Лекція 13. Канали та споруди на них

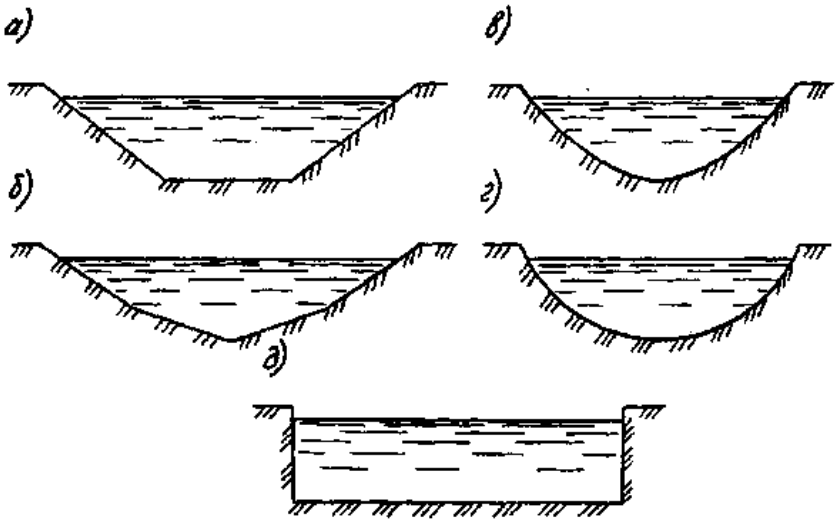
Мета лекції: ознайомлення з видами каналів, усвідомлення особливостей роботи регулюючих споруд, засвоєння конструктивних особливостей водопровідних споруд, розуміння принципів роботи спрягаючих споруд.

План

1. Загальні відомості про канали та їх класифікація.
2. Регулюючі споруди.
3. Водопровідні споруди.
4. Спрягаючі споруди.

1. **Канали** – це відкриті штучні русла, призначені для транспортування води для народно-господарських потреб.

Поперечний переріз каналу визначається його підводною (живий переріз) та надводною частинами. Форми живого перерізу представлені на рис. 1.4.1.



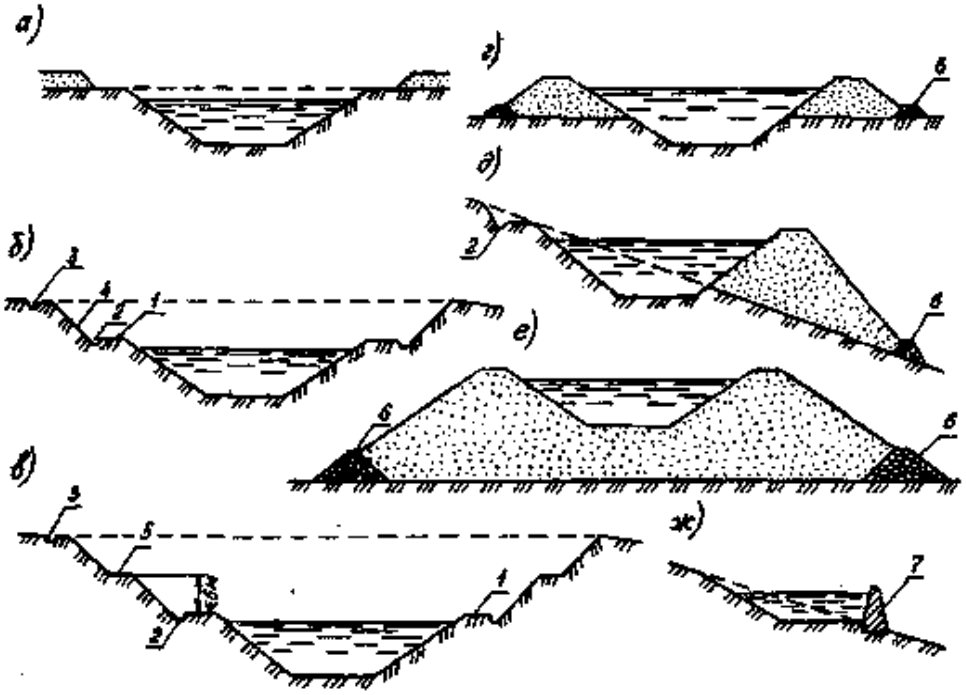
а) трапецієвидна; б) полігональна; в) параболічна; г) напівкругла;

д) прямокутна.

Рисунок 1.4.1 – Форми живого перерізу каналів

Досить часто канали проектуються у виїмках, при цьому через кожні 6 м висоти каналу влаштовують непроїжджі бермі шириною не менше 1 м (рис. 1.4.2 а-в). Трапецієвидний переріз каналу влаштовується при його розміщенні на косогорі (рис. 1.4.2 д), при крутих схилах одна сторона каналу

виконується у вигляді підпірної стінки (рис.1. 4.2 ж). Проектування каналів в насипку (рис. 1.4.2 е) є невигідним рішенням, оскільки в цьому випадку досить значний об’єм земляних робіт.



а-в – у виямках; г, д – в напіввиїмці-напівнасипу; є – в насипу;

ж – на косогорі; 1 – берма; 2 – кювет; 3 – канава; 4 – сухий укіс;

5 – проміжна берма; 6 – дренаж; 7 – підпірна стінка.

Рисунок 1.4.2 – Поперечні перерізи каналів

Для захисту каналів від розмиву течією влаштовують різні облицювання та покриття: кам’яні, бетонні, залізобетонні, асфальтобетонні, глинобетонні, з полімерних матеріалів.

