

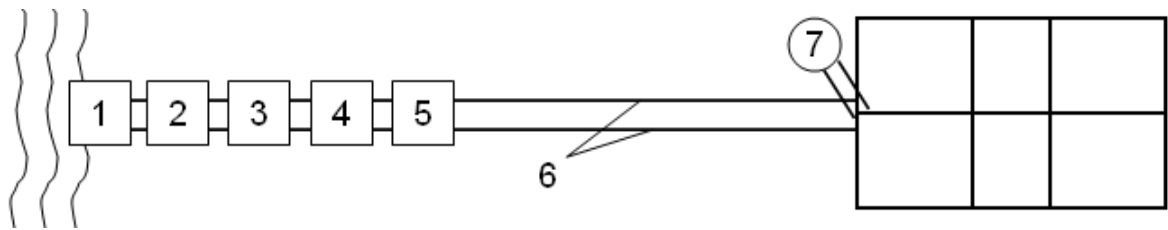
## Тема 1. Система водопостачання як комплекс взаємозалежних споруд

1. Система водопостачання господарсько-питних водопроводів міст і промислових підприємств.

2. Вплив природно-ландшафтних умов на структуру системи водопостачання.

3. Особливості п'єзометричних ліній систем водопостачання.

1. Для розв'язування задач постачання господарсько-питною водою населених місць і промислових підприємств використовуються класичні схеми системи водопостачання, які наведено на рис. 1 і 2.



1 – водозабірні споруди;

5 – насосна станція II підйому;

2 – насосна станція I підйому;

6 – водогони;

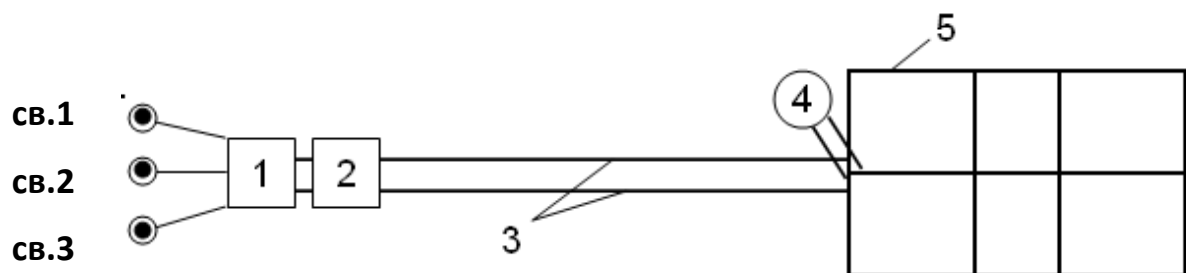
3 – очисні споруди;

7 – водонапірна башта;

4 – резервуари чистої води;

8 – водогінна мережа.

**Рисунок 1 – Схема системи водопостачання для господарсько-питних потреб міста**



св.1-св.3 – артезіанські свердловини;

3 – водогони;

1 – резервуари чистої води;

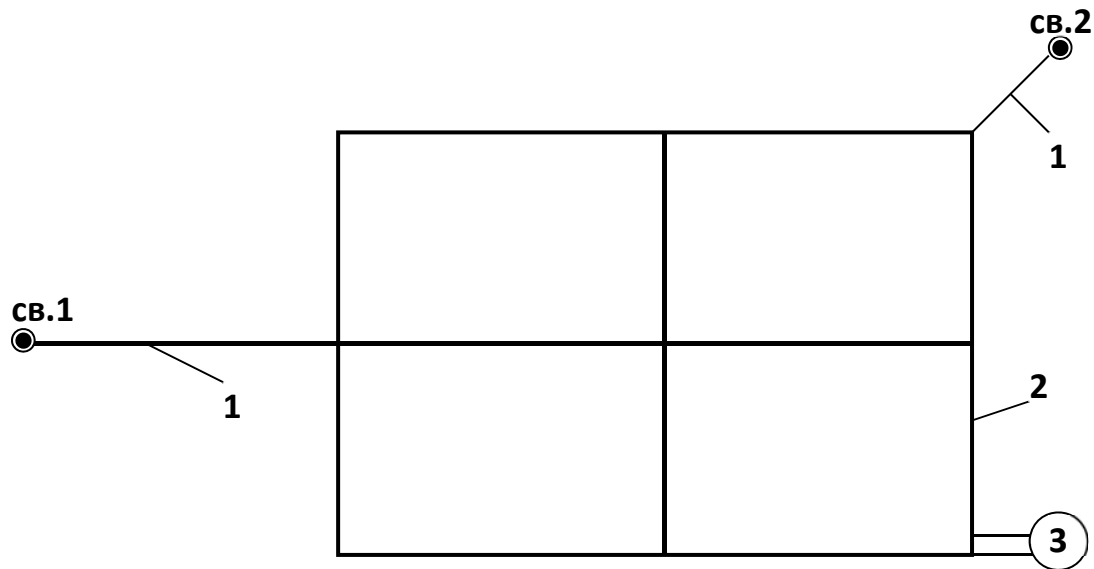
4 – водонапірна башта;

