Довжина каналу визначається топографічними умовами траси водовідвідного пристрою. При великому ухилі траси його не влаштовують. Дно й укоси каналу зміцнюють бетонним одягом, товщина якого приймається в залежності від швидкості потоку й геологічних умов.

Швидкоток являє собою канал, ухил якого значно перевищує критичний. Найбільш часто ухил задається в межах 0,05 – 0,25. Ширина швидкотоку може бути постійною або змінною – зменшується або збільшується донизу. Зміна ширини швидкотоку викликається як умовами гасіння енергії в нижньому б'єфі, так і можливістю деякого скорочення обсягу робіт. У конструктивному відношенні швидкоток виконується у вигляді бетонного або залізобетонного лотка з прямокутним, трапецеїдальним або полігональним поперечним перерізом. Борти лотка утворюються підпірними стінками того чи іншого типу, частіше відрізними від днища деформаційними швами. У лотках невеликих розмірів стінки й днище являють собою монолітну нерозрізну конструкцію докового типу. Днище бетонного лотка на нескельних ґрунтах виконується в вигляді плити завтовшки 0,3 – 0,8 м. Стінки й днище по довжині лотка розрізаються деформаційними швами через 20 – 25 м. У скельних міцних породах облицювання не роблять. У слабких скельних і напівскельних породах борт лотка виконують крутизною 1: 0,3 – 1: 0,5, а його дно й укоси покривають заанкереним бетонним облицюванням товщиною 0,2 – 0,3 м.

У плані швидкотоків зазвичай надається прямолінійний обрис, однак у ряді випадків при відносно невеликих витратах їх виконують й криволінійними, що суттєво впливає на форму поперечного перерізу лотка. При цьому для забезпечення нормальної роботи лотка в умовах дії центробіжних сил його дну надають ухил також і в поперечному напрямку зі значною різницею відміток у увігнутої і опуклої стінок.

Сполучення швидкотоку з нижнім б'єфом на нескільких грунтах здійснюється за допомогою водобійного колодязя або водобійні стінки (гаситель енергії води див. розділ 5.5).

Для визначення основних розмірів берегового відкритого водоскиду необхідно виконати гідравлічні розрахунки.

Ширину вхідної частини і швидкотоку слід прийняти постійною і визначати за формулою водозливу з широким порогом [6, п. 3.6.5]:

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

де  $m$  – коефіцієнт витрати [6, табл. 3.20];

$h_b$  – напір на порозі водозливу. У курсовому проєкті слід прийняти  $h_b = 2 \dots 4$  м для водозливу з затворами,  $h_b = \text{ФПР} - \text{НПР}$  для водозливу без затворів.

Глибина води в кінці швидотоку може бути обчислена за формулою:

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

де  $n_b$  – шорсткість бетонної поверхні [6, табл. 3.6];

$i_b$  – ухил водоскату.

Після розрахунку гасителя енергії води (див. розділ 5.5) проводиться конструювання водоскиду по аналогії з рис. 5.2.

#### 5.4 Трубчастий водоспуск

Трубчасті водоспуски широко застосовуються в гідровузлах з греблями з ґрунтових матеріалів невеликої та середньої висоти для пропуску санітарних витрат і спорожнення водосховища. Вони виконуються з однієї або кількох труб, забезпечених затворами, й пристроями для прийому води і керування затворами у вигляді вежі або камери. Водоспуски з вежами називають баштовими, а з камерами – без баштовими. Більше поширення в

гідротехнічному будівництві отримав перший із зазначених типів, як більш надійний в експлуатації [6, п. 13.3.2].

Застосовувані в водоспуску водопропускні труби являють собою залізобетонні галереї чи сталеві трубопроводи, які прокладаються в ґрунті основи або в тілі гребель.

Водоспуски в залежності від їх призначення працюють постійно або періодично. Водоспуски, що використовуються для постійної роботи, наприклад для корисних попусків води в нижній б'єф, повинні мати не менше двох незалежно працюючих ниток трубопроводів для можливості відключення однієї з них на ремонт у процесі експлуатації.

Трубчасті водоспуски обладнуються, зазвичай, двома затворами – ремонтним і робочим. Вежі та камери керування затворами розміщують як на початку або на деякій відстані від нього (при прокладці сталевих труб в залізобетонній галереї), так і в кінці водоспуску (при прокладці труб безпосередньо в ґрунтах без галерей).

Підхідні ділянки до водоспуск виконуються у вигляді каналів, що розраховані на пропуск будівельної витрати. Кріплення їх укосів та дна передбачається у вигляді кам'яної бруківки або бетонних плит в залежності від швидкості течії.

Вежі водоспуск влаштовуються частіше з круглим перетином в плані, їх внутрішній діаметр призначається в залежності від діаметру прокладання в них трубопроводів та розмірів внутрішніх пристроїв, але не менше 2,5 – 3 м.

Металеві труби в тілі греблі укладаються на спеціально підготовлений бетонний фундамент або бетонні опори і лише в мало відповідальних спорудах – безпосередньо на ущільнений ґрунт з послідуочим вельми ретельним ущільненням засипки навколо труб. Зовні труби покривають антикорозійними покриттями.

Залізобетонним напірним трубопроводам та галереям задають всередині круглий обрис поперечного перерізу, а зовні вгорі – кругле, у основи – плоске для більш рівномірної передачі навантаження на основу.



Зовнішню поверхню галерей зазвичай захищають гідроізоляційними покриттям і шаром водонепроникного ґрунту.

Площа живого перерізу і число труб водоспуску можна визначити за формулами (5.3) і (5.4). Після визначення параметрів слід розробити конструкцію водоспуску за аналогією з рис. 5.3

### 5.5 Розрахунок гасителя енергії потоку води

Надлишкова кінетична енергія потоку води за водоскидами повинна бути зменшена до меж, при яких неможливо розмивання ґрунтів основи. Це здійснюється за допомогою спеціального елемента водоскиду – гасителя, одним з яких є водобійні колодязь.

Його довжина може бути визначена за формулою [6]:

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

де  $\omega$  – площа живого перерізу потоку при вході в гаситель; у разі баштового водоскиду  $\omega \approx \omega_{тр}$ ; для швидкотоку  $\omega = B \cdot h_{НК}$ , де  $B$  – ширина гасителя (рис. 5.1 і 5.2).

Глибина водобійного колодязя обчислюється за формулою:

$$d_{кр} = 1,2 \left( \frac{\omega}{B} \sqrt{1 + \frac{8,6 \cdot H_{\phi}}{\omega/B}} - h_{НБ} \right), \text{ м}, \quad (5.8)$$

де  $h_{НБ} = РНБ - \text{Дно}$ .

Якщо визначена за формулою (5.9)  $d_{кр} < 0$ , то вона приймається рівною нулю. У межах водобійного колодязя дно і борти відвідного каналу укріплюються нерозмивними матеріалами – бетоном, кам'яною накидкою.

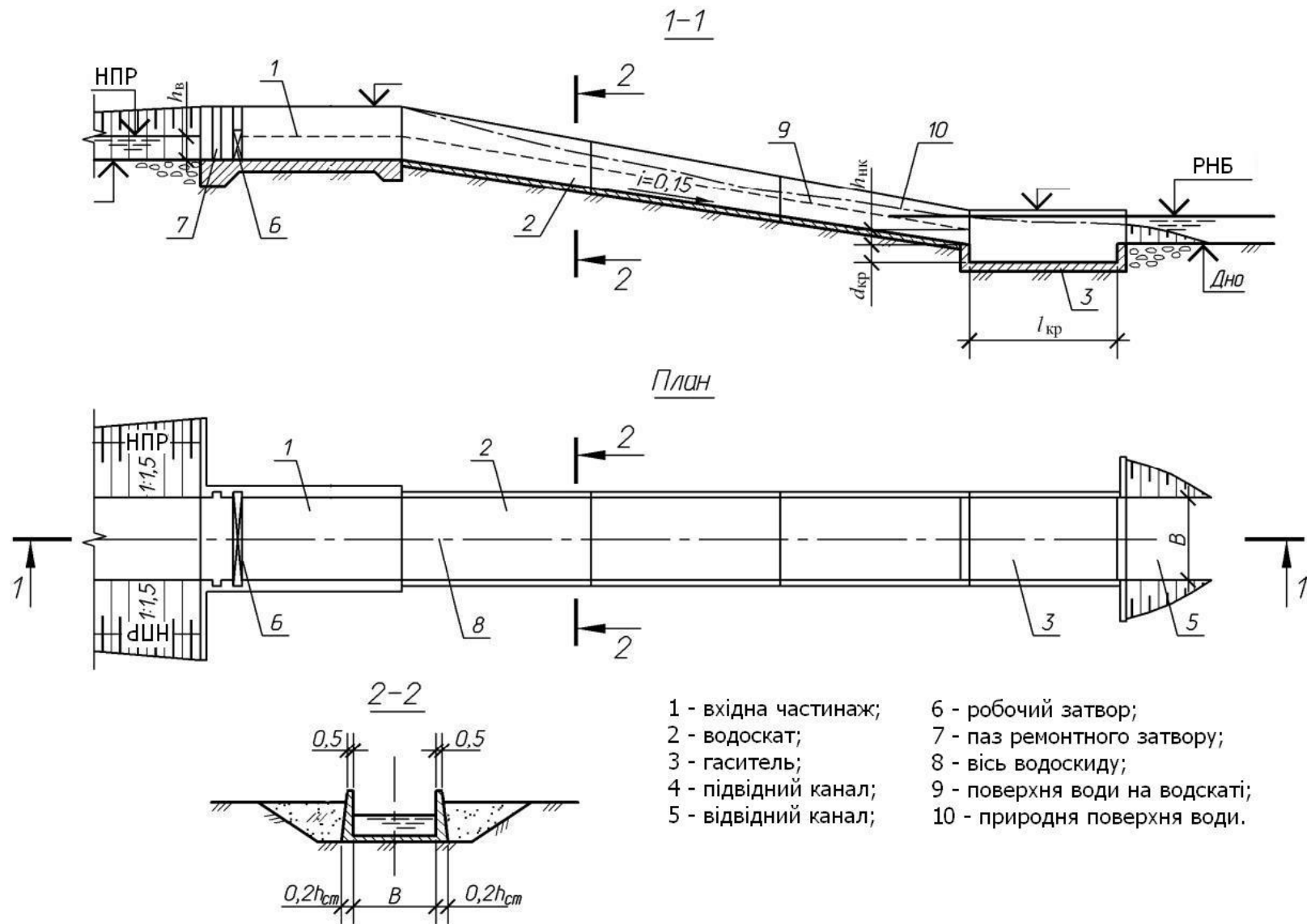


Рис.5.2 Схема берегового відкритого водоскиду

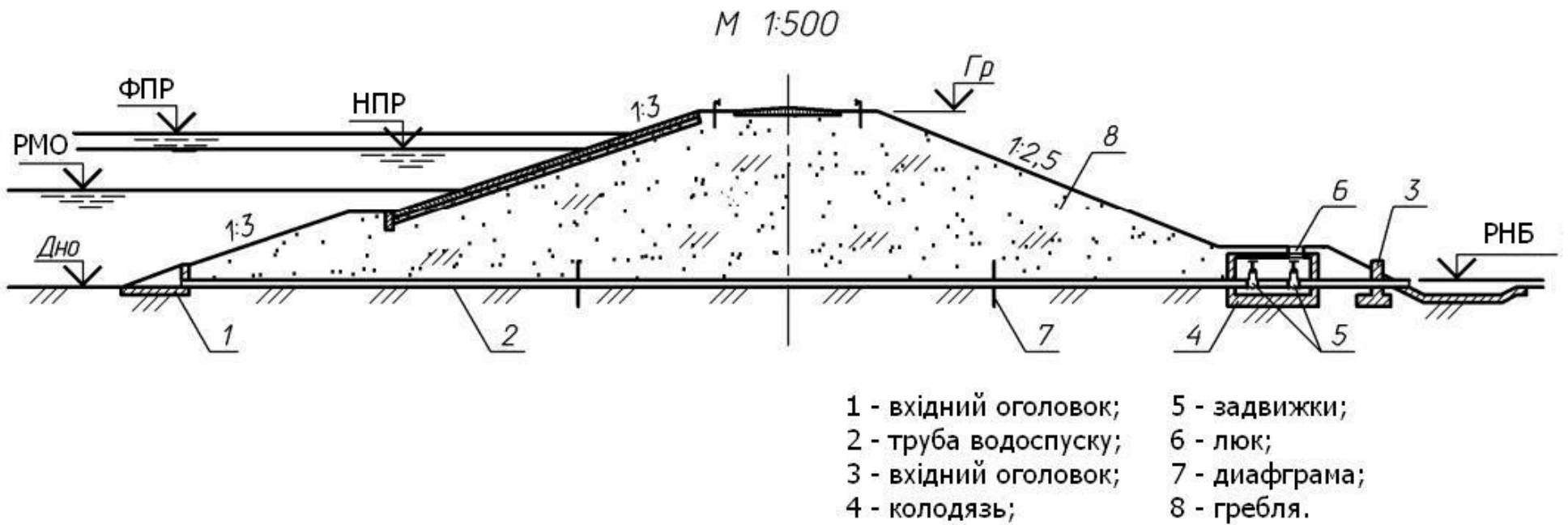


Рис.5.3 Схема трубчастого водоспуску

## 6. КОМПОНОВКА СПОРУД

При проектуванні річкових гідровузлів, як правило, виходять з умови комплексного використання стоку річок для задоволення потреб у воді різних галузей народного господарства, в тому числі потреб енергетики, водопостачання, іригації, водного транспорту, рибного господарства [6]. В зв'язку з цим до складу гідровузлів поряд з греблею зазвичай включають в тому чи іншому поєднанні різні спеціальні гідротехнічні споруди, такі, як гідроелектростанцію, водозабір, водоскиди, судноплавний шлюз, рибозахисних пристроїв і т. п. Велике число цих споруд при значній різноманітності природних умов і вимог, що пред'являються до розміщення кожного з них, істотно ускладнюють компонування гідровузла.

При заданому складі споруд проектного гідровузла на їх компоновку справляють істотний вплив такі чинники, як топографічні і геологічні умови на ділянці розташування створу, водність річки, напір, умови будівництва окремих споруд, розташування споживачів і доріг, умови експлуатації споруд гідровузла та ін.

У сьогоденні курсовому проекті при розробці компонування слід зосередити увагу на розташуванні ґрунтової греблі та водоскиду відносно один одного й відносно заданого створу гідровузла. Приклади компонувань наведені в додатку Г.

Топографічні умови на ділянці розташування створу гідровузла повинні забезпечувати мінімальну довжину фронту напірних споруд без значного затоплення та підтоплення прилеглих до водосховища промислових й сільськогосподарських територій. Рельєф місцевості повинен дозволяти здійснення будівництва необхідної мережі автомобільних доріг.

Геологічна будова основи й берегів повинна бути сприятливим у відношенні як несуча здатність порід, так і їх фільтраційна властивість. Для розміщення бетонних і камені накидних підпірних споруджень слід віддавати перевагу скельній основі.

Раціональне компонування гідровузла повинна забезпечувати: компактне розташування бетонних споруд щоб уникнути великого числа їх сполучень з ґрунтовими спорудами; концентрацію бетонного господарства; надійний пропуск будівельних витрат води протягом усього періоду будівництва; максимальне використання місцевих будівельних матеріалів без порушення навколишнього природного середовища; можливість зведення гідровузла в найкоротші терміни з мінімальними витратами дефіцитних будівельних матеріалів і максимальним використанням досконалих методів зведення і досконалого обладнання; доступність споруд для підвезення будівельних матеріалів та обладнання.

При компонуванні гідровузла прагнуть до того, щоб він був компактным, а всі його споруди могли найкращим чином виконувати свої функції в період експлуатації.

В результаті проектування компоновки споруд повинен бути виконаний генплан гідровузла аналогічно представленим на рис. 6.1 й 6.2.

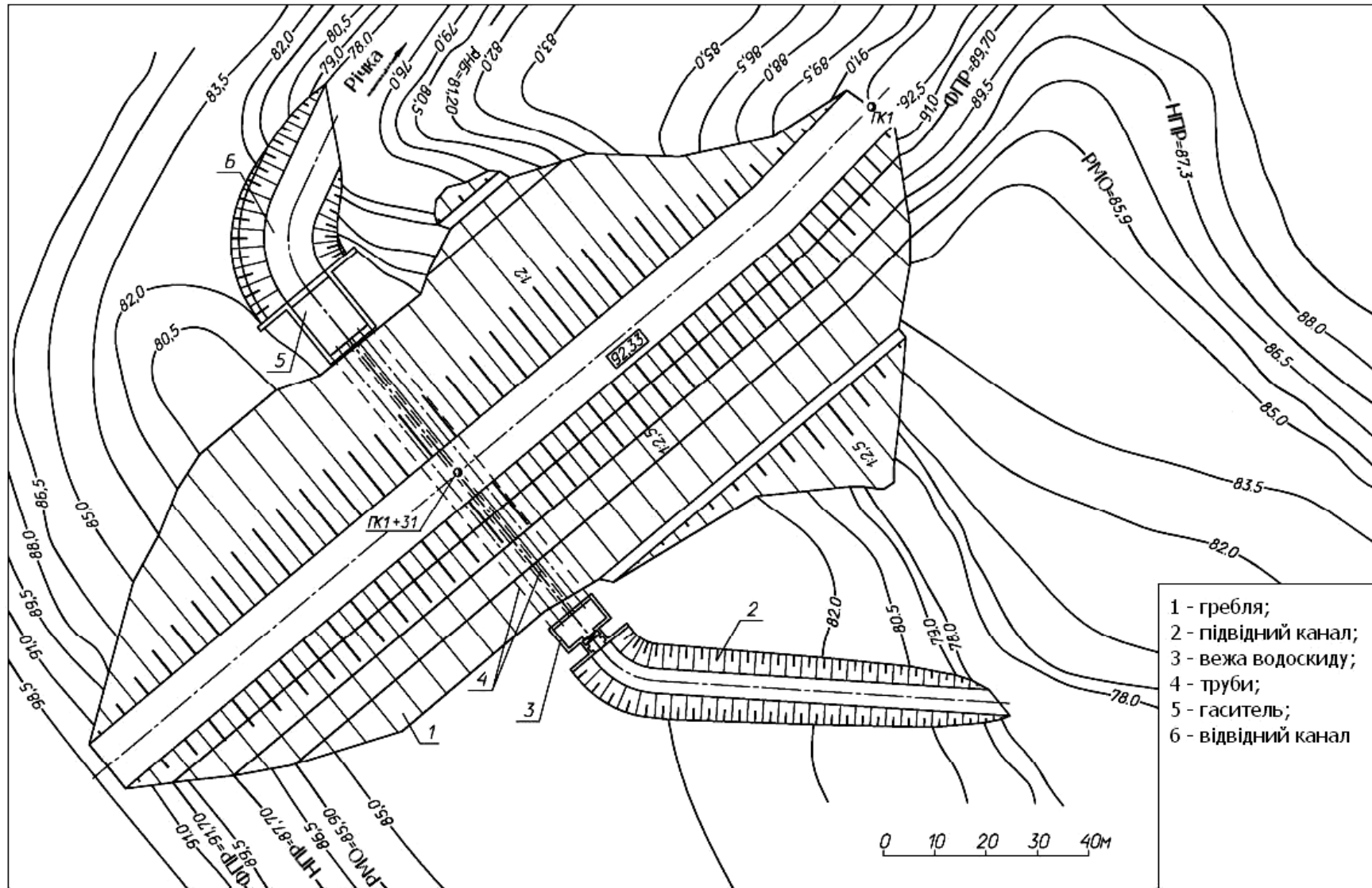


Рис.6.1 Генеральний план гідровузлу з трубчастим водоскидом

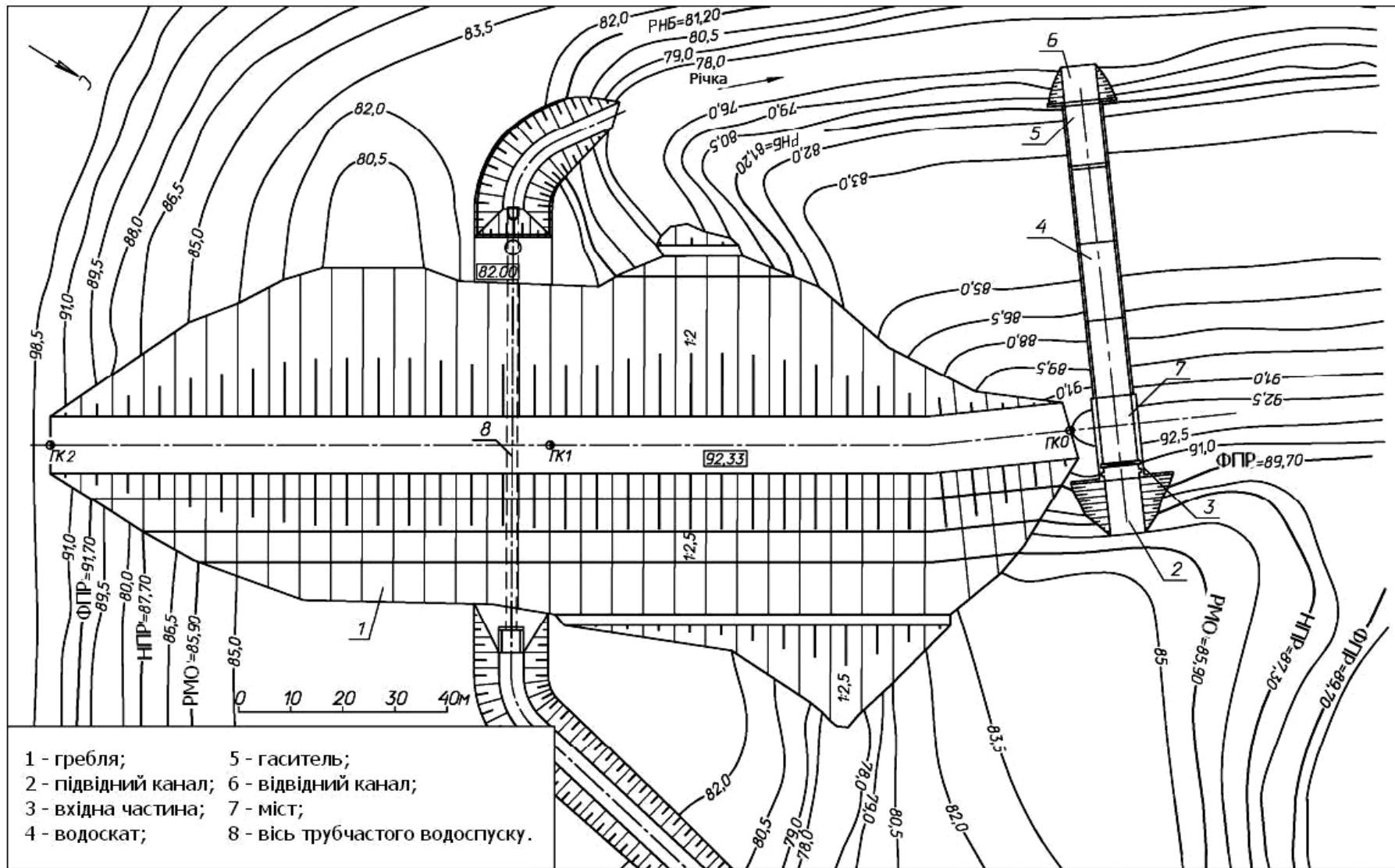


Рис.6.2 Генеральний план гідровузлу з береговим водоскидом й донним водоспуском

## 7. ЧЕРГОВІСТЬ БУДІВНИЦТВА

Найважливішою особливістю будівництва гідровузла є необхідність пропуску витрат річки через створ протягом усього періоду робіт. Вибір способу пропуску будівельних витрат визначається характером і компонуванням споруд, гідрологічними характеристиками водотоку, топографічними і геологічними умовами створу.

Будівництво основних споруд гідровузла на рівнинних річках здійснюється методом секціонування русла. При такому методі будівництва в першу чергу частину русла річки огорожують перемичками. У котловані, що утворився, зводять до проектних позначок водоскидні споруди гідровузла із залишенням в них тимчасових водопропускних отворів для пропуску витрат другої черги. Річка в цей час тече по стиснутому руслі. Після зведення водоскидних споруд перемички розбирають, стиснуту частину русла перекривають кам'яним банкетом, а потік перемикають на залишені раніше водопропускні отвори в спорудах, побудованих в першу чергу. У вільній частині русла під захистом кам'яного банкету зводиться гребля з ґрунтових матеріалів. По мірі зведення споруд напірного фронту тимчасові отвори закривають і наповнюють водосховище.

У курсовому проекті необхідно намітити черговість будівництва гідровузла, користуючись джерелами, в яких питання організації будівництва гідровузлів розглянуті докладно, наприклад [24].



## 8. ОБСЯГИ РОБІТ

В основі проектування і будівництва гідровузлів лежить техніко-економічна оцінка варіантів й прийнятих проектних рішень. Техніко-економічна оцінка базується на аналізі вартості будівництва, визначеної за діючими методам визначення кошторисної вартості будівництва. Кошторисна вартість будівництва обчислюється на основі визначених по конструктивним кресленням обсягів робіт. У сьогоденні курсовому проекті визначати вартість будівництва не потрібно, а потрібно визначити обсяги основних робіт. Приблизний перелік видів робіт приводиться нижче і може бути скоригований в залежності від конструктивних особливостей споруди:

- 1) зняття рослинного шару ґрунту на заплавах ділянках під греблю;
- 2) виїмка ґрунту (під водоскид, дренаж та інше);
- 3) зведення греблі (насип або намивання);
- 4) зведення кам'яного банкету;
- 5) пристрій дренажу (залежно від виду);
- 6) кріплення укосів греблі;
- 7) зведення водоскиду і водоспуску (залізобетонні і сталеві конструкції, арматура);
- 8) устрій автомобільної або залізничної дороги.

## ДЖЕРЕЛА ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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. Грандильевский. – 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.

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 студен-тами специальности 29.04 «Гидротехническое строительство» / Нижегород. ар-хитектур.-строит. ин-т ; сост. В. Н. Грандильевский. – 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 строитель-ства ГЭС: учеб. Пособие / Б.М. Ерахтин, С.В. Ерахтин. - Н.Новгород.: ННГАСУ, 2002. - 96 с.

