



Тема 1.7.1 Споруди для транспортування води від джерела до об'єкту водопостачання

Мета вивчення теми: усвідомлення сфер застосування споруд для транспортування води, усвідомлення особливостей улаштування каналів для водопостачання; засвоєння принципів розрахунку необхідної кількості перемикачів, розуміння транспортування води в районних системах водопостачання.

План

1.7.1.1 Класифікація споруд для транспортування води та сфери їх застосування.


1.7.1.2 Особливості обладнання каналів для водопостачання.

1.7.1.3 Гравітаційні водоводи.

1.7.1.4 Напірні водоводи і їх конструкція.

1.7.1.5 Розрахунок необхідної кількості перемикачів.

1.7.1.6 Транспортування води в районних системах водопостачання

 **Ключові терміни:** канали; гравітаційні водоводи; напірні водоводи; кількість перемикачів; районні системи водопостачання.

1.7.1.1 Для транспортування води від джерела водопостачання до мережі споживачів застосовуються канали, гравітаційні водоводи, напірні водоводи.

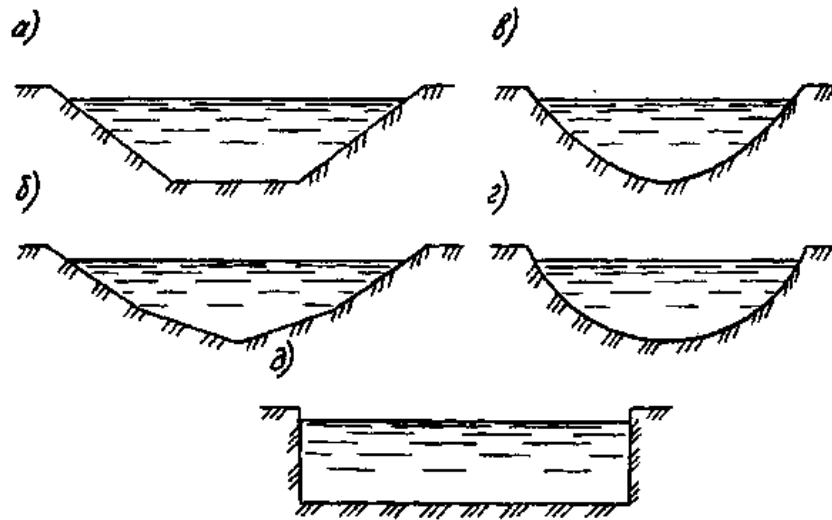
Канали влаштовуються для магістрального транспортування води, якщо необхідно подавати великі витрати води в самопливному режимі.

Гравітаційні водоводи влаштовуються за умови розташування джерела водопостачання вище розташування споживачів.

Напірні водоводи використовуються в більшості випадків для транспортування малих і середніх витрат води і в тих випадках, коли подача води в самопливному режимі неможлива.

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. 1.7.1.1 [17].

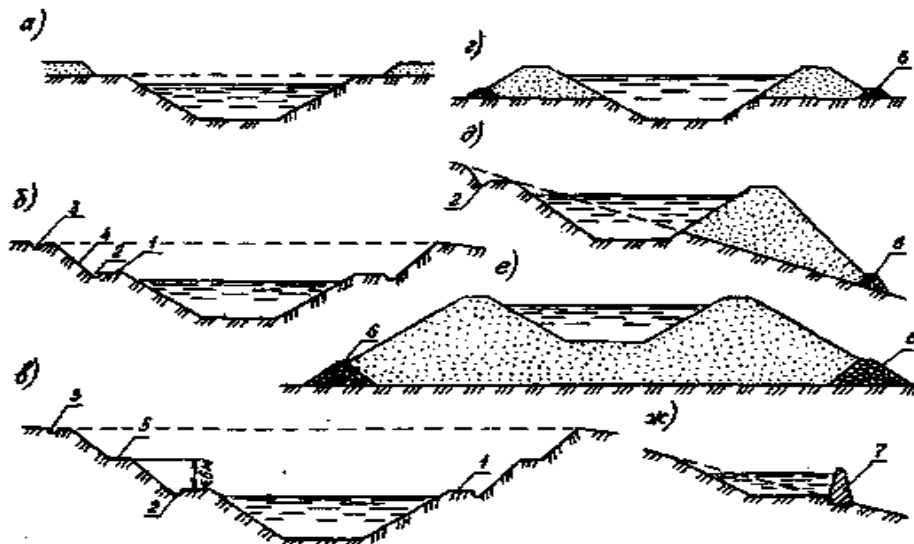


Форми перерізу каналу: а) трапецієвидна; б) полігональна; в) параболічна; г) напівкругла; д) прямокутна