2 – насосна станція;

5 – водопровідна мережа.

**Рисунок 2 – Схема системи водопостачання при забиранні води з підземного джерела**

При високодебітних свердловинах і їх малій кількості схема системи водопостачання об'єкта може мати вигляд, який наведено на рис. 3.



св.1-св.2 – артезіанські свердловини;

2 – водопровідна мережа;

1 – водоводи;

3 – водонапірна башта.

**Рисунок 3 – Схема системи водопостачання з підземного джерела з безпосередньою подачею води в мережу**

У місті може бути єдина система господарсько-питного водопостачання, що забезпечує питною водою як населення, так і промисловість. Однак іноді з тих чи інших причин (неодночасність розвитку промислових підприємств і жилої зони, з економічних міркувань) можуть улаштуватися роздільні господарсько-питні водопроводи міста і промислового підприємства (наприклад, господарсько-питний водопровід заводу «Запоріжсталь»).

В умовах обмеженості водяних ресурсів застосовуються комбіновані схеми систем водопостачання, у яких підземне джерело використовується для доповнення відкритого джерела. Прикладами таких систем у нас в Україні можна назвати систему водопостачання Криму, у якій до так називаної «великої води», яку одержують з водоймища, додається вода з гірських джерел. З інших подібних систем можна відзначити систему водопостачання м. Дружківка в Донецькій області, систему водопостачання м. Миколаєва й ін. Багато подібних систем у

Росії. Наприклад, Пермський нафтопереробний завод має прямо на території підприємства свердловину, що забезпечує питною водою лабораторію і побутові приміщення, у той же час сел. Першотравневе, у якому проживають робітники цього заводу, одержує воду з міського водопроводу. У Білорусії подібну систему має м. Мінськ.

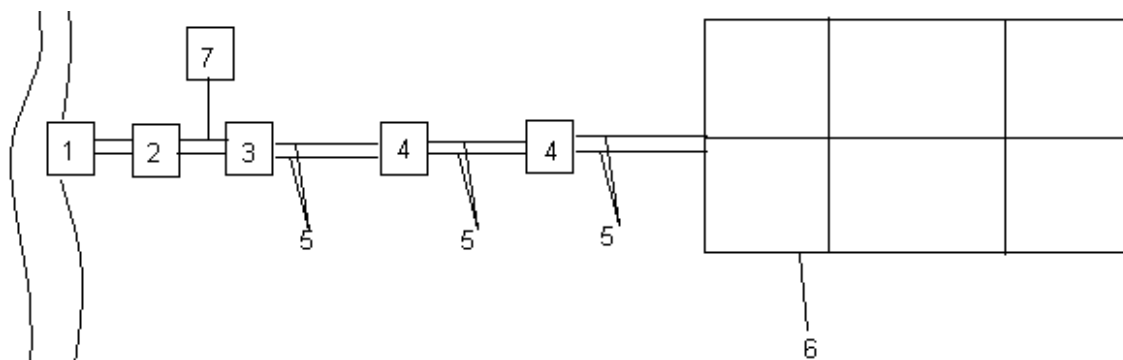
У Західній Європі комбіновані системи мають широке поширення як у силу обмеженості водяних ресурсів, так і в умовах високої щільності забудови. Таку систему має м. Амстердам (Нідерланди), м. Барселона (Іспанія), м. Брюссель (Бельгія), м. Будапешт (Угорщина), м. Відень (Австрія), м. Лісабон (Португалія), м. Париж (Франція), м. Рим (Італія), м. Цюрих (Швейцарія), м. Туніс (Африка) і ін. [1].

