

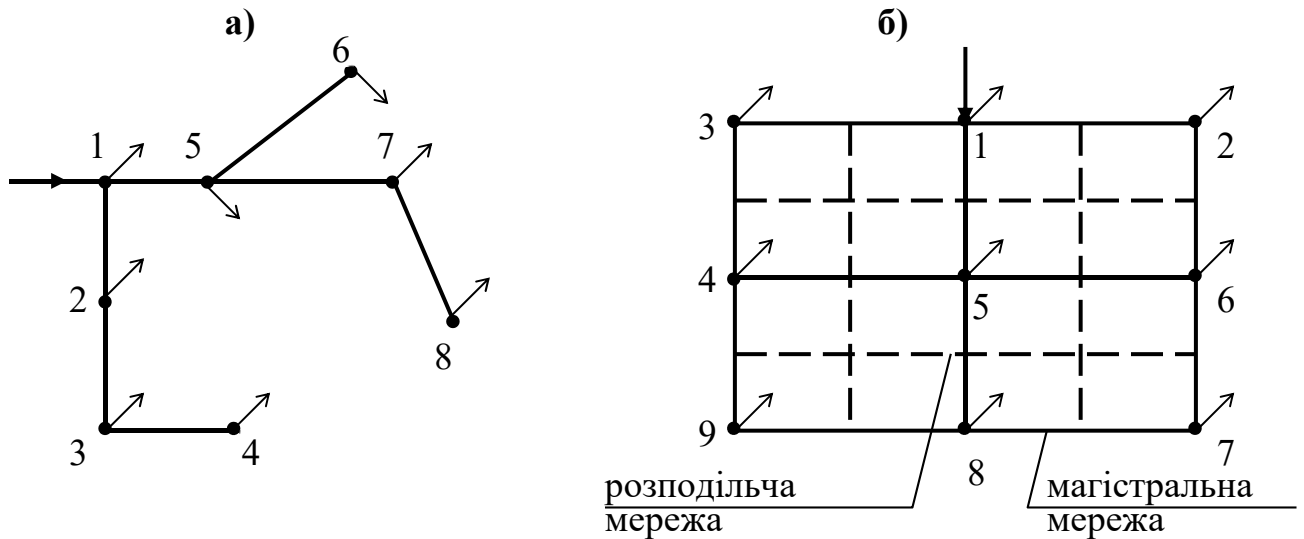
## Зовнішні водопровідні мережі

1. Види водопровідних мереж.
2. Трасування водопровідної мережі.
3. Визначення глибини закладення труб.
4. Схема відбору води з мережі та визначення розрахункових витрат.
5. Особливості гідравлічного розрахунку тупикових мереж.
6. Гідравлічний розрахунок кільцевих мереж.
7. Методи вв'язування водопровідних мереж.

По накресленню в плані водогінні мережі діляться на:

- тупикові або розгалужені (рис.10, а);
- кільцеві (рис.10, б);
- змішані або комбіновані.

Рисунок 10 - Основні схеми водопровідних мереж



Тупикова мережа дешевша, але вона менш надійна в порівнянні з кільцевою. Кільцева мережа більше надійна не тільки через можливість подачі води до точок відбору по декількох напрямках, але і через їхню більшу стійкість стосовно гідрударів.

Тупикові водогінні мережі допускаються прокладати в наступних випадках:

- при подачі води на виробничі потреби, якщо допустима перерва в подачі води;
- при подачі води на господарсько-питні цілі, якщо діаметр трубопроводу не перевищує 100 мм;
- при подачі води на протипожежні або на господарсько-протипожежні потреби незалежно від витрати води на пожежогасіння, якщо довжина ліній не перевищує 200 м.

Місто звичайно має єдину водопровідну мережу.

Водопровідні мережі можуть бути *магістральними* і *розподільними*. Магістральні мережі забезпечують розподіл основних потоків по території міста, а розподільні мережі подають воду до кожного споживача.

