

Загальні відомості про систему водопостачання

1. Системи і схеми водопостачання.
2. Норми і режим водоспоживання.
3. Напори у водопровідних мережах.
4. Джерела водопостачання й водозабірні споруди.
5. Очисні споруди.
6. Насосні станції.
7. Напірно-регулюючі ємності.

Система водопостачання - це комплекс інженерних споруд для забору води із джерела, її очищення, зберігання, створення необхідного напору, транспортування до місця споживання та розподілу води між споживачами.

Системи водопостачання класифікуються за наступними ознаками:

1. По роду об'єктів, які вони обслуговують:

- 1.1 Водопостачання населених місць (міст і селищ).
- 1.2 Сільськогосподарські водопроводи.
- 1.3 Системи виробничого водопостачання, які розрізняють по галузях промисловості (водопроводи теплових електростанцій, водопроводи металургійних заводів, водопроводи залізничного транспорту і т.п.).
- 1.4 Групові водопроводи.

2. В залежності від виконуваних функцій:

- 2.1 Господарсько-питні.
- 2.2 Виробничі.
- 2.3 Протипожежні.
- 2.4 Комбіновані.

3. В залежності від того, як необхідні функції виконуються:

- 3.1 Єдині системи.
- 3.2 Роздільні системи.
- 3.3 Комбіновані системи.

4. В залежності від кількості об'єктів, що обслуговуються:

- 4.1 Місцеві системи для окремого об'єкта.
- 4.2 Групові - для ряду об'єктів, які не складають одного комплексу.

5. В залежності від використовуваних джерел:

5.1 Водопроводи, що одержують воду з поверхневих джерел (річкові, озерні й т.п.).

5.2 Водопроводи, що одержують воду з підземних джерел.

5.3 Водопроводи змішаного живлення.

6. В залежності від способу подачі води:

6.1 З механічною подачею води (за допомогою перекачування води насосами).

6.2 Самопливні (гравітаційні).

7. В залежності від терміну служби:

7.1 Постійні системи.

7.1 Тимчасові системи.

8. В залежності від розміщення елементів водопровідної системи:

8.1 Зовнішні водопроводи.

8.2 Внутрішні водопроводи.

9. Системи протипожежного водопроводу в залежності від тиску в них бувають:

9.1 Низького тиску, у яких напір для гасіння пожежі створюється пересувними установками.

9.2 Високого тиску, у яких напір створюється стаціонарними насосами, установленими на насосній станції.

10. В залежності від того, як підтримується високий тиск, розрізняють протипожежні системи:

10.1 З постійним високим тиском.

10.2 З високим тиском, створюваним тільки при пожежі.

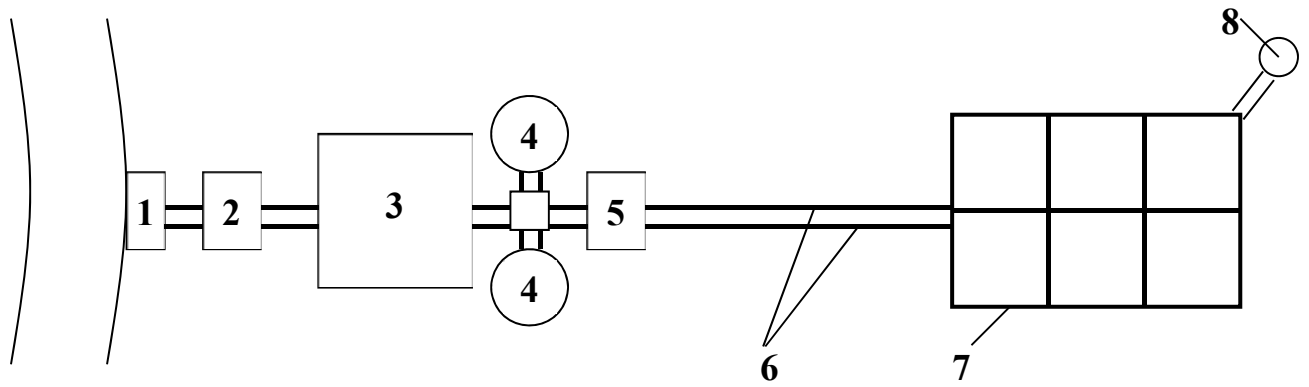
11. Виробничі водопроводи за способом використання води бувають:

11.1 Прямоточні.