Склад споруд у системі водопостачання залежить від багатьох факторів.

Наявність чи відсутність очисних споруд у системі водопостачання залежить від якості води, що забирається з джерела. Якщо якість води в джерелі відповідає ДТС «Вода питна», то вона подається у резервуари чистої води без всякого очищення. Прикладом такої системи є система водопостачання Південного берега Криму (Великої Ялти) чи система водопостачання м. Мінська (Білорусія). Разом з тим іноді при забиранні підземних вод виникає необхідність у будівництві очисних споруд зі специфічними методами очищення. Так, наприклад, для забезпечення питною водою курорту «Усть-Качка» у Пермській обл.(Росія) у системі передбачені знезалізуючі очисні споруди. У системі водопостачання м. Брюсселя (Бельгія) велика частина підземної води подається в місто без очищення, але близько 12% загальної витрати піддається знезалізненню і 8% - освітленню з наступним знезаражуванням. У системі водопостачання м. Гамбургу підземна вода подається на очисні споруди для видалення заліза і марганцю. У системі водопостачання м. Копенгагена (Данія) маються споруди для видалення метану і заліза. У системі водопостачання м. Лісабона (Португалія) близько 20% підземної води знезалізняється, а 80% тільки знезаражується.

Реальні системи водопостачання великих міських конгломератів можуть поєднувати кілька елементарних систем з декількома головними спорудами.

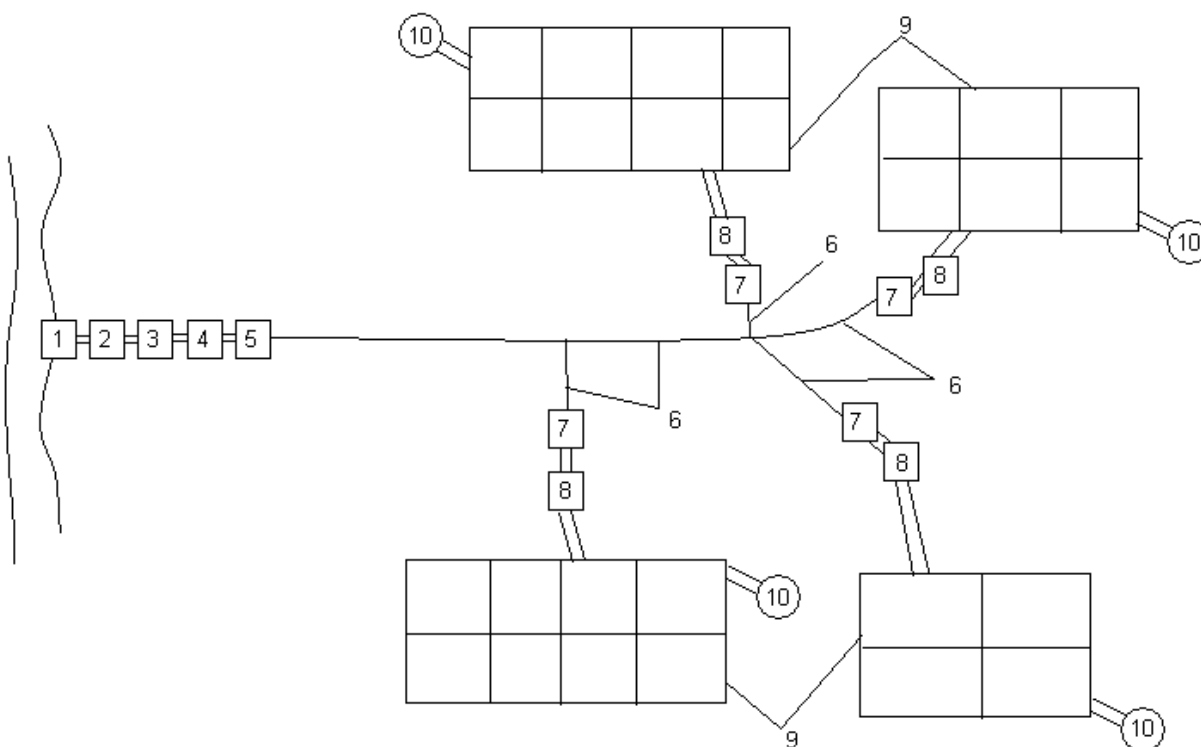
При живленні з гірських джерел можуть бути відсутніми насосні станції, а очищення зводиться до організації попереднього відстоювання. У цьому випадку схема системи водопостачання буде мати вигляд, який наведено на рис. 4.