Трасування каналів виконується із врахуванням топографічних, інженерно-геологічних умов та призначення каналу. Так траси осушувальних каналів вибираються на низьких відмітках місцевості, а зрошувальних каналів, навпаки, на високих відмітках.

Основні розрахунки каналів проводяться для рівномірного та нерівномірно руху.

Найвигідніший переріз каналу в гідравлічному відношенні є такий, що має найбільше значення гідравлічного радіуса. Для трапецієвидних каналів:

$$b / h = 2 (\sqrt{1+m^2} - m) , \qquad (1.4.1)$$

де b - ширина каналу низом;

h - глибина води;

$m=ctg\alpha$ - коефіцієнт закладання укосу.

На практиці співвідношення приймають більшим, ніж розрахункове значення (рис. 1.4.3).

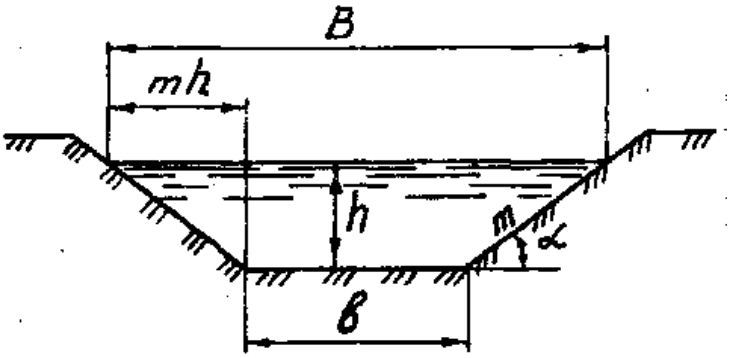


Рисунок 1.4.3 – Параметри живого перерізу трапецієвидних каналів

Середня швидкість води в каналі V_m повинна відповідати умові:

$$V_s \le V_m \le V_{adm} \ , \qquad (1.4.2)$$

де V_s – незамулююча швидкість;

V_{adm} - нерозмивна швидкість [8].

Середня незамулююча швидкість [8]

$$V_s = e\sqrt{R} \ , \qquad (1.4.3)$$

де e - коефіцієнт, що визначається за рекомендацією І.І. Леві [9]:

$$e = 0{,}1\frac{\omega}{\sqrt{d_{ñð}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho}{0{,}01}} \cdot \frac{0{,}0225}{n}, \qquad (1.4.4)$$

де ω – гідравлічна крупність завислих наносів діаметром $d_{ср}$, мм;

ρ - відсоток (за масою) завислих наносів розміром більше 0,25 мм;

n - коефіцієнт шорсткості русла;

R - гідравлічний радіус, м.

Нерозмивна швидкість для каналів, що проходять в незв'язаних ґрунтах, визначається за залежністю Б.І. Студеничникова [8]

$$V_{adm} = 3{,}6\ (h\ d_{cp})^{0.25}\ , \qquad (1.4.5)$$

де h – глибина потоку, м;

d_{cp} - середній діаметр частинок ґрунту ложа каналу, м.

Питома витрата води на фільтрацію визначаються для каналів без екрана в однорідному ґрунті за формулою Костякова [10]

$$q = K\ (b + 2.5\ h\ \sqrt{1+m^2}\ )\ , \qquad (1.4.6)$$

де K – коефіцієнт фільтрації ґрунту; для екранованого каналу при відсутності підпору визначається за залежністю [8]

$$q = K_{â} + \frac{h+e}{e}(b + h\sqrt{1+m^2}), \qquad (1.4.7)$$

де $K_в$ – коефіцієнт фільтрації екрана;

e - товщина екрана.

За господарським призначенням канали поділяють на :

- енергетичні (для підведення води з водосховищ до деривaційних гідроелектростанцій);
- водопровідні (для водопостачання населених пунктів);
- зрошувальні (подають воду на зрошувальні системи);
- обсушувальні (для осушення заболочених територій);
- судноплавні (входять до складу воднотранспортних магістралей);
- рибохідні (для подачі води в нерестилища);
- лісосплавні (для сплаву деревини в місцях розробок).

За способом подачі води канали поділяються на самопливні та машинні, вода в які подається за допомогою насосних станцій.

За капітальністю поділяються на 4 класи капітальності.

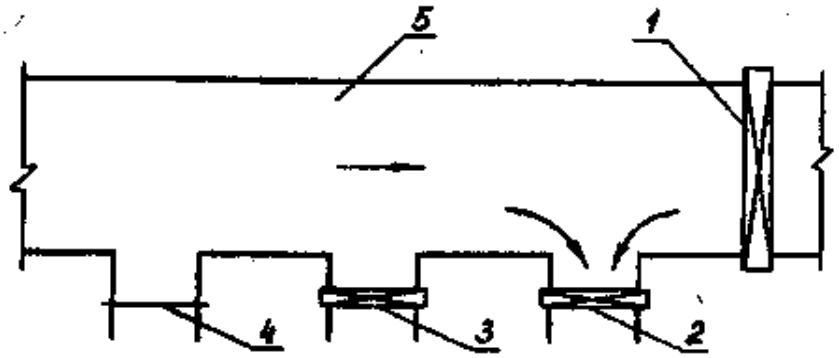
За геологічними умовами поділяють на такі, що проходять в нескельних та скельних ґрунтах.

За характером уклону бувають канали з прямими, зворотними та нульовими уклонами.

2. **Регулюючі споруди** влаштовують для регулювання кількості води, що подається в систему, при необхідності регулювання рівнів води в каналах, для аварійного скидання лишків води. За призначенням регулюючі споруди поділяються на:

- підпірні – для створення підпору та регулювання рівнів води;
- регулятори – водовипуски – для регулювання подачі води в канал;
- водоскидні – для скидання води при переповненні каналів;
- промивні – для недопущення попадання насосів в канал;
- вододільники – для поділення витрати води між декількома каналами.