## ДОДАТОК А. БУДОВА ПРОФІЛЮ ГРЕБЛІ

Табл. А.1

Орієнтовні значення закладення укосів земляних насипних гребель

Висота греблі	Закладення укосів	
	Верхового	Низового
< 5	2,0 – 2,5	1,50 – 1,75
5 – 10	2,25 – 2,75	1,75 – 2,25
10 – 15	2,5 – 3,0	2,0 – 2,5
15 – 50	3,0 – 4,0	2,5 – 4,0
> 50	4,0 – 5,0	4,0 – 4,5

Табл. А.2

Орієнтовні значення закладення укосів намивних гребель

Вид греблі	Грунти основи	Закладення укосів
Неоднорідна гравійно-піщана з ядерною зоною	Скальний, щільна глина	3 – 4
Однорідна піщана нормального профілю	Піщаний, супіщаний	4 – 5
	Торф або старичні відкладення	5 – 8

Табл. А.3

Орієнтовні значення закладення укосів намивних гребель при вільному намиві піщаних і гравійних ґрунтів

Грунт	Середнє закладення укосу при витраті пульпи, м <sup>3</sup> /ч		
	< 2000	2000 – 4000	> 4000
Пісок:			
мілкий	40	50	100
середньої крупності	35	40	65
крупний	30	35	40
гравелистий	20	25	30
Гравійний	15	20	25

Табл. А.4

Основні параметри поперечного профілю проїжджої частини і земляного полотна автомобільних доріг в залежності від їх категорії

Параметри елементів доріг	Категорії доріг					
	I-a	I-б	II	III	IV	V
Число полон руху	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полоси руху, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-
Ширина проїжджої частини, м	2x7,5; 2x11,25; 2x15	2x7,5; 2x11,25; 2x15	7,5	7	6	4,5
Ширина узбіччя, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Найменша ширина укріплення полоси узбіччя, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Найменша ширина розділювальної смуги між різними напрямками руху, м	6	5	-	-	-	-
Найменша ширина укріплення полоси на розділювальній полосі, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5; 36; 43,5	27,5; 35; 42,5	15	12	10	8

Табл. А.5

Ширина земляного полотна (в рівні основної площадки) нових залізничних доріг на прямих ланках шляху в межах перегону

Категорія залізничних доріг	Число головних шляхів	Ширина земляного полотна на прямих ланках шляху, м, при використанні ґрунтів	
		глинистих, крупно-уламкових з глинистим заповнювачем, скельних вивітріючих і легких вивітріючих, пісків не дренуючих, дрібних і пилюватих пісків	скельних слабо вивітріючих, крупно-уламкових з піщаним заповненням і пісків дренуючих * (крім дрібних і пилюватих)
Швидкісні I	2	11,7	10,7
I й II	1	7,6	6,6
III	1	7,3	6,3
IV	1	7,1	6,2

\* До дренируючих за умовами роботи земляного полотна слід відносити ґрунти, що мають при максимальній щільності по стандартному ущільненню коефіцієнт фільтрації не менше 0,5 м / добу, що містять менше 10% часток за масою розміром менше 0,1 мм.

Табл. А.6

Визначення коефіцієнту  $K_w$ 

$V_w$	20	30	40	50
$K_w \cdot 10^6$	2,1	3	3,9	4,8

Табл. А.7

## Визначення коефіцієнту шорсткості й проникненості укосу

Конструкція кріплення укосу	Відносна шорсткість $r/h_{1\%}$	Коефіцієнт $k_r$	Коефіцієнт $k_p$
Бетонними (залізобетонними) плитами	-	1	0,9
Гравійно-галичкове, кам'яне або кріплення (залізобетонними) блоками	Менше 0,002	1	0,9
	0,005 – 0,01	0,95	0,85
	0,02	0,9	0,8
	0,05	0,8	0,7
	0,1	0,75	0,6
	Більше 0,2	0,7	0,5

П р и м і т к а. Характерний розмір шорсткості  $r$ , м, слід приймати рівним середньому діаметру зерен матеріалу кріплення укосу або середньому розміру бетонних (залізобетонних) блоків.

Табл. А.8

Визначення коефіцієнта  $k_{sp}$ 

Значення $\text{ctg } \varphi$	1 – 2	3 – 5	Більше 5
Коефіцієнт $k_{sp}$ при швидкості вітру $V_w$ , м/с			
20 і більше	1,4	1,5	1,6
10	1,1	1,1	1,2
5 і менше	1	0,8	0,6

П р и м і т к а :  $\varphi$  – кут нахилу укосу к горизонту, град.

Табл. А.9

Визначення коефіцієнта  $k_i$ 

Забезпеченість по нахату $i$ , %	0,1	1	2	5	10	30	50
Коефіцієнта $k_i$	1,1	1	0,96	0,91	0,86	0,76	0,68

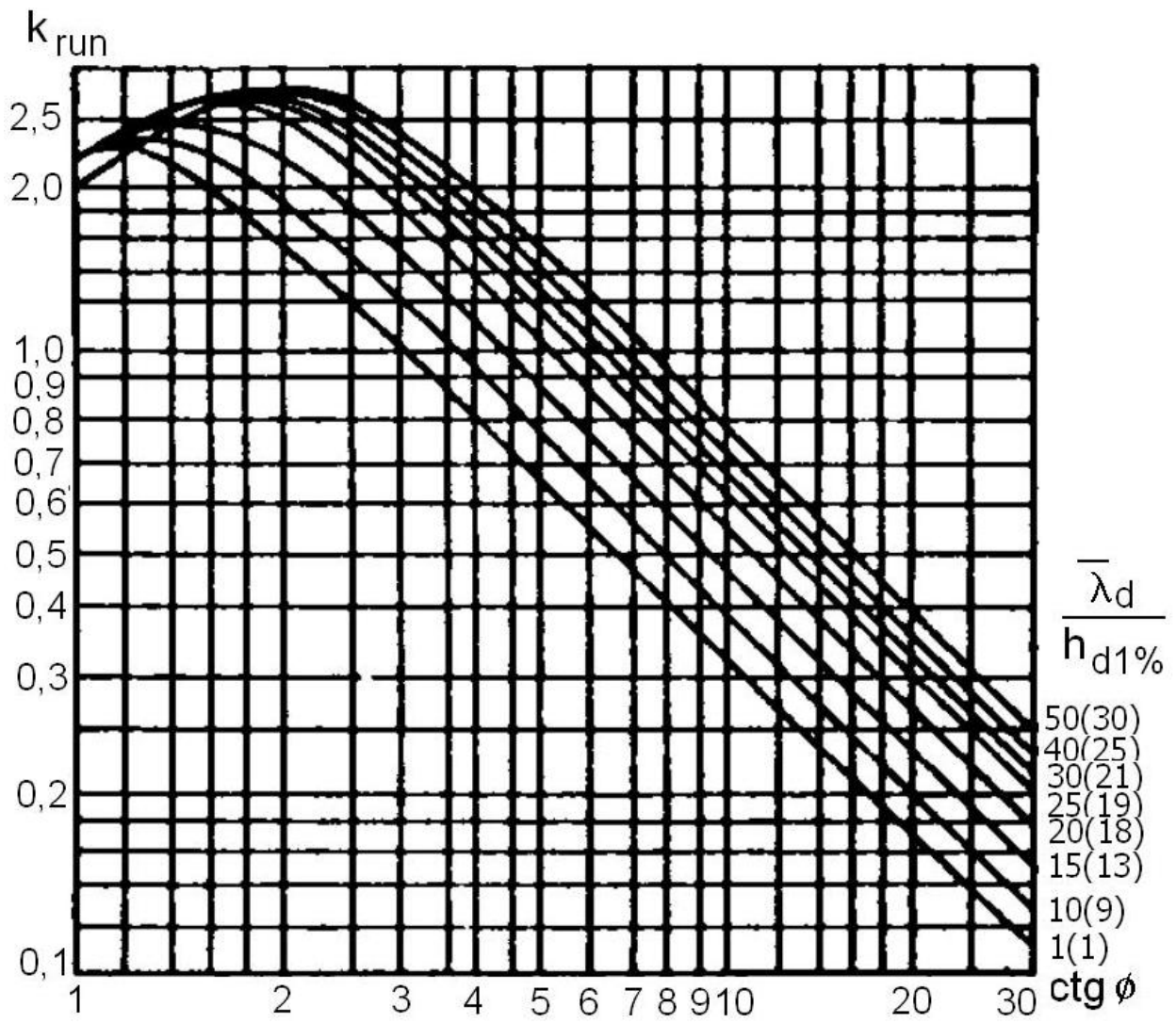


Рис. А.1 Графік значень коефіцієнта  $k_{run}$



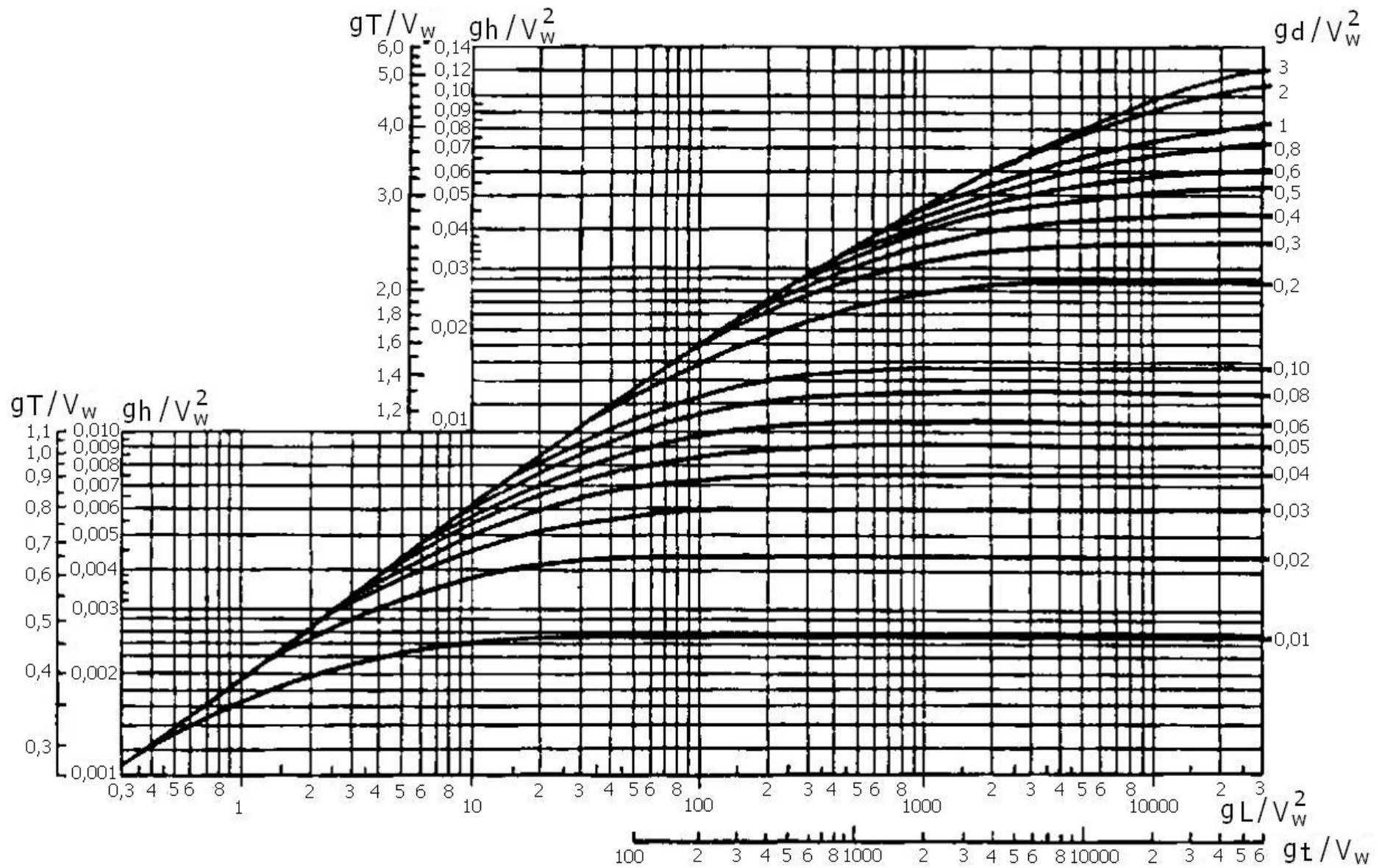


Рис. А.2 Графіки для визначення елементів вітрових хвиль в глибоководній і мілководній зонах

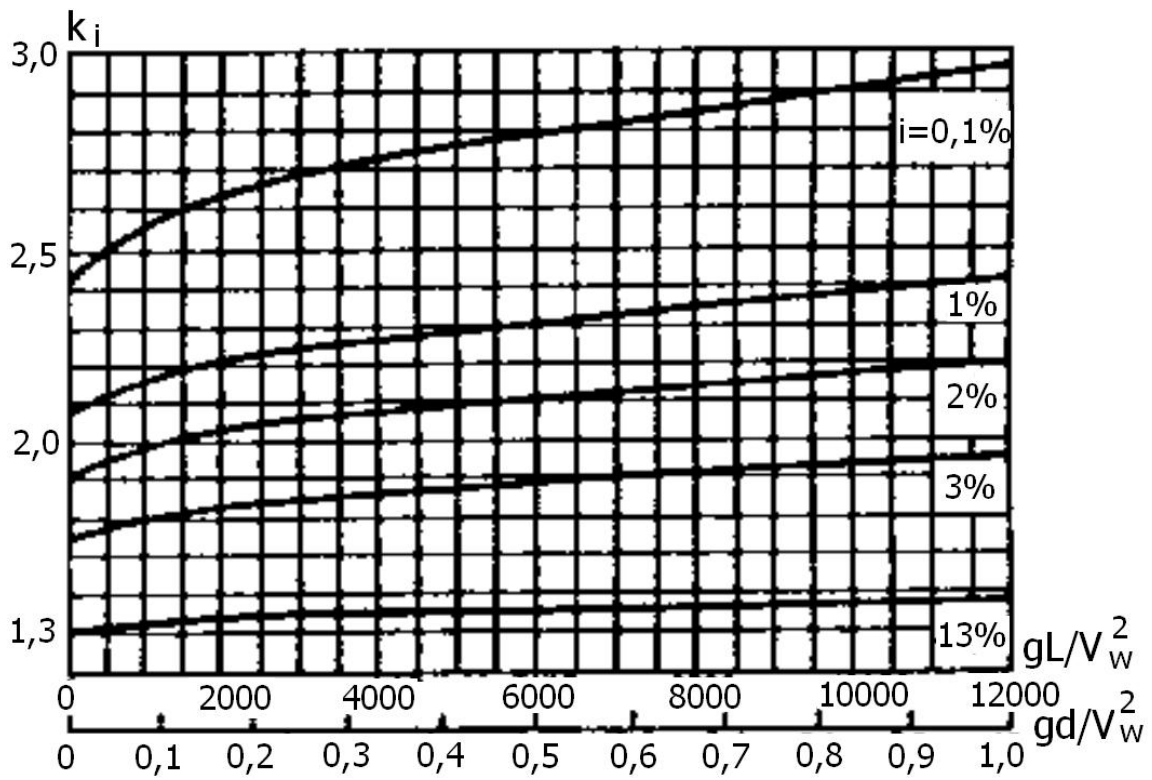


Рис. А.3 Графік значень коефіцієнта  $k_i$

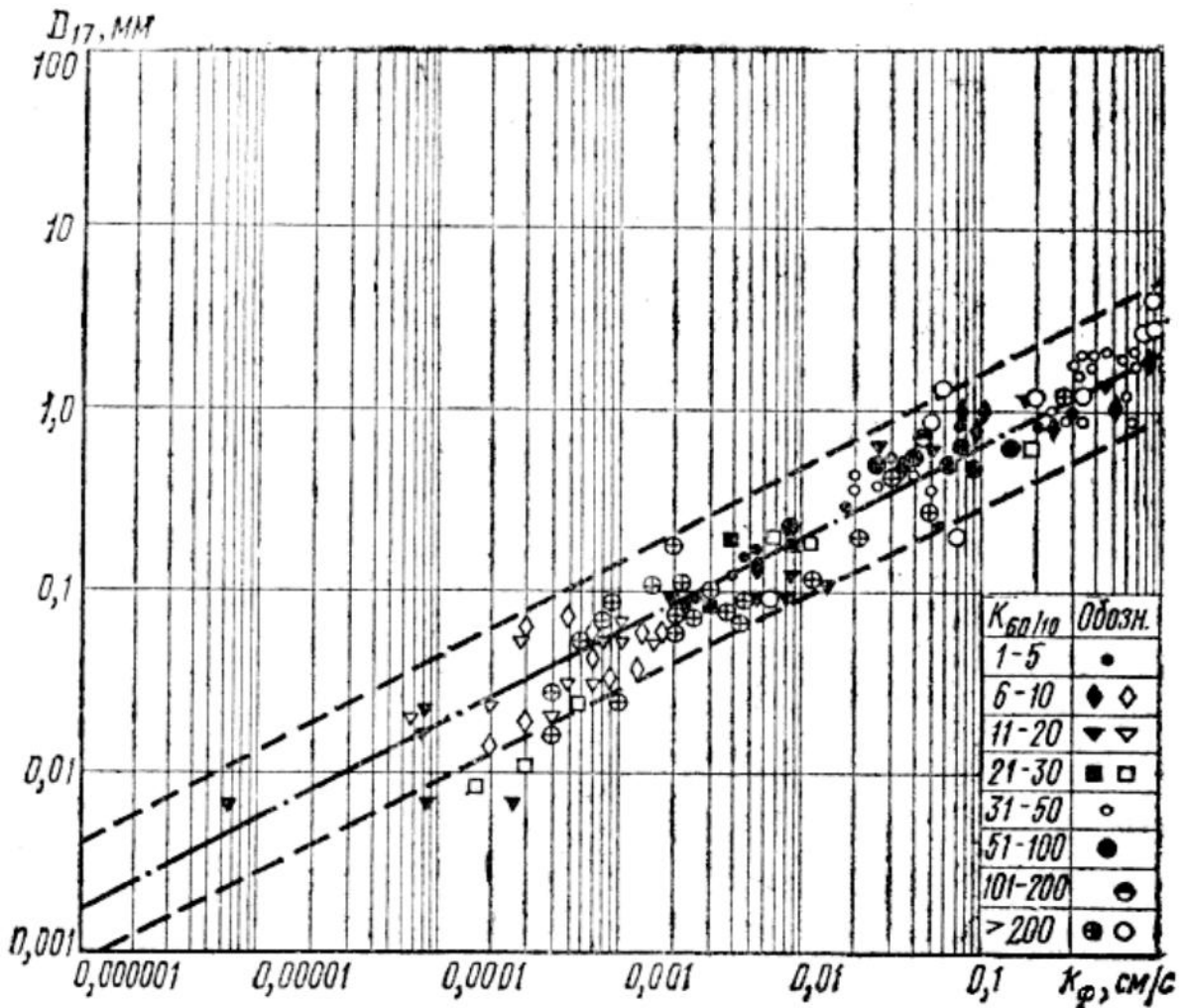


Рис. А.3 Залежність коефіцієнта фільтрації  $k_\phi$  від діаметра часток  $d_{17}$

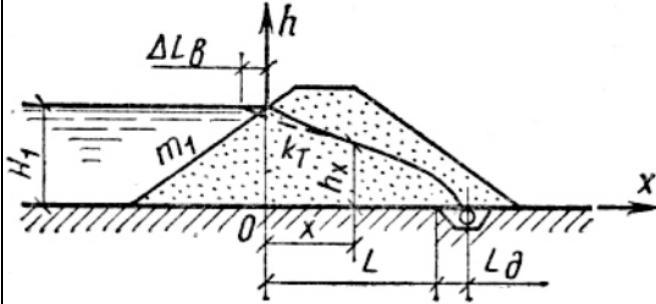
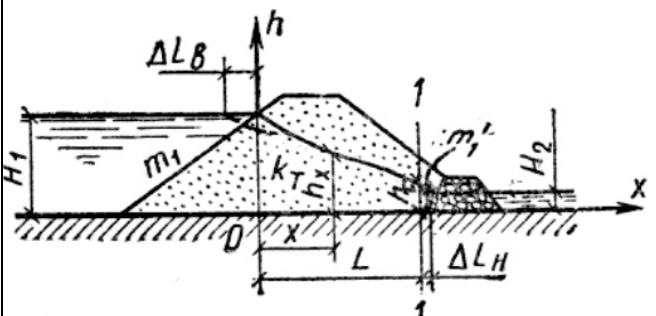
Групи ґрунтів у залежності від показників їх гранулометричного складу й технології намиву

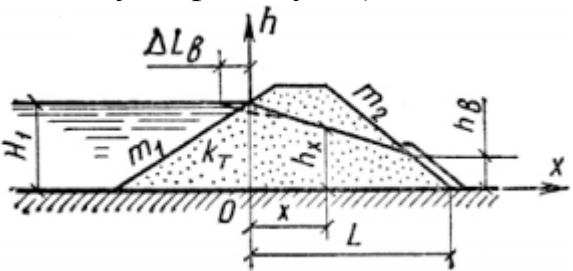
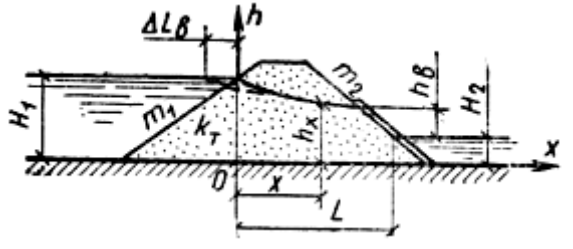
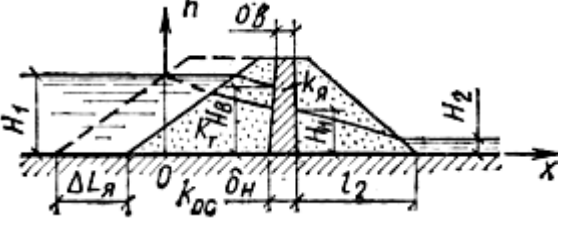
Номер групи ґрунту	Ґрунт	Вид технології намиву	Вміст фракцій в складі ґрунту, %		$\frac{\sum d > 0,25 \text{ мм}}{\sum d < 0,10 \text{ мм}}$	$k_{60,10}$	$d_{90}$ , мм
			$d=0,25 - 0,10$ мм	$d>2$ мм			
1	Різнозернисті піски з гравієм	Двосторонній з технологічним ставком	< 50	> 5	> 1	2,5 – 300	> 2
2	Середньозернисті піски		< 50	< 5	> 1	< 5	< 2
3	Мілкозернисті піски		< 50	-	-	< 5	-
4	Тонкозернисті та пильові піски		< 50*	-	< 1	> 5*	-
5	Різнозернисті піски з гравієм, середньозернисті й мілкозернисті піски	Односторонній з вільним укосом	-	-	-	-	-

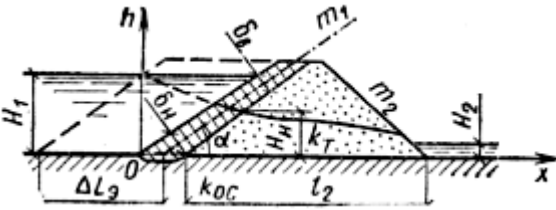
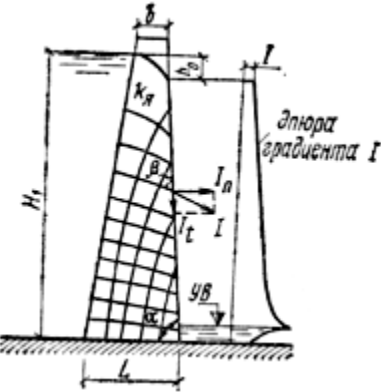
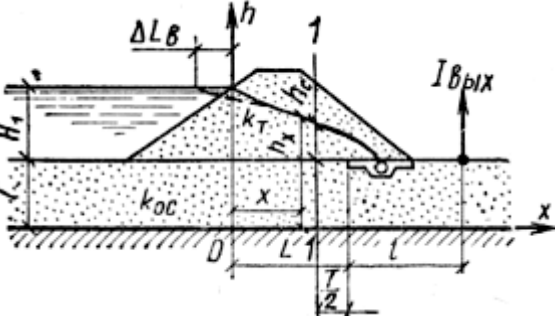
ДОДАТОК Б. РОЗРАХУНОК ГРЕБЕЛЬ

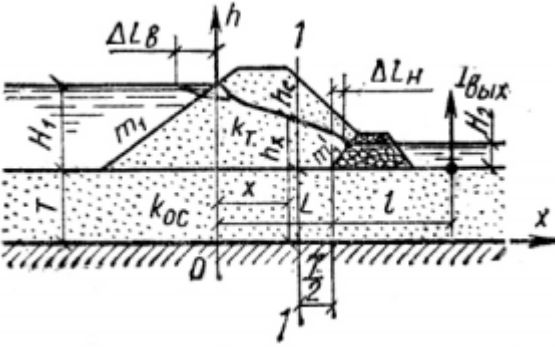
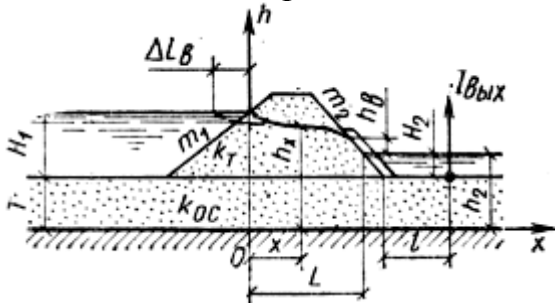
Табл. Б.1

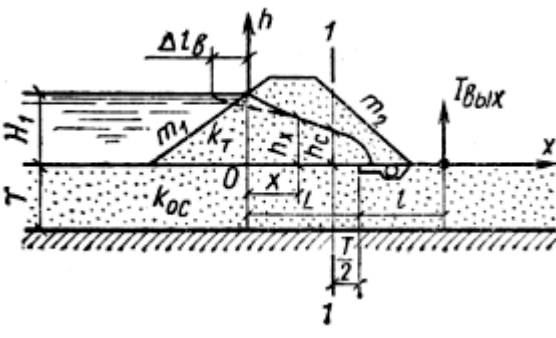
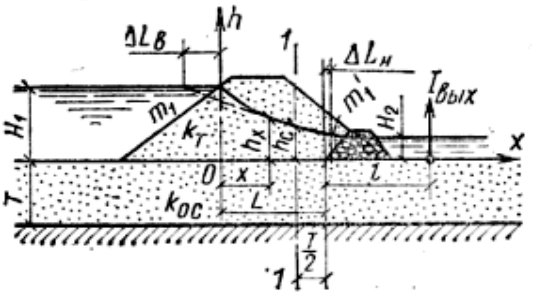
Схеми і залежності для розрахунку фільтрації в земляних греблях