- 1 - водозабірні споруди;
- 2 - відстійники;
- 3 - резервуари чистої води;
- 4 - розвантажувальні резервуари;
- 5 – водоводи;
- 6 – водопровідна мережа;
- 7 – споруди для знезаражування

**Рисунок 4 – Схема системи водопостачання з гірського джерела**

В умовах недостатніх запасів води широке поширення одержали групові або районні системи водопостачання. Схема такої системи наведена на рис. 5.



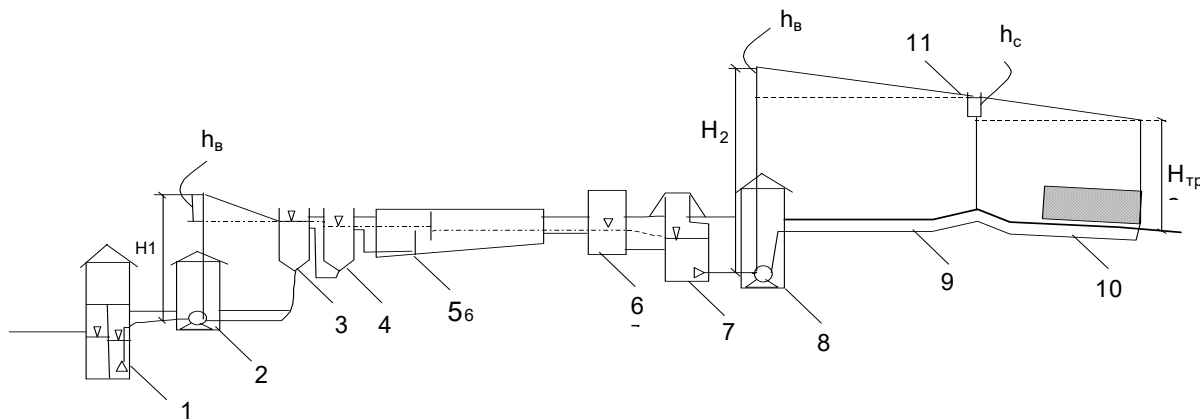
- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 – водозабір;                  | 6 – водоводи;                    |
| 2 – насосна станція I підйому;  | 7 – запасні резервуари чистої    |
| води;                           | води;                            |
| 3 - очисні споруди;             | 8 – насосні станції III підйому; |
| 4 – резервуари чистої води;     | 9 – водогінні мережі окремих     |
|                                 | населених місць;                 |
| 5 – насосна станція II підйому; | 10 – водонапірні башти.          |

### Рисунок 5 – Схема районної (групової) системи водопостачання

2. Необхідний гідравлічний режим системи водопостачання забезпечується насосними станціями або природним перепадом позначок місцевості. Він залежить від:

- припустимих рівнів води у відділеннях водозабору;
- рівнів води в спорудах станції очищення для забезпечення гравітаційного режиму руху води;
- необхідних напорів у водопровідній мережі міста.

Повна п'єзометрична схема в системі, яка наведена на рис. 1, зображена на рис. 6.



- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 – водозабір;  | 7 – резервуар чистої води;      |
| 2 – насосна станція I підйому;                              | 8 – насосна станція II підйому; |
| 3 – камера гасіння очисної станції;                         | 9 – водоводи;                   |
| 4 – змішувач;   | 10 – мережа міста.              |
| 5 – горизонтальний відстійник з камерою пластівцеутворення; |                                 |
| 6 – швидкий фільтр;   |                                 |