Регулюючі споруди компонуються на каналах для вирішення декількох задач, утворюючи вузол споруд (рис.1. 4.4).



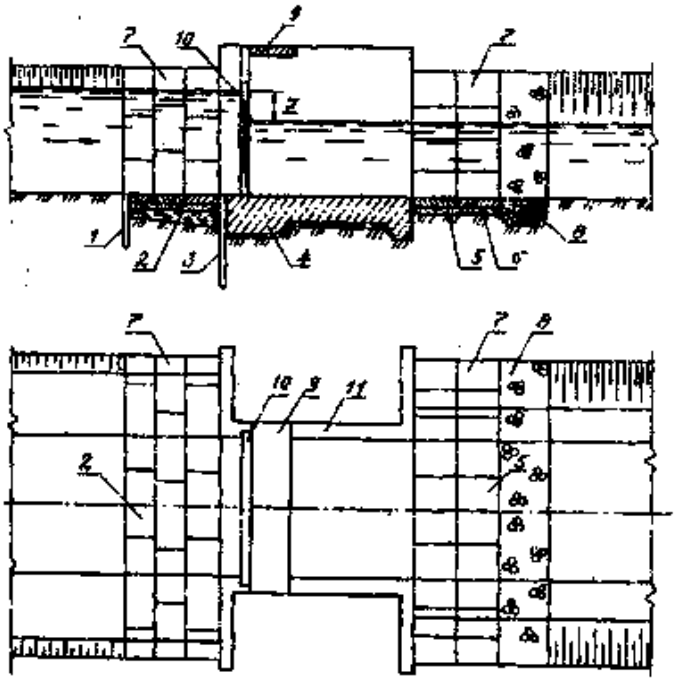
1 – підпірний регулятор; 2 – промивний регулятор; 3 – бічний регулятор-водовипуск; 4 – аварійний скид; 5 – магістральний клапан.

Рисунок 1.4.4 – Схема розміщення споруд на каналі:

Регулятори – це масові споруди на мережі, їх вартість складає 40-60% від вартості всієї системи.

За конструктивними ознаками регулятори поділяють на відкриті та закриті або діафрагмові та трубчасті.

Відкриті регулятори складаються з флютбету, поздовжніх стінок, затворів, підйомних механізмів та мостів. Таким регулятором надається перевага при малих глибинах в каналах та незначних коливаннях рівня верхнього б'єфа; при необхідності пропуску в нижній б'єф плаваючих предметів; коли максимальну витрату необхідно пропустити при незначному гідравлічному перепаді (0,1 м та менше).



1 – понурий шпунт; 2 – понур; 3 – королевий шпунт; 4 – водобій;

5 – рисберма; 6 – зворотний фільтр; 7 – кріплення укосів плитами;

8 – кам’яна призма; 9 – службовий місток; 10 – затвор; 11 – берегові стояки.

Рисунок 1.4.5 – Відкритий регулятор на каналі

До недоліків відкритих регуляторів слід віднести необхідність влаштування службового, іноді і проїжджого мостів.

Вододільники – це відкриті регулятори, які забезпечують поділ води між двома та більше каналами в певних співвідношеннях (рис.1. 4.6).

Розподільні вузли розміщують в місцях розгалуження каналу на декілька менших відвідних каналів (рис.1.4.7).

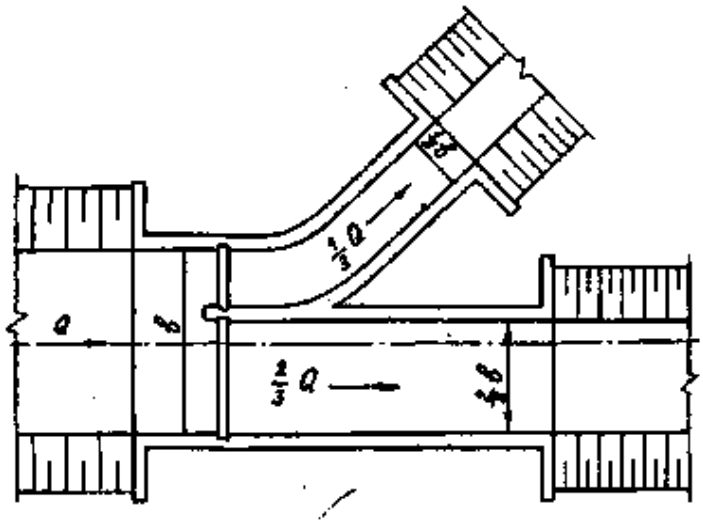
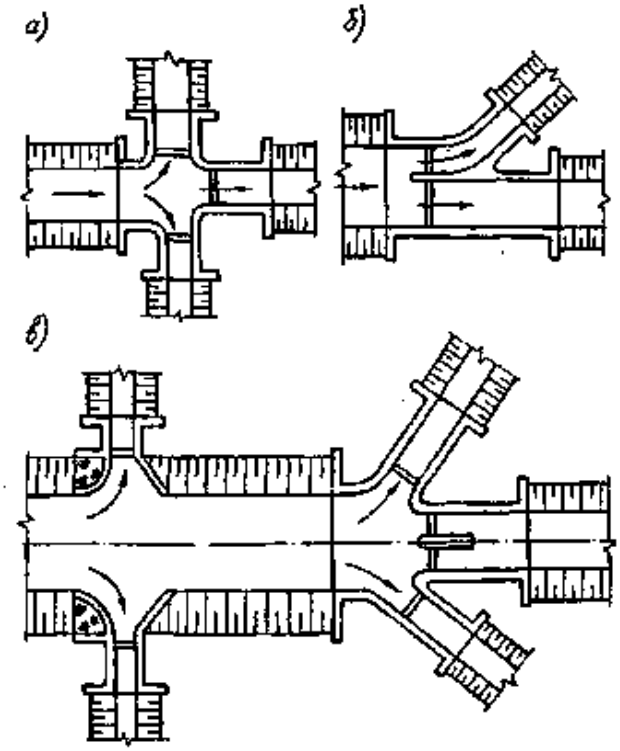


