

ЛЕКЦІЯ 2

ОСОБЛИВОСТІ УСТРОЮ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

План

1. **Різновиди систем водопостачання промислових підприємств**
2. **Різновиди систем водопостачання промислових підприємств**
3. **Визначення і розрахунки витрат води на різні терміни часу**
4. **Добові й річні витрати води**
5. **Погодинні витрати води**
6. **Витрати води на пожежогасіння житлових будівель і підприємств**
7. **Режими роботи водопровідних мереж**
8. **Розробка мереж з врахуванням вимог безпеки під час їх експлуатації**
9. **Запірна та регулювальна арматура**
10. **Захисна система трубопроводів від гідравлічного удару**

Система водопостачання являє собою комплекс інженерних споруд, призначених для забезпечення потреб у воді різних об'єктів - міських, селищних, промислових, сільськогосподарських та інших.

Відповідно до виду водоспоживання розрізняють господарсько-питні, виробничі й протипожежні системи водопостачання.

У загальному випадку система водопостачання включає наступні основні елементи або споруди:

- водозабірні споруди, які здійснюють забір води з обраного для заданого об'єкта джерела. Джерела водопостачання бувають підземні й поверхневі. споруди для підйому й перекачування води - насосні станції, які створюють у водопровідних трубах тиск, необхідний для подачі заданої кількості води на необхідну висоту;

- споруди для очистки води;

- резервуари чистої води;

- споруди для транспортування води до місць її розподілу - водоводи;

- споруди для розподілу води по території об'єкта й роздачі її споживачам;

- водопровідна мережа;

- споруди для зберігання с акумулювання води (водонапірна башта).

Різновиди споживання води можуть бути зведені до наступних основних категорій:

- 1) господарсько-питні потреби людей;
- 2) виробниче водоспоживання, пов'язане із забезпеченням технологічних процесів різних виробництв і технологічних потреб;
- 3) витрати води, пов'язані із забезпеченням благоустрою населених пунктів і промислових підприємств (поливання і мийка вулиць, площ і зелених насаджень);
- 4) витрати води на зовнішнє пожежогасіння. водозабірні споруди, які

здійснюють забір води з обраного для заданого об'єкта джерела. Джерела водопостачання бувають підземні й поверхневі. споруди для підйому й перекачування води - насосні станції, які створюють у водопровідних трубах тиск, необхідний для подачі заданої кількості води на необхідну висоту;

- 5) споруди для очистки води;
- 6) резервуари чистої води;
- 7) споруди для транспортування води до місць її розподілу -
- 8) водоводи;
- 9) споруди для розподілу води по території об'єкта й роздачі її споживачам
- 10) водопровідна мережа;
- 11) споруди для зберігання с акумулювання води (водонапірна башта).

Схема водопостачання міст і населених пунктів визначається видом джерела водопостачання, якістю води у ньому, рельєфом місцевості, режимом водоспоживання.

При використанні поверхневих джерел водопостачання річкова вода надходить у водозабірну споруду, з якої насосною станцією I-го підйому подається на очисні споруди. Очищена вода надходить у резервуари чистої води, звідки забирається насосами станції II підйому і перекачується по двох водоводах у розводящу водопровідну мережу, що розподіляє воду на окремі райони і квартали населеного пункту. Для вирівнювання нерівномірності споживання води протягом доби і створення необхідного напору влаштовують водонапірну башту або напірний резервуар.

Різновиди споживання води можуть бути зведені до наступних основних категорій:

- 1) господарсько-питні потреби людей;
- 2) виробниче водоспоживання, пов'язане із забезпеченням технологічних процесів різних виробництв і технологічних потреб;
- 3) витрати води, пов'язані із забезпеченням благоустрою населених пунктів і промислових підприємств (поливання і мийка вулиць, площ і зелених насаджень);
- 4) витрати води на зовнішнє пожежогасіння.