## Рисунок 6 – П'єзометричні лінії в системі з забором води з поверхневого джерела

Напір насосної станції I підйому диктується мінімальною позначкою рівня води в всмоктувальному відділенні берегового колодязя, позначкою рівня води в камері гасіння очисної станції і сумарних втрат у водоводах і комунікаціях від насосної станції I підйому до очисної станції:

$$H_I = Z_{зас} - Z_{б.к.} + \sum h_{н.ст.} + \sum h_{нап.вод.}$$

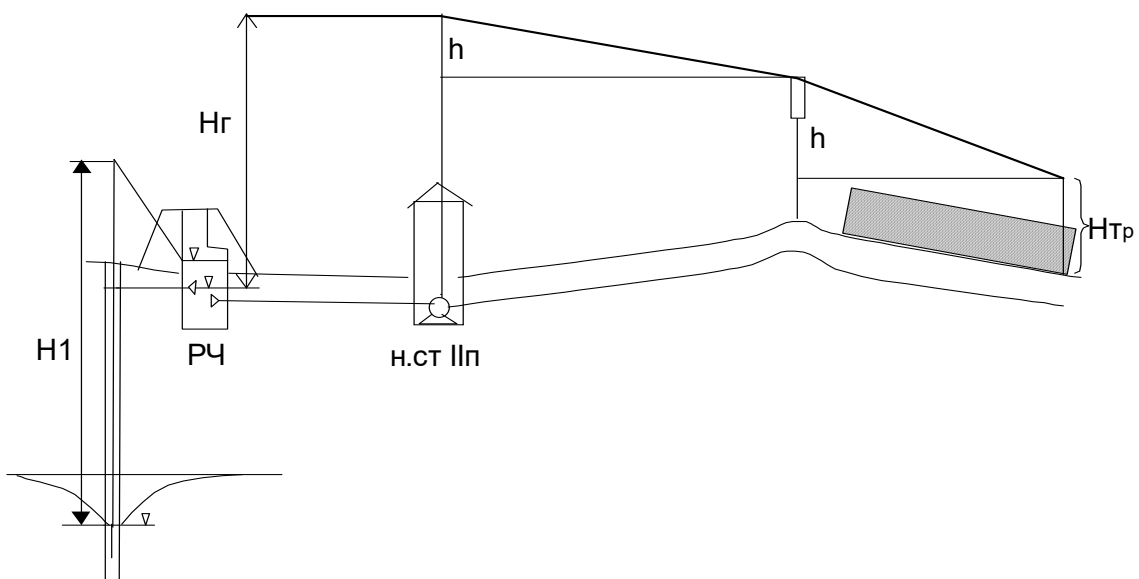
Перепад між рівнем води в камері гасіння і в резервуарах чистої води визначається втратами напору в спорудах і в комунікаціях:

$$Z_{рчв} = Z_{зас} - \sum h_{спор.} - \sum h_{тр}$$

Напір насосної станції II підйому диктується рівнем води в резервуарах чистої води, втратами напору у водоводах і необхідним напором у вузлі приєднання водоводів до мережі.

Напір у вузлі примикання водоводів до мережі диктується необхідним напором у невідгідній точці в мережі і втратами напору в ній.

Характер п'єзометричних ліній у системі, яка показана на рис. 2, зображений на рис. 7.



**Рисунок 7 – П'єзометричні лінії в системі з забором води зі свердловини при наявності резервуарів чистої води**

3. Напір насосів у свердловині дорівнює

$$H_1 = Z_{рчв} - Z_{д.ур.} + \sum h_{нас} + \sum h_{нап.тр} ,$$

де  $Z_{рчв}$  – позначка рівня води в РЧВ;