Рисунок 1.4.6 – Схема пропорційного вододільника



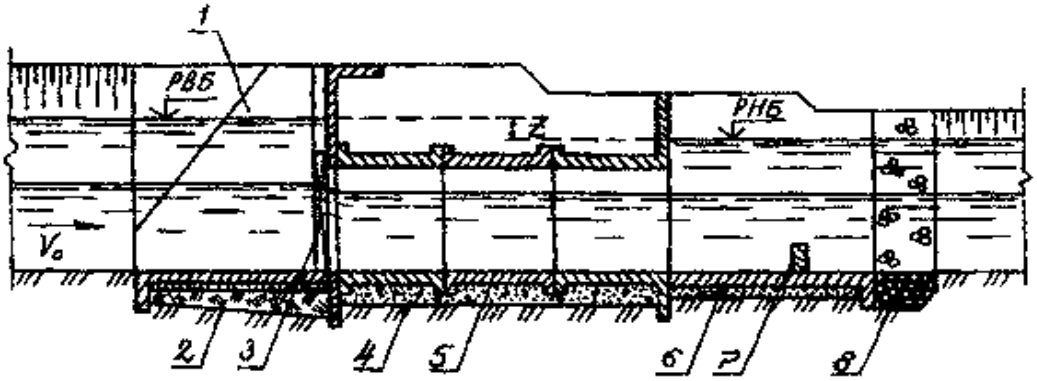
а, б – зближена; в – віддалена.

Рисунок 1.4.7 – Схема компоновки розподільних вузлів:

Трубчасті закриті регулятори складаються з труб, вхідного та вихідного оголовків, затворів, гасителів енергії в нижньому б’єфі. Їх застосовують при проходженні каналу в глибокій виїмці; при коливаннях рівня верхнього б’єфа 0,5м та більше; коли при великих напорах пропускають малі витрати.

До недоліків цих споруд можна віднести складність оглядів та профілактичних ремонтів, зміни гідравлічних режимів. Схема трубчастого

регулятора представлена на рис.1.4.8.



1 – пірнаюча стінка; 2 – понур; 3 – затвор; 4 – підготовка; 5 – ділянка труби;

6 – водобій; 7 – водобійна стінка; 8 – кам’яна призма.

Рисунок 1.4.8 – Трубчастий регулятор

Гідравлічним розрахунком визначаються розміри отворів, труб, умови пропуску витрат, безпечні умови спряження б’єфів. Розглянемо деякі схеми регуляторів на меліоративних системах:

1) схема пропуску витрати через регулятор „водозлив з широким порогом” (рис.1.4.9). Ця схема має місце при повному відкритті отвору регулятора.

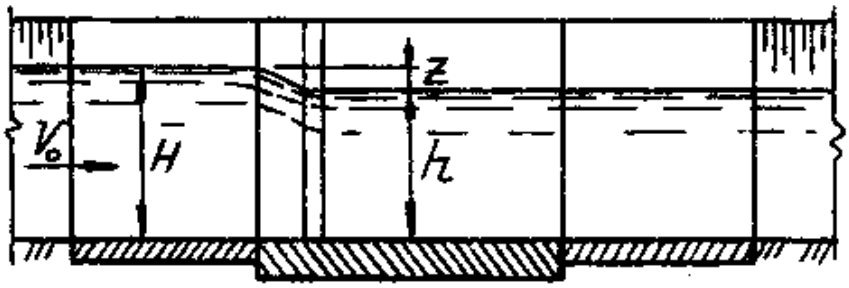


Рисунок 1.4.9 – Витікання через водозлив з широким порогом

Критерій підтоплення визначається за залежністю:

$$n = \frac{h}{H_0}, \qquad (1.4.8)$$

де h – глибина води на порозі регулятора;

H_0 – глибина води перед спорудою.

$$H_0 = H + \frac{\alpha \cdot V_0^2}{2g}, \qquad (1.4.9)$$

де α – коефіцієнт кінетичної енергії;

V_0 – швидкість підходу.

Пропускна спроможність визначається при вільному витіканні за формулою:

$$Q = \varepsilon \cdot m \cdot b\sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}, \qquad (1.4.10)$$

де Q – витрата води;

ε - коефіцієнт бокового стиснення потоку;

m - коефіцієнт витрати;

b - ширина отвору споруди.

2) „Витікання з-під щита”. В процесі експлуатації можливе неповне відкриття щита для пропуску витрат. Пропускна спроможність Q при вільному витіканні (рис. 1.4.10 – 1.4.11) визначається за залежністю:

$$Q = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \varepsilon_{â} \cdot h_{ù} \cdot b\sqrt{2g(Í_{\ 0} - \varepsilon_{â} \cdot h_{ù})}, \qquad (1.4.11)$$

де φ – коефіцієнт швидкості;

$\varepsilon_в$ – коефіцієнт вертикального стиснення;

$h_щ$ – висота підняття щита.