11.2 Оборотні.

11.3 З повторним використанням води.

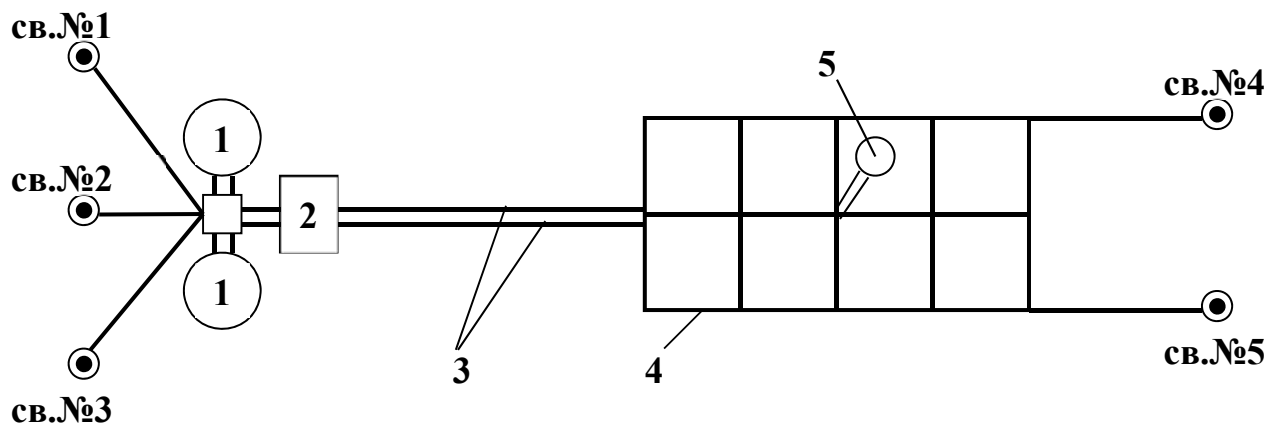
Класичним прикладом системи водопостачання є система водопостачання міста з поверхневого джерела (рис. 1).



- 1 - водозабір,
- 2 - насосна станція I підйому,
- 3 - очисні споруди,
- 4 - резервуари чистої води,
- 5 - насосна станція II підйому,
- 6 - водоводи,
- 7 - водопровідна мережа,
- 8 - водонапірна башта.

Рисунок 1 - Схема системи водопостачання міста з поверхневого джерела

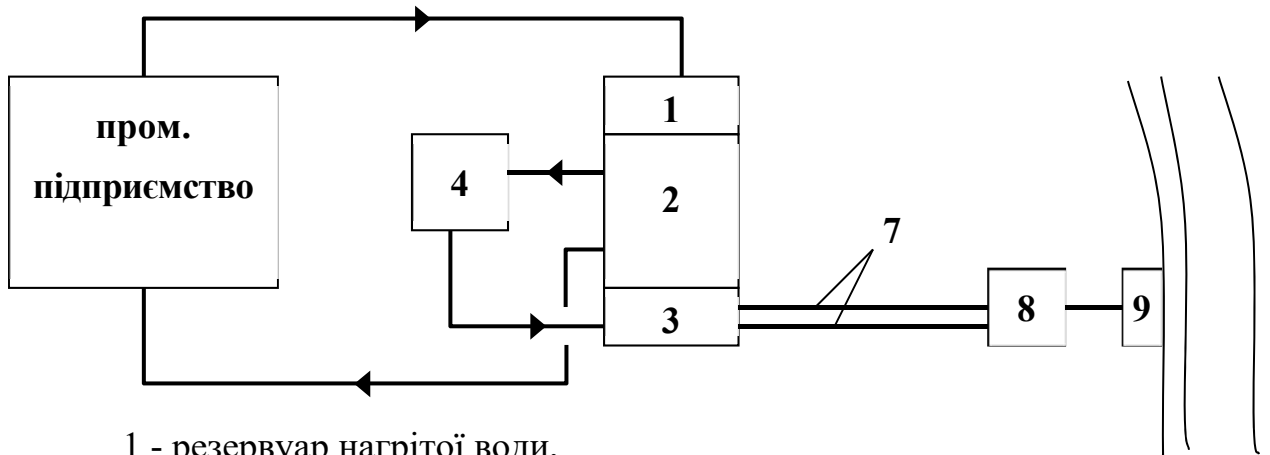
Схема системи із забором води з підземного джерела наведена на рис.2.