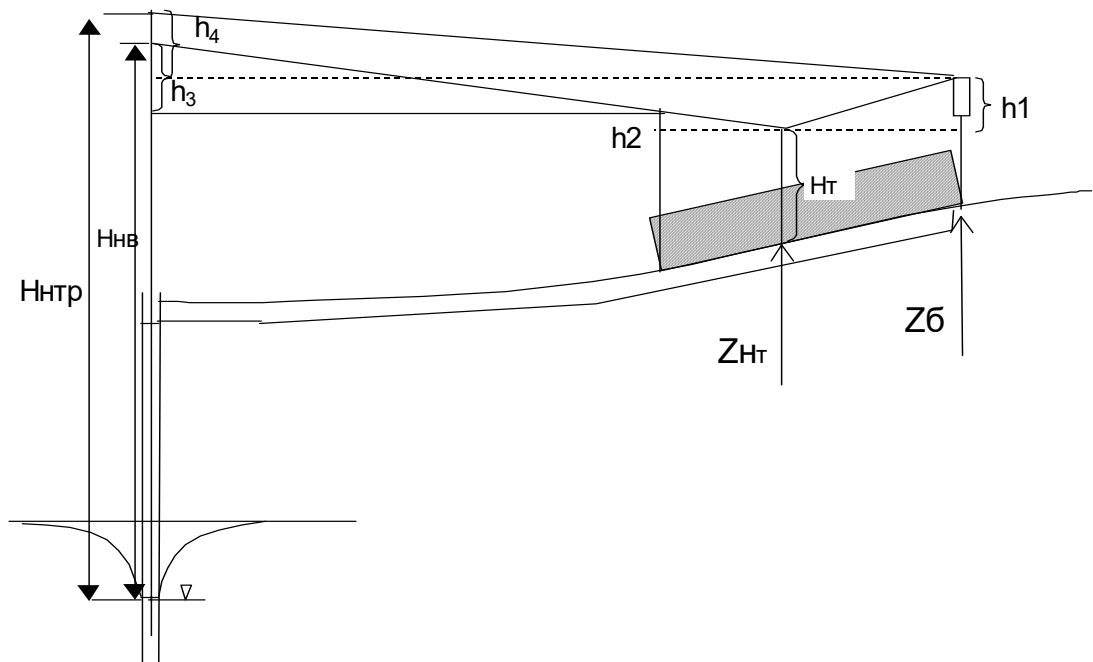
$Z_{д.ур}$  – позначка динамічного рівня води в свердловині;

□  $h_{нас}$  – сумарні втрати в насосі;

□  $h_{нап.тр}$  – сумарні втрати в напірному трубопроводі.

Напір насосів насосної станції II підйому обчислюється, як звичайно.

Характер п'єзометричної лінії для системи, яка приведена на рис. 3, буде мати вигляд, що зображений на рис. 8.



**Рисунок 8 – П'єзометричні лінії в системі з подачею води зі свердловини безпосередньо в мережу**

Напір насосів при максимальному водорозборі буде

$$H_{м.в.} = H_{п} + h_2 + h_3 + Z_{н.т.} - Z_{д.р.} + \sum h_{нас} + \sum h_n ,$$

де  $H_{п}$  – необхідний напір у невідгідній точці;

$h_2$  – втрати напору в мережі від точки підключення водоводів до неї до невігідної точки;

$h_3$  – втрати напору у водоводах від свердловини до точки підключення напірного трубопроводу до мережі;

$Z_{н.т.}$  – абсолютна позначка невігідної точки;

$Z_{д.р.}$  – абсолютна позначка динамічного рівня в свердловині;

$\square h_{нас}$  – сумарні втрати напору в насосі;

$\square h_n$  – сумарні втрати напору в напірному трубопроводі в свердловині.

Напір насосів при максимальному транзиті дорівнює

$$H_{м.тр.} = H_{баш} + H_{бак} + \sum h_c + \sum h_{вод.тр} + Z_{б} - Z_{д.р} + \sum h_{нас} + \sum h_n$$

,

де  $H_{баш}$  – висота стволу башти;

$H_{бак}$  – висота рівня води в баці;

$\square h_c$  – сумарні втрати напору у водоводах від свердловини до мережі;

$\square h_{вод.тр.}$  - сумарні втрати напору у водоводах від свердловини до мережі;

$Z_{б}$  – позначка поверхні землі в місці установки башти;