Одним з основних елементів системи водопостачання є водопровідна мережа, робота якої нерозривно пов'язана із водоводами, насосними станціями й регулюючими ємностями. На відміну від водоводів водопровідна мережа призначена не тільки для транспортування, але й для розподілу води споживачам. Вона повинна забезпечувати подачу заданих кількостей води необхідної якості до місць її споживання під необхідним напором, надійну роботу системи водопостачання при найменших витратах на будівництво й експлуатацію як самої мережі, так і насосних станцій, і напірно-регулюючих ємностей. Дотримання зазначених вимог досягається правильним вибором конфігурації мережі й матеріалу труб, визначенням діаметрів труб з урахуванням техніко-економічних міркувань.

Водопровідна мережа повинна задовольняти основній вимоги - безперебійна подача води в необхідній кількості до місць її відбору під необхідним напором. Відповідно до цього до водопровідних мереж висувають наступні вимоги: герметичність, мінімальні гідравлічні опори на тертя під час руху води по трубах, високий опір внутрішнім і зовнішнім навантаженням, тривалий термін служби труб і устаткування на мережі. Крім цього, водопровідні труби повинні задовольняти вимогам максимальної економічності.

Схеми водопостачання міст і селищ

Різновиди споживання води можуть бути зведені до наступних основних категорій:

- 1) господарсько-питні потреби людей;
- 2) виробниче водоспоживання, пов'язане із забезпеченням технологічних процесів різних виробництв і технологічних потреб;
- 3) витрати води, пов'язані із забезпеченням благоустрою населених пунктів і промислових підприємств (поливання і мийка вулиць, площ і зелених насаджень);
- 4) витрати води на зовнішнє пожежогасіння.

Джерела водопостачання бувають закритого (підземні) й відкритого (поверхневі) типу.

До *підземних джерел* водопостачання відносяться підземні води, які утворюються внаслідок проникнення в землю атмосферних і поверхневих вод. Підземні води можуть бути безнапірними й напірними (артезіанськими).

Безнапірні підйомні води першого від поверхні водоносного горизонту, викритого колодзями К1 на рисунку 1.3, називаються *грунтовими*. Грунтові води характеризуються підвищеним забрудненням, тому повинні бути очищені. Напірні (артезіанські) води заповнюють водоносні горизонти повністю.

Артезіанські води, як правило, характеризуються високою якістю і можуть використовуватись без очищення.

Прикладом напірних вод може служити вода у водоносному горизонті викритому колодзями К3 й К4 (рис. 2.1).

У колодязі, який відкриває напірний водоносний горизонт, вода підіймається до п'єзометричної лінії. Якщо п'єзометрична лінія проходить вище поверхні землі, спостерігається виливання води з колодязя (колодязь К3 на рис. 2.1). Такі колодязі називаються *самовиливними*. Безнапірні й напірні води можуть виходити на поверхню (джерела).

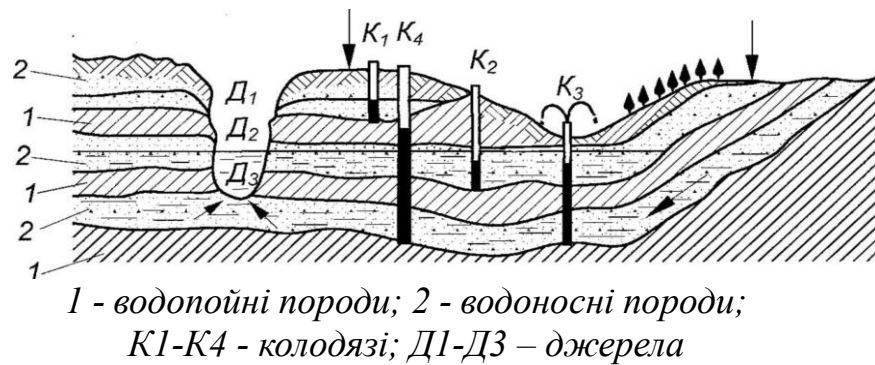


Рисунок 2.1 - Схема утворення і залягання підземних вод

До *поверхневих джерел* водопостачання відносять ріки, водосховища.

Морська вода після опріснення може також використовуватись для господарсько-питних потреб. Вибір джерела водопостачання залежить від якості води та його потужності.

Схема водопостачання міста залежить від виду джерела водопостачання, якості води та його потужності.