Розрахункові схеми гребель	Розрахункові залежності										
1	2										
Греблі однорідні ні водонепроникній основі											
<p>1. З трубчатим дренажем</p> 	$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2}{2 \cdot L_p}, \quad (Б.1)$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B</math>, <math>\Delta L_B = \beta_B H_1</math>,</p> $\beta_B = \frac{m_1}{2m_1 + 1} \quad (\text{при } m_1 \geq 2 \text{ значення } \beta_B \approx 0,4).$ $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x + L_D)}, \quad (Б.2)$ <p>де <math>L_D = 0,5q/k_T</math>.</p> <p>Криву направляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq H_1 - q/k_T</math>.</p>										
<p>2. З дренажним банкетом</p> 	$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2 \cdot L_p}, \quad (Б.3)$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B + \Delta L_H</math>, <math>\Delta L_B = \beta_B H_1</math>,</p> $\Delta L_H = m_1' H_2 / 3.$ $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x) + h_c^2}, \quad (Б.4)$ <p>де ордината кривої депресії <math>h_c</math> в перерізі 1-1: а) при <math>H_2 &gt; 0</math></p> $h_c = \sqrt{H_1^2 - 2(L - \Delta L_B)q/k_T} - H_2 \quad (Б.5)$ <p>б) при <math>H_2 = 0</math></p> $h_c = f(m_1')q/k_T \quad (Б.6)$ <table border="1" data-bbox="798 1747 1404 1859"> <tr> <td><math>m_1'</math></td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1,0</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td><math>f(m_1')</math></td> <td>0,74</td> <td>0,86</td> <td>0,94</td> <td>0,98</td> </tr> </table> <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq H_1 - q/k_T</math></p>	$m_1'$	0	0,5	1,0	2,0	$f(m_1')$	0,74	0,86	0,94	0,98
$m_1'$	0	0,5	1,0	2,0							
$f(m_1')$	0,74	0,86	0,94	0,98							

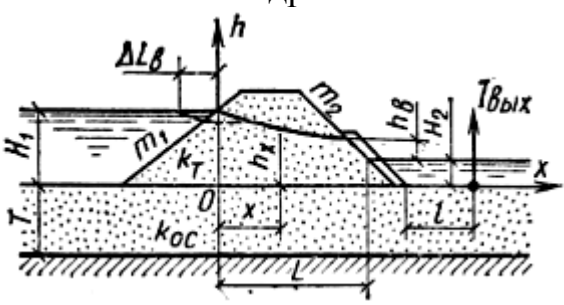
1	2
<p>3. З наслонним дренажем (вода в нижньому б'єфі відсутня)</p> 	$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2}{L_p + \sqrt{L_p^2 - m_2^2 H_1^2}}, \quad (\text{Б.7})$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B</math>, <math>\Delta L_B = \beta_B H_1</math>,</p> $h_B = f(m_2) q / k_T, \quad (\text{Б.8})$ <p>де при <math>m_2 \geq 1</math> знач. <math>f(m_2) = 0,5 + m_2</math>; при <math>m_2 &lt; 1</math> знач. <math>f(m_2) = 0,7 + 0,8m_2</math>;</p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x - m_2 h_B) + h_B^2}. \quad (\text{Б.9})$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq H_1 - q/k_T</math></p>
<p>4. З наслонним дренажем (при наявності води в нижньому б'єфі)</p> 	$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2 \cdot L_p}, \quad (\text{Б.10})$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B</math>, <math>\Delta L_B = \beta_B H_1</math>,</p> $h_B = a + \sqrt{a^2 + \frac{m_2}{2f(m_2)} H_2 \frac{q}{k_T}} \quad (\text{Б.11})$ <p>де</p> $a = 0,5f(m_2) \frac{q}{k_T} - 0,5 \left[ 1 + \frac{m_2}{2f(m_2)} \right] \cdot H_2$ <p><math>f(m_2)</math> приймають з (Б.8). <span style="float: right;">(Б.12)</span></p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x - m_2 h_B) + (H_2 + h_B)^2}$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq H_1 - q/k_T</math></p>
<p>Греблі неоднорідні на мало непроникній основі</p>	
<p>5. З ядром</p> 	<p>По способу віртуальних відстань греблю відносять до однорідної, причому</p> $L_{\text{я}} = \frac{k_T}{k'_{\text{я}}} \delta_{\text{ср.я}}, \quad (\text{Б.13})$ <p>де <math>k'_{\text{я}} = k_{\text{я}} + \frac{2k_{\text{OC}} \delta_{\text{ср.я}}}{\pi(H_B + H_H)} \operatorname{arch} \left( \frac{2l_2}{\delta_H} \right)</math></p> $\delta_{\text{ср.я}} = \frac{\delta_B + \delta_H}{2}.$ <p>В першому приближенні приймають <math>H_B = H_1, H_H = H_2</math></p>

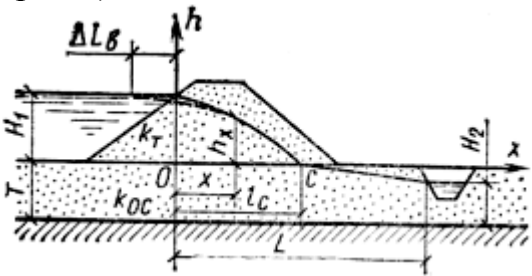
1	2
<p>6. З екраном</p> 	<p>По способу віртуальних відстань греблю відносять до однорідної, причому</p> $\Delta L_3 = \frac{k_T}{k'_я} \delta_{\text{ср.я}} \sin \alpha, \quad (\text{Б.14})$ <p>де</p> $k'_3 = k_3 + \frac{2k_{\text{ос}}\delta_{\text{ср.э}}}{\pi(H_1 + H_H)\sin\alpha} \text{arch}\left(\frac{2l_2 \sin\alpha}{\delta_H}\right)$ $\delta_{\text{ср.я}} = \frac{\delta_B + \delta_H}{2}$
<p>Греблі з високим тонким ядром на водонепроникній основі</p>	
<p>7. Протифільтраційне ядро</p> 	<p>Зниження кривої депресії при <math>L/H_1 &lt; 0,5</math>; <math>h_0 = 0,65 \frac{b}{1 - \text{tg}(\pi/2 - \alpha)}</math>. (Б.15)</p> <p>Граденти фільтраційного потоку при його виході в низову поверхню ядра:</p> $\left. \begin{aligned} I_t &= \sin\alpha; \\ I_n &= \sin\alpha \cdot \text{tg}\beta; \\ I &= \sin\alpha / \cos\beta \end{aligned} \right\} (\text{Б.16})$ <p>де <math>\beta</math> береться з гідродинамічної сітки; <math>q = k_я \Omega</math>, де <math>\Omega</math> – площа епюри I.</p>
<p>Греблі з водонепроникною основою кінцевої потужності (<math>k_{\text{ос}} = k_T</math>)</p>	
	$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2}{2 \cdot L_p} + \frac{H_1 T}{L_p + 0,4T} \quad (\text{Б.17})$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B</math>, <math>\Delta L_B = 0,4(H_1 + T)</math>.</p> <p>Ординати кривої депресії</p> <p>а) між перерізом 1-1 і дренажем</p> $h_x = \frac{h_c^2}{T} \sqrt{\left[\left(\frac{T}{h_c}\right) - 1\right]^2 \cdot \left(2 \frac{L-x}{T}\right) + 1}; \quad (\text{Б.18})$ <p>б) між перерізом 1-1 і віссю ординат</p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} \left(L - \frac{T}{2} - x\right) + (T + h_c^2)^2} - T; \quad (\text{Б.19})$ $I_{\text{вих}} = \frac{1}{T \sqrt{e^{\pi l/T} - 1}} \frac{q_H}{k_{\text{ос}}}, \quad (\text{Б.20})$ <p>де <math>0,01 \leq \frac{l}{T} \leq +\infty</math>; <math>\frac{q_H}{k_{\text{ос}}} = \frac{h_c T}{T/2 + 0,4T}</math>. (Б.21)</p>

1	2
	<p>У формулах (Б.18) й (Б.19) <math>h_c</math> обчислюється за залежністю (Б.21):</p> $h_c = \sqrt{(H_1 - T)^2 - 2q/k_T(L_p - T/2)} - T$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq (H_1 + T) - q/k_T</math>.</p>
<p>9. З дренажним банкетом</p> 	$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2 \cdot L_p + \Delta L_H} + \frac{(H_1 - H_2)T}{L_p + 0,4T}, \quad (\text{Б.22})$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B</math>, <math>\Delta L_B = 0,4(H_1 + T)</math>.</p> $\Delta L_H = \frac{m_1' H_2}{3}.$ <p>Ординати кривої депресії:</p> <p>а) між перерізом 1-1 і дренажем</p> $h_x = \sqrt{h_c^2 - (h_c^2 - H_2^2) + \frac{x - L + T/2}{T/2 + \Delta L_H}}; \quad (\text{Б.23})$ <p>де <math>h_c</math> обчислюється за формулою (Б.21);</p> <p>б) між перерізом 1-1 і віссю ординат – див. формулу (Б.19)</p> <p><math>I_{\text{ВИХ}}</math> визначають за формулою (Б.21) підставляючи в неї</p> $\frac{q}{k_{\text{ос}}} = \frac{h_c - H_2}{T/2 + 0,4T},$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq (H_1 + T) - q/k_T</math>.</p>
<p>10. З наслонним дренажем</p> 	$\frac{q}{k_T} = \frac{(H_1 - T)^2 - (H_2 + T + h_B)^2}{2(L_p - m_2 h_B)} \quad (\text{Б.24})$ $\frac{q}{k_T} = \frac{h_B}{0,5 + m_2} \left(1 + \frac{H_2}{\alpha_m H_2 + h_B}\right) + \frac{h_B T}{(0,5 + m_2) h_B + m_2 H_2 + 0,4T} \quad (\text{Б.25})$ $L_p = L + \Delta L_B, \quad \alpha_m = \frac{m_2}{2(0,5 + m_2)^2}$ $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - m_2 h_B - x) + (h_B + H_2 + T)^2}; \quad (\text{Б.26}),$ <p><math>I_{\text{ВИХ}}</math> визначають за формулою (Б.20) підставляючи в неї</p>

1	2
	$\frac{q}{k_T} = \frac{h_B T}{(0,5 + m_2)h_B + m_2 H_2 + 0,4T}$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq (H_1 + T) - q/k_T</math>.</p>
Греблі з водонепроникною основою кінцевої потужності ( $k_T < k_{oc}$ )	
	$q = k_T \frac{H_1^2}{2 \cdot L_p} + k_{oc} \frac{H_1 T}{L_p + 0,4T} \quad (Б.27)$ $L_p = L + \Delta L_B, \Delta L_B = \frac{\delta \alpha_3 + \alpha_1 \alpha_2}{\delta + \alpha_1};$ $\delta = \sqrt{\frac{k_{oc}}{k_T}}; \alpha_1 = 2m_1 \frac{H_1}{T} + \frac{1,32}{m_1} - 1;$ $\alpha_2 = \frac{m_1 H_1}{2m_1 + 1}; \alpha_2 = m_1 H_1 + 0,4T.$ <p>а) між перерізом 1-1 і дренажем</p> $h_x = \frac{h_c^2}{T} \sqrt{\left[ \left( \frac{T}{h_c} \right) - 1 \right]^2 \cdot \left( 1 + 2 \frac{L-x}{T} \right) + 1}; \quad (Б.28)$ <p>б) між перерізом 1-1 і віссю ординат</p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} \left( L - \frac{T}{2} - x \right) + \left( h_c + \frac{k_{oc}}{k_T} T \right)^2} - \frac{k_{oc}}{k_T} T \quad (Б.29)$ <p><math>T_{вих}</math> визначають за формулою (Б.20). В формулах (Б.28), (Б.29) та (Б.30) для цієї схеми <math>h_c</math> обчислюють за залежністю</p> $h_c = \sqrt{\left( H_1 + \frac{k_{oc}}{k_T} T \right)^2 - 2 \frac{q}{k_T} \left( L_p - \frac{T}{2} \right)} \quad (Б.30)$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq H_1 - q/k_T</math>.</p>
<p>12. З дренажним банкетом</p> 	$q = k_T \frac{H_1^2 - H_2^2}{2 \cdot L_p} + k_{oc} \frac{(H_1 - H_2) T}{L_p + \Delta L_H + 0,4T}, \quad (Б.22)$ <p>де <math>L_p = L + \Delta L_B + \Delta L_H</math>,</p> $\Delta L_H = \frac{m_1' H_1}{3}; \Delta L_B = \frac{\delta \alpha_3 + \alpha_1 \alpha_2}{\delta + \alpha_1};$



1	2
	$\delta = \sqrt{\frac{k_{oc}}{k_T}}; \alpha_1 = 2m_1 \frac{H_1 - H_2}{T} + \frac{1,32}{m_1} - 1;$ $\alpha_2 = \frac{m_1(H_1 - H_2)}{2m_1 + 1};$ $\alpha_2 = m_1(H_1 - H_2) + 0,4T.$ <p>Ординати кривої депресії:</p> <p>а) між перерізом 1-1 і дренажем</p> $h_x = \sqrt{h_c^2 - (h_c^2 - H_2^2) + \frac{x - L + T/2}{T/2 + \Delta L_H}}; \text{(Б.32)}$ <p>б) між перерізом 1-1 і віссю ординат</p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x) + (h_c + \frac{k_{oc}}{k_T} T)^2 - \frac{k_{oc}}{k_T} T} \text{(Б.33)}$ <p>В формулах (Б.32) та (Б.33) <math>k_c</math> обчислюють по залежностям</p> $h_x = \sqrt{\left(H_1 + \frac{k_{oc}}{k_T} T\right)^2 - 2 \frac{q}{k_T} \left(L + \Delta L_B - \frac{T}{2} - \frac{k_{oc}}{k_T} T\right)} \text{(Б.34)}$ <p><math>I_{вих}</math> визначають за формулою (Б.20) підставляючи до неї</p> $\frac{q}{k_{oc}} = \frac{(H_1 - H_2)T}{L_p + \Delta L_H + 0,4T},$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де <math>h_x \geq H_1 - q/k_T</math>.</p>
<p>13. З наслонним дренажем</p> 	<p>Значення <math>q</math> та <math>h_B</math> визначають підбором з рівнянь:</p> $q = k_T \frac{H_1^2 - (H_2 + h_B)^2}{2(L_p - m_2 h_B)} + k_{oc} T \frac{H_1 - (H_2 + h_B)^2}{L_p - (0,5 + m_2) h_B} \text{(Б.35)}$ $q = k_T \frac{h_B}{0,5 + m_2} \left( 1 + \frac{H_2}{\alpha_m H_2 + h_B} \right) + k_{oc} T \frac{h_B}{(0,5 + m_2) h_B + m_2 H_2 + 0,4T} \text{(Б.36)}$ $L_p = L + \Delta L_B, \alpha_m = \frac{m_2}{2(0,5 + m_1)^2}$

1	2
	<p><math>\Delta L_B</math> визначається як в схемі 12.</p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - m_2 h_B - x) + \left( \frac{k_{oc}}{k_T} + H_2 + h_B \right)^2} - \frac{k_{oc}}{k_T} T \quad (\text{Б.37})$ <p><math>I_{\text{вих}}</math> визначають за формулою (Б.20) підставляючи до неї</p> $\frac{q}{k_{oc}} = \frac{h_B T}{(0,5 + m_2) h_B + m_2 H_2 + 0,4 T} \quad (\text{Б.38})$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де</p> $\left( h_x + \frac{k_{oc}}{k_T} T \right) \geq \left( H_1 + \frac{k_{oc}}{k_T} T \right) - q/k_T.$
<p>14. З дренажною каналом за греблею (рівень ґрунтових вод нижче основи греблі)</p> 	$q = k_T \frac{H_1^2}{2(\Delta L_B - l_c)} + k_{oc} \frac{H_1 T}{\Delta L_B + l_c}, \quad (\text{Б.39})$ <p>де</p> $l_c = \frac{\frac{k_{oc}}{k_T} [2H_1 T L - (T^2 + H_2^2) \Delta L_B] + H_1^2 L}{\frac{k_{oc}}{k_T} (2H_1 T + T^2 - H_2^2) + H_1^2}$ <p>Ординати кривої депресії:</p> <p>а) між перерізом 1-1 і дренажем</p> $h_x = \sqrt{T^2 - (T^2 - H_2^2) + \frac{x - l_c}{L - l_c} - T}; \quad (\text{Б.40})$ <p>б) між перерізом 1-1 і віссю ординат</p> $h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (l_c - x) + \left( \frac{k_{oc}}{k_T} \right)^2} - \frac{k_{oc}}{k_T} T \quad (\text{Б.41})$ <p>Криву депресії виправляють візуально в зоні, де</p> $\left( h_x + \frac{k_{oc}}{k_T} T \right) \geq \left( H_1 + \frac{k_{oc}}{k_T} T \right) - q/k_T.$

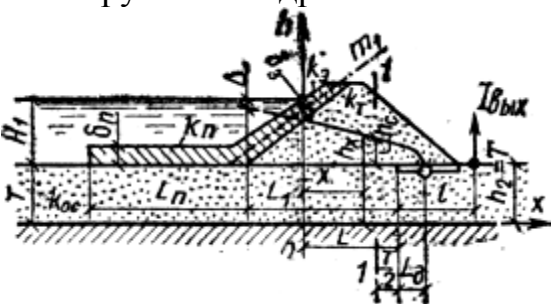
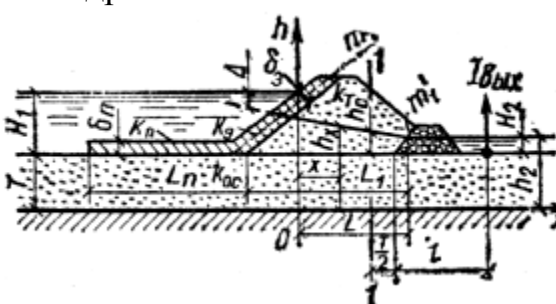
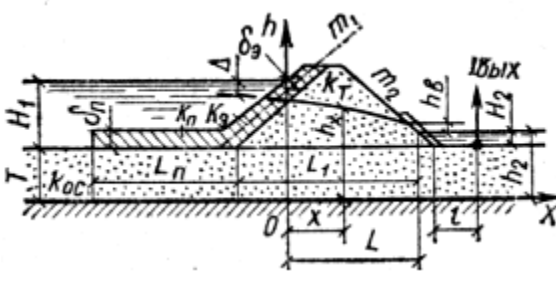
1	2
Греблі з екраном і понуrom з водонепроникною основою кінцевої потужності ( $k_{oc} = k_T$ )	
<p>15. З трубчастим дренажем</p> 	$q = \frac{k_{oc} \cdot \Delta}{\Phi} + \frac{k_3(1+m_1^2) \cdot \Delta(2H_1 - \Delta)}{2\delta_3}, \quad (Б.42)$ $\Phi = \frac{th(\alpha L_H)}{\alpha(T - \delta_n)}; \quad \alpha = \sqrt{\frac{k_n}{k_T \delta_n (T - \delta_n)}}$ $\Delta = \frac{B - \sqrt{B^2 - AC}}{A}. \quad (Б.43)$
<p>16. З дренажним банкетом</p> 	$A = \frac{1}{L_1 + \Delta L_H} + \frac{k_3(1+m_1^2)}{k_{oc} \delta_3};$ $B = \frac{H_1 + T}{L_1 + \Delta L_H} + \frac{1}{\Phi} + \frac{k_3 H_1(1+m_1^2)}{k_{oc} \delta_3};$ $C = \frac{(H_1 + T)^2 - h_2^2}{L_1 + \Delta L_H};$
<p>17. З наслонним дренажем</p> 	$\Delta L_H = 0,4h_2 \quad (\text{для схем 15, 17})$ $\Delta L_H = 0,4h_2 + 0,4 \left( h_2 - \frac{q}{k_{oc} m_1} \right)$ <p>(для схеми 16), причому в цьому випадку задачу слід вирішувати методом послідовних наближень, вважаючи в першому наближенні <math>\Delta L_H = 0,4h_2</math>.</p> <p>Депресійні криві будують за формулами схем 11,12 і 13 виходячи з витрати. Вихідні градієнти визначають за формулою (Б.20), використовуючи для схем 15 і 16 значення <math>h_c</math> обчислені з залежності:</p> $h_c = \sqrt{H_2^2 + 0,3T^2 + Tq/k_T} - 0,55T, \quad (Б.44)$ <p>а для схеми 17 значення <math>q_H/k_{oc}</math>, обчислюються за формулою (Б.38).</p>

Табл. Б.2

Розрахункові значення осередненого критичного градієнту напору  $I_{cr,m}$  в основі гребель

Грунт	Розрахунковий осереднений критичний градієнт напору $I_{cr,m}$
Пісок:	
мілкий	0,32
середньої крупності	0,42
крупний	0,48
Супісок	0,60
Суглинок	0,80
Глина	1,35

Табл. Б.3

Розрахункові значення осередненого критичного градієнту напору  $I_{cr,m}$  в тілі гребель

Грунт	Значення критичних середніх градієнтів напору $I_{cr,m}$ , для		
	понура	екрану й ядра	тіла й призми греблі
Глина, глинобетон	15	12	8 – 2
Суглинок	10	8	4 – 1,5
Супісок	3	2	2 – 1
Пісок:			
середній	-	-	1
мілкий	-	-	0,75

Табл. Б.4

Визначення зони центрів обвалень

Закладення укусу	1	2	3	4	5
$R/H_{гр}$	1,65	1,95	2,55	3,60	4,95

Табл.Б.5

## Коефіцієнт фільтрації ґрунтів

Ґрунт	k, м/сутки
Супісок	0,1 – 0,7
Суглинок	0,005 – 0,4
Глина	< 0,005
Пісок:	
- гравелистий	50 – 100
- крупний	25 – 75
- середньої крупності	10 – 25
- мілкий	2 – 10
- польовий	0,1 – 2
Великоуламковий з піщаним заповнювачем	100 – 150
Гравійний	100 – 200
Галечниковий	> 200

Табл.Б.6

## Коефіцієнт надійності по відповідальності споруд

Клас споруди	$\gamma_{п}$ , в.о.
I	1,25
II	1,20
III	1,15
IV	1,10
V	1,00

Табл.Б.7

## Коефіцієнт сполучення навантажень споруд

Сполучення навантажень	$\gamma_{fc}$ , в.о.
основне	1,00
особливе	0,90
будівельного періоду	0,95

Табл.Б.8

## Коефіцієнт умов роботи споруд

Методи розрахунку	$\gamma_{с}$ , в.о.
методи, що задовольняють умовам рівноваги	1,00
спрощені	0,95

Таблиця Б.9

Нормативні значення удільного зчеплення  $c_n$ , [кПа] ( $\text{кгс/см}^2$ ), кута внутрішнього тертя  $\varphi_n$ , [град] та модуля деформації  $E$ , [МПа] ( $\text{кгс/см}^2$ )

Піщані грунти	Позначення характеристик грунтів	Характеристики ґрунтів при коефіцієнті пористості $n_{Гі}$ , рівному			
		4,5 %	5,5 %	6,5 %	7,5 %
Гравелисті й крупні	$c_n$	2(0,02)	1(0,01)	-	-
	$\varphi_n$	43	40	38	-
	$E$	50(500)	40(400)	30(300)	-
Середньої крупності	$c_n$	3(0,03)	2(0,02)	1(0,01)	-
	$\varphi_n$	40	38	35	-
	$E$	50(500)	40(400)	30(300)	-
Дрібні	$c_n$	6(0,06)	4(0,04)	2(0,02)	-
	$\varphi_n$	38	36	32	28
	$E$	48(480)	38(380)	28(280)	18(180)
Пилуваті	$c_n$	8(0,08)	6(0,06)	4(0,04)	2(0,02)
	$\varphi_n$	36	34	30	26
	$E$	39(390)	28(280)	18(180)	11(110)

Таблиця Б.10

Нормативні значення удільного зчеплення  $c_n$ , [кПа] (кгс/см<sup>2</sup>), кута  
внутрішнього тертя  $\varphi_n$ , [град]  
та модуля деформації  $E$ , [МПа] (кгс/см<sup>2</sup>)

Найменування грантів та межі нормативних значень їх показника текучості		Позначення характерис тик грантів	Характеристики ґрунтів при коефіцієнті пористості $n_{Гі}$ , рівному						
			4,5 %	5,5 %	6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %
Супісь	$0 < I_L \leq 0,2$ 5	$c_n$ $\varphi_n$	21 (0,2 1) 30	17 (0,1 7) 29	15 (0,1 5) 27	13 (0,1 3) 24	- - -	- - -	- - -
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	$c_n$ $\varphi_n$	19 (0,1 9) 28	15 (0,1 5) 26	13 (0,1 3) 24	11 (0,1 1) 21	9 (0,0 9) 18	- - -	- - -
Суглин ки	$0 < I_L \leq 0,2$ 5	$c_n$ $\varphi_n$	47 (0,4 7) 26	37 (0,3 7) 25	31 (0,3 1) 24	25 (0,2 5) 23	22 (0,2 2) 22	19 (0,1 9) 20	- - -
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c_n$ $\varphi_n$	39 (0,3 9) 24	34 (0,3 4) 23	28 (0,2 8) 22	23 (0,2 3) 21	18 (0,1 8) 19	15 (0,1 5) 17	- - -
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$c_n$ $\varphi_n$	- - -	- - -	25 (0,2 5) 19	20 (0,2 0) 18	16 (0,1 6) 16	14 (0,1 4) 14	12 (0,1 2) 12
Глини	$0 < I_L \leq 0,2$ 5	$c_n$ $\varphi_n$	- - 21	81 (0,8 1) 21	68 (0,6 8) 20	54 (0,5 4) 19	47 (0,4 7) 18	41 (0,4 1) 16	36 (0,3 6) 14
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c_n$ $\varphi_n$	- - -	- - -	57 (0,5 7) 18	50 (0,5 0) 17	43 (0,4 3) 16	37 (0,3 7) 14	32 (0,3 2) 11
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$c_n$ $\varphi_n$	- - -	- - -	45 (0,4 5) 15	41 (0,4 1) 14	36 (0,3 6) 12	33 (0,3 3) 10	29 (0,2 9) 7

## ДОДАТОК В. ПРИКЛАДИ ГРЕБЕЛЬ З ГРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

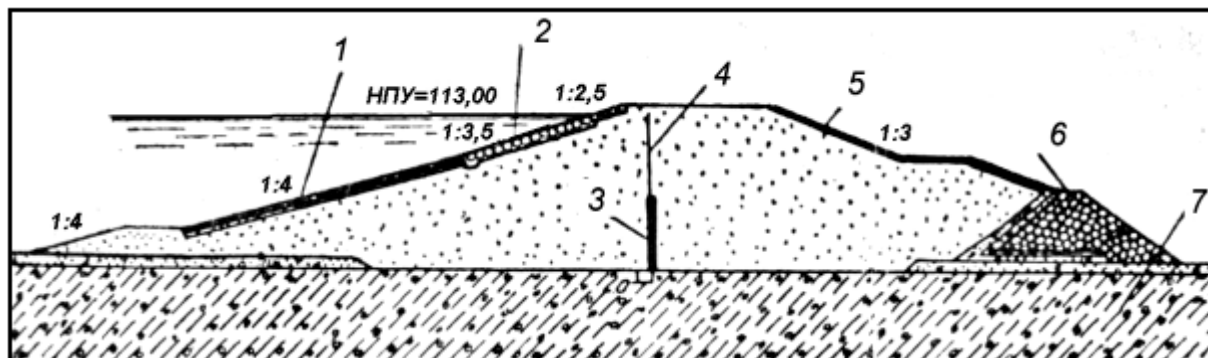


Рис.В.1 Земляна наливна гребля Угличцького гідровузла на р. Волга, 1940 р.  
Висота греблі 27 м.