При витіканні через затоплений отвір (рис. 1.4.11):

$$Q = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \varepsilon_{â} \cdot h_{ù} \cdot b\sqrt{2 \cdot g \cdot z_0}, \qquad (1.4.12)$$

де z_0 – різниця рівнів води верхнього та нижнього б’єфів.

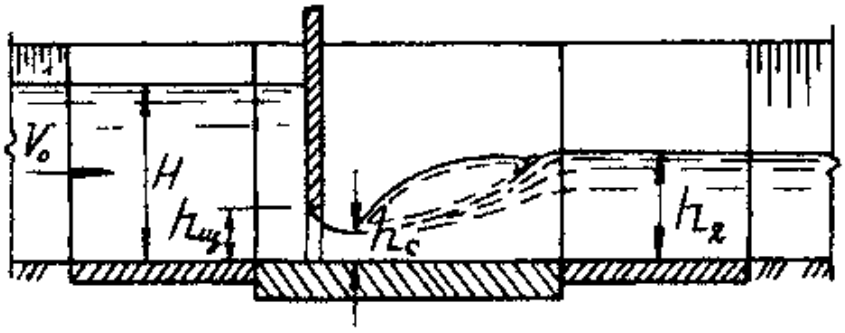


Рисунок 1.4.10 – Вільне витікання з-під щита

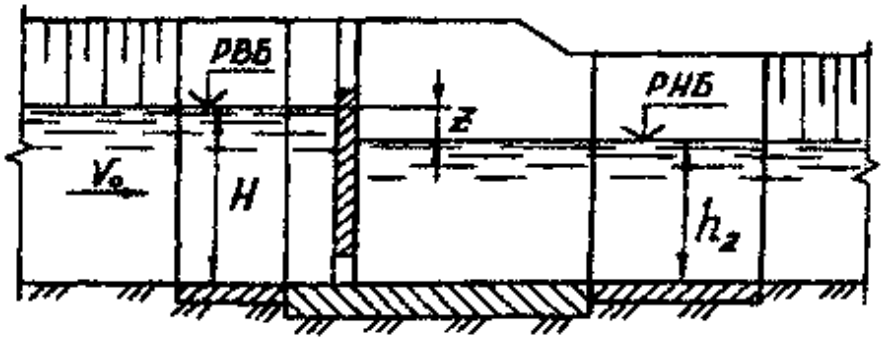


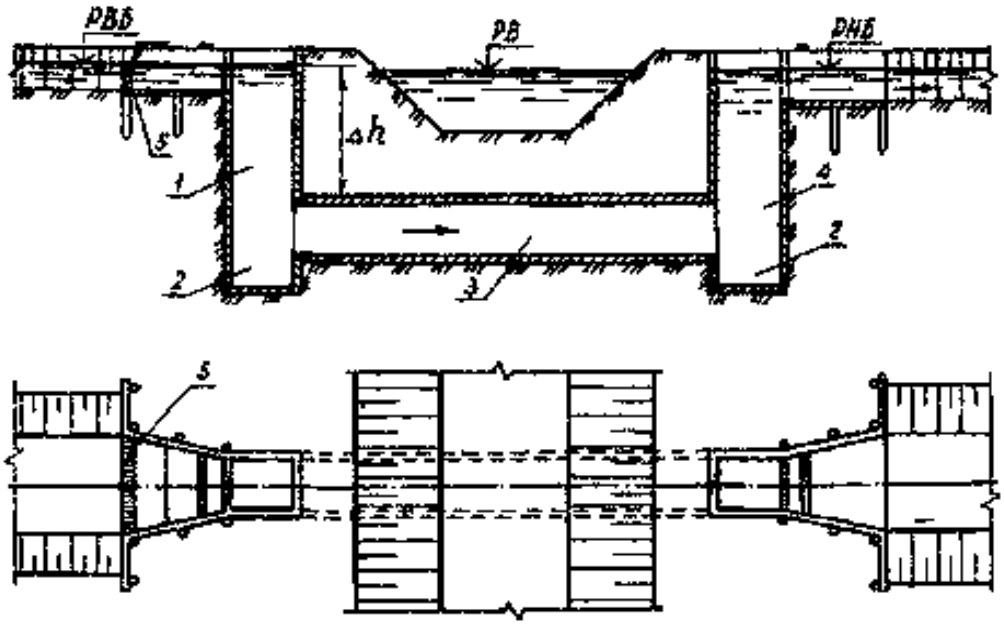
Рисунок 1.4.11 – Затоплене витікання з-під щита

3. Водопровідні споруди влаштовують для подолання перешкод, які зустрічаються на трасах каналу: долин, ярів, балок, пагорбів, косогорів, доріг, каналів. До таких споруд належать дюкери, акведуки, селепроводи, лотоки, трубчасті переходи, тунелі.

Дюкери – це напірні трубопроводи, які влаштовують для подолання перешкод у вигляді рік, доріг, балок, тощо. Вони споруджуються в умовах, коли немає можливості подати воду над перешкодою (відмітки каналу і перешкоди дуже близькі).

В залежності від матеріалу дюкери бувають дерев'яні (витримують тиск до 20 м), бетонні (при напорах до 30...50 м), залізобетонні (тиск до 100 м), металеві. Металеві дюкери через їх велику вартість споруджують при наявності спеціального обґрунтування.

За конструктивними особливостями дюкери поділяють на шахтні або колодязні (рис. 1.4.12) – для пропуску при невеликих напорах малих витрат та дюкери складної конструкції – для великих витрат і напорів (рис. 1.4.13).