- 1 - резервуари чистої води,
- 2 - насосна станція II підйому,
- 3 - водоводи,
- 4 - водопровідна мережа,
- 5 - водонапірна башта.

Рисунок 2 - Схема системи водопостачання міста з підземного джерела

Схема системи оборотного водопостачання для промпідприємства наведена на рис.3.



- 1 - резервуар нагрітої води,
- 2 - насосна станція оборотної системи,
- 3 - резервуар охолодженої води,
- 4 - споруди для охолодження води,
- 5 - трубопроводи охолодженої води,
- 6 - трубопроводи нагрітої води,
- 7 - водоводи підпиточної води,
- 8 - насосна станція,
- 9 - водозабір.

Рисунок 3 - Схема системи оборотного водопостачання промпідприємства

Склад і схема системи водопостачання залежить від багатьох факторів: джерела водопостачання, рельєфу місцевості, кількості й видів споживачів, їхніх вимог до витрати, якості води й необхідних напорів.

Від складу системи в остаточному підсумку залежить її повна вартість та розподіл її між елементами.

Вартість окремих елементів водопроводу в % від загальної вартості системи, характеризується даними, наведеними в табл.1.

Таблиця 1 - Вартість елементів систем водопостачання (в % від загальної вартості)

Джерела водопостачання	Водозабірні споруди	Насосні станції	Очисні споруди	Напірно-регулюючі ємності	Водоводи та мережі	Допоміжні споруди
Поверхневі	2...4	3...5	12...25	1...4	50...70	8...10
Підземні	5...10	2...5	5...20	2...5	60...80	8...10

Розміри окремих споруд залежать від розрахункових витрат системи, режимів роботи окремих елементів і системи в цілому, а також від режиму водоспоживання.

Для проектування цих характеристик необхідно мати деякі вихідні характеристики, які встановлюються нормативами (СНіП 2.04.02-84. Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди).

Розрахункові витрати води на господарсько-питні потреби визначаються на підставі *питомого водоспоживання* в л/(доб×жит), яке залежить від різних факторів. Аналіз реального водоспоживання і його динаміки показує, що найбільший вплив на питоме водоспоживання робить *санітарно-технічне устаткування будинків*. При цьому середні витрати на протязі року залишаються досить стабільними. Це дало підставу нормувати питоме водоспоживання в наступних розмірах (табл.2).

Таблиця 2 - Питоме господарсько-питне водоспоживання

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Питоме господарсько-питне водоспоживання в населених пунктах на одного мешканця, середньодобове (за рік), л/доб
1. Забудова будинками з водокористуванням з водорозбірних колонок.	30...50
2. Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією:	125...160
2.1 без ванн	
2.2 з ваннами і місцевими водонагрівачами	160...230
2.3 з централізованим гарячим водопостачанням	230...350

На підставі питомого водоспоживання можна легко визначити середню добову витрату води за рік $Q_{сут}$ на господарсько-питні потреби в населеному пункті:

$$\overline{Q_{сут}} = q_1 \times N / 1000 ,$$

де q_1 – питоме водоспоживання, прийняте по табл. 2,

N - розрахункова кількість жителів у населеному пункті або його районі.