Рисунок 1.7.1.1 – Форми живого перерізу каналів

Досить часто канали проектуються у виїмках, при цьому через кожні 6 м висоти каналу влаштовують непроїжджі берми шириною не менше 1 м (рис. 1.7.1.2 а-в). Трапецієвидний переріз каналу влаштовується при його розміщенні на косогорі (рис. 1.7.1.2 д), при крутих схилах одна сторона каналу виконується у вигляді підпірної стінки (рис. 1.7.1.2 ж). Проектування каналів в насипку (рис. 1.7.1.2 е) є не вигідним рішенням, оскільки в цьому випадку виконується досить значний об'єм земляних робіт.

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 позначках місцевості, а зрошувальних каналів, навпаки, на високих позначках.



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 1.7.1.2 – Поперечні перерізи каналів

Основні розрахунки каналів виконуються для рівномірного та нерівномірно руху.

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

$$b/h = 2(\sqrt{1+m^2} - m), \quad (1.7.1.1)$$

де b – ширина каналу низом;

h – глибина води;

$m = \text{ctg} \alpha$ – коефіцієнт закладання укосу.

На практиці співвідношення приймають більшим, ніж розрахункове значення (рис. 1.7.1.3).

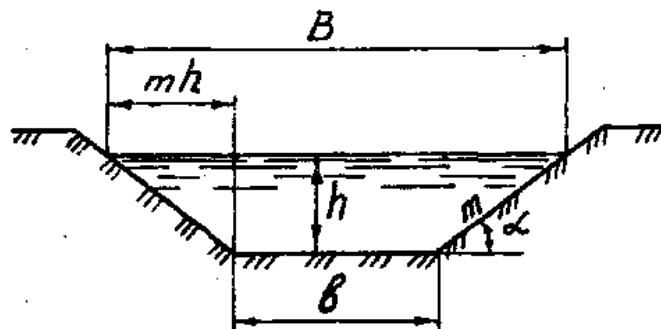


Рисунок 1.7.1.3– Параметри живого перерізу трапецієвидних каналів

Середня швидкість води в каналі V_m повинна відповідати умові:

$$V_s \leq V_m \leq V_{adm}, \quad (1.7.1.2)$$

де V_s – незамулююча швидкість;

V_{adm} – нерозмивна швидкість [23].

Середня незамулююча швидкість [23]

$$V_s = e \sqrt{R}, \quad (1.7.1.3)$$

де e – коефіцієнт, що визначається за рекомендацією І.І. Леві [33]:

$$e = 0,1 \frac{\omega}{\sqrt{d_{\text{нб}}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho}{0,01}} \cdot \frac{0,0225}{n}, \quad (1.7.1.4)$$

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

ρ – відсоток (за масою) завислих наносів розміром більше, ніж 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 [23]

$$V_{adm} = 3,6 (h d_{cp})^{0.25}, \quad (1.7.1.5)$$

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 [17, 23]

$$q = K (b + 2.5 h \sqrt{1+m^2}), \quad (1.7.1.6)$$

де K – коефіцієнт фільтрації ґрунту; для екранованого каналу при відсутності підпору визначається за залежністю [17].

Тоді формулу (1.7.1.6) можна записати у вигляді

$$q = K_a + \frac{h+e}{e} (b + h \sqrt{1+m^2}), \quad (1.7.1.7)$$

де K_a – коефіцієнт фільтрації екрана;

e – товщина екрана.

За господарським призначенням канали поділяють на наступні види [17]:

- енергетичні (для підведення води з водосховищ до дериваційних гідроелектростанцій);
- водопровідні (для водопостачання населених пунктів);
- зрошувальні (подають воду на зрошувальні системи);
- обсушувальні (для осушення заболочених територій);

- судноплавні (входять до складу водотранспортних магістралей);
- рибохідні (для подачі води в нерестилища);
- лісосплавні (для сплаву деревини в місцях розробок).