1 – вхідний колодязь; 2 – грязьовик; 3 – горизонтальна труба;

4 – вихідний колодязь; 5 – решітка.

Рисунок 1.4.12 – Дюкер колодязного типу

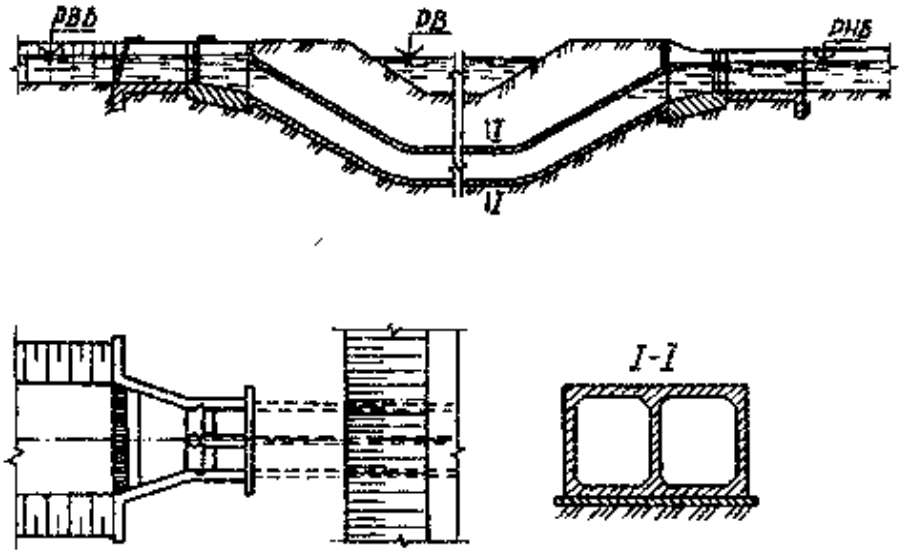


Рисунок 1.4.13 – Залізобетонний двохочковий дюкер

Основними частинами невеликого дюкера є вхідний та вихідний колодязі, а у дюкера складної конструкції – вхідний та вихідний оголовки, анкери і проміжні опори.

Гідравлічні та статичні розрахунки дюкерів

Пропускна спроможність дюкера визначається за формулою:

$$Q = \mu \cdot S \sqrt{2 \cdot g \cdot z_0} \ , \tag{1.4.13}$$

де μ – коефіцієнт витрати труби;

S – площа поперечного перерізу труби;

z_0 – різниця рівнів води верхнього та нижнього б'єфів.

Середня швидкість в трубі приймається в межах 1,5...4,0 м/с, але не менше, ніж швидкість в каналі.

Верхній край труби дюкера повинен бути занурений під мінімальний рівень води в каналі на Δh:

$$\Delta h = \frac{V_{д}^2 - V_{к}^2}{2g} \ , \tag{1.4.14}$$

де $V_д$ – швидкість води в дюкері;

$V_к$ – швидкість води в підвідному каналі.

Акведуки – це водоводи у вигляді моста для пропуску води через перешкоди. Ці споруди влаштовують у випадках, коли відмітка перешкоди значно нижча, ніж рівень води в каналі та відмітки прогінної будови акведука (рис.1.4.14).

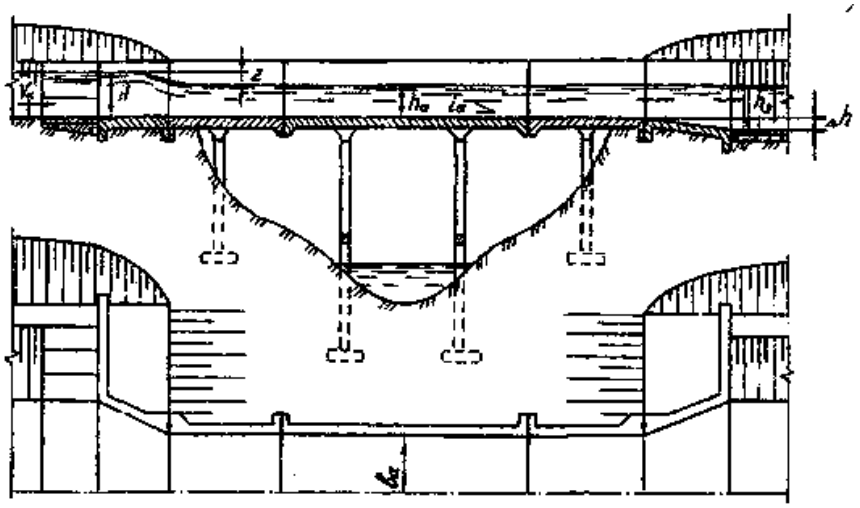


Рисунок 1.4.14 – Залізобетонний акведук

Вхідна та вихідна ділянки акведуків повинні забезпечити плавне спряження споруди з каналом в плані та у вертикальній площині. З метою недопущення підпору води в акведуці та верхньому каналі дно відвідного каналу спрягають за допомогою похилої перехідної ділянки.

Лотоки акведуків бувають прямокутні, параболічні, круглі. Іноді замість лотоків застосовують азбестоцементні труби для пропуску невеликих витрат (до 2м^3/с). Лотоки параболічного та напівкруглого поперечного перерізу найчастіше застосовуються для пропуску витрат до 10 м^3/с.

Гідравлічний розрахунок акведука включає розрахунок вхідної та вихідної ділянок і лотока. Вихідні дані: геометричні розміри каналу, витрата Q_p, швидкість води в каналі $V_к$ і глибина води перед спорудою H. Швидкість води в акведуці V_a=1...2м/с, для недопущення осідання наносів швидкість V_a приймається на 10-20% більшою, ніж швидкість в підвідному каналі.