Реальні добові витрати коливаються відносно середньої добової витрати. Ці коливання характеризуються коефіцієнтом добової нерівномірності $K_{доб.}$. Тому при відомому коефіцієнті добової нерівномірності повна добова витрата дорівнює

$$Q_{доб.} = K_{доб.} \times \overline{Q_{\dot{a}i \dot{a}}}$$

СНиПом встановлюються значення мінімального та максимального коефіцієнтів добової нерівномірності, які залежать від укладу життя населення, режиму роботи підприємства, ступеня благоустрою будинків, зміни водоспоживання по сезонах року.

$$K_{доб.макс.} = 1,1 \dots 1,3; \quad K_{доб.мін.} = 0,7 \dots 0,9.$$

На підставі добової витрати визначаються середні годинні витрати для конкретних *i-их* годин доби.

Екстремальні (мінімальні та максимальні витрати) можна визначити, якщо будуть відомі коефіцієнти годинної нерівномірності:

$$Q_g = K_g \times \overline{Q_{\dot{a}}},$$

$$Q_{g.макс.} = K_{g.макс.} \times \overline{Q_{\dot{a}}},$$

$$Q_{g.мін.} = K_{g.мін.} \times \overline{Q_{\dot{a}}}.$$

Коефіцієнти годинної нерівномірності визначаються на підставі СНиП2.04.02-84 залежно від кількості жителів.

Крім витрати води на господарсько-питні потреби, враховують витрату води на поливання вулиць і зелених насаджень, що визначається по нормах поливу на 1 м² або на 1 жителя.

Витрата води на господарсько-питні потреби робітників за час їхнього перебування на промислових підприємствах враховується додатково на підставі питомих витрат на одного працюючого та кількості працюючих.

Витрати води на виробничі (технічні) потреби промислових підприємств визначаються технологічним процесом кожного виробництва або типом встановленого обладнання та апаратури. У загальному випадку вони можуть бути визначені за формулою:

$$Q_{пр.} = q_{пр.} \times П,$$

де $q_{пр.}$ - питома витрата води на одиницю продукції, яка випускається;

P - добова продуктивність підприємства.

Загальна добова витрата води на господарсько-питні потреби міста дорівнює:

$$Q_M = \sum_{i=1}^4 Q_i ,$$

де Q_i – витрата води на господарсько-питні потреби населення міста, на поливання, господарсько-питні потреби робочих на підприємстві, виробничі потреби підприємства відповідно.

Місто повинно забезпечуватися також водою на потреби пожежогасіння. Принцип нормування витрати води, призначеної для пожежогасіння, істотно відрізняється від принципу нормування витрат води на господарсько-питні й виробничі потреби. Гасіння водою пожеж як зовнішніх, так і внутрішніх при сучасних засобах пожежогасіння передбачається за допомогою водяних струменів. Для забору води з мережі на зовнішніх водопровідних мережах установлюються пожежні гідранти, а на внутрішніх - пожежні крани.

В нормативних документах рекомендовано приймати залежно від поверховості та кількості жителів кількість одночасних пожеж і розрахункову витрату на один пожежний струмінь. Розрахункові витрати води для пожежогасіння на промислових підприємствах є залежними від ступеня вогнестійкості будинків, категорії виробництва по пожежній небезпеці та обсягу цехів.

Для проектування та експлуатації систем водопостачання треба знати не тільки витрата води в окремі характерні години, але і витрати кожної години доби. Це необхідно знати, щоб запроектувати режим роботи насосних станцій і визначити необхідний обсяг регулюючих ємностей. Основою для побудови режиму водоспоживання міста на протязі доби служать режими водоспоживання на розглянуті вище потреби. Такі режими одержують, обробляючи реальні графіки витрат води. Групуючи режими водоспоживань на різні потреби за певною методикою, одержують графік режиму водоспоживання для міста в цілому. Такий графік зображують у вигляді ступінчастого графіка (рис.4). При цьому для виключення розмірності звичайно витрати води щогодини представляють в % від добової витрати.