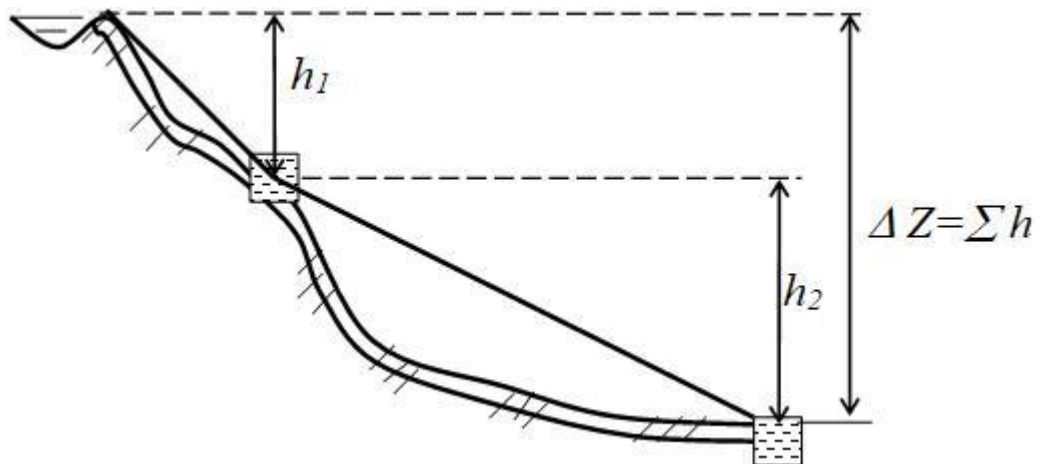
За способом подачі води канали поділяються на самопливні та машинні, вода в які подається за допомогою насосних станцій.

За капітальністю канали поділяються на 4 класи капітальності.

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

За характером ухилу бувають канали з прямими, зворотними та нульовими ухилами.

1.7.1.2 Якщо місцевість має сильно перетятий рельєф та значний перепад геодезичних позначок джерела і споживачів, то використання безнапірних каналів ускладнюється. В цьому випадку більш раціональним буде використання напірних гравітаційних водоводів. Такі водоводи прокладаються за умовами прокладання напірних трубопроводів. Для будівництва гравітаційних водоводів застосовуються напірні залізобетонні труби. При великих перепадах позначок місцевості для зменшення тиску в трубах на трасі влаштовуються розвантажувальні резервуари (рис.1.7.1.4). Крім того, ці резервуари створюють запас води на випадок аварії.



h_1, h_2 – втрати напору для різних зон водопровідної мережі; Σh – сумарні втрати напору

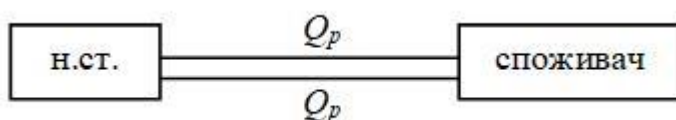
Рисунок 1.7.1.4 – Зниження напору за допомогою розвантажувальних резервуарів

1.7.1.3 Найбільш універсальним методом магістрального транспортування води являється використання напірних водоводів. Враховуючи, що водоводами подається вся витрата водопровідної мережі, дуже велике значення має їх надійність, яка досягається застосуванням наступних конструктивних рішень:

- використанням міцних і надійних матеріалів (сталь, чавун, залізобетон);

- дублюванням водоводів;
- прокладанням водоводу в одну лінію, але з влаштуванням в кінці його запасних резервуарів з насосними станціями;
- прокладанням водоводів в кілька ліній, які з'єднуються перемичками.

1.7.1.4 Використання надійних труб не дає гарантії, що вони не вийдуть з ладу. Для попередження аварійних ситуацій під час транспортування води застосовують дублювання водоводів (рис. 1.7.1.5). При дублюванні кожен водовід розраховується на повну витрату.



Н.ст – насосна станція; Q_p – розрахункова витрата води.