Перепад рівнів води на вході в акведук приймається z=5...15 см. Глибина води в лотоці акведука

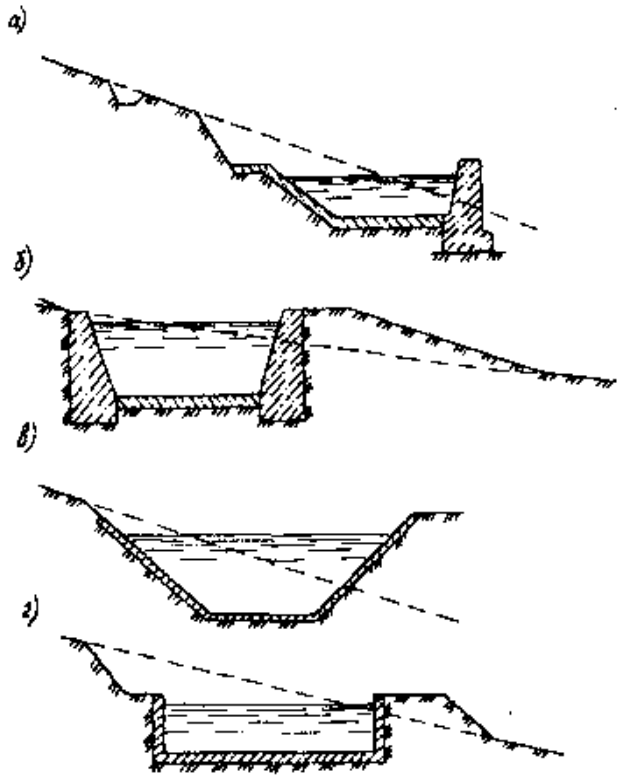
$$h_a = H - z \ . \qquad (1.4.15)$$

Ширина лотока

$$b_a = Q_p / h_a \cdot V_a \ . \qquad (1.4.16)$$

Селепроводи – це лотоки на опорах для пропуску селевих потоків через канали, дороги, ріки. Вхідна частина цих споруд представляє собою розтруб з укріпленими дном та дамбами, вихідна ділянка теж укріплюється та огороджується дамбами. Лоток облицьовується матеріалом з великим опором проти стирання. Ухил споруди приймається більшим, ніж ухил селевого русла.

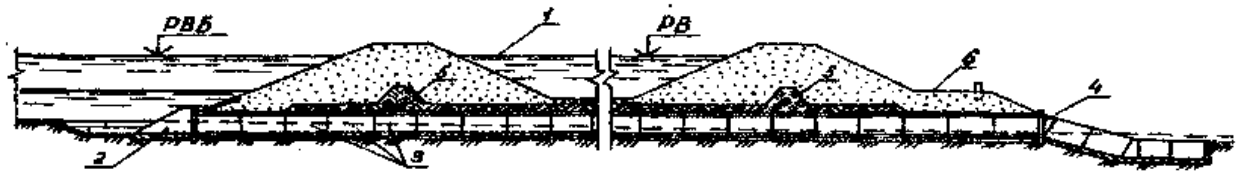
Лотоки – це штучні русла з дерева, бетону, залізобетону, металу, їх розміщують на поверхні землі або на опорах. Лотоки влаштовують на ділянках траси із складним рельєфом, несприятливими геологічними та гідрологічними умовами (рис.1.4.15).



а) складного профілю; б) монолітні; в) з облицюваннями; г) збірно-блочний

Рисунок 1.4.15 – Лотоки на косогорі

Труби-зливопроводи (зливоспуски) служать для пропуску невеликих водотоків під каналами, автомобільними та залізничними шляхами, збудованими з насипу (рис. 1.4.16).



1 – канал; 2 – вхідний оголовок; 3 – ланки труб; 4 – вихідний оголовок;

5 – м’ята глина; 6 – дорога.

Рисунок 1.4.16 – Трубчастий зливопровід

За матеріалом труби можуть бути бетонними, залізобетонними, кам’яними, цегляними, металевими.

Гідротехнічні тунелі – це закриті водоводи, які прокладають в земній корі без виймання ґрунту, що знаходиться над ним. Тунелі будують в гірських умовах, а також при будівництві тимчасових та постійних водоскидів: коли вісь водоводу (каналу) знаходиться на значній глибині від земної поверхні; траса водоводу перетинає крутий схил, на якому можливі зсуви.

Гідравлічні розрахунки тунелів зводяться до визначення максимальної пропускної спроможності, перевірки їх на незамулюваність. В напірних тунелях меліоративного призначення швидкість води приймається 1,5...4,0 м/с, пропускна спроможність визначається за залежністю (1.4.16).

Для безнапірних тунелів швидкість течії приймається 1,5...2,5 м/с, пропускна спроможність визначається за формулою:

$$Q = S \cdot c\sqrt{R \cdot i}\ , \qquad (1.4.17)$$

де S – площа живого перерізу каналу;

C – коефіцієнт Шезі;

R – гідравлічний радіус;

i – ухил поверхні води.

Спрягаючі споруди призначені для з'єднання верхньої та нижньої ділянки каналів при проходженні крутих схилів.