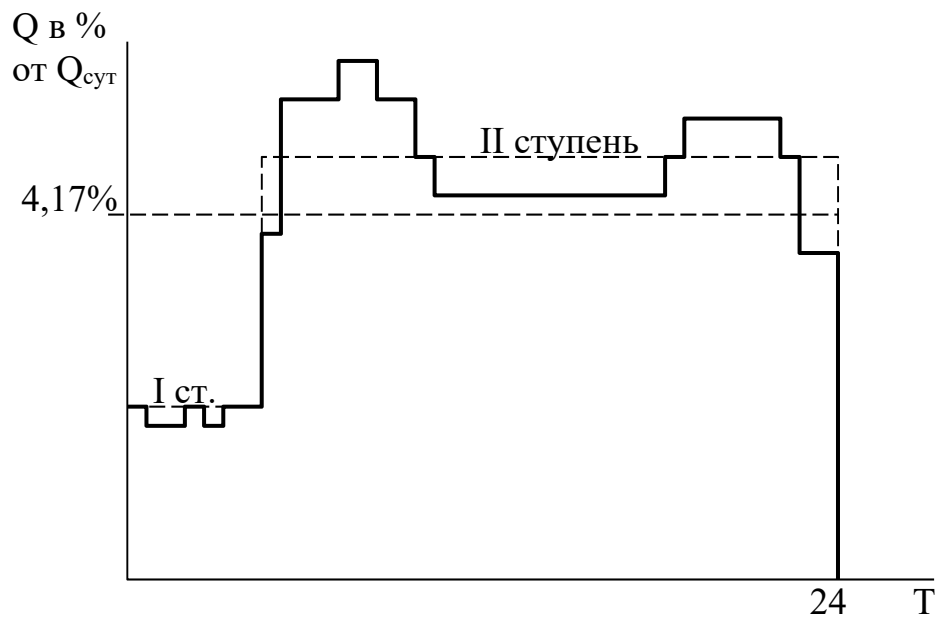


Рисунок 4 - Суміщений ступінчастий графік водоспоживання та подачі води насосної станції II підйому при різних режимах роботи

Цей графік дозволяє запроєктувати графік подачі води насосною станцією II підйому. Якщо щогодини подавати стільки, скільки потрібно для населення, то режим подачі насосної станції збігається з режимом водоспоживання. Однак досягти такого режиму подачі неможливо навіть теоретично. Тому режим подачі насосної станції призначають теж ступінчастим, але з кількістю ступенів не більше трьох. Ці ступені подачі призначають так, щоб подача була по можливості ближче до режиму водоспоживання. Чим ці графіки будуть ближче один до іншого, тим буде потрібно менша регулююча ємність, що нейтралізує такі розбіжності графіків водоспоживання і водоподачі. За рахунок ступінчастої роботи насосної станції обсяг регулюючої ємності вдається зменшити з 15...20% від добової витрати до 2...5%.

Водопровідна мережа повинна забезпечувати не тільки подачу необхідних витрат води, але й забезпечувати необхідні напори для підйому води на верхні поверхи будинків.

Необхідний напір залежить від кількості поверхів у будинку й визначається за формулою:

$$H_{cv} = 4 (n - 1) + 10 = 6 + 4 n,$$

де n – кількість поверхів.

Для протипожежних мереж низького тиску вільний напір повинен бути не менше 10 м водяного стовпа. У протипожежних водопроводах високого тиску вільний напір повинен забезпечувати довжину компактного струменя не менше 10 м на рівні найвищої точки найвищого будинку при подачі води по непрогумованому рукаві довжиною 120 м, діаметром 66 мм, зі сприском діаметром 19 мм і розрахунковою витратою води 5 л/с.

Максимальний вільний напір у мережі в будинку не повинен перевищувати **60 м вод. ст.** При перевищенні цього тиску в будинках встановлюють регулятори тиску або мережа розбивається на зони.

Необхідна кількість води для міста забирається із джерел водопостачання, які можуть бути поверхневими (ріки, озера, водоймища, моря, ставки) або підземними (напірні і безнапірні пластові, підруслові, артезіанські, джерельні води). Для виробничих цілей промислових підприємств можуть також використовувати очищені промислові стоки.