Рисунок 1.7.1.5 – Схема дубльованих водоводів

Якщо один водовід виходить з ладу, то другий пропускає повну витрату, і якість водопостачання не знижується. Наприклад, подібні системи водопостачання проектується для використання у доменному виробництві.

При значній протяжності водоводів замість дублювання може бути використана схема з одним водоводом і резервуаром та насосною станцією, як показано на рис. 1.7.1.6.

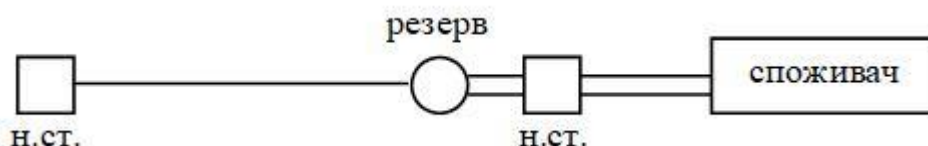
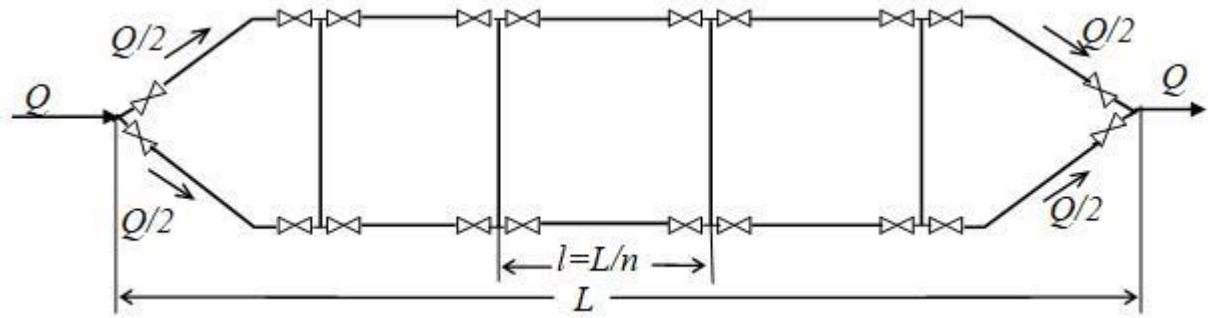


Рисунок 1.7.1.6 – Схема подачі води із запасними резервуарами на водоводах

Надійність такої системи визначається тим, що під час ліквідації аварії на водоводі споживачу подається вода з резервуару за допомогою насосної станції. При наявності води в резервуарі якість водозабезпечення споживачів залишиться незмінною. Недоліком застосування розглянутої схеми є необхідність влаштування додаткової насосної станції, що ускладнює експлуатацію системи.

1.7.1.5 Можна забезпечити надійність подачі водоводами іншим чином. Так при улаштуванні двох водоводів, кожний з яких розрахований на половину загальної витрати, при виникненні аварійної ситуації на одному з них другий буде подавати деяку кількість води. На величину витрати води, яка надходить до споживачів під час аварійної ситуації, буде чинити вплив збільшення опору водоводу. Зменшити вплив пошкодженої ділянки

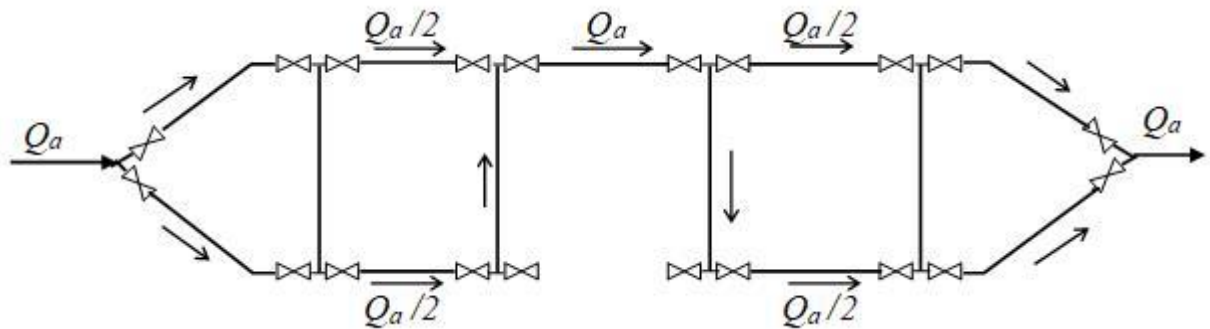
водоводу можна, якщо на ньому передбачити перемикання. При цьому водовід буде мати вигляд, як показано на рис. 1.7.1.7.