Крім водопровідних мереж, по території міста можуть також проходити водоводи, які забезпечують магістральний транспорт води в певні точки міста. Одним з основних завдань, які доводиться вирішувати при проектуванні системи водопостачання міста, є раціональне трасування водопровідної мережі, тобто накреслення мереж у плані. При трасуванні вирішується завдання ув'язування напрямку прокладки їх з розміром і плануванням території. Обрис у плані будь-якої мережі залежить в основному від наступних факторів:

- конфігурації території, якій постачається вода;
- планування об'єкта (розташування вулиць, проїздів, парків, рік і т.п.);
- місць розташування на плані найбільш великих споживачів води;
- рельєфу місцевості;
- місць розташування використовуваних джерел водопостачання;
- наявності та розташування природних і штучних перешкод.

Звичайно трасується магістральна мережа. Основний напрямок ліній магістральної мережі повинен відповідати витягнутій території міста. По головному напрямку варто прокладати кілька магістральних ліній, включених паралельно, які забезпечують необхідну надійність системи водопостачання.

Магістральні лінії прокладаються на відстані 300...800 м одна від одної і з'єднуються перемичками з такою же відстанню між ними. Мережу магістральних ліній варто прокладати рівномірно по всій території міста, щоб вона охоплювала всіх найбільш великих споживачів (промислові

підприємства, підприємства комунального обслуговування і т.п.). У точках віддачі води підприємствам або різним резервуарам повинна бути передбачена подача води не менш, ніж по двох лініях.

При виборі трас магістральних ліній необхідно враховувати ряд міркувань будівельного та експлуатаційного характеру й погоджувати траси з розміщенням інших мереж і споруд підземного господарства міста.

Для невеликих селищ розподіл ділянок мереж на магістральні й розподільні мережі не робиться. Розподільні мережі не розраховуються, а проектується конструктивно (звичайно вони проходять по всіх вулицях).

На території промпідприємства може бути кілька водопровідних мереж: мережа *господарсько-питна*, мережа *виробнича*, мережа *протипожежна*. Залежно від вимог цехів до якості води і до напорів мережі можуть бути *роздільними* або *єдиними*. По накресленню в плані залежно від вимог надійності мережі можуть бути як *тупиковими*, так і *кільцевими*. При дуже високих вимогах до надійності мережі можуть бути *дубльованими*. Наприклад, системи водопостачання *домни*.

В ряді випадків на великих промислових підприємствах важко встановити межу між зовнішнім і внутрішнім водопроводом. Мережі виробничих водопроводів поза і усередині великих цехів часто являють собою єдине ціле відносно їх трасування й розрахунку.

Водопровідні мережі, як правило, прокладаються в землі, хоча за певних умов можуть прокладатися і вище поверхні землі. Однак у всякому випадку разі вода не повинна нагріватися або замерзати. Для визначення глибини закладення труб необхідно знати розрахункову **глибину промерзання  $h_p$** , яка встановлюється на підставі багаторічних спостережень за фактичною глибиною промерзання в саму холодну та малосніжну зиму. При виборі глибини укладання труб приймається до уваги досвід експлуатації трубопроводів у даному районі, а також можливі зміни глибини промерзання, що спостерігалася раніше, промерзання в результаті намічуваних змін у стані території (видалення сніжного покриву, удосконалення бруківок і т.п.). При відсутності цих даних глибина промерзання визначається теплотехнічними розрахунками.

Для мереж, що мають змінний режим роботи й невеликі діаметри, теплотехнічні розрахунки не проводяться. **Глибина закладення труби** (до

низу)  $h_{зак}$ , приймається на  $0,5$  м більше розрахункової глибини проникнення нульової температури  $h_n$  на  $t=0^{\circ}C$ .

$$h_{зак} = h_n + 0,5 \text{ м.}$$

Якщо в трубі транспортується вода з температурою вище  $3^{\circ}C$ , то глибину закладення можна зменшити.

Мінімальна глибина закладення трубопроводів, з метою захисту води від нагрівання, приймається не менш  $0,5$  м до верху труби. У всіх випадках укладання трубопроводів у зоні промерзання ґрунту повинні прийматися заходи щодо виключення замерзання арматури, яка встановлюється на трубах, а також помітного зниження пропускної здатності трубопроводів у результаті обмерзання внутрішніх поверхонь труб. При прокладці трубопроводів у зоні промерзання матеріал труб і елементів стикових з'єднань повинен задовольняти вимогам морозовитривалості.