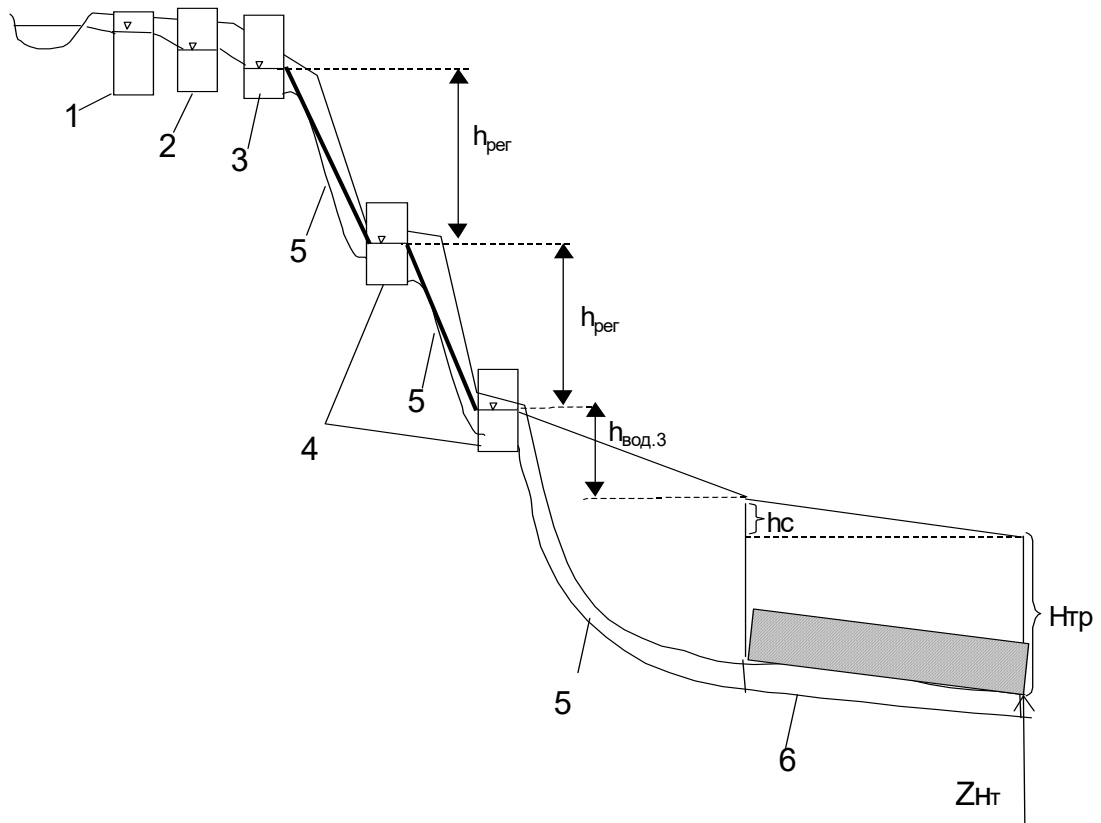
$Z_{д.р.}$  – позначка динамічного рівня води в свердловині;

$\square h_{нас}$  – сумарні втрати напору в насосі;

$\square h_n$  – сумарні втрати напору в напірному трубопроводі в свердловині.

Характер п'єзометричної лінії для системи, яка наведена на рис. 4 буде мати вигляд, який показано на рис. 9.





- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 – водозабір;              | 4 – розвантажувальні резервуари; |
| 2 – відстійники;            | 5 – водоводи;                    |
| 3 – резервуари чистої води; | 6 – водопровідна мережа;         |

**Рисунок 9 – П'єзометричні лінії в системі водопостачання з гірського джерела**

Перепад рівнів води в джерелі і резервуарах чистої води визначається залежністю

$$Z_{pчв} = Z_{дж} - \sum h_{ком} ,$$

$Z_{дж}$  – абсолютна позначка рівня води в джерелі;

$\square h_{ком}$  – сумарні втрати в комунікаціях і трубопроводах між спорудами.

Необхідна висота регулювання визначається за формулою

$$h_{рег} = \Delta Z + \sum h_{вод} + \Delta Z_{рег} ,$$

де  $Z$  - перепад позначок місцевості;

$h_{\text{вод}}$  – сумарні втрати напору у водоводах;

$Z_{\text{рег}}$  – перепад тиску в регуляторі.