1 - гравій; 2 - кам'яне мощення по шару гравію; 3 - металевий шпунт;  
4 - металевий лист; 5 - одерновка; 6 - дренажна призма; 7 - моренні суглинки

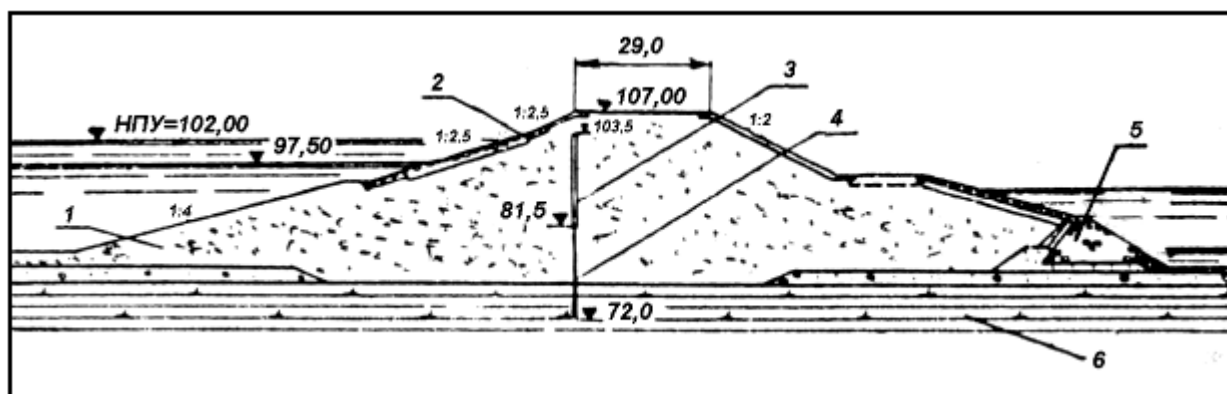


Рис.В.2 Земляна наливна гребля Рибінського гідровузла на р. Волга, 1941 –  
1947 р. Висота греблі 30 м.

1 - дрібнозернисті піски; 2 - кам'яне мощення по шару гравію; 3 –  
залізобетонна діафрагма; 4 - металевий шпунт; 5 - дренажна призма;  
6 - мергелисті глини



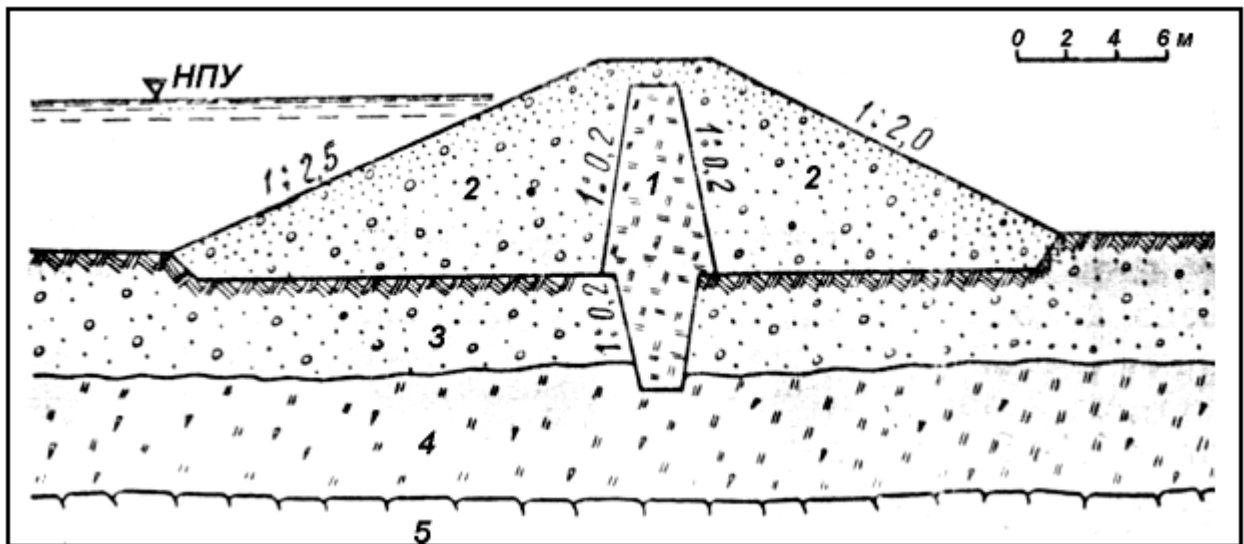


Рис.В.3 Земляна насипна гребля на струмку Кадикчан, 1966 р.  
Висота греблі 8 м.

1 - ядро і зуб із щєбєневого суглинку; 2 - упорні призми з супіщано-гравелистих ґрунтів; 3 - алювіальні відкладення; 4 - суглинки з дрєсви; 5 - глинисті сланці

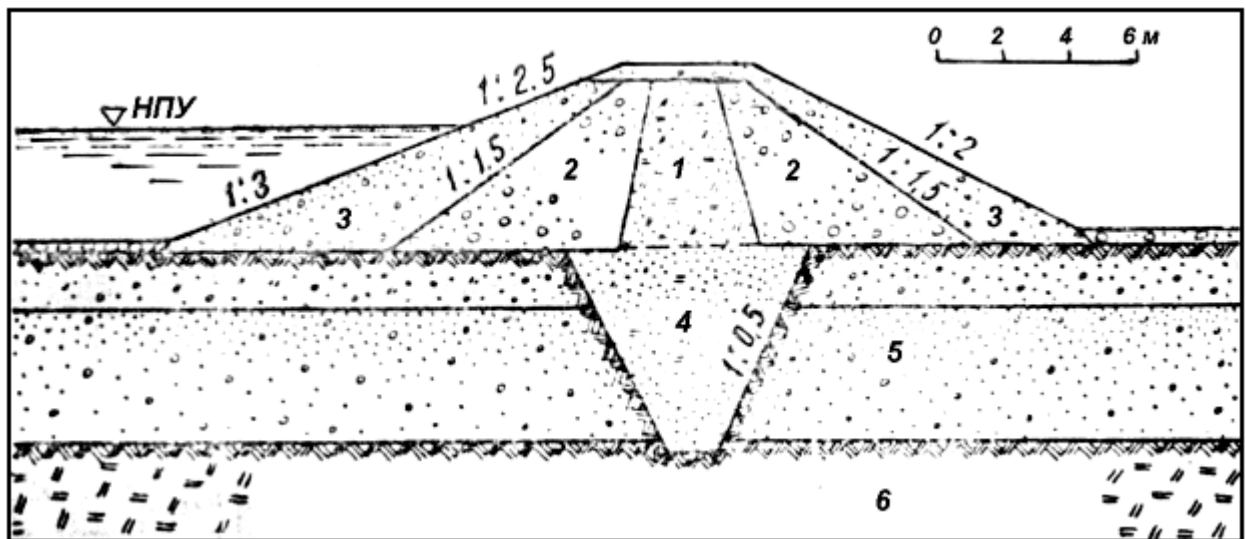


Рис.В.4 Земляна насипна гребля Андарського гідровузла на р. Казачка,  
1960 р. Висота греблі 8,5 м.

1 - ядро з дрібного піску; 2 - призми з гравелистого піску і каменю,  
3 - привантаження; 4 - дрібний пісок; 5 – гравелисто-галечникові ґрунти;  
6 - суглинки

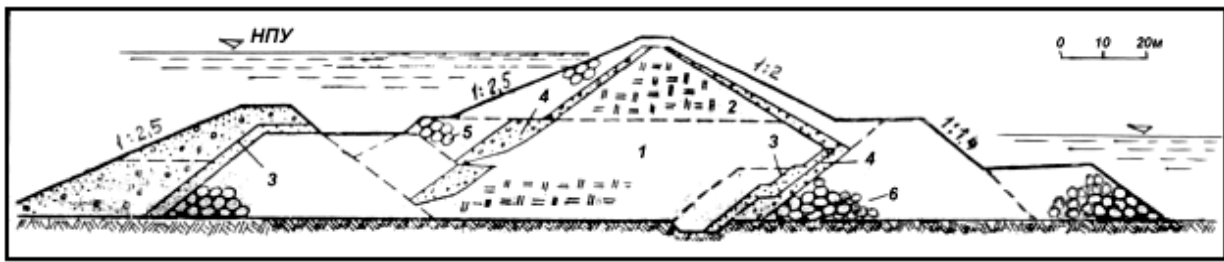


Рис.В.5 Земляна насипна гребля Верхньо-Тулومського гідровузла на р. Тулома, 1936 р. Висота греблі 47 м.

- 1 - морена, відсипався у воду; 2 - укочена морена; 3 - дрібний гравій;  
 4 - крупний гравій; 5 - накидка каменю з корисних виїмок;  
 6 - шар валунів товщиною 2,0-2,5 м; 7 – морена

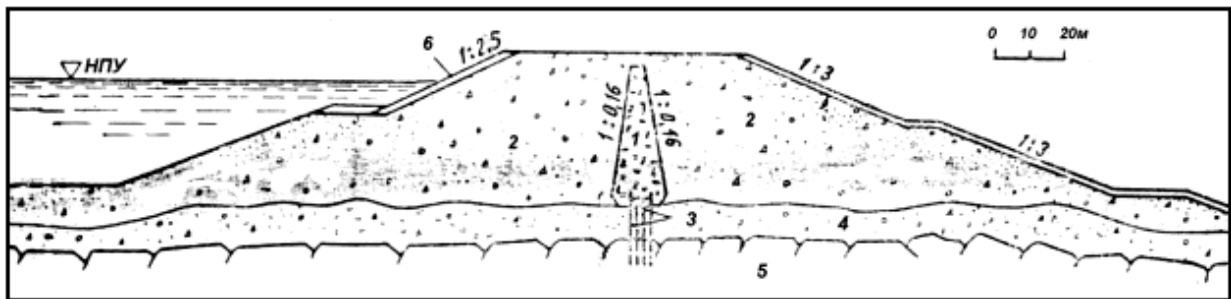


Рис.В.6 Земляна насипна гребля Іркутського гідровузла на р. Ангара, 1968 р. Висота греблі 45 м.

- 1 - ядро з суглинку; 2 - піщано-гравійні ґрунти; 3 - металева діафрагма;  
 4 - алювіальні відкладення; 5 - скеля;  
 6 - кріплення залізобетонними плитами 0,3-0,6 м і розмірами 10x10 м

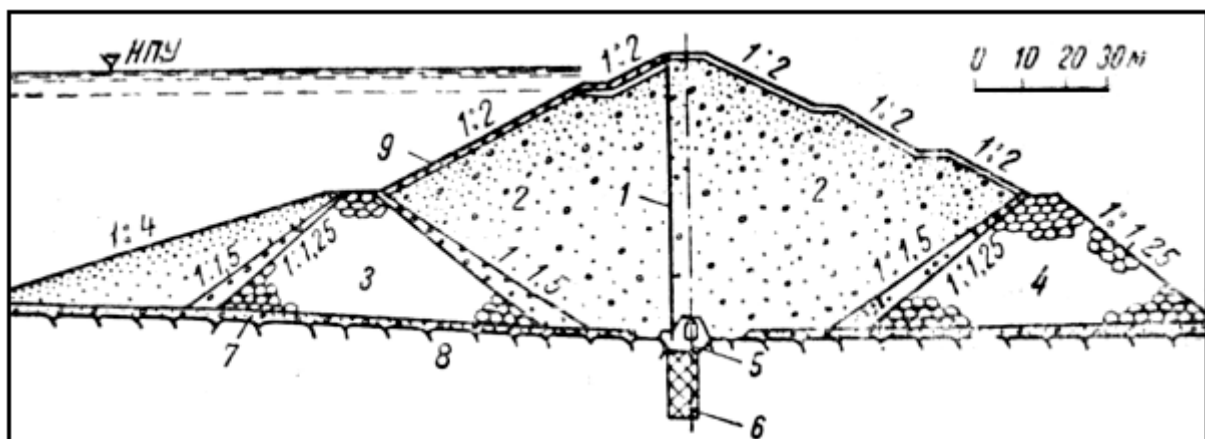


Рис.В.7 Земляна насипна гребля Серебрянської ГЕС-2 на р. Ворон'я, 1975 р. Висота греблі 64 м.

- 1 - металева діафрагма з шпунта; 2 - піщано-гравелистий ґрунт; 3 - верхова перемичка; 4 - низова перемичка; 5 - бетонний зуб; 6 - цементация; 7 - морена;  
 8 - граніти; 9 - кріплення каменем

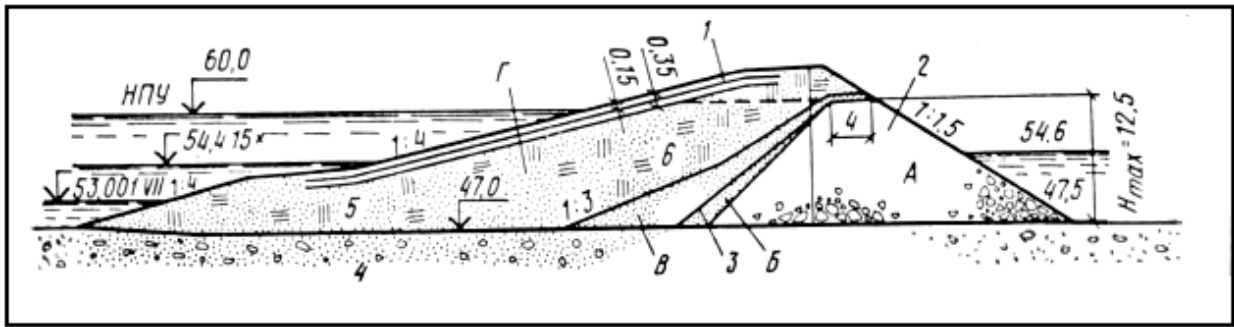


Рис. В.8. Пало-Коргська гребля на р. Виг, зведена відсипанням ґрунту у воду, 1932 р. Висота греблі 12,5 м.

- 1 - кам'яне накидання в плетневих клітинах; 2 - камінь і дрібний камінь;  
 3 - щебінь і галька; 4 - валуни, наноси; 5 - супісок; 6 - крупний пісок з гравієм; А - банкет з каменю; Б, В - фільтри; Г - тіло греблі

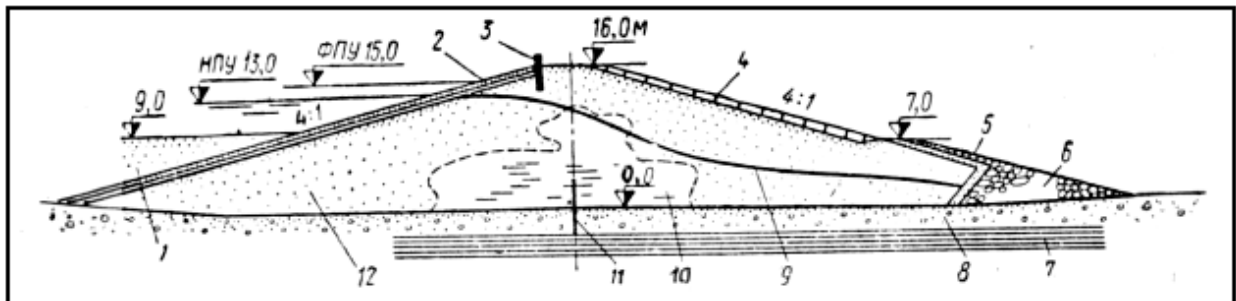


Рис. В.9. Намивна гребля ГРЕС. Висота греблі 64 м.

- 1 - намитий піщаний похнюпівши; 2 - бруківка; 3 - залізобетонний парапет;  
 4 - рослинний ґрунт; 5 - бруківка по одношарових зворотного фільтру;  
 6 - дренажний банкет; 7 - глина щільна; 8 - алювій (пісок і гравій);  
 9 - фактична крива депресії; 10 - намитий суглинковий ґрунт (ядерна зона);  
 11 - металевий шпунт; 12 - намитий ґрунт (пісок середньої крупності і великий)

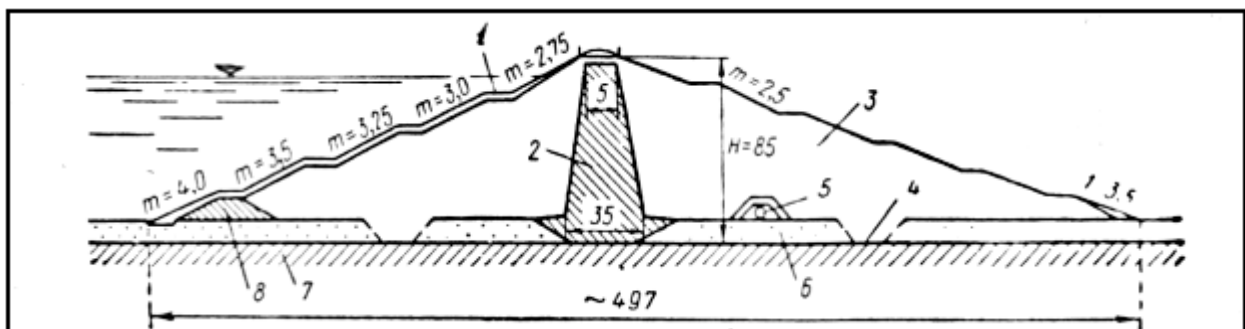


Рис. В.10. Насипна гребля Сіонського зрошувального гідровузла на р. Іорі, Грузія, 1947 - 1951 рр. Висота греблі 85 м.

- 1 - армобетонні плити товщиною 0,4 м; 2 - ядро з суглинку; 3 - руслової Алювій; 4 - будівельний водовідвідних канал; 5 - дренажний колектор; 6 - алювій; 7 - корінні конгломерати; 8 - перемичка

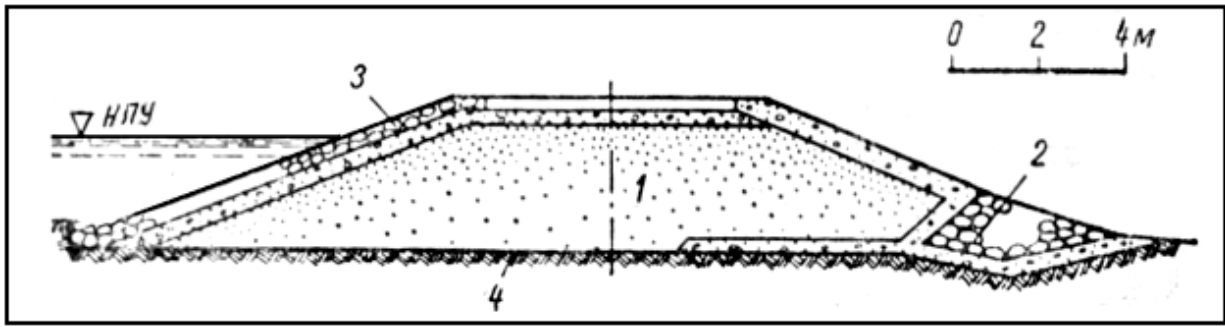


Рис. В.11. Насипна дамба № 3 водосховища Келсі на р. Нельсон, Канада, 1961 р. Висота дамби 6 м.

1 - пісок; 2 - дренаж; 3 - кріплення каменем;  
4 - поверхня вічномерзлих і термопросадочних ґрунтів

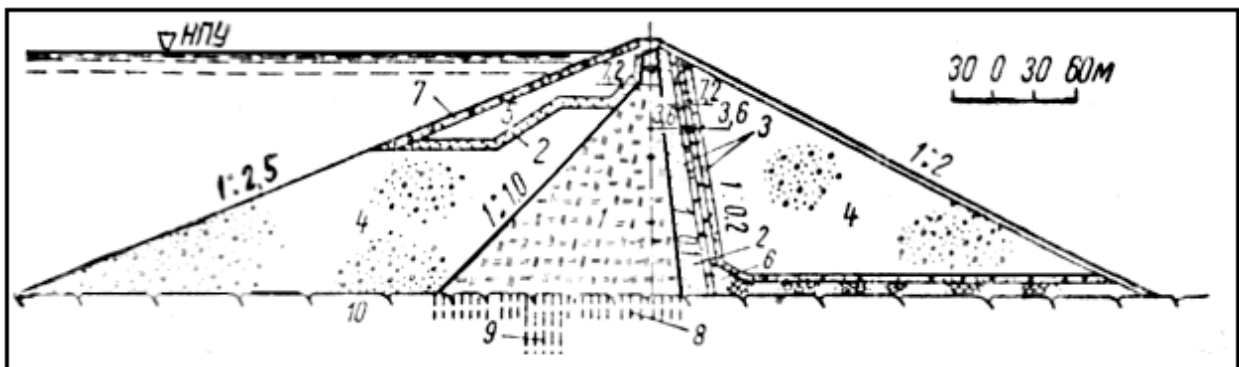


Рис. В.12. Насипна гребля Беннет на р. Піс-Рівер, Канада, 1967 р.  
Висота греблі 183 м.

1 - ядро з піщано-мулистого ґрунту; 2 - фільтр з піску; 3 - перехідна зона з піщано-гравійної суміші; 4 - супіщаний морена з каменем 0,36 м; 5 - гравійно - піщана суміш; 6 - крупний гравій; 7 - кріплення каменем; 8 - майданна цементация; 9 - протифільтраційних завіс; 10 - тонкошарові сланці і пісковики

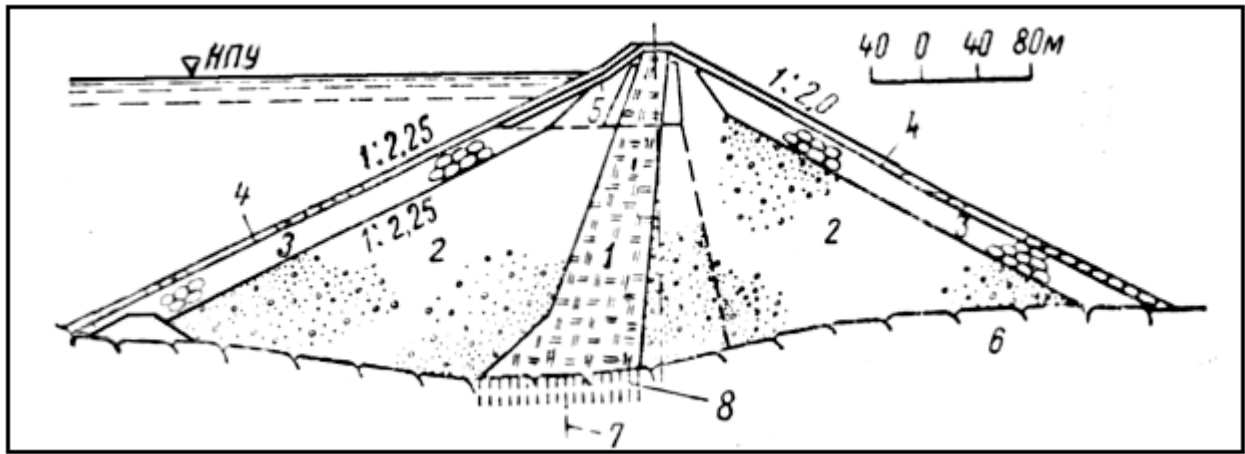


Рис. В.13. Насипна гребля Майка на р. Колумбія, Канада, 1975 р.  
Висота греблі 224 м.

1 - ядро з морени; 2 - завязі призми з піщано-гравійного матеріалу;  
3 - прикантаження з гравію і каменю; 4 - кріплення бруківкою і великим каменем; 5 - зона ущільненого гравію; 6 - тріщинуваті граніто-гнейси;  
7 - протифільтраційних завіс; 8 - майданна цементация

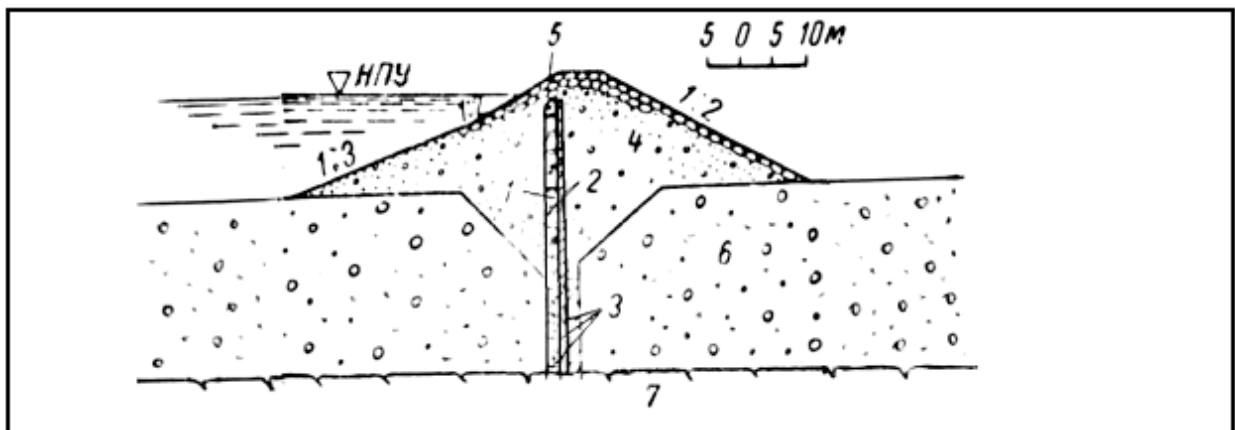


Рис. В.14. Насипна гребля Хелефорсен на р. Индальс, Швеція, 1949 р.  
Висота греблі 23 м.