Основні характеристики водопровідної мережі (діаметри ділянок, витрати води і втрати напору в них, арматура на мережі та ін.) визначаються на основі її розрахунку. Процес проектування водопровідних мереж може бути розділений на три етапи:

#### 1. Підготовка мережі до гідравлічного розрахунку

Цей етап зводиться до вибору виду мереж, трасування водоводів і мереж і складання їхньої розрахункової схеми, виявлення зосереджених витрат, визначення розрахункових витрат ділянок і їхніх діаметрів.

#### 2. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі

У результаті розрахунку виконується ув'язування мережі, визначаються втрати напору на ділянках і вільні напори в різних вузлах мережі, визначаються витратно-напірні характеристики насосів, будуються п'єзометричні графіки.

#### 3. Конструювання та деталювання водоводів і мережі

Цей етап зводиться до визначення та вибору необхідної арматури для мережі, проектування вузлів і визначення розмірів колодязів і інших споруд на мережі.

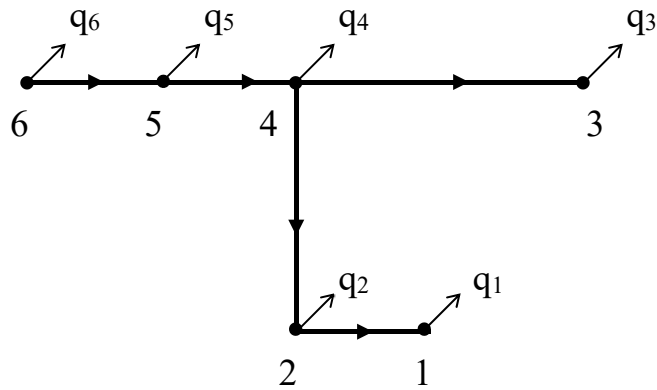


Рисунок 11 - Схема розбору води з тупикової мережі

Основою для визначення діаметрів ділянок є їхні розрахункові витрати. Якщо відомі витрати в вузлах відбору з мережі, то витрати на ділянках визначаються відносно просто. У кожному вузлі сумарна витрата, що приходить у вузол, повинна рівнятися сумарній витраті, що відбирається з вузла. Тоді, для мережі, наведеної на рис. 11, витрати на ділянках будуть рівні:

$$q_{1-2} = q_1; \quad q_{2-4} = q_2 + q_{1-2} = q_1 + q_2; \quad q_{3-4} = q_3; \quad \sum q_i$$

$$q_{5-4} = q_4 + q_{3-4} + q_{2-4} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4; \quad q_{5-6} = 1$$

Виходячи з розрахункових витрат, визначаються діаметри ділянок і втрати напору в них за формулою:

$$h = S_0 l q^2 = S q^2,$$

де  $S_0$  – питомий опір труби, що визначається залежно від її діаметра,

$S$  – повний опір ділянки,

$l$  – довжина ділянки,

$q$  – витрата води по ділянці.

У кінцевих вузлах п'єзометричні позначки визначаються за формулою:

$$P_k = H_{в.к.} + Z_k,$$

де  $Z_k$  – позначка поверхні землі  $k$ -ої точки,

$H_{св.к.}$  - необхідний вільний напір у  $k$ -ій точці.

П'єзометрична позначка в сусідній  $i$ -ій точці дорівнює:

$$P_i = P_k + h_{i-k},$$

де  $h_{i-k}$  – втрати напору на ділянці  $i-k$ ,

а вільний напір в  $i$ -ій точці буде

$$H_{в.і.} = P_i - Z_i.$$

Таким чином, у розгалуженій мережі визначення втрат напору на ділянках і вільних напорів у вузлах не визивають труднощів.

Складніше стоїть справа в кільцевій мережі. У кільцевій мережі можна намітити безліч варіантів розподілу витрат по ділянках мережі. Це пов'язане з тим, що вода до кожної ділянки може надходити різними шляхами.