Водозабори являють собою гідротехнічні споруди для прийому поверхневих або підземних вод і подачі її в систему водопостачання. **Водозабори з поверхневих джерел** можуть розділятися по ряду ознак. Але принципово різними є два типи: *берегові* і *руслові* водозабори. Водозабори берегового типу мають водоприймальні вікна біля берега, а у водозаборах руслового типу місце прийому води винесено в русло ріки.

Водозабори з підземних джерел підрозділяються на *вертикальні*, *горизонтальні* і *каптажі*. Такий розподіл визначається в основному розташуванням водоприймальної частини таких водозаборів. Наприклад, типовим представником вертикального водозабору є трубчастий колодязь, схема якого виглядає так, як показано на рис.5.

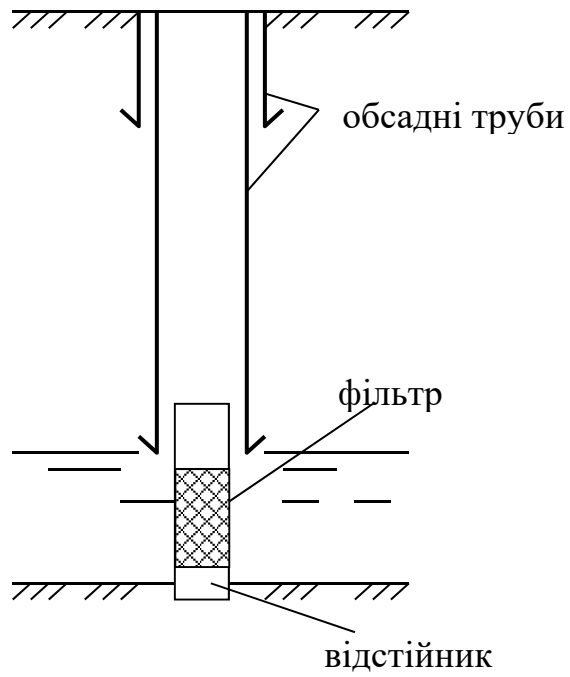


Рисунок 5 – Принципова схема трубчастого колодзя

Представником горизонтальних водозаборів є, наприклад, променеві водозабори (рис. 6).

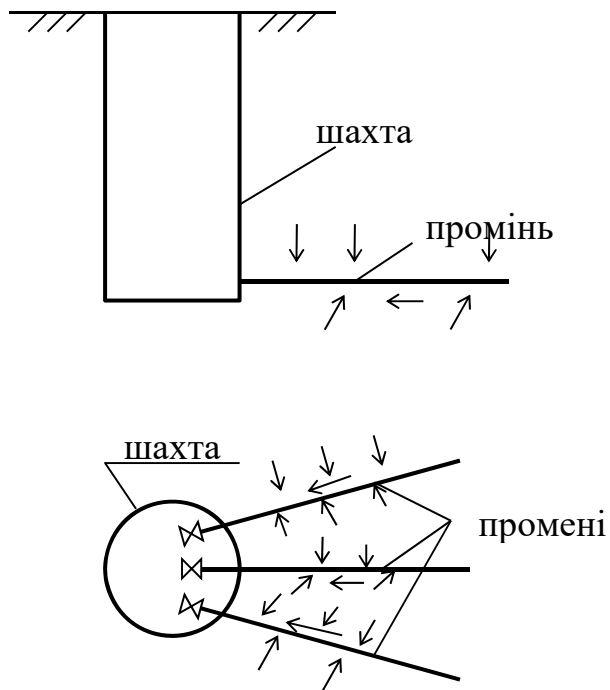


Рисунок 6 - Схема променевого водозабору

Вода, яка забирається із джерел, не завжди відповідає вимогам споживача. Для того, щоб її показники привести у відповідність із вимогами споживача, воду треба очистити. Методи обробки води залежать від виду забруднень.

Для **просвітлення** та **знебарвлення** води, тобто видалення з неї зважених і колоїдних часток, застосовуються головним чином два процеси – **осадження** та **фільтрування**. Ці процеси можуть іти з реагентами та без них. Для осадження застосовуються відстійники (горизонтальні, вертикальні, радіальні і полочні), а для фільтрування - фільтри (повільні, швидкі, контактні освітлювачі і т.п.).