1 - глінобетонна стінка; 2 - залізобетонна діафрагма; 3 - шпунт;  
4 - кам'янисто-гравійно-піщаний ґрунт; 5 - кам'яна вимощення; 6 - валуни гравій;  
7 - скеля

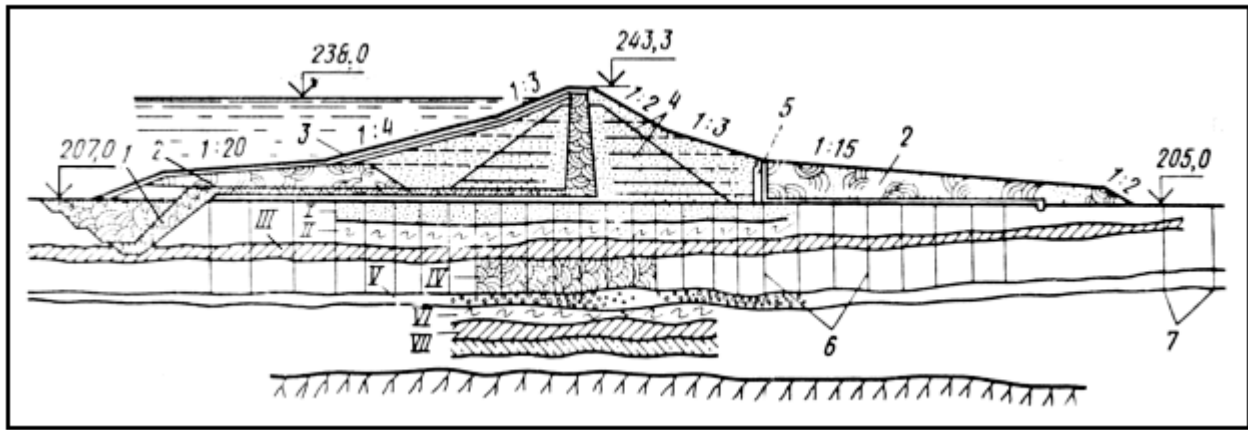


Рис. В.15. Насипна гребля Дервент, Великої Британії. Висота греблі 15 м.  
 I - піщанистий гравій; II - мулистий пісок і мул; III - морена глина;  
 IV - шарувата глина; V - пісок та гравій; VI - мул; VII - стрічкові глини;  
 1 - глинистий похнюпивиши; 2 – глина з піском; 3 - бетонні блоки; 4 -  
 дренажні прошарку; 5 - дренажна стінка; 6 - вертикальні дренажні  
 свердловини; 7 - розвантажувальні свердловини

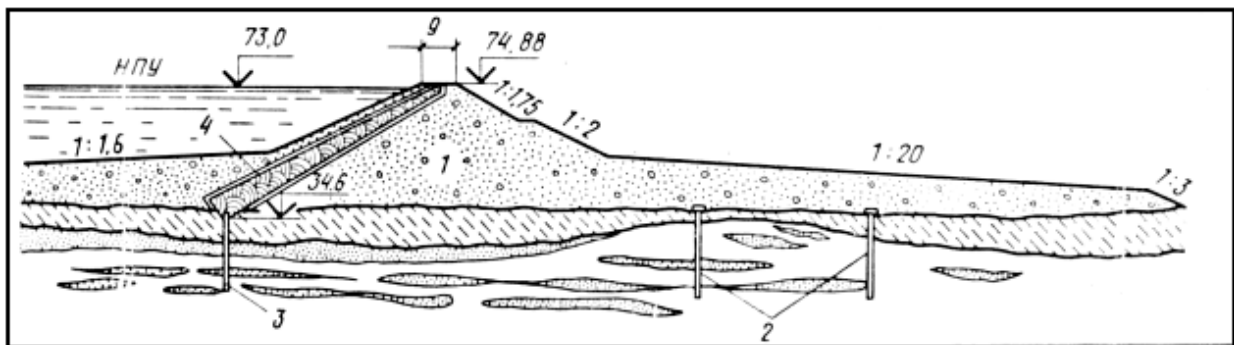


Рис. В.16. Гребля Нехраніце на р. Тис, Румунія. Висота греблі 40 м.  
 1 - гравелистий пісок; 2 - розвантажувальні дренажні свердловини;  
 3 - протифільтраційних стінка; 4 - екран з лісовідних суглинків

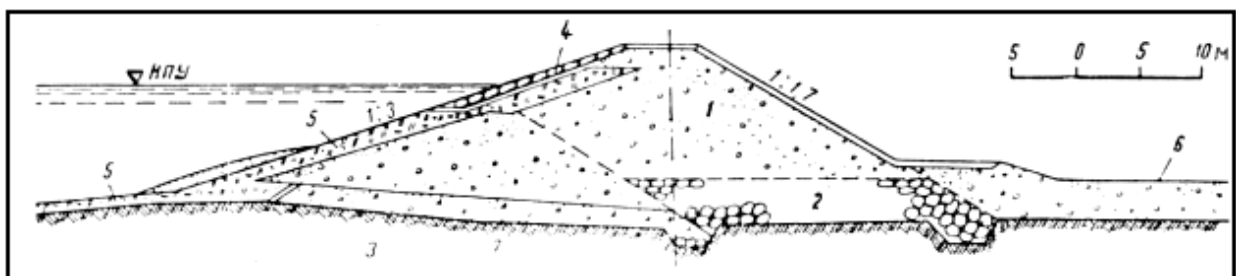


Рис. В.17. Гребля Мьоника на р. Мьоника, Норвегія, 1964 р.  
 Висота греблі 15 м.  
 1 - зона з піщано-гравійного ґрунту; 2 - зона з великого гравію;  
 3 - сортований камінь; 4 - мощення каменем; 5 - глинистий екран і понурий;  
 6 - привантаження з піщано-гравійного ґрунту;  
 7 - піщані та гравійні ґрунти, підстилаються глинами

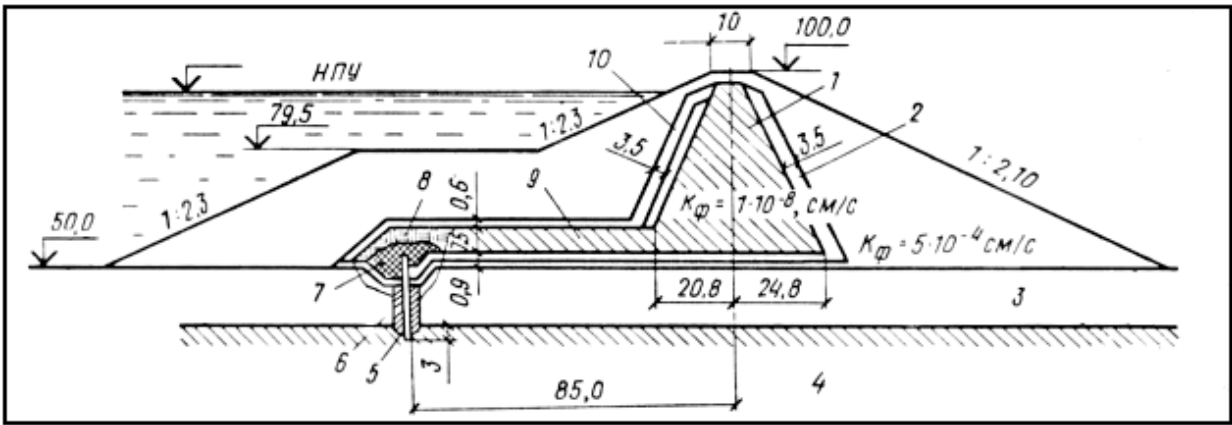


Рис. В.18. Гребля Пенеос, Греція, о-в Пелопоннес.

Висота греблі 50 м.

1 - глиняне ядро; 2 - фільтр, 3 - алювій; 4 - глинистий мергель; 5 - зона поширення бентонітової розчину; 6 - армобетонні стінка товщиною 0,6 м; 7 - пластикна глина; 8 - глина; 9 - похнюплюєно; 10 - фільтр (перехідна зона)

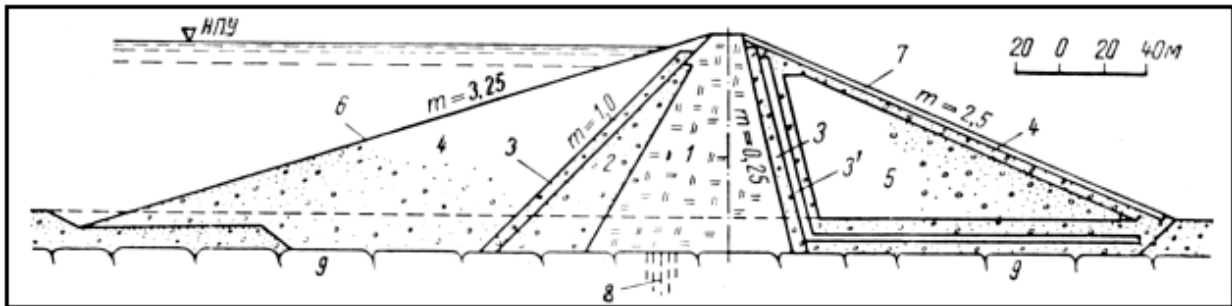


Рис. В.19. Гребля Кастейк на р. Кастейк, США. Висота греблі 102 м.

1 - ядро з глинистих сланців; 2 - матеріал з корисних виїмок; 3 - збагачений річковий пісок і гравій; 4 - річковий пісок і гравій; 5 - піски і гравій із корисних виїмок; 6 - ґрунтоцементного покриття; 7 - кріплення великим каменем; 8 - протифільтраційних завіс; 9 - пісковики

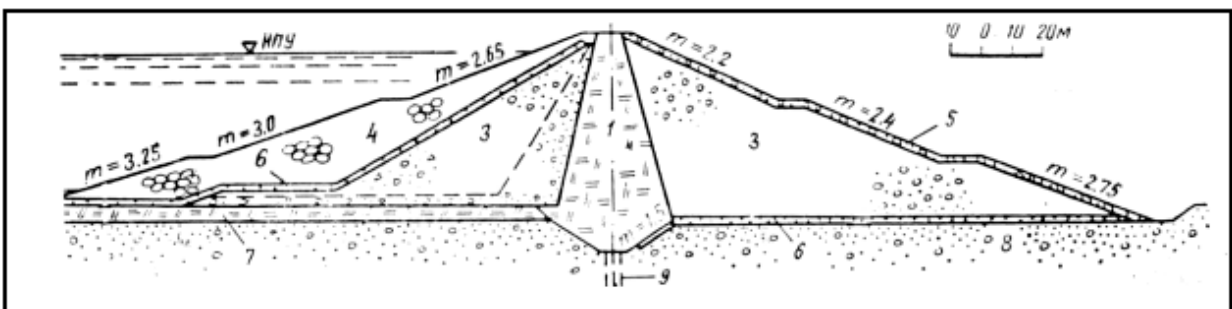


Рис. В.20. Гребля Тінахонес на р. Чанк, США. Висота греблі 70 м.

1 - ядро з глини; 2 - перехідна зона (пилуватий пісок і гравій); 3 - піщано-гравійна суміш; 4 - кам'яне накидання; 5 - кріплення (гравій та щєбінь); 6 - фільтр; 7 - природний похнюпивши; 8 - алювіальні відкладення; 9 - протифільтраційних завіс

ДОДАТОК Г. ПРИКЛАДИ КОНСТРУКЦІЙ ВОБОСКИДІВ ТА ВОДОСПУСКІВ РІЗНОМАНІТНИХ ТИПІВ Й ЇХ КОМПОНОВОК В СКЛАДІ ГІДРОВУЗЛА

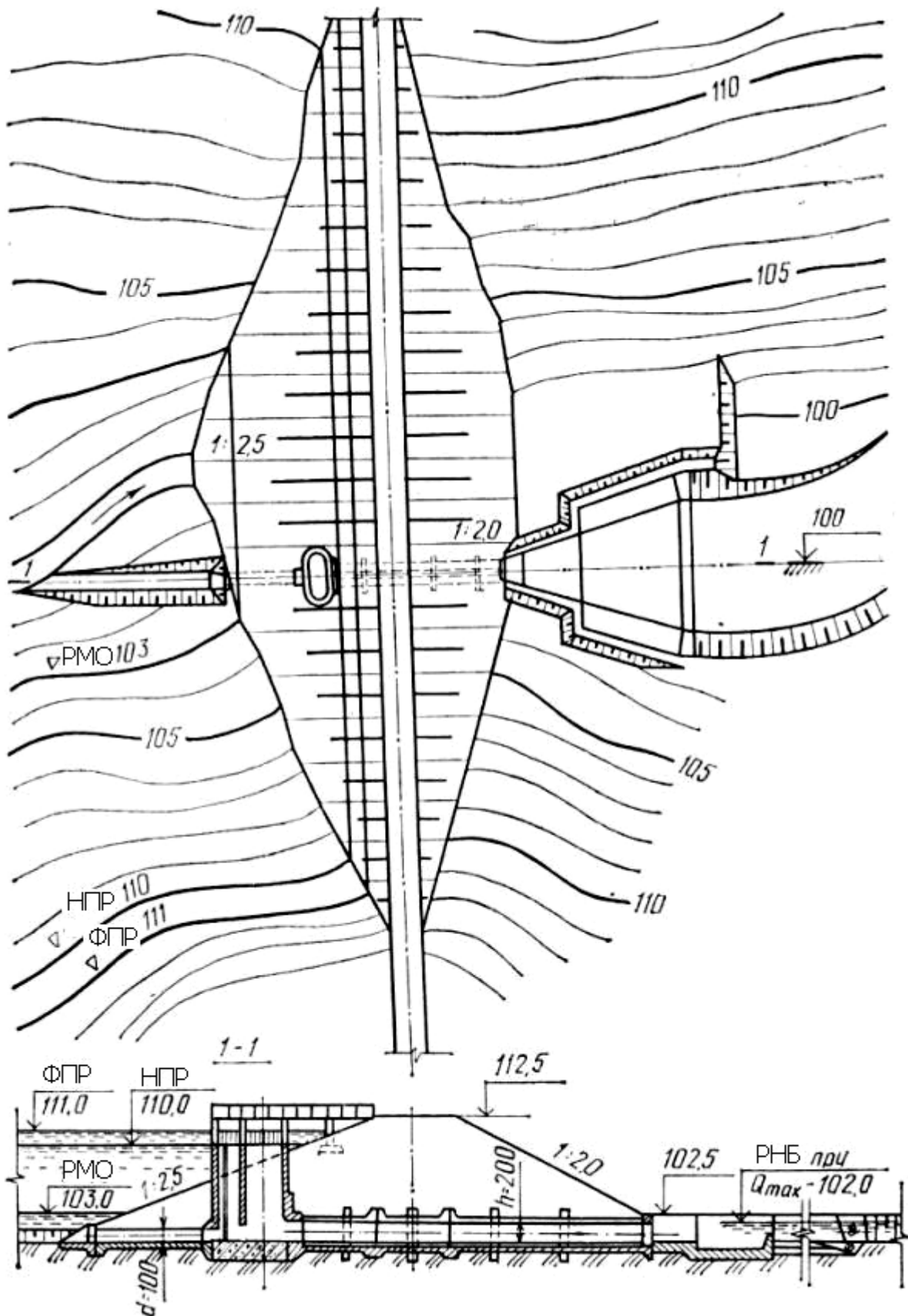


Рис. Г.1. Схема гідровузла з шахтним водоскидом-водовипусків



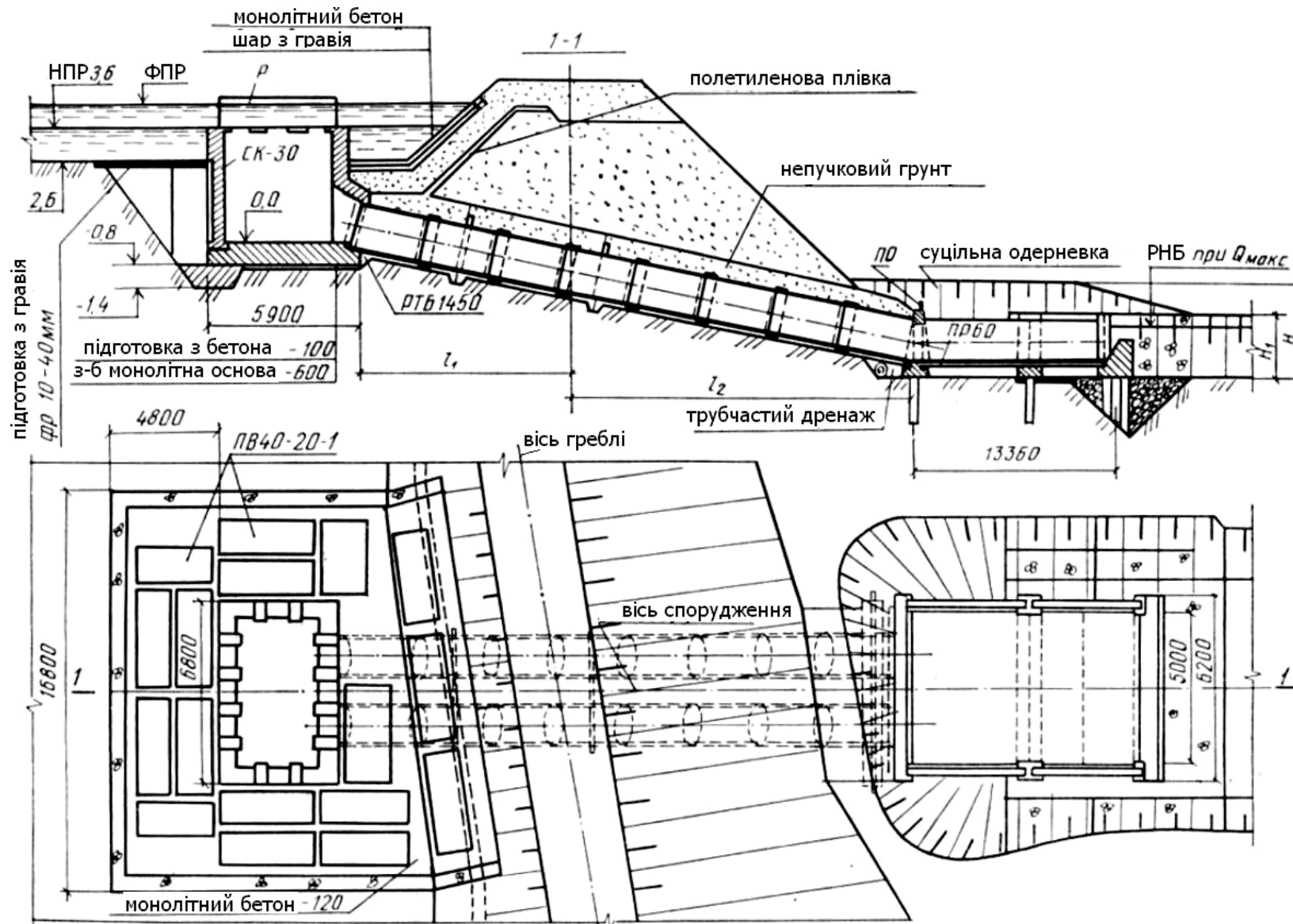


Рис. Г.2. Трубчастий водоскид з ковшовим оголовком

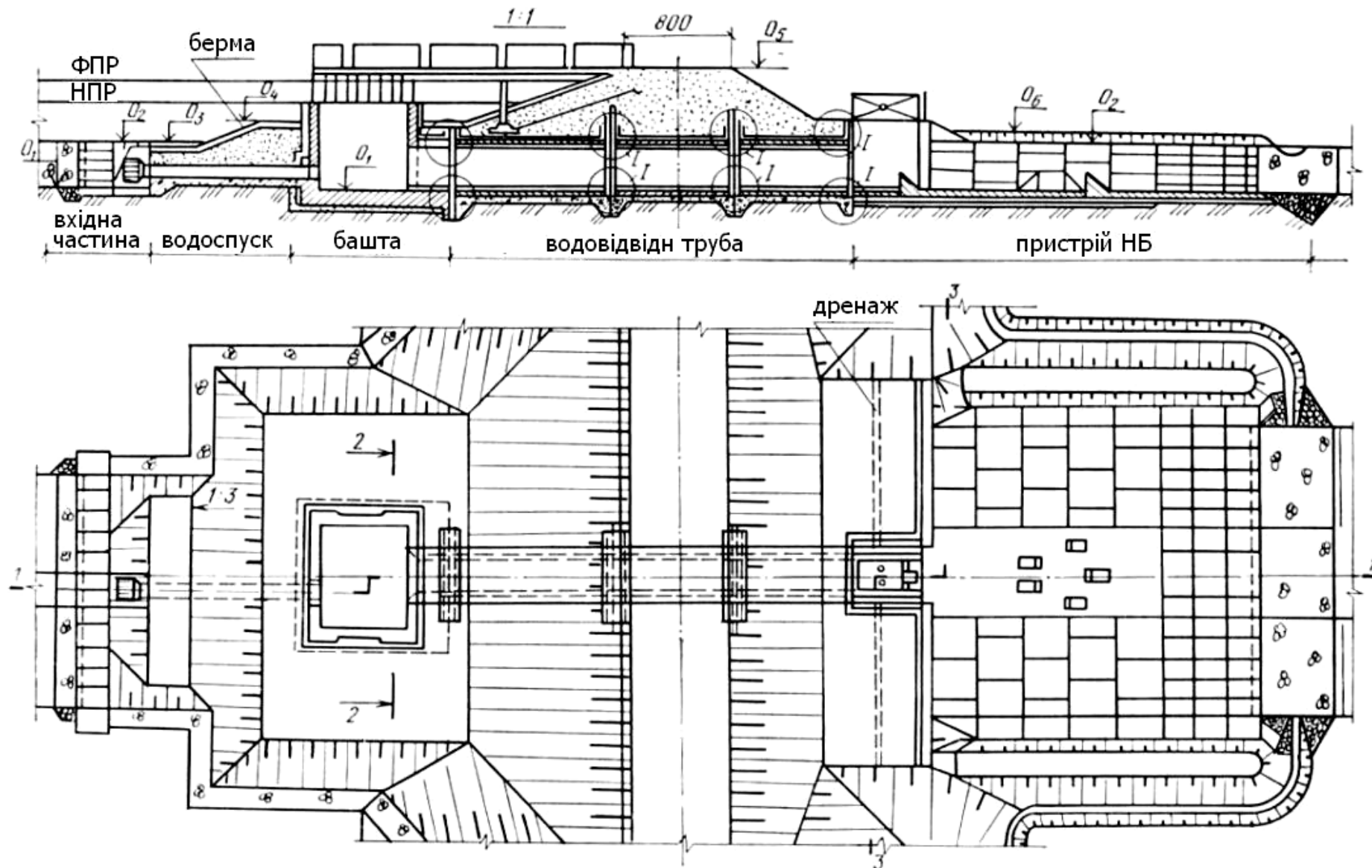


Рис. Г.3. Схема гідровузла з баштовим водоскидом

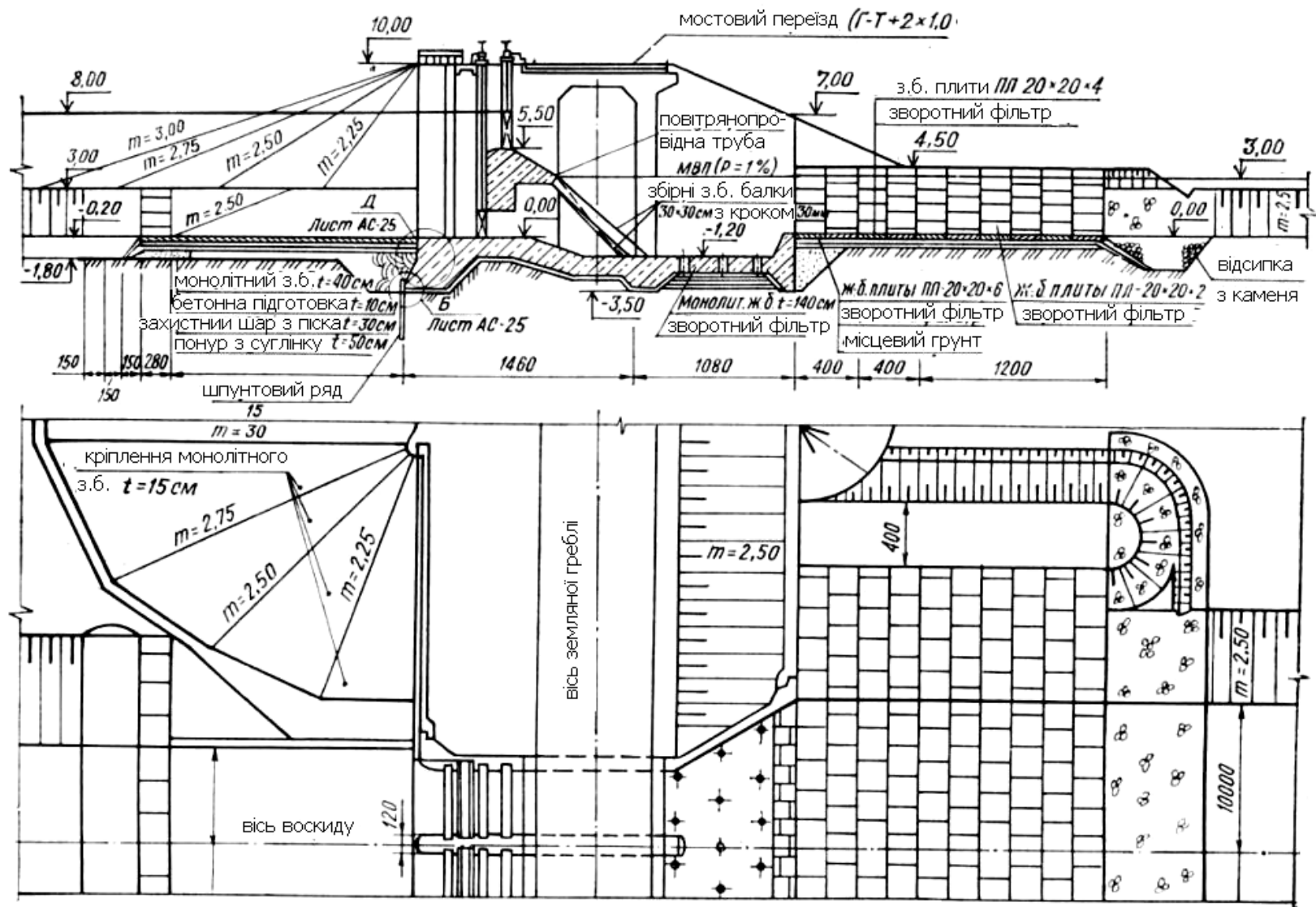


Рис. Г.4. Водозливна гребля системи В.М. Ларькова

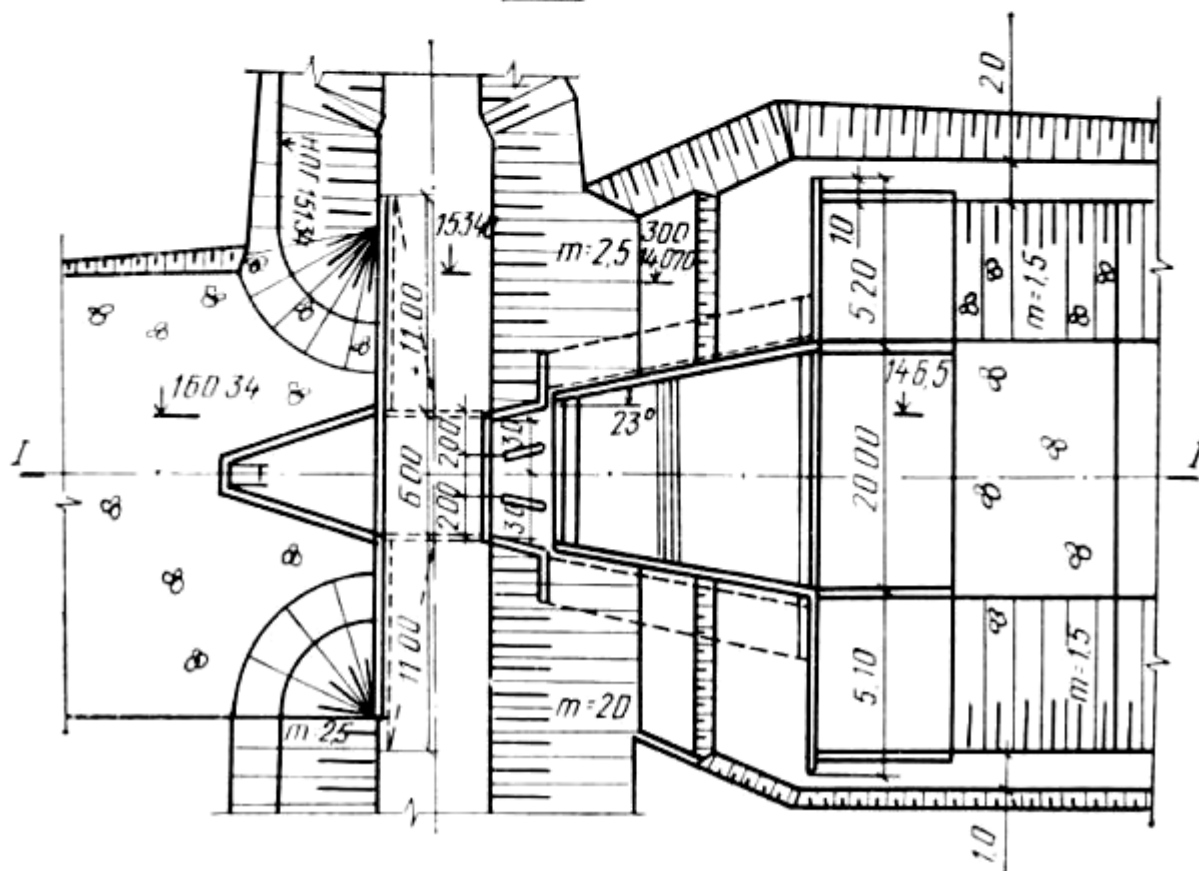
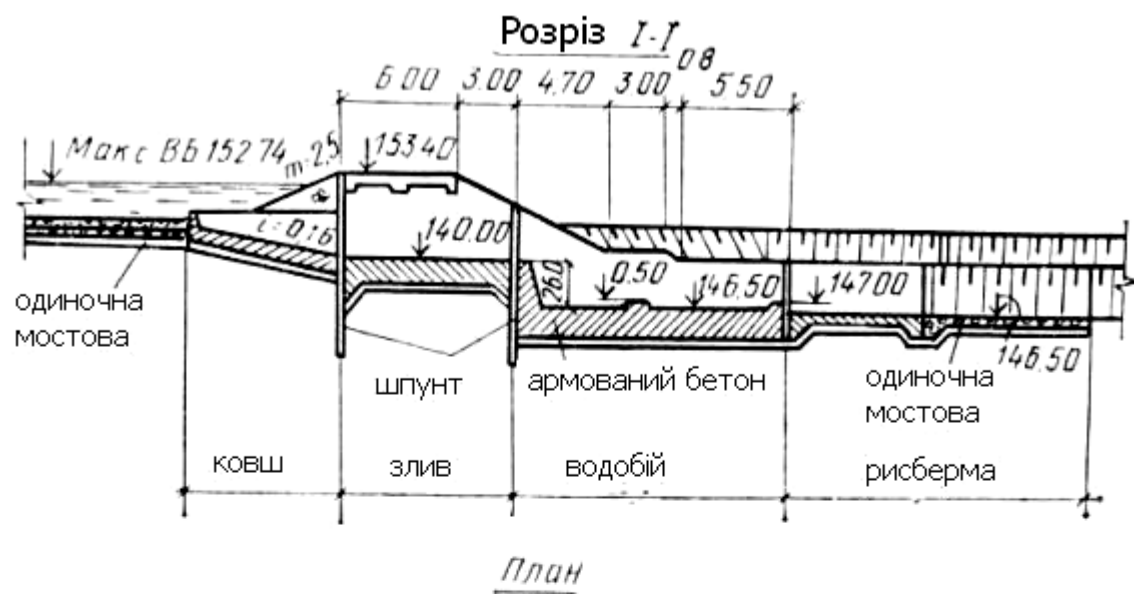