L – довжина ділянки, яка дублюється

Рисунок 1.7.1.7 – Схема подачі води водоводами з перемиканнями при нормальній роботі

На рис. 1.7.1.8 показана розрахункова схема водоводів під час аварійної ситуації.



Q_a – витрата води, яка подається під час аварійної ситуації

Рисунок 1.7.1.8 – Схема подачі води водоводами з перемиканнями при аварії

Нехай водовід складається з двох паралельних ліній довжиною L кожна, які з'єднані перемичками через відстані l . М

$$l = L / n, \quad (1.7.1.8)$$

де n – кількість ділянок водоводу.

Позначимо опір однієї ділянки через s . Тоді опір одного водоводу буде

$$S = s \times n. \quad (1.7.1.9)$$

Втрати напору кожної лінії при нормальній роботі однакові і дорівнюють

$$h = (s \times n)(Q/2)^2 = (s \times n/4)Q^2 = S \times Q^2. \quad (1.7.1.10)$$

При аварії на одній з ділянок по кожній з $(n-1)$ ділянок буде проходити витрата $Q_a/2$, а по одній ділянці – витрата Q_a .

Нехтуючи відносно невеликою величиною втрат напору в перемичках, визначимо величину повної втрати напору в системі водоводів при аварії:

$$h_a = s \times (n-1) Q_a^2 / 4 + s \times Q_a^2 = (s \times (n+3) / 4) Q_a^2 = S_a \times Q_a^2 \quad (1.7.1.11)$$

Формула (1.7.1.11) показує, що під час аварійної ситуації збільшується опір ділянки, але це збільшення буде тим меншим, чим більша величина n , тобто чим більша кількість перемикань. Опір ділянки під час аварії S_a можна визначити з урахуванням опору при нормальній роботі водоводів S

$$S_a = \alpha \times S, \quad (1.7.1.12)$$

або

$$s \times (n+3) / 4 = (s \times n / 4) \alpha. \quad (1.7.1.13)$$

Звідки

$$\alpha = (n+3) / n. \quad (1.7.1.14)$$

Якщо число водоводів буде більше двох, то

$$\alpha = 1 + \frac{2m-1}{n(m-1)^2}, \quad (1.7.1.15)$$

де m – число водоводів;

n – число ділянок водоводу.

Для заданої величини допустимого зниження подачі води водоводами можна визначити потрібне число перемикань.

Для господарсько-питних систем водопостачання будівельні норми [7] вимагають, щоб при аварії на водоводах кожний із них подавав не менше 70% від розрахункової витрати на господарсько-питні потреби або витрату води, на потреби промислових підприємств за аварійним графіком.

Аналогічний розрахунок можна виконати для гравітаційних систем водопостачання. Втрати напору при нормальній роботі таких водоводів будуть складати