Необхідний набір методів обробки визначається технологічною схемою.

Таких схем може бути багато. Одна з можливих для одержання господарсько-питної води виглядає так, як показано на рис.7.

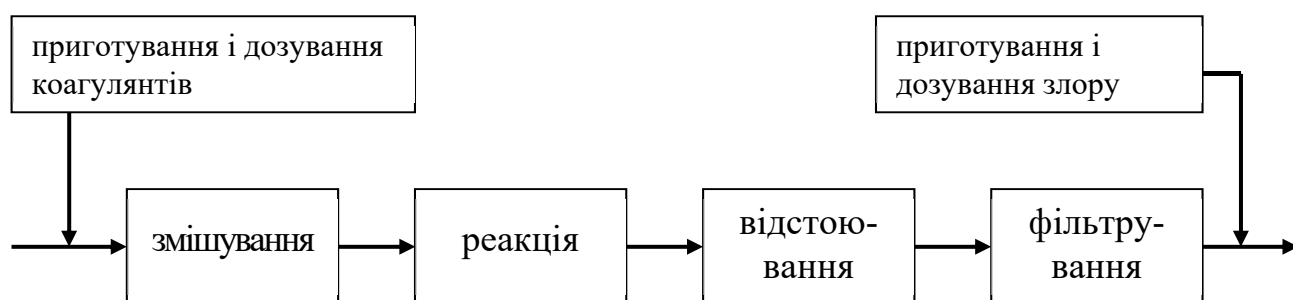


Рисунок 7 - Технологічна схема одержання господарсько-питної води

Необхідний набір споруд поєднується в єдиний комплекс, який для систем водопостачання міста повинен знаходитись, як правило, поблизу водозабору вище міста за течією.

Отримана на очисних спорудах вода надходить у резервуари чистої води (РЧВ).

Для підйому води на необхідну висоту використовуються **насосні станції**. По своєму призначенню і розташуванню в загальній схемі системи водопостачання насосні станції підрозділяються на станції *першого, другого й третього* підйому. У системах промводопостачання застосовуються *підвищувальні і циркуляційні* станції.

Особливості водопровідних насосних станцій визначаються їхнім призначенням і продуктивністю, а також видом і режимом джерела водопостачання, типом і характеристикою основного насосного обладнання і його приводів і т.п.

Основними характеристиками кожної насосної станції є її **подача** та **напір**. Подача насосної станції визначається режимом подачі, який залежить від типу насосної станції. Звичайно насосні станції I підйому працюють у рівномірному режимі і тоді для них

$$Q_z = Q_{доб} / 24 ,$$

де Q_z – годинна подача насосної станції,

$Q_{доб}$ - повна добова потреба.

Подача насосних станцій II підйому залежить від ступенів подачі, які вибираються залежно від режиму водоспоживання. Напір насосів визначається за формулою:

$$H = H_G + \sum h_{вс} + H_v + \sum h_n ,$$

де H_G – геометрична висота підйому (різниця оцінок рівнів води в споживача й у джерелі),

$\sum h_{вс}$ - сумарні втрати напору в усмоктувальному трубопроводі,

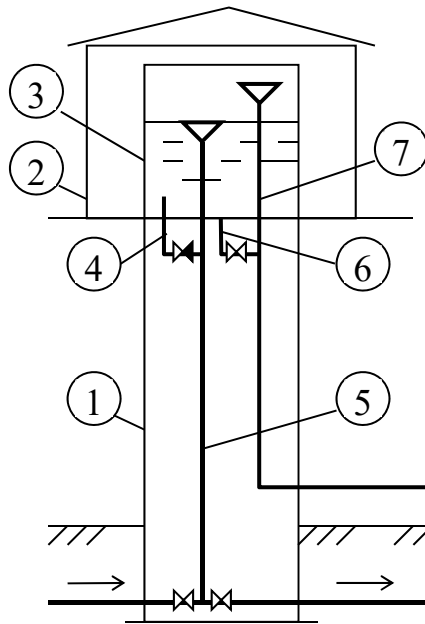
$\sum h_n$ - сумарні втрати напору в напірному трубопроводі,

H_v - необхідний вільний напір на вилив.