За умовами руху спрягаючі споруди поділяють на три групи:

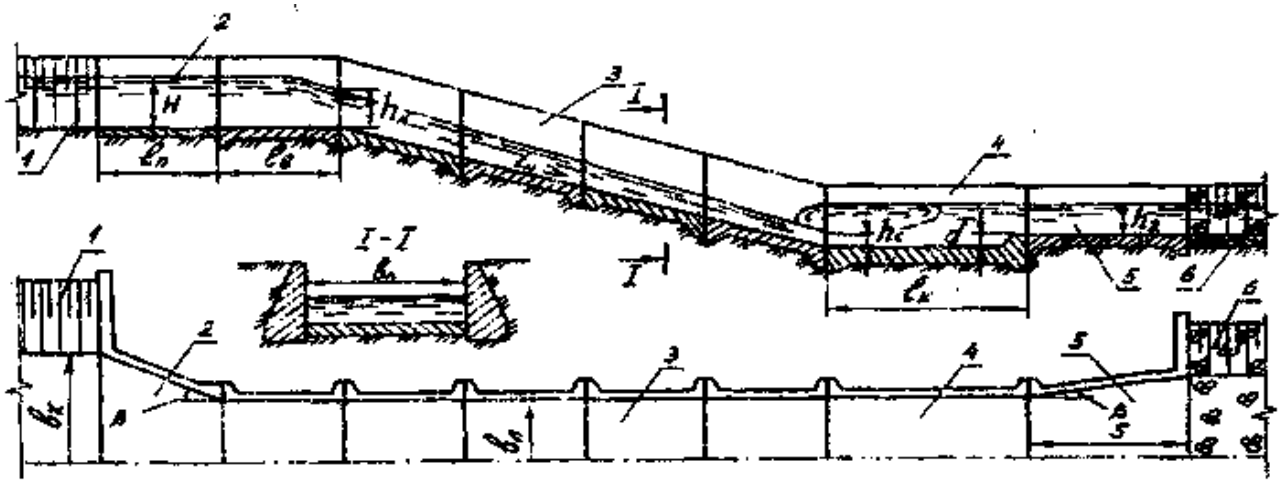
1) швидкотоки і труби, по яких вода безперервно рухається по споруді;

2) східчасті і консольні перепади, по яких вода по частині шляху рухається у безпосередньому контакті із спорудою, а потім падає у повітря;

3) споруди перехідних форм, які включають елементи першої і другої груп (шахтні і трубчасті).

В межах спрягаючої споруди кінетична енергія гаситься різними шляхами: збільшеннями гідравлічного опору на шляху потоку (решітки, водобійні стінки, пороги); відкиданнями струмини від кінцевої частини споруди і утворенням ями розливу, тощо.

Швидкотоки – це спрягаючі лотоки, які мають уклон дна більший за критичний, вода при переході з верхнього каналу в нижній не відокремлюється від споруди (рис. 1.4.17).



1 – підвідний канал; 2 – вхід; 3 – лоток; 4 – гаситель; 5 – вихід;

6 – відвідний канал.

Рисунок 1.4.17 – Бетонний швидкотік

Перепади – це спрягаючі споруди у вигляді східців, що з'єднують безнапірні ділянки на різних рівнях (рис. 4.18).

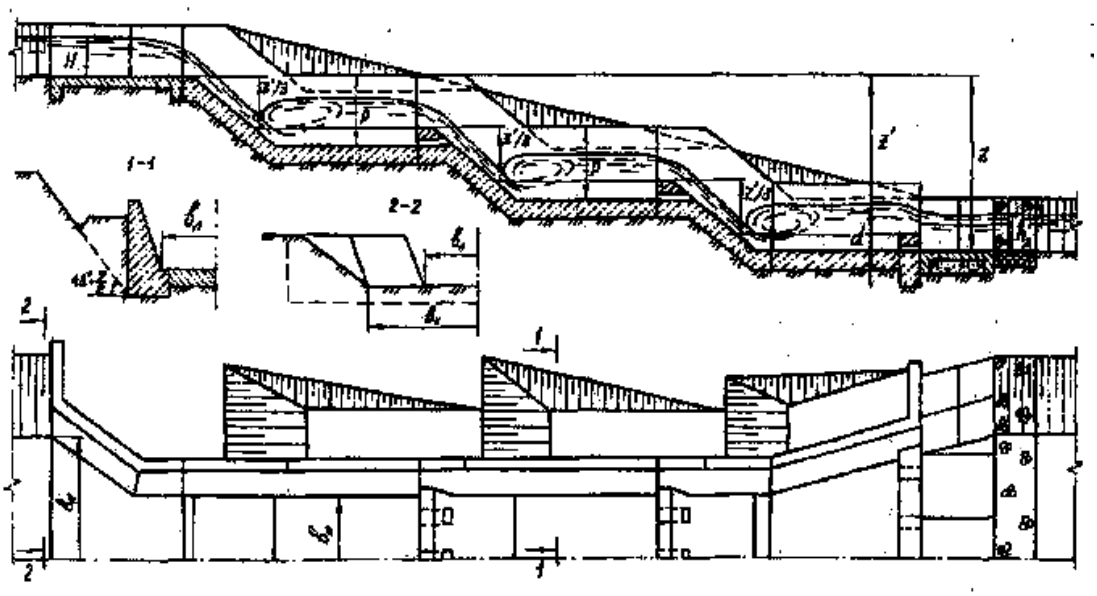


Рисунок 1.4.18 – Багатосхідчастий перепад

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні форми живого перерізу каналів та способи трасування при яких ці форми застосовуються.
2. Який переріз каналу є найвигіднішим у гідравлічному відношенні?
3. Якій умові повинна відповідати швидкість води в каналі?
4. За якими ознаками класифікують канали?

5. При яких умовах застосовуються відкриті регулятори?
6. При яких умовах застосовуються трубчасті закриті регулятори?
7. Які схеми регуляторів на меліоративних системах вам відомі?
8. Які водопровідні споруди вам відомі?