Рис. Г.5. Відкритий береговий водоскид з полігональним водозливним ОГоловком

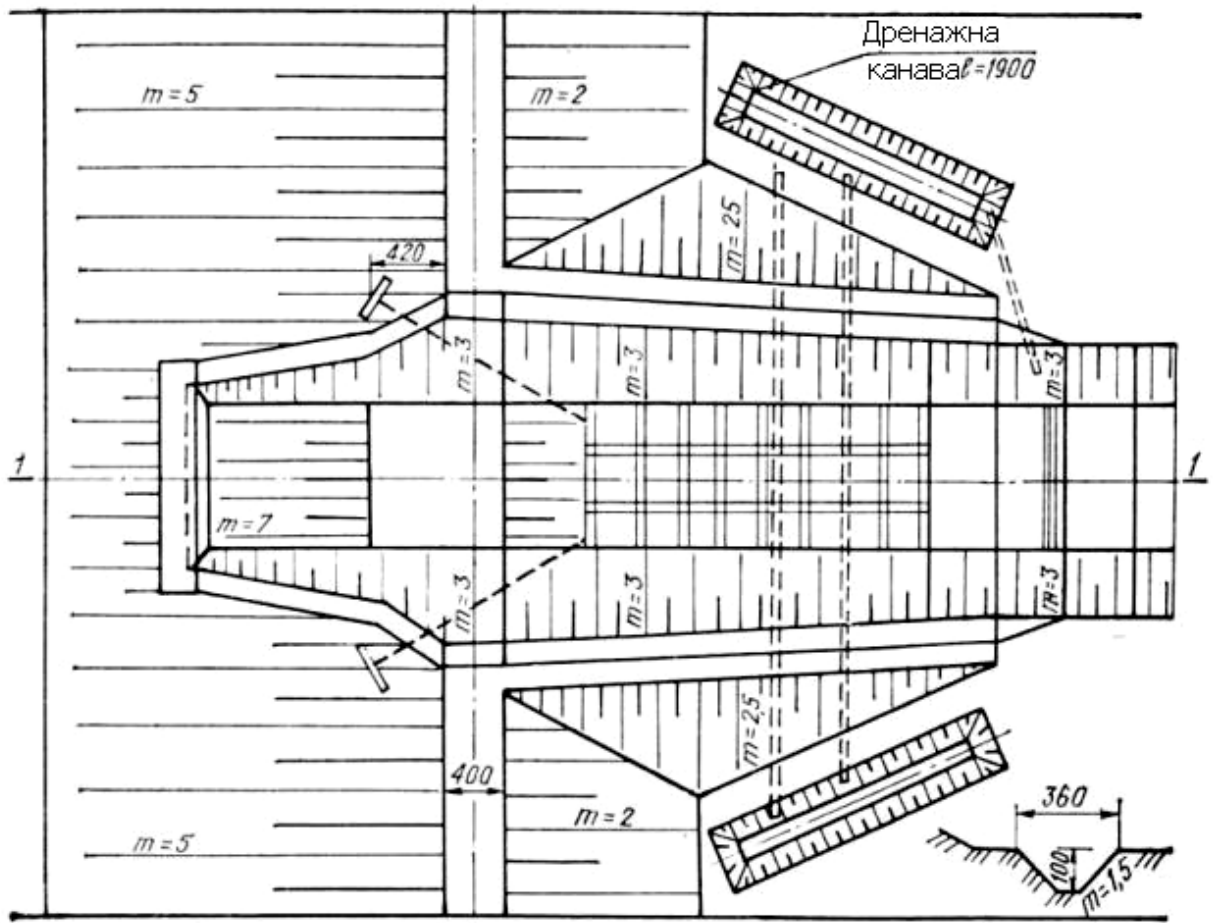
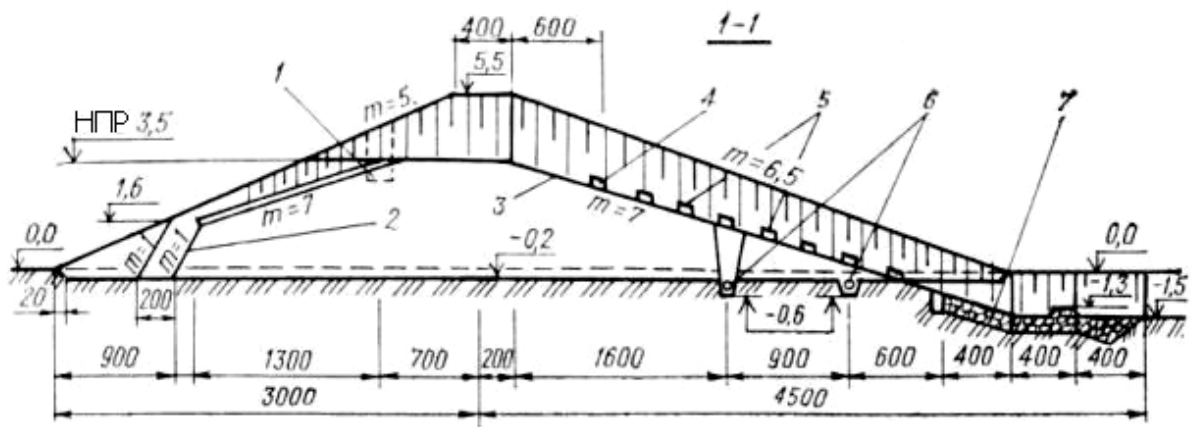


Рис. Г.6. Грунтова водозливна гребля з асфальтобетонним покриттям

1 - анкерна плита; 2 - піщано-гравійна дренажна призма; 3 - асфальтобетонна водозливна грань; 4 - анкерна балка; 5 - штучна шорсткість; 6 - трубчастий дренаж; 7 - кам'яне накидання в залізобетонних ящиках.

ДОДАТОК Д. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Д.1 ВХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

Варіант № 31

Таблиця Д.1

$d_{10}$ , мм	$d_{60}$ , мм	$d_{90}$ , мм	$h_{пл}$ , м	$Q_{п}$ , м <sup>3</sup> /ч	АД	ЗД	$\alpha_{\omega}$ , град.	$V_{\omega}$ , м/с	$Q_{макс}$ , м <sup>3</sup> /с
6,5	62	12	7		+	-	19	21	50
L, км	d, м		r/h <sub>1%</sub>	$\varphi$ , град.	$\frac{\bar{\lambda}_d}{\bar{h}_{d1\%}}$	НПР	ФПР	РМО	РНБ
25	5		0,001	0,63	15	82	83	78	76,5
Тип греблі	$\rho_{Гі}$ кг/м <sup>3</sup>		$n_{Гі}$ , %	Тип водоспуску	Дно				
Р	1800		4,5		75				

## Д.2 ВИБІР ТИПУ ГРЕБЛІ

Обираємо гранулометричний склад ґрунту з якого буде будуватися гребля по рис.2.1, стр.7 за діаметрами часток (табл.1.1). Так як  $d_{60}=62$  мм, а  $d_{10} = 6,5$  мм, то область, що вони утворюють знаходиться на границі II та V, причому більше все таки V. З цього сліdkує що гребля знаходиться в V зоні – в області насипних укатних гребель з протифільтраційними заходами (в тілі розміщується ядро, діафрагма або екран).

Коефіцієнт різнозернистості ґрунту буде дорівнювати:

$$\eta = k_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (\text{Д.1})$$

де  $d_{60}$  та  $d_{10}$  – діаметри часток, вміст яких у ґрунтах складає 10 та 60 відсотків відповідно.

$$\eta = k_{60/10} = \frac{62}{6,5} = 9,5 > 2,5$$

Коефіцієнт різнозернистості вказує, що наша гребля буде неоднорідною (буде мати ядро).

## Д.3 КОНСТРУЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ГРЕБЛІ

### Д.1 Обрис укосів

Наша гребля насипна, тому для визначення крутизни укосів будемо використовувати табл.А.1 з додатку А. Висота греблі (з табл.1.1) дорівнює 5,6 м, обирається друга строчка табл.А.1. Закладення верхового укосу обираємо –  $m_B = 2,25$ , а низового –  $m_H = 1,75$ .

### Д.2 Ширина гребня

Мінімальна ширина греблі  $B_r$  повинна бути не менше ніж 4,5 м. Для більш точного значення ширини греблі скористаємося табл.А.4 додатку А. Розмістимо по одній полосі автомобільного руху в обидва напрямки, так як висота греблі всього 5,6 метрів, вона передбачається невеликими розмірами, по ній буде проводиться автомобільний рух невеликої інтенсивності, тому можна закласти автомобільну дорогу IV категорії. Якщо скласти всі відстані у відповідному стовпчику табл. А.4, отримаємо  $B_r = 19$  м.

### Д.3.3 Відмітка гребня

Піднесення гребня греблі  $h_s$  в випадку НПР та ФПР визначається за формулою:

$$h_s = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + a, \quad (Д.2)$$

де  $\Delta h_{set}$  – вітровий нагін води у верхньому б'єфі, м;

$h_{run1\%}$  – висота нахату вітрових хвиль забезпеченістю 1 %, м;

$a$  – запас віднесення гребня греблі, м (приймається рівним 0,5 м).



Величину вітрового нагону  $\Delta h_{\text{set}}$  слід визначати методом послідовних наближень за формулою:

$$\Delta h_{\text{set}} = K_{\omega} \frac{V_{\omega}^2 L}{gd} \cos \alpha_{\omega} \quad (\text{Д.3})$$

де  $\alpha_{\omega}$  – кут між прокольною віссю водойму і напрямком вітру, град. (табл.1.1);

$V_{\omega}$  – розрахункова швидкість вітру, м/с (табл.1.1);

$L$  – довжина водосховища в напрямку до пануючих вітрів (розгін), м (табл.1.1);

$K_{\omega}$  – коефіцієнт, що приймається з табл.А.6, додатку А;

$d$  – глибина води перед греблею, м (табл.1.1).

З табл. А.6 швидкості 21 м/с (табл.1.1) відповідає значення  $K_{\omega} = 2,1 \cdot 10^{-6}$ .

$$\Delta h_{\text{set}} = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(21^2) \cdot 25000}{9,81 \cdot 5} \cos(19) \approx 0,4 \text{ (м)}.$$

Висоту нахату вітрових хвиль  $h_{\text{run}1\%}$  забезпеченістю 1% потрібно визначати за формулою:

$$h_{\text{run}1\%} = K_r \cdot K_p \cdot K_{sp} \cdot K_{\text{run}} \cdot h_{1\%}, \quad (\text{Д.4})$$

де  $K_r$  і  $K_p$  – коефіцієнти шорсткості і проникності укусу, приймається за табл. А.7 додатку А, залежать від характеристик укусу;

$K_{sp}$  – коефіцієнт, що залежить від верхового укусу  $m_B$  та від  $V_{\omega}$ , що приймаються за табл.А.8 додатку А;

$K_{\text{run}}$  – коефіцієнт, що приймається за графіками рис.А.1 додатку А, в залежності від показника пологості хвиль  $\frac{\bar{\lambda}_d}{h_{d1\%}}$ ;

$h_{1\%}$  – висота хвилі 1% забезпеченістю.

З табл.1.1 відомо, що відношення  $r/h_{1\%}$  дорівнює значенню 0,001. Тому

можна знайти з табл. А.7 коефіцієнти  $K_r$  і  $K_p - K_r = 1$  та  $K_p = 0,9$ .

З табл.А.8 для значення кута  $\varphi = 0,63$  ( $\text{ctg}\varphi \approx 1,37$ ) та швидкості  $V_\omega = 21$  м/с, визначаємо коефіцієнт  $K_{sp} = 1,4$ .

Знаючи значення відношення  $\frac{\bar{\lambda}_d}{h_{d1\%}} = 15$  (з табл.1.1) й  $\text{ctg}\varphi \approx 1,37$ , знаходимо значення коефіцієнта  $K_{run}$  по рис.А.1 додатку А:  $K_{run} = 2,4$ .

Знайдемо відношення:

$$\frac{gL}{V_\omega^2} = \frac{9,81 \cdot 25000}{21^2} \approx 556.$$

З рис.А.3 знаючи значення  $gL/V_\omega^2$  знайдемо значення  $gd/V_\omega^2$ , що дорівнює 0,05.

Висота хвилі та і %-ої забезпеченості визначається помноженням середньої висоти хвиль на коефіцієнт  $k_i$ , що приймається з графіків рис.А.3 додатку А для безрозмірної величини  $gL/V_\omega^2$ . Для 1 % забезпеченості з рис.А.3 додатку А визначаємо значення коефіцієнта  $k_i = 2,1$ .

Користуючись рис.А.2 (додатку А) знайдемо перетин значення  $gL/V_\omega^2$  з кривої  $gd/V_\omega^2$ , на перетині отримаємо точку, для якої визначимо значення  $gT/V_\omega = 1$  та  $gh_d/V_\omega^2 = 0,009$ .

Середня висота  $h_d$ :

$$h_d = 0,009 \frac{V_\omega^2}{g} \quad (\text{Д.5})$$

$$h_d = 0,009 \frac{21^2}{9,81} \approx 0,405 \text{ (м)}$$

Середній період хвиль  $T$ :

$$T = \frac{1 \cdot V_\omega}{g} \quad (\text{Д.6})$$

$$T = \frac{1 \cdot 21}{9,81} \approx 2,141 \text{ (с)}$$

Висота хвилі 1 % забезпеченості дорівнює:

$$h_{1\%} = h_d \cdot k_i \quad (\text{Д.7})$$

$$h_{1\%} = 0,405 \cdot 2,1 \approx 0,8505 \text{ (м)}$$

Для того щоб знайти висоту нахату вітрових хвиль  $h_{\text{run } 1\%}$  забезпеченістю 1% підставимо отримані значення в (3.3), отримаємо:

$$h_{\text{run } 1\%} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 2,4 \cdot 0,8505 \approx 2,57 \text{ (м)}$$

Для знаходження висоти піднесення гребеня греблі  $h_s$  підставимо отримані значення в формулу (3.1), отримаємо:

$$h_s = 0,4 + 2,57 + 0,5 = 3,47 \text{ (м)}$$

Середню довжину хвиль  $\bar{\lambda}_d$ , м, при відомому значенні  $T$  слід визначати за формулою:

$$\bar{\lambda}_d = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (\text{Д.8})$$

$$\bar{\lambda}_d = \frac{9,81 \cdot 2,141^2}{2 \cdot 3,14} \approx 7,16 \text{ (м)}$$

При наявності на гребені греблі суцільного парапету, розрахованого на вплив хвиль, піднесення його верху над рівнем верхнього б'єфу слід приймати не нижче значень, отриманих, по формулі (3.1). Піднесення гребеня греблі в цьому випадку призначають на 0,3 м над НПУ або на відмітці ФПУ, причому, приймають вищу з них. Із двох отриманих результатів розрахунку вибирають більш високу відмітку гребеня:

$$\downarrow \Gamma_p = \text{ФПУ} + h_s \quad (\text{Д.9})$$

$$\downarrow \Gamma_p = 83 + 7,16 = 90,16 \text{ (м)}$$

#### Д.3.4 Кріплення укосів

Нижня межа основного кріплення призначається, вважаючи від

мінімального рівня спрацювання водосховища, на глибині:

$$h = 2h_{1\%}, \quad (Д.10)$$

$$h = 2 \cdot 0,8505 = 1,701 \text{ (м)}$$

Так як  $h_{1\%} < 2,5$  м, то кріплення укосів робиться у вигляді кам'яної накидки. Для кріплення укосів кам'яною накидкою слід застосовувати, як правило, несортований камінь (гірську масу) [3, п.2.22]. Розрахункова вага каменю, стійкого проти руйнуючої дії хвиль, можна визначити за формулою [11, ф. 8.2]:

$$Q = \frac{\mu \gamma_k h_d^2 \lambda_d}{(\gamma_k / \gamma_0 - 1)^3 \cdot \sqrt{1 + m^3}}, \quad (Д.11)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт, що приймається для кам'яної начерки 0,025;

$\gamma_k$  – питома вага каменю ( $\gamma_k \approx 24 \text{ кН/м}^3$ );

$\gamma_0$  – питома вага води ( $\gamma_0 \approx 9,81 \text{ кН/м}^3$ );

$m$  – закладення укосу (з п. 3.1 –  $m_B = 2,25$ );

$h_d$  і  $\lambda_d$  – розрахункові значення висоти і довжини хвилі.

$$Q = \frac{0,025 \cdot 24000 \cdot 0,405^2 \cdot 7,16}{(24000/9810 - 1)^3 \cdot \sqrt{1 + 2,25^3}} \approx 66,14 \text{ (Н)}$$

Середній діаметр кам'яної кулі:

$$D_{ш} = \sqrt[3]{Q/0,52\gamma_k}. \quad (Д.12)$$

$$D_{ш} = \sqrt[3]{66,14/(0,52 \cdot 24000)} \approx 0,171 \text{ (м)}$$

Товщина кам'яної накидки:

$$t = B_{ш} = 3D_{ш} \quad (Д.13)$$

$$t = B_{ш} = 3 \cdot 0,171 = 0,51 \text{ (м)}$$

Товщина кам'яного мощення визначається формулою [11, ф. 8.4]:

$$\delta = 1,7 \frac{\gamma_0}{(\gamma_k - \gamma_0)} \cdot \frac{\sqrt{1 + m^2}}{m(m + 2)} \cdot h_d \quad (Д.14)$$

$$\delta = 1,7 \frac{9810}{(24000 - 9810)} \cdot \frac{\sqrt{1 + 2,25^2}}{2,25(2,25 + 2)} \cdot 0,405 \approx 0,123 \text{ (м)}$$

Для кріплення низового укосу обираємо посів трав по рослинному шару завтовшки 0,3 м.

Зворотні фільтри під кріпленням укосів, виконаним у вигляді кам'яної начерки, плит з відкритими швами або з наскрізними отворами і т.п., можуть складатися з одного шару різнозернистого матеріалу або двох шарів матеріалів з різними по крупності частинками, а також з штучних водопроникних матеріалів (скловолокна, геотекстилю, мінеральної вати та ін.). Матеріал для зворотного фільтру, число шарів і їх товщину вибирають в залежності від виду ґрунту укосу, наявності та складу місцевого матеріалу [3, п. 2.32, 2.33].

Виконуємо графічну побудову (рис.3.2,а) конструкції кріплення верхового укосу кам'яною накидкою на міліметрівці.

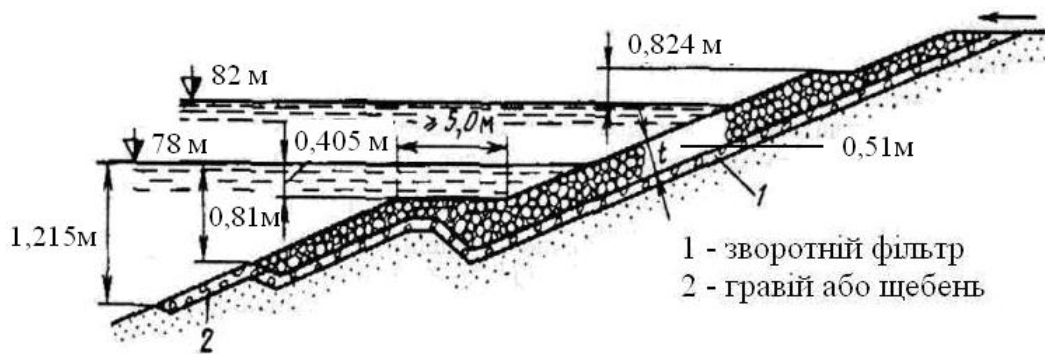


Рис.Д.1 Конструкція кріплення верхового укосу кам'яною накидкою

### Д.3.5. Дренажні пристрої

Пристрій дренажу тіла земляної греблі слід проектувати з метою [3 п.2.51]:  
а) організованого відведення води, що фільтрується через тіло і основу греблі в нижній б'єф; б) запобігання виходу фільтраційного потоку на низовий укіс і в зону, піддану промерзанню; в) економічно обґрунтування зниження депресійної поверхні для підвищення стійкості низового укосу (внутрішній дренаж); г) підвищення стійкості верхового укосу при швидкому спрацюванні водосховища, а також для зняття порового тиску, що виникає при сейсмічних впливах; д)

відведення води, що профільтувалася через екран, ядро.

Гребля, що розраховується відноситься до руслового типу, тому в греблі буде влаштовуватися дренажний банкет, що зображується на рис.3.3,а.

### Д.3.6. Протифільтраційні пристрої

Протифільтраційні пристрої слід виконувати з слабо водопроникних ґрунтів (глинистих і дрібнозернистих пісаних, глінобетону, а також торфу) або неґрунтових матеріалів (бетону, залізобетону, полімерних, бітумних матеріалів та ін.) у вигляді верхової або центральної протифільтраційної призми, екрана, діафрагми, ядра, понура, шпунта, стінки, в тому числі і створюваної методом «стіна в ґрунті», цементаційної та інших завіс, а при відповідному обґрунтуванні – у вигляді комбінаційної конструкції з ґрунтових і неґрунтових матеріалів [3, п.2.38 \*]. Виконуємо побудову на міліметрівці.

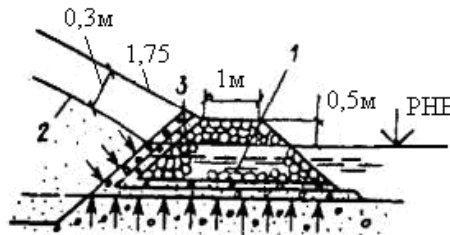
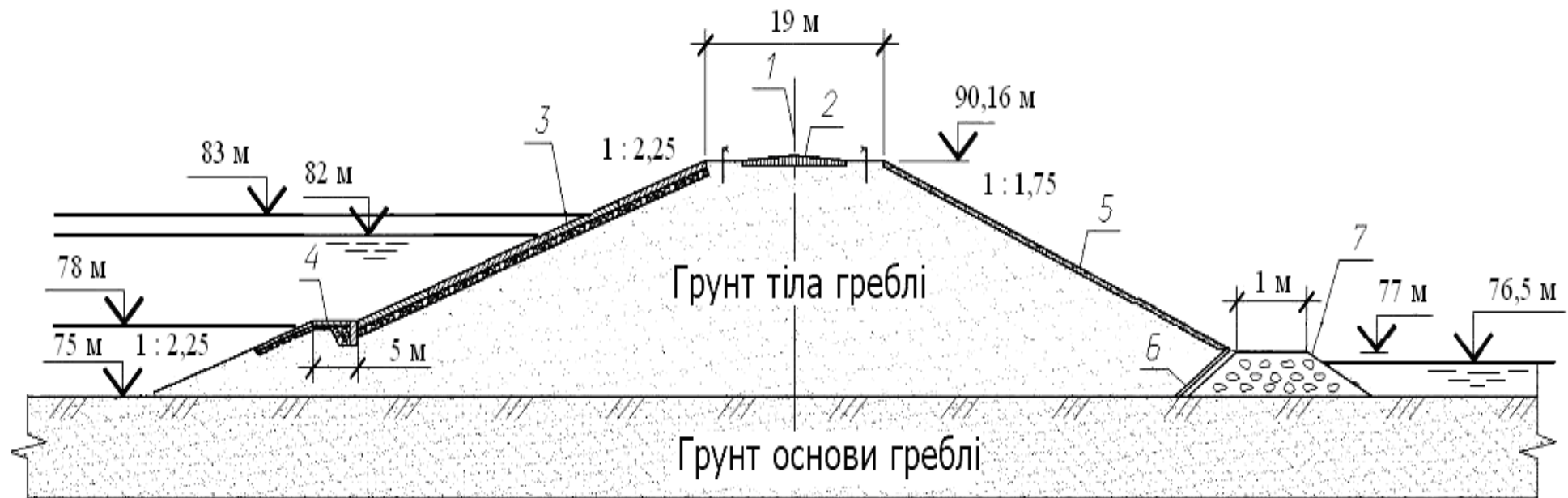


Рис.Д.2 Схема виконання дренажного банкету

Д.3.7. Прогноз зернового складу та розрахунок меж зон фракціонування ґрунту в наливних греблях

Прогноз не проводиться так як, гребля відноситься до насипного типу. Після призначення основних розмірів елементів профілю на міліметровому папері (або в комп'ютерному вигляді) викреслюються профілі для руслового і пойменого перетинів греблі (рис. 3.5. а, б) і призначається її клас за СНіП [2, дод.Б. табл.Б.1, Б.2, Б.3].