Режим подачі насосних станцій залежить від наявності або відсутності в системі ємностей. Ємності, які застосовуються в системах водопостачання, можна класифікувати за наступними ознаками:

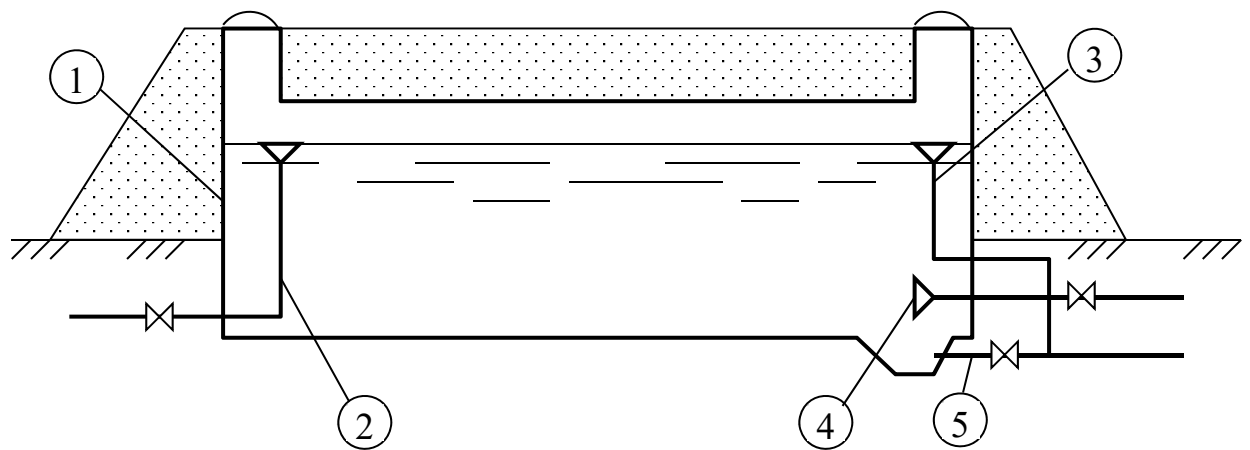
- за **функціональним призначенням** – *регулюючі* (водонапірні башти та колони, гідропневматичні установки), *запасні резервуари* (чистої води, протипожежні і т.п.) і *запасно-регулюючі*;
- за **способом подачі води** – *напірні* й *безнапірні*;
- за **конструктивним виконанням** – *водонапірні башти*, *водонапірні колони*, *підземні і наземні резервуари*, *пневматичні установки*;
- за **використаними матеріалами** – *залізобетонні* й *металеві*.

Регулюючі ємності в системах водопостачання дозволяють «погоджувати» між собою елементи системи з різними режимами. Наприклад, рівномірну подачу з очисної станції в резервуари чистої води зі ступінчастим відбором насосною станцією II підйому або ступінчастої подачі насосної станції II підйому з випадковим розбором води з мережі. Загальний вид основних ємностей наведений на рис.8 і 9.



- 1 - стовбур башти;
- 2 - шатро;
- 3 - бак;
- 4 - трубопровід, що відводить воду;
- 5 – подаюче-відводящий трубопровід;
- 6 - грязьовий трубопровід;
- 7 - переливний трубопровід.

Рисунок 8 - Водонапірна башта



- 1 - корпус резервуара;
- 2 – трубопровід, що подає воду;
- 3 - переливний трубопровід;
- 4 - всмоктувальний трубопровід насосної станції;
- 5 - грязьовий трубопровід.

Рисунок 9 - Резервуар чистої води (РЧВ)

Правильний вибір розмірів регулюючих ємностей, їхнього числа та місць розташування в системі водопостачання має велике економічне значення, тому що може привести до зниження будівельної вартості системи в цілому, а також поліпшити умови її експлуатації.

Запасні ємності сприяють підвищенню надійності та безперебійності роботи системи водопостачання при відмовах у ній.