Тому при розрахунку кільцевих мереж невідомими будуть діаметри і витрати ділянок, що в 2 рази збільшує кількість невідомих. Для знаходження всіх невідомих необхідно скласти кількість рівнянь, яка дорівнює подвоєній кількості ділянок. Щоб скласти ці рівняння використовують закони гідравліки, які описуються рівняннями, аналогічними законам Кірхгофа в електричних мережах:

- з нерозривності суцільності потоку сума витрат, що приходять до будь-якого вузла, дорівнює сумі лінійних витрат, що виходять із цього ж вузла, тобто:

$$\sum q_{вуз.} = 0; \quad (I)$$

- з умови гідродинамічної рівноваги в кожному замкнутому контурі мережі сума втрат напору на ділянках, де рух води відбувається за годинниковою стрілкою, дорівнює сумі втрат напору на ділянках, на яких вода рухається проти годинникової стрілки, тобто

$$\sum h_{вуз.} = 0. \quad (II)$$

По першій умові можна скласти  $m-1$  ( $m$  - кількість вузлів) рівнянь, по другій умові –  $n$  рівнянь.

Загальна кількість рівнянь, яку можна скласти при розрахунку кільцевої мережі, дорівнює  $m+n-1=p$  (така рівність була доведена теоремою Ейлера про співвідношення числа граней, вершин і ребер опуклих багатогранників). Загальна кількість невідомих у кільцевій мережі дорівнює  $2p$ . Таким чином не вистачає половини рівнянь для строгого рішення задачі. Тому задача вирішується методом послідовного наближення. Для цього доводиться задаватися половиною невідомих. Однак при цьому не дотримується або умова I або II. Щоб задовольнити цим умовам, необхідно перерозподілити попередньо намічені невідомі. Це доводиться робити кілька разів, поки необхідні умови не будуть дотримані. Тому що це робота трудомістка, то рядом авторів запропоновані способи такого коректування, які одержали назву методів «ув'язування». З таких способів слід зазначити наступні методи:

- метод Лобачова-Кросса,
- метод М.М. Андріяшева,
- метод В.П. Сіроткіна,
- метод А.Е. Белана та ін.

Всі методи ув'язування спрямовані на те, щоб так перерозподілити витрати по ділянках, що для кожного кільця буде виконуватись умова  $\sum h_k = 0$ . Це доводиться робити, тому що спочатку витрати по ділянках призначаються розраховувачем з дотриманням тільки умови  $\sum q_k = 0$ . Робиться це введенням до попередньо намічених витрат виправлювальних витрат, величина яких залежать від того, наскільки алгебраїчна сума витрат напору в кільці відрізняється від нуля. Різні методи відрізняються способом визначення виправлювальних витрат, способом їхнього обліку та способами оформлення проміжних і кінцевих результатів. У принципі незалежно від того, чи була мережа ув'язана чи ні з пуском у неї води ув'язування відбудеться автоматично відповідно до законів гідравліки.

Якщо ув'язування мережі відбувається автоматично, тоді навіщо ж її ув'язувати? Ув'язування необхідне, щоб знати точні втрати напору на ділянках мережі, від яких залежать вільні напори у вузлових точках і напірні характеристики насосів насосної станції II підйому та напірних резервуарів.

Знати вузлові напори необхідно для того, щоб бути впевненим у тім, що він буде достатнім для подачі води на верхні поверхи будинків. П'єзометричні позначки у вузлах визначаються, виходячи із втрат напору на ділянках. Значення п'єзометричної позначки башти дозволяє визначити її висоту, а значення п'єзометричної позначки в точці підключення водоводів - напір насосів насосної станції II підйому.

$$H_{\delta} = \Pi_n + h_{n-\delta} - z_{\delta} ,$$

$$H_n = \Pi_l + h_{l-n} - z_n ,$$

де  $H_{\delta}$  – висота башти,

$z_{\delta}$  – позначка поверхні землі у башти,

$H_n$  – напір насосів,

$z_n$  – позначка вісі насосів,

$\Pi_n$  – п'єзометрична позначка у вузлі підключення водоводів від башти до мережі,

$\Pi_l$  – п'єзометрична позначка у вузлі підключення водоводів від насосної станції до мережі,

$h_{n-\delta}$  і  $h_{l-n}$  – втрати у водоводах.