1 – вісь греблі; 2 – автодорога по гребеню; 3 – кріплення верхового укосі; 4 – берма на верховому укосі;  
 5 – кріплення низового укосі; 6 – шари зворотнього фільтру; 7 – дренажний банкет;

Рис.Д.3. Русловий профіль земляної греблі

## Д.4. РОЗРАХУНКИ ГРЕБЕЛЬ

### Д.4.1. Фільтраційні розрахунки греблі

Фільтраційні розрахунки тіла греблі, основи і берегів слід виконувати для [3, п.5.3]:

- 1) визначення фільтраційної міцності тіла греблі, її основи і берегів;
- 2) розрахунку стійкості укосів греблі і берегів;
- 3) обґрунтування найбільш раціональних і економічних форм, розмірів і конструкцій греблі, її протифільтраційних і дренажних пристроїв.

#### Розрахункові випадки і схеми

У відповідності з вимогами СНиП [2, п.5.2.3] вплив фільтруючої води повинен визначатися для двох розрахункових випадків витрати води – основного і повірочного. Зазначений вплив, відповідний пропуску витрати води основного розрахункового випадку, визначають при нормальному підпірному рівні (НПР) води у верхньому б'єфі. Його слід враховувати у складі основного сполучення навантажень і впливів. Вплив фільтруючої води, відповідного пропуску витрати води повірочного розрахункового випадку, повинен визначатися при форсованому підпірному рівні (ФПР) води у верхньому б'єфі і враховуватися в складі особливого поєднання навантажень і впливів.

У курсовому проекті фільтраційні розрахунки виконуються для руслового розтину греблі для двох розрахункових випадків:

1) розрахунковий випадок (основний) – у верхньому б'єфі – НПР, в нижньому б'єфі – СНРВНБ (максимальний напір на греблю), з умовою, що СНРВНБ не перевищує рівня, визначеного при глибині води в НБ рівного  $0,2 h_1$ , де  $h_1$  – висота укосу.

2) розрахунковий випадок (особливий) – у верхньому б'єфі ФПР, в нижньому б'єфі – СВРВНБ.



### Положення поверхні фільтраційного потоку в тілі греблі

Положення поверхні депресії (в курсовому проекті – кривою депресії, оскільки розглядається один перетин греблі) визначається аналітичним способом для однієї з наступних груп розрахункових схем (дод. Б, табл. Б.1):

- 1) греблі однорідні на водонепроникній основі;
- 2) греблі однорідні на водопроникній основі кінцевої потужності.

Вибір тієї чи іншої розрахункової схеми залежить від інженерно-геологічних умов підстави, будови тіла греблі і властивостей складових цього ґрунту. При виборі схеми і виконанні розрахунків необхідно використовувати такі міркування:

- а) ґрунт основи вважається водопідпором, якщо виконується умова

$$k_T/k_0 \geq 20...25 \quad (Д.15)$$

де  $k_T$  та  $k_0$  – коефіцієнти фільтрації ґрунтів тіла й основи греблі, відповідно;

Згідно табл.Б.5, коефіцієнт фільтрація  $k_T$  галечниковий дорівнює 200 м/сут., а  $k_0$  суглинок – 0,005 м/сут., знайдемо співвідношення (4.1):

$$\frac{k_T}{k_0} = \frac{200}{0,005} = 40 \cdot 10^3 > 20...25$$

Умова (4.1) виконується, тобто основа вважається водопідпором. З табл. Б.1 видно, що гребля з дренажним банкетом та основою водо підпором, має номер 2. Далі розрахунок проводиться за формулами відповідними схемі 2 табл.Б.1 додатку Б.

## Фільтраційний витрата води через тіло і основу греблі

2) З дренажним банкетом

$$\frac{q}{k_T} = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2 \cdot L_p}, \quad (\text{Б.3})$$

де  $L_p = L + \Delta L_B + \Delta L_H$ ,  $\Delta L_B = \beta_B H_1$ ,  
 $\Delta L_H = m_1 H_2 / 3$ .

$$h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_T} (L - x) + h_c^2}, \quad (\text{Б.4})$$

де ордината кривої депресії  $h_c$  в перерізі 1-1: а) при  $H_2 > 0$

$$h_c = \sqrt{H_1^2 - 2(L - \Delta L_B)q/k_T} - H_2 \quad (\text{Б.5})$$

1) розрахунковий випадок (основний) – у верхньому б'єфі – НПР, в нижньому б'єфі – СНРВНБ (максимальний напір на греблю).

$$\Delta L_B = 0,4 \cdot 7 = 2,8 \text{ (м)}$$

$$\Delta L_H = 2,25 \cdot 1,5 / 3 = 1,125 \text{ (м)}$$

$$L_p = 66 + 2,8 + 1,125 = 68,925 \text{ (м)}$$

$$\frac{q}{k_T} = \frac{7^2 - 1,5^2}{2 \cdot 68,925} \approx 0,34$$

$$h_c = \sqrt{7^2 - 2(66 - 2,8) \cdot 0,34} - 1,5 \approx 0,95 \text{ (м)}$$

Заповнимо таблицю 4.1, де значенням абсцис  $x$  (що змінюється від 0 до  $L$ ) відповідають значення ординат  $h_{x1}$ , що визначаються за формулою (Б.4).

Табл. Д.4.1

$x$	0	0,1L <sub>1</sub>	0,2L <sub>1</sub>	0,3L <sub>1</sub>	0,4L <sub>1</sub>	0,5L <sub>1</sub>	0,6L <sub>1</sub>	0,7L <sub>1</sub>	0,8L <sub>1</sub>	0,9L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>
	0	6,6	1,32	1,98	2,64	3,3	3,96	4,62	5,28	5,94	66
$h_{x1}$	6,77	6,43	6,07	5,68	5,28	4,83	4,34	3,79	3,14	2,32	0,95

2) розрахунковий випадок (особливий) – у верхньому б'єфі ФПР, в нижньому б'єфі – СВРВНБ.

$$\Delta L_B = 0,4 \cdot 8 = 3,2 \text{ (м)}$$

$$\Delta L_H = 2,25 \cdot 2/3 = 1,5 \text{ (м)}$$

$$L_p = 64 + 3,2 + 1,5 = 68,7 \text{ (м)}$$

$$\frac{q}{k_T} = \frac{8^2 - 2^2}{2 \cdot 68,7} \approx 0,45$$

$$h_c = \sqrt{8^2 - 2(64 - 3,2) \cdot 0,45} - 2 \approx 1,05 \text{ (м)}$$

Заповнимо таблицю 4.2, де значенням абсцис  $x$  (що змінюється від 0 до  $L$ ) відповідають значення ординат  $h_{x2}$ , що визначаються за формулою (Б.4).

Табл. Д.4.2

x	0	0,1L <sub>2</sub>	0,2L <sub>2</sub>	0,3L <sub>2</sub>	0,4L <sub>2</sub>	0,5L <sub>2</sub>	0,6L <sub>2</sub>	0,7L <sub>2</sub>	0,8L <sub>2</sub>	0,9L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>
		0	6,4	1,28	1,92	2,56	3,2	3,84	4,48	5,12	5,76
h <sub>x2</sub>	7,66	7,28	6,87	6,45	5,97	5,47	4,91	4,29	3,55	2,62	1,05

Будуємо схему фільтрації для двох розрахованих варіантів проходження кривої депресії (НПР та ФПР).

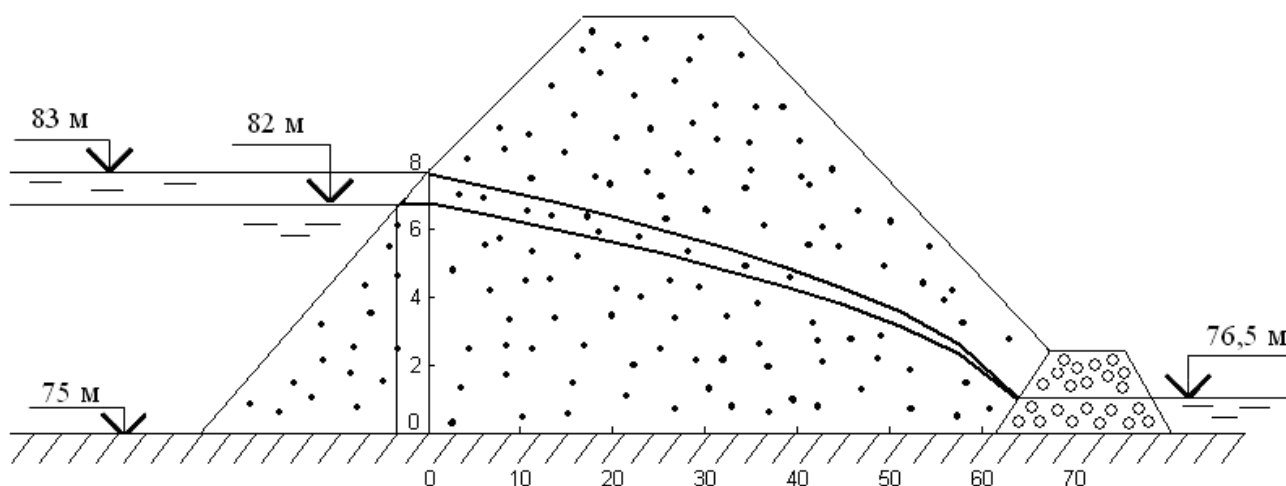


Рис.Д.4 Схема фільтрації в земляних греблях з дренажним банкетом

#### Д.4.2 Фільтраційна міцність ґрунтів тіла й основи греблі

При оцінці фільтраційної міцності необхідно виконати умову [3, п. 5.5 \*; 12, п. 4.3]:

$$J_{est,m} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot J_{cr,m} \quad (Д.16)$$

де  $J_{est,m}$  – діючий середній градієнт напору в розрахунковій області фільтрації;

$J_{cr,m}$  – критичний середній градієнт напору, що приймається на підставі досліджень ґрунтів в умовах, що відповідають реальним умовам експлуатації споруди. У попередніх розрахунках значення  $J_{cr,m}$  приймається у відповідності з наявними аналогами (дод. Б, табл. Б.2, Б. 3): для тіла греблі – пісок середній –  $J_{cr,m} = 1$ , для основи греблі (так як з попереднього розрахунку нам відомо, що основою водонепроникна, тому основа є глинистою або суглинистою) –  $J_{cr,m} = 0,8$ , з п.2. нам відомо, що ця гребля неоднорідна і має в собі ядро, тому треба ще визначити середній градієнт напору для греблі з ядром (табл.Б3, дод.Б), візьмемо матеріал для ядра глину –  $J_{cr,m} = 12$ ;

$\gamma_n$  – коефіцієнт надійності щодо відповідальності споруд, який визначається з табл.Б.6 додатку Б, в залежності від класу споруди (для V класу –  $\gamma_n = 1$ ).

Виконання умови потрібно як при перевірці загальної, так і місцевої фільтраційної міцності.

При оцінці загальної фільтраційної міцності ґрунту величину  $J_{est,m}$ , у формулі (4.3) слід визначати по залежностях:

- для тіла греблі

$$J_{est,m} = \frac{H_{max}}{L + 0,4H_1} ; \quad (Д.17)$$

$$J_{est,m} = \frac{5,5}{66 + 0,4 \cdot 7} \approx 0,08$$

- для основи греблі

$$J_{est,m} = \frac{H_{max}}{L_{oc} + 0,88T} ; \quad (Д.18)$$

$$J_{est,m} = \frac{5,5}{125 + 0,88 \cdot 0} \approx 0,044$$

де  $H_{max} = \downarrow НПР - \downarrow СНРВНБ$ , м – максимальний напір на греблю;

$T$  – товщина шару між основою та водопідпором, м;

$L_{oc}$  – див. формулу (4.2); інші параметри визначаються за розрахунковими схемами (додаток Б, табл. Б.1).

У курсовому проекті слід оцінити місцеву фільтраційну міцність ґрунту ядра (якщо гребля неоднорідна) й основи в місцях виходу фільтраційного потоку в нижній б'єф. Перевірка виконується по умові (4.3), при цьому величини діючих градієнтів напору слід визначати по залежностях:

- для ядра греблі

$$J_{est,m} = \frac{\Delta H_{я}}{\Delta \delta_{я\text{ ср}}} ; \quad (Д.19)$$

- для місця виходу фільтраційного потоку в нижній б'єф

$$J_{est,m} = J_{вих} \quad (Д.20)$$

де  $\Delta H_{я}$  – втрати напору на ядрі;

$\Delta \delta_{я\text{ ср}}$  – середня товщина ядра;

$J_{вих}$  – значення вихідного градієнта, визначається по залежностях (дод. Б, табл. Б.1), згідно обраної розрахункової схеми.

При цьому потрібно вибрати такі значення  $\Delta H_{я}$  та  $\Delta \delta_{я\text{ ср}}$ , щоб виконувалась умова (4.2), таким чином й визначаються розміри ядра в неоднорідній греблі.

Підставивши значення в вираз (4.2) отримаємо:

$$J_{est,m} \leq \frac{1}{1} \cdot 12$$

тобто для того щоб ядро ефективно знижувало лінію депресій в греблі, потрібно підібрати такі значення  $\Delta H_{я}$  та  $\Delta \delta_{я\text{ ср}}$ , щоб виконалась умова:

$$\frac{\Delta H_{я}}{\Delta \delta_{я\text{ ср}}} \leq 12 .$$

Виберемо висоту ядра – 12 м, ширину – 2 м, перевіримо виконання умови:

$$\frac{12}{2} = 6 < 12$$

Умова виконується, розміри ядра підходять.

Призначені в п. 3.1 закладення укосів є орієнтовними, уточнити їх значення можна розрахунком статичної стійкості укосів.

У відповідності до вимог [3, п. 5.11 \*] розрахунки стійкості укосів ґрунтових гребель всіх класів слід виконувати для круглоциліндричних поверхонь зсуву. Критерієм забезпечення стійкості укосу [12, п. 3.1] або залежністю для коефіцієнта стійкості  $k_s$  [3, п. 5.11 \*] є умова:

$$k_s = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_{\pi} \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c}, \quad (\text{Д.21})$$

де  $F, R$  – розрахункові значення відповідно узагальнених сил, що здвигують, і сил граничного опору або моментів сил, що прагнуть повернути (перекинути) й втримати споруду;

$\gamma_{\pi}$  – коефіцієнт надійності за навантаженням, що визначається з табл.Б.6;

$\gamma_{fc}$  – коефіцієнт поєднання навантажень, що визначається з табл.Б.7;

$\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи, який визначається за табл.Б.8.

$$k_s = \frac{R}{F} \geq \frac{1 \cdot 1}{0,95} \geq 1,05,$$

тобто сила, що прагне втримати споруду ( $R$ ) повинна бути в 1,05 разів більше ніж сила, що прагне перекинути споруду ( $F$ ).

Розрахунок стійкості низового укосу в русловому перетині греблі слід починати з призначення центру кривизни поверхні обвалення. Цей центр розташовується в зоні *adfeb* (рис.4.1), яка будується так: з середини укосу т. *C* проводиться вертикаль *cd* і лінія *ce* під кутом  $85^\circ$  до укосу; потім з точок *A* і *B* проводяться дуги радіусом  $R$  до перетину в т. *f*. Значення  $R$  приймається з дод. Б. табл. Б.4.

$$R = 1,875H_{гр} \quad (\text{Д.22})$$

$$R = 1,875 \cdot 15,16 \approx 28,43$$

Далі з т.  $C$  проводиться дуга радіусом:

$$r = f_c / 2 \quad (\text{Д.23})$$

де  $f_c$  – це відстань від точки  $f$  до точки  $C$  ( $f_c = 23,7$  м).

$$r = 23,7 / 2 = 11,85 \text{ (м)}.$$

У результаті в криволінійному чотирикутнику, утвореному лініями  $adfeb$  знаходиться шукана зона центрів круглоциліндричних поверхонь зсуву.

Центр кривизни поверхні обвалення (т.  $O$  на рис.4.1) слід назначити на прямій  $af$ . З цього центру проводиться дуга (лінія обвалення) радіусом  $R_0$  ( $R_0 = 1,14R$ ) так, щоб дуга мала перетин з гребенем греблі. Зона між цією дугою і низовим укосом утворює призму обвалення. Область, що обмежена кривою зсуву і зовнішніми обрисами греблі (масив обвалення), розбивають вертикальними прямими на відсіки шириною  $b$ . При розрахунку вручну зручно величину  $b$  приймати рівної  $0,1 R$  ( $b = 3,8$  м), центр нульового відсіку розміщувати під центром кривої зсуву, а інші відсіки нумерувати з позитивними знаками при розташуванні їх вгору по укосі і з від'ємними – вниз до підосви греблі, рахуючи від нульового. Нумерація відсіків показана на рис.4.1. При такій нумерації:

$$\sin \alpha_i = 0,1 \cdot i \quad (\text{Д.24})$$

де  $i$  – номер відсіку з відповідним знаком;

$$\cos \alpha_i = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_i} \quad (\text{Д.25})$$

Для розглянутого відсіку задаються рядом можливих круглоциліндричних поверхонь зсуву (рис.4.1, на якому  $ED$  – одна з довільно заданих поверхонь зсуву ґрунту). Для можливого відсіку обвалення, обмеженого знизу відповідною поверхнею зсуву (рис. 4.1) обчислюється коефіцієнт стійкості  $k_s$  [11, п. 6.1].

Коефіцієнт стійкості визначається за формулою:

$$k_s = \frac{\sum (G_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i) + \sum (c_i / \cos \alpha_i)}{\sum (G_i \cdot \sin \alpha_i) + (Y \cdot r_0 \cdot \rho_B / R_0) \cdot \sum h'_i}, \quad (\text{Д.26})$$

де  $R_0$  – радіус кривої обвалення ( $R_0 = 1,14R$ );

$G$  – вага відсіку;

$c$  – питоме зчеплення ґрунту;

$r_0$  – плече центру тяжіння площі зони обвалення нижче кривої депресії

( $r_0 \approx 1,03R$ );

$\rho_B$  – щільність води;

$Y$  – середній ухил фільтраційного потоку:

$$Y = \Delta h / \Delta l, \quad (\text{Д.27})$$

де  $\Delta h = 7,5 \text{ м}$ ,  $\Delta l = 27,5 \text{ м}$ .

$$Y = 7,5 / 27,5 \approx 0,27$$

Вага кожного відсіку (на одиницю площі) визначається за формулою:

$$G_i = (h_i - h'_i) \cdot \rho_{Гі} + h'_i \cdot \rho_{ні}, \quad (\text{Д.28})$$

де  $h_i$  – висота відсіку від лінії обвалення до контуру греблі;

$h'_i$  – висота відсіку до кривої депресії.

Висоти слід відносити до середини відсіку. Для відсіків, що не перетинають криву депресії,  $h'_i = 0$ ;

$\rho_{Гі}$  – щільність ґрунту основи за завданням.

$$\rho_{ні} = \rho_{Гі} + n_{Гі} \cdot \rho_B, \quad (\text{Д.29})$$

де  $n_{Гі}$  – пористість ґрунту (береться із завдання).

$$\rho_{ні} = 1800 + 0,045 \cdot 1000 = 1845 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Підставивши отримані значення в формулу (4.14) отримаємо значення  $G_i$ , та занесемо їх у таблицю.

Кут внутрішнього тертя  $\varphi_i$  для відсіків слід приймати з таблиць Б.9 та Б.10 додатку Б, він дорівнює  $38^\circ$ .

Розрахунок коефіцієнта стійкості зручно виконувати у формі таблиці (табл. 4.3).



## Розрахунку стійкості низового укосу греблі

№ відсіку $i$	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	$h_i$ м	$h'_i$ м	$G_i$ т/м <sup>2</sup>	$G_i \cdot \cos \alpha_i$ т/м <sup>2</sup>	$G_i \cdot \sin \alpha_i$ т/м <sup>2</sup>	$\operatorname{tg} \varphi_i$	$G_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$ т/м <sup>2</sup>	$c_n$ т/м <sup>2</sup>	$c_n / \cos \alpha_i$ т/м <sup>2</sup>
-5	-0,5	0,87	1	1	1,80	1,60	-0,92	0,78	1,25	0,6	0,69
-4	-0,4	0,92	2	2	3,70	3,38	-1,48	0,78	2,64	0,6	0,65
-3	-0,3	0,95	7,5	3	13,6	13,0	-4,09	0,78	10,1	0,6	0,63
-2	-0,2	0,98	8	5	14,6	14,3	-2,93	0,78	11,2	0,6	0,61
-1	-0,1	0,99	8	5,5	14,6	14,6	-1,46	0,78	11,4	0,6	0,60
0	0	1	9	5,5	16,4	16,4	0	0,78	12,8	0,6	0,60
1	0,1	0,99	10	7	18,3	18,2	1,83	0,78	14,2	0,6	0,60
2	0,2	0,98	11	7,5	20,1	19,7	4,03	0,78	15,4	0,6	0,61
3	0,3	0,95	12	7,5	21,9	20,9	6,58	0,78	16,3	0,6	0,63
4	0,4	0,92	12	7	21,9	20,1	8,77	0,78	15,7	0,6	0,65
5	0,5	0,87	11	6	20,1	17,4	10,4	0,78	13,6	0,6	0,69
6	0,6	0,80	10	4	18,2	14,5	10,9	0,78	11,3	0,6	0,75
7	0,7	0,71	8,5	1,5	15,4	11,0	10,8	0,78	8,56	0,6	0,84
8	0,8	0,60	4,5	0	8,1	4,86	6,48	0,78	3,79	0,6	1,00
9	0,9	0,44	1	0	1,8	0,78	1,62	0,78	0,61	0,6	1,37

Тоді обчисливши з формули (4.12) коефіцієнт стійкості  $k_s$ , отримаємо:  $k_s = 1,89$ . Тепер перевіримо умову стійкості (4.7),  $k_s$  повинен бути рівним або перевищувати значення 1,05 не більш ніж на 10 %. Умова не виконується, тому потрібно зменшити закладення укосу та знову обчислити значення коефіцієнту стійкості доки умова не виконається.

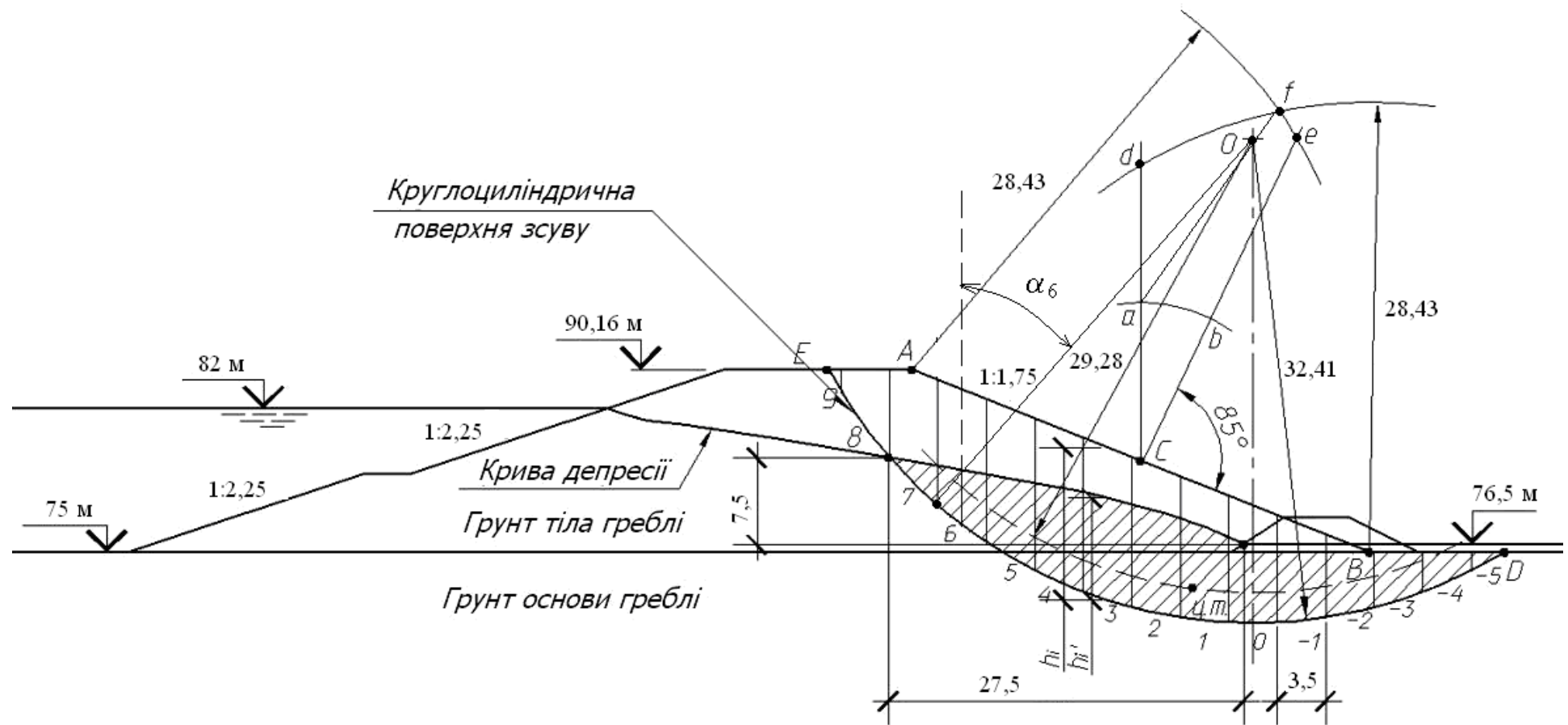


Рис. Д.6 Схема розрахунку стійкості низового укосу

#### Д.4.3 Підбір зворотних фільтрів дренажних пристроїв

Для пристрою зворотних фільтрів дренажів застосовують несуюфозиційні незв'язні ґрунти, природні або штучно приготовані суміші шляхом підбору необхідних фракцій.