$$H = S \times Q^2. \quad (1.7.1.16)$$

При аварії

$$H = S_a \times Q_a^2. \quad (1.7.1.17)$$

Тоді

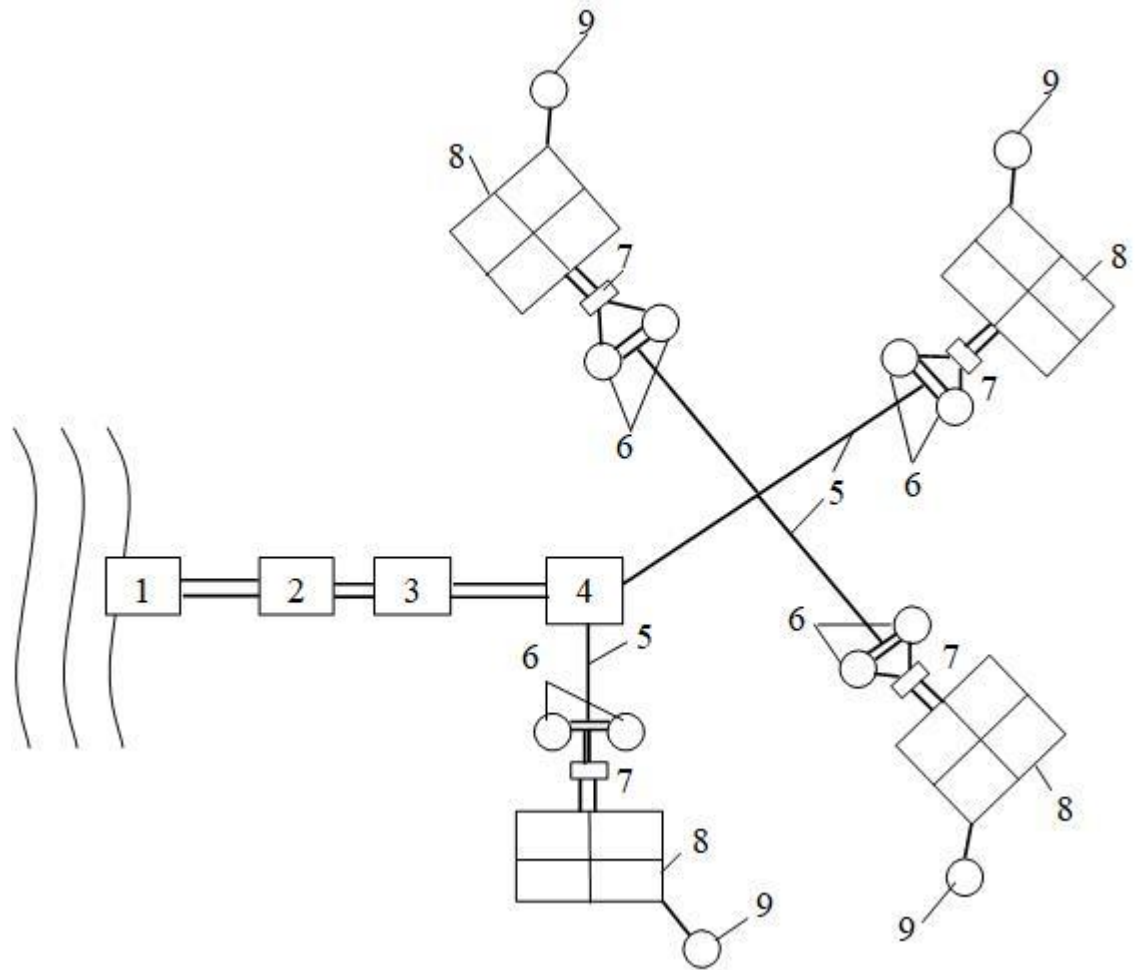
$$S \times Q^2 = S_a \times Q_a^2. \quad (1.7.1.18)$$

Звідки

$$Q_a = \sqrt{S / S_a} Q. \quad (1.7.1.19)$$

1.7.1.6 В районних системах водопостачання магістральне транспортування води набуває особливого значення. Це пояснюється значною віддаленістю джерел водопостачання від споживачів. За таких умов головні споруди (водозабір, очисні споруди) постачають воду багатьом

містечкам і населеним пунктам, які дуже віддалені один від одного. Схема системи районного водопостачання показана на рис. 1.7.1.9.



1 – водозабір з насосною станцією I підйому; 2 – очисні споруди; 3 – резервуари чистої води; 4 – насосна станція II підйому; 5 – магістральні водоводи; 6 – запасні резервуари; 7 – насосні станції III підйому; 8 – водопровідні мережі; 9 – водонапірні вежі

Рисунок 1.7.1.9 – Схема магістрального транспорту води в районних системах водопостачання

В районних системах для магістрального транспортування води застосовуються водоводи в одну лінію з запасними резервуарами і насосними станціями в населених пунктах

? Питання для самоконтролю

1. Які особливості проектування каналів для транспортування води?
2. За яких умов проектують гравітаційні водоводи?
3. Яким чином попереджаються аварійні ситуації під час транспортування води?
4. Як визначити кількість перемикань на водоводах?

5. Які особливості транспортування води в районних системах водопостачання?