Позначка рівня води в нижньому резервуарі визначається за формулою

$$Z = Z_{\text{н.т.}} + H_{\text{II}} + \sum h_c + \sum h_{\text{вод}},$$

де  $Z_{\text{II}}$  – позначка невідгідної точки;

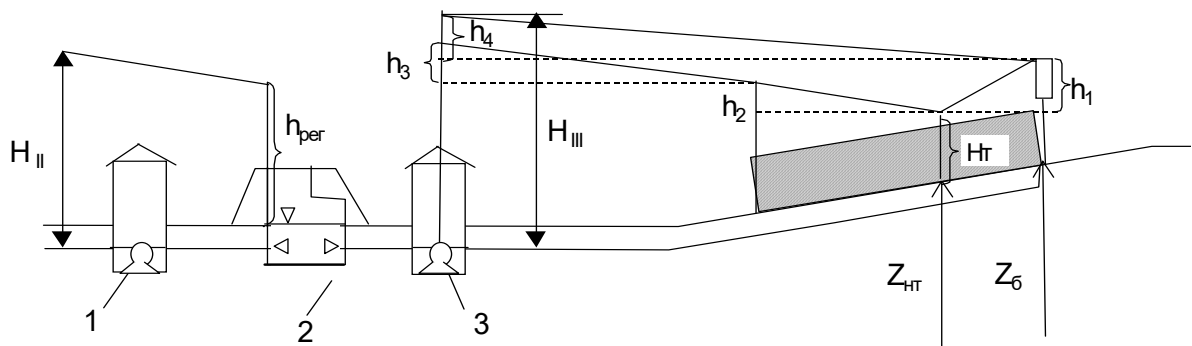
$H_{\text{тр}}$  – необхідний напір у невідгідній точці;

$h_c$  – сумарні втрати напору в мережі;

$h_{\text{вод}}$  - сумарні втрати напору у водоводах від нижнього резервуара до мережі.

Характер п'єзометричних ліній у системі, яка показана на рис. 5, до насосної станції II підйому буде таким же, як і на рис. 6.

Характер п'єзометричних ліній у цій системі, починаючи з насосної станції II підйому, буде мати вигляд такий, як на рис. 10.



1 – насосна станція II підйому;

2 – запасний резервуар чистої води у населеного пункту;

3 – насосна станція III підйому

**Малюнок 10 – П'єзометрична лінія до кожного з населених пунктів групового водопроводу**

Напір насосної станції II підйому визначається за формулою

$$H_{II} = H_{\Gamma} + \sum h_{m.б} + H_B ,$$

де  $H_{\Gamma}$  – геометрична висота підйому

$$H_{\Gamma} = Z_{зр} - Z_{рчв} ,$$

$Z_{зр}$  – найбільша абсолютна позначка рівня води в запасних резервуарах населених міст;

$Z_{рчв}$  – найнижча абсолютна позначка в резервуарах чистої води головних споруд;

$\square h_{m.б}$  – сумарні втрати напору в магістральних водоводах від насосної станції II підйому до запасного резервуара з найбільшою абсолютною позначкою рівня води;

$H_B$  – запас напору на вилив води в запасний резервуар (для резервуарів, у яких абсолютна позначка менше максимальної, надлишковий напір перед ними складається з запасу на вилив і втрат напору в регуляторі тиску).

Напір насосів на насосних станціях III підйому при максимальному водорозборі визначається за формулою

$$H_{III} = H_{II} + Z_{н.т} + h_2 + h_3 - Z_{зр} ,$$

де  $H_{II}$  – необхідний напір у невідгідній точці;

$Z_{н.т}$  – абсолютна позначка невідгідної точки;

$h_2$  – втрати напору в мережі від невідгідної точки до точки підключення водоводів при максимальному водорозборі з мережі;

$h_3$  – втрати напору у водоводах від насосної станції III підйому до мережі;

$Z_{зр}$  – позначка рівня води в запасному резервуарі. Напір насосів на насосній станції III підйому при транзиті дорівнює

$$H_{III тр} = H_{баш} + H_{бак} + h_4 + Z_{б} + \sum h_{н.ст.} - Z_{з.р} ,$$

де  $H_{баш}$  – висота ствола башти;

$H_{бак}$  – висота рівня води в баці;

$h_4$  – сумарні втрати напору в мережі і водоводах;

$Z_6$  – абсолютна позначка поверхні землі в місці установки башти;

$h_{н.ст.}$  – сумарні втрати напору в насосній станції;

$Z_{з.р.}$  - позначка (мінімальна) рівня води в запасному резервуарі.

### **Питання для повторювання**

1. З яких елементів складається схема водопостачання?
2. Як визначити п'єзометричні лінії в системі водопостачання з гірського джерела?
3. Які особливості характерні для п'єзометричної лінії до кожного з населених пунктів групового водопроводу?
4. Як визначити напір насосної станції?