Так як наша гребля відсипна, тоді приймаємо товщину шару фільтру  $\delta_f$  рівною 0,75 м.

Розрахунки з проектування фільтрових матеріалів дренажів, що захищають незв'язні ґрунти, починаються з оцінки суфозійного ґрунту зворотного фільтру, що захищає. В залежності від того, чи буде захищаний незв'язний ґрунт несуюфозійним або суфозійним й від виду дренажу вибирається та чи інша методика підбору гранскладу першого шару зворотного фільтру й наступних розрахунків.

Ґрунт вважається несуюфозійним, якщо виконуються наступні умови [10, с. 19, 29]:

$$a) d_{\min} > 0,77 \cdot \chi \cdot 0,455 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n_{\Gamma i}}{1 - n_{\Gamma i}} \cdot d_{17} \quad (Д.30)$$

де  $\chi = 1 + 0,05\eta$  – для ґрунтів з  $\eta \leq 25$ ; (Д.31)

$$\chi = 0,35 / (3 + \sqrt[3]{\eta} \cdot \lg \eta) \text{ – для ґрунтів з } \eta > 25; \quad (Д.32)$$

$\eta = d_{60}/d_{90}$  – коефіцієнт різнозернистості ґрунту;

$n_{\Gamma i}$  – пористість;

$d_{17}$  – крупність часток (мм), менше яких вміщаються в ґрунті 17 % по вазі;

$$\eta = 62/12 \approx 5,17 \leq 25$$

тоді  $\chi$  обчислюється за формулою:

$$\chi = 1 + 0,05 \cdot 5,17 \approx 1,26.$$

Умова а) буде мати вид:

$$d_{\min} > 0,77 \cdot 1,26 \cdot 0,455 \cdot \sqrt[6]{5,17} \cdot \frac{0,045}{1 - 0,045} \cdot 10 \approx 0,274 \text{ (мм)}.$$

Перший шар зворотного фільтру повинен мати діаметр часток більше 0,274 мм.

$$\text{б) } \frac{d_5}{d_{17}} \geq 0,32 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot (1 + 0,05 \cdot \eta) \cdot \frac{n_{ri}}{1 - n_{ri}} \quad (\text{Д.33})$$

$$\frac{d_5}{d_{17}} \geq 0,32 \cdot \sqrt[6]{5,17} \cdot (1 + 0,05 \cdot 5,17) \cdot \frac{0,045}{1 - 0,045} \approx 0,025.$$

## Д.5. ВОДОПРОПУСКНІ СПОРУДИ ПРИ ГРЕБЛЯХ З ГРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

### Д.5.1 Загальні відомості про водопропускних спорудах

У сьогоднішній курсовому проекті потрібно запроектиувати трубчастий водоскид, поєднаний з водоспуск або береговий відкритий водоскид й окремо розташований водоспуск

### Д.5.2. Трубчастий водоскид

Для визначення основних розмірів водоскиду необхідно виконати гідравлічні розрахунки.

Периметр вежі в плані обчислюється за формулою водозливу з тонкою стінкою [6, п. 3.6.2]:

$$V_{\text{вежі}} = \frac{Q_{\text{макс}}}{m\sqrt{2gh}^{3/2}}, \quad (\text{Д.34})$$

де  $Q_{\text{макс}}$  – максимальна розрахункова витрата водоскиду,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$m$  – коефіцієнт витрати, приймається рівним 0,35;

$h$  – напір на гребені водозливу, м.

$$h = \text{ФПР} - \text{НПР} \quad (\text{Д.35})$$

$$h = 83 - 82 = 1 \text{ (м)}$$

$$V_{\text{вежі}} = \frac{50}{0,35\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1}^{3/2}} \approx 56,99 \text{ (м)}$$

Далі розраховується площа поперечного перерізу відвідних труб [6, п.3.2.2]:

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{макс}}}{\mu\sqrt{2gH_{\text{ф}}}}, \quad (\text{Д.36})$$

де  $\mu = 0,6 \dots 0,7$  – коефіцієнт витрати;

$$H_{\text{ф}} = \text{ФПР} - \text{РНБ}.$$

$$H_{\text{ф}} = 83 - 76,5 = 6,5 \text{ (м)}.$$

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{50}{0,6\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6,5}} \approx 13,04 \text{ (м}^2\text{)}$$

Для визначення числа труб необхідно задатися стандартним діаметром однієї труби  $d_{\text{тр}} \leq 2$  м й обчислити площу перерізу однієї труби  $\omega_1$ .

Приймемо діаметр труби рівним 2 м. Площа однієї труби буде визначатися по відомій формулі:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot d_{\text{тр}}^2}{4}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot 2^2}{4} \approx 1,57 \text{ (м}^2\text{)}$$

Тоді число труб буде:

$$n_{\text{тр}} = \frac{\omega_{\text{тр}}}{\omega_1} \tag{Д.37}$$

$$n_{\text{тр}} = \frac{13,04}{1,57} \approx 8,3.$$

Обираємо 9 труб.

Конструктивно трубчастий водоскид можна поєднати з водоспуском, якщо влаштувати в вежі отвір, що перекривається затвором.

Площа отвору водоспуску може бути визначена за формулою:

$$\omega_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{сп}}}{\mu\sqrt{2gH_{\text{м}}}}, \tag{Д.38}$$

де  $Q_{\text{сп}} = Q_{\text{макс}} / n_{\text{тр}}$ ;  $H_{\text{м}} = \text{РМО} - \text{РНБ}$ .

$$Q_{\text{сп}} = 50 / 9 = 5,56 \text{ (м}^3\text{/с)}$$

$$H_{\text{м}} = 78 - 76,5 = 1,5 \text{ (м)}.$$

$$\omega_{\text{сп}} = \frac{5,56}{0,6\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,5}} \approx 3,02 \text{ (м}^2\text{)}$$

Після розрахунку гасителя енергії води (див. розділ 5.5) проводиться конструювання водоскиду по аналогії з рис. 5.1.

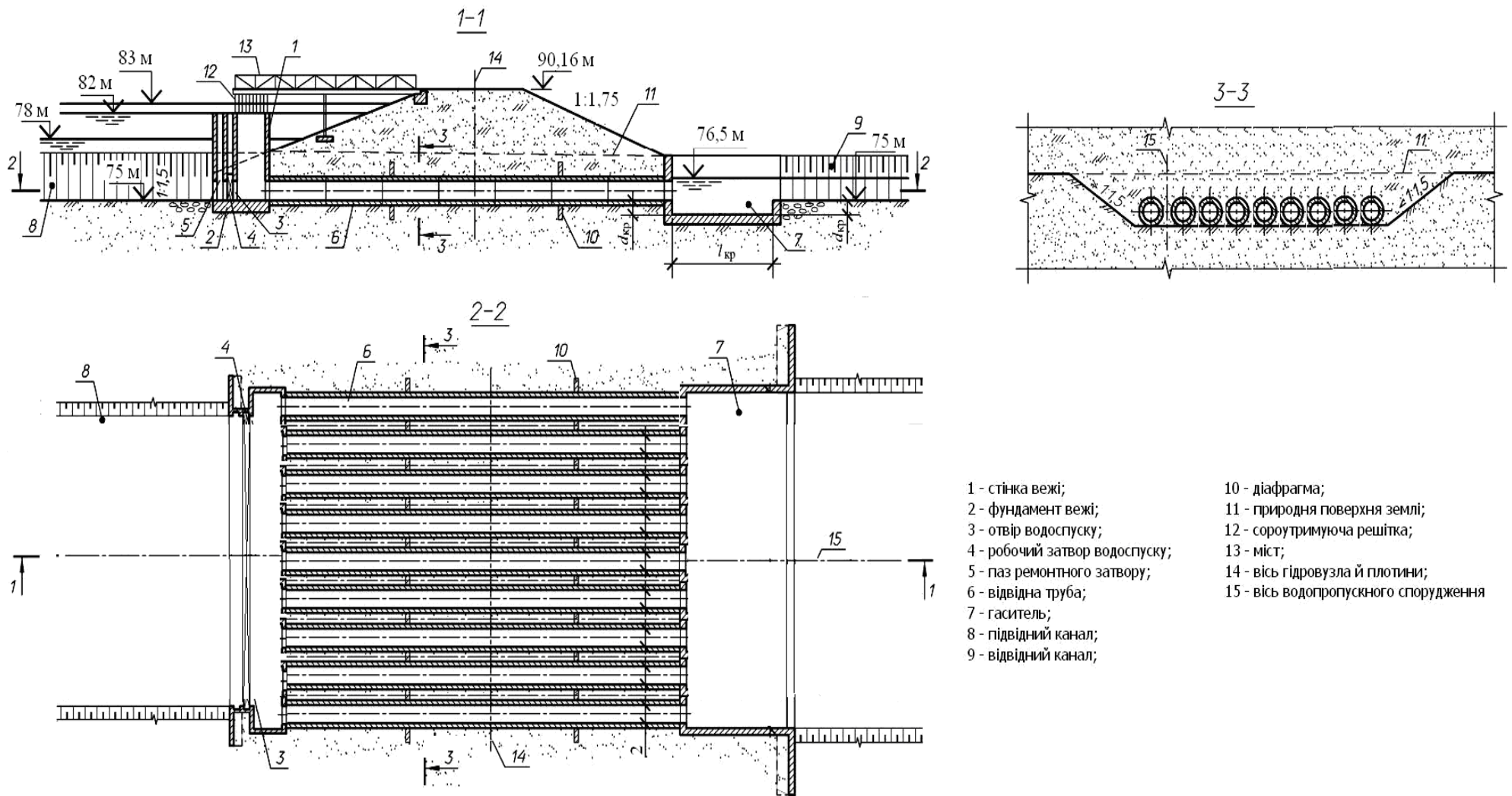


Рис.Д.7 Схема водоскиду вежі, сумісного з водоспуском

### Д.5.3. Береговий відкритий водоскид

Відкритий берегової водоскид складається з трьох основних частин: підвідного каналу; водозливу фронтального типу, що регулює витрата скидання; водовідвідні пристрої [6, п. 13.2.3].

Ширину вхідної частини і швидкотоку слід прийняти постійною і визначати за формулою водозливу з широким порогом [6, п. 3.6.5]:

$$B = \frac{Q_{\text{макс}}}{m\sqrt{2gh_b^{3/2}}}, \quad (\text{Д.39})$$

де  $m$  – коефіцієнт витрати [6, табл. 3.20];

$h_b$  – напір на порозі водозливу. У курсовому проекті слід прийняти  $h_b = 2 \dots 4$  м для водозливу з затворами,  $h_b = \text{ФПР} - \text{НПР}$  для водозливу без затворів.

$$B = \frac{50}{0,35\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1^{3/2}}} \approx 56,99 \text{ (м)}$$

Глибина води в кінці швидотоку може бути обчислена за формулою:

$$h_{\text{нк}} = \left[ \frac{Q_{\text{макс}} \cdot n_b}{B\sqrt{i_b}} \right]^{0,6}, \text{ м}, \quad (\text{Д.40})$$

де  $n_b$  – шорсткість бетонної поверхні [6, табл. 3.6];

$i_b$  – ухил водоскату.

$$h_{\text{нк}} = \left[ \frac{50 \cdot 0,015}{56,99\sqrt{0,5}} \right]^{0,6} = 0,09 \text{ (м)}.$$

### Д.5.4 Трубчастий водоспуск

Трубчасті водоспуски широко застосовуються в гідровузлах з греблями з ґрунтових матеріалів невеликої та середньої висоти для пропуску санітарних витрат і спорожнення водосховища. Вони виконуються з однієї або кількох труб, забезпечених затворами, й пристроями для прийому води і керування затворами у вигляді вежі або камери. Водоспуски з вежами називають баштовими, а з камерами – без баштовими. Більше поширення в гідротехнічному будівництві



отримав перший із зазначених типів, як більш надійний в експлуатації [6, п. 13.3.2].

Застосовувані в водоспуску водопропускні труби являють собою залізобетонні галереї чи сталеві трубопроводи, які прокладаються в ґрунті основи або в тілі гребель.

#### Д.5.5 Розрахунок гасителя енергії потоку води

Надлишкова кінетична енергія потоку води за водоскидами повинна бути зменшена до меж, при яких неможливо розмивання ґрунтів основи. Це здійснюється за допомогою спеціального елемента водоскиду – гасителя, одним з яких є водобійні колодязь.

Його довжина може бути визначена за формулою [6]:

$$l_{кр} = 6 \frac{\omega}{B} \left( \sqrt{1 + \frac{8,6 \cdot H_{\phi}}{\omega/B}} - 1 \right), \text{ м}, \quad (\text{Д.41})$$

де  $\omega$  – площа живого перерізу потоку при вході в гаситель; у разі баштового водоскиду  $\omega \approx \omega_{\text{тр}}$ ; для швидкотоку  $\omega = B \cdot h_{\text{НК}} = 56,99 \cdot 0,09 = 5,13$  (м<sup>2</sup>), де  $B$  – ширина гасителя (рис. 5.1 і 5.2).

$$l_{кр} = 6 \frac{5,13}{56,99} \left( \sqrt{1 + \frac{8,6 \cdot 6,5}{5,13/56,99}} - 1 \right) \approx 12,93 \text{ (м)}.$$

Глибина водобійного колодязя обчислюється за формулою:

$$d_{кр} = 1,2 \left( \frac{\omega}{B} \sqrt{1 + \frac{8,6 \cdot H_{\phi}}{\omega/B}} - h_{\text{НБ}} \right), \text{ м}, \quad (\text{Д.42})$$

де  $h_{\text{НБ}} = \text{РНБ} - \text{Дно} = 1,5$  (м).

$$d_{кр} = 1,2 \left( \frac{5,13}{56,99} \sqrt{1 + \frac{8,6 \cdot 6,5}{5,13/56,99}} - 1,5 \right) = 2,53 \text{ (м)}$$

Якщо визначена за формулою (5.9)  $d_{кр} < 0$ , то вона приймається рівною нулю. У межах водобійного колодязя дно і борти відповідного каналу укріплюються нерозмивними матеріалами – бетоном, кам'яною накидкою.

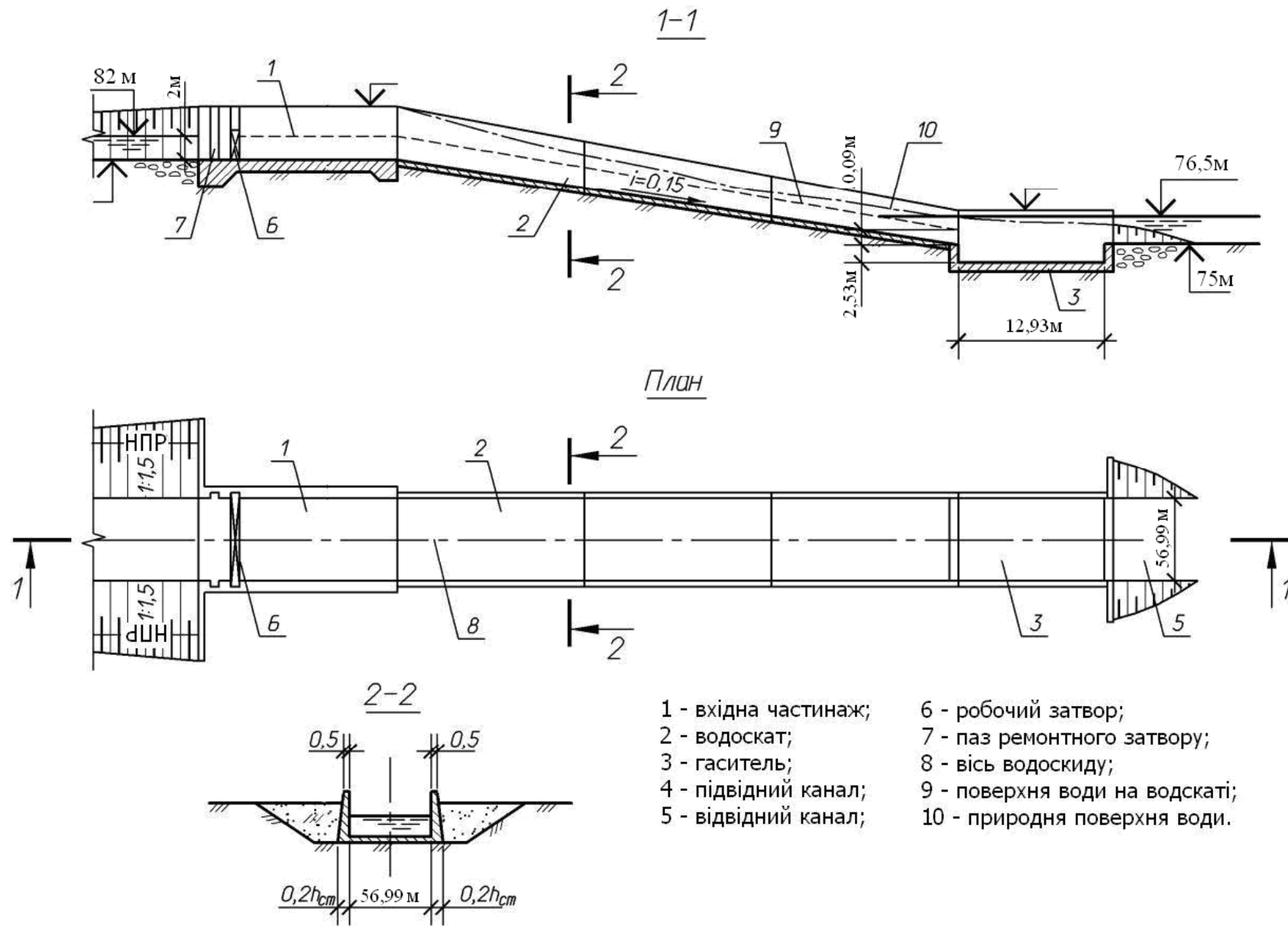


Рис.Д.8 Схема берегового відкритого водоскиду

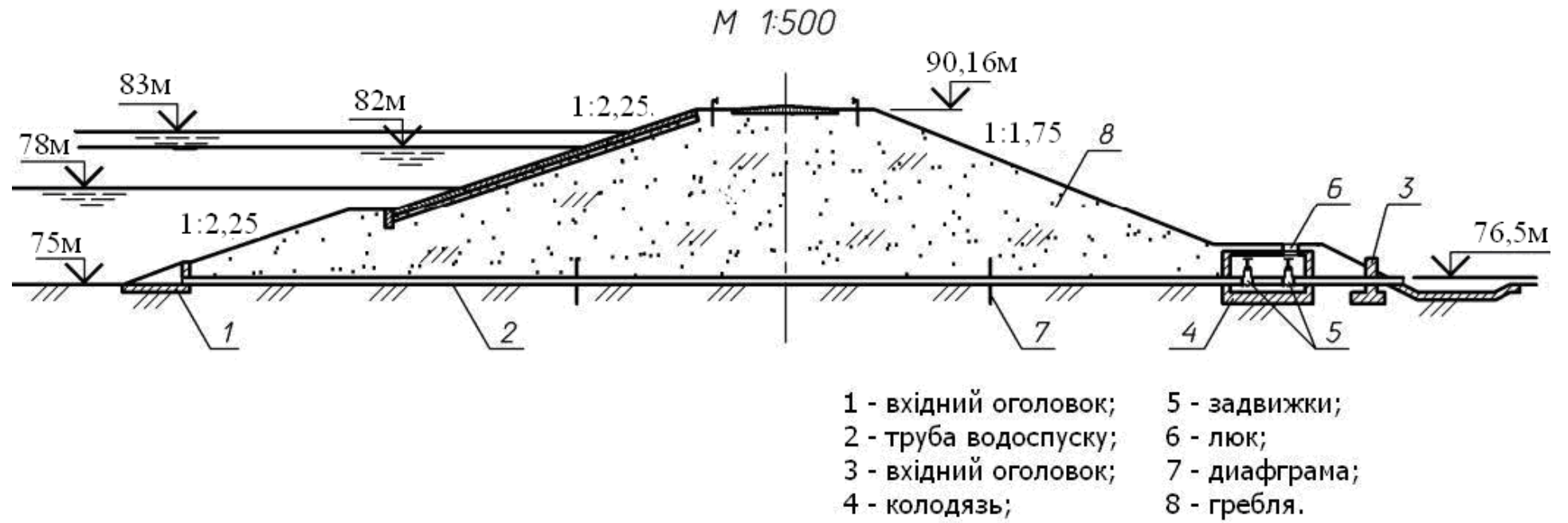


Рис.Д.9 Схема трубчастого водопуску

## Д.6. КОМПОНОВКА СПОРУД

При проектуванні річкових гідровузлів, як правило, виходять з умови комплексного використання стоку річок для задоволення потреб у воді різних галузей народного господарства, в тому числі потреб енергетики, водопостачання, іригації, водного транспорту, рибного господарства [6]. В зв'язку з цим до складу гідровузлів поряд з греблею зазвичай включають в тому чи іншому поєднанні різні спеціальні гідротехнічні споруди, такі, як гідроелектростанцію, водозабір, водоскиди, судноплавний шлюз, рибозахисних пристроїв і т. п. Велике число цих споруд при значній різноманітності природних умов і вимог, що пред'являються до розміщення кожного з них, істотно ускладнюють компонування гідровузла.

При заданому складі споруд проектного гідровузла на їх компоновку справляють істотний вплив такі чинники, як топографічні і геологічні умови на ділянці розташування створу, водність річки, напір, умови будівництва окремих споруд, розташування споживачів і доріг, умови експлуатації споруд гідровузла та ін.

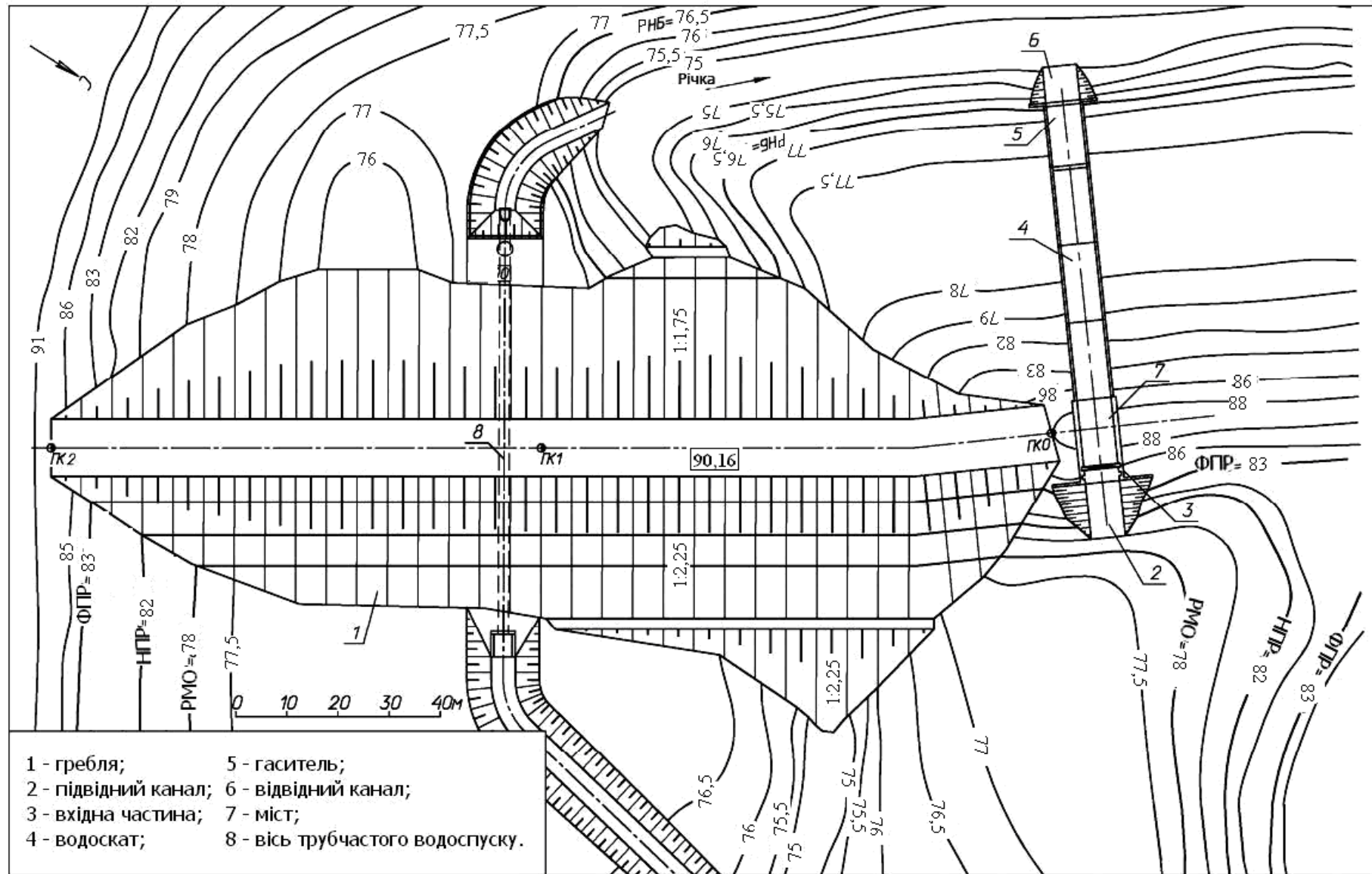


Рис. Д.10 Генеральний план гідровузлу з береговим водоскидом й донним водоспуском

## Д.7 ЧЕРГОВІСТЬ БУДІВНИЦТВА

Найважливішою особливістю будівництва гідровузла є необхідність пропуску витрат річки через створ протягом усього періоду робіт. Вибір способу пропуску будівельних витрат визначається характером і компонуванням споруд, гідрологічними характеристиками водотоку, топографічними і геологічними умовами створу.

Будівництво основних споруд гідровузла на рівнинних річках здійснюється методом секціонування русла. При такому методі будівництва в першу чергу частину русла річки огорожують перемичками. У котловані, що утворився, зводять до проектних позначок водоскидні споруди гідровузла із залишенням в них тимчасових водопропускних отворів для пропуску витрат другої черги. Річка в цей час тече по стиснутому руслі. Після зведення водоскидних споруд перемички розбирають, стиснуту частину русла перекивають кам'яним банкетом, а потік перекивають на залишені раніше водопропускні отвори в спорудах, побудованих в першу чергу. У вільній частині русла під захистом кам'яного банкету зводиться гребля з ґрунтових матеріалів. По мірі зведення споруд напірного фронту тимчасові отвори закривають і наповнюють водосховище.

У курсовому проекті необхідно намітити черговість будівництва гідровузла, користуючись джерелами, в яких питання організації будівництва гідровузлів розглянуті докладно, наприклад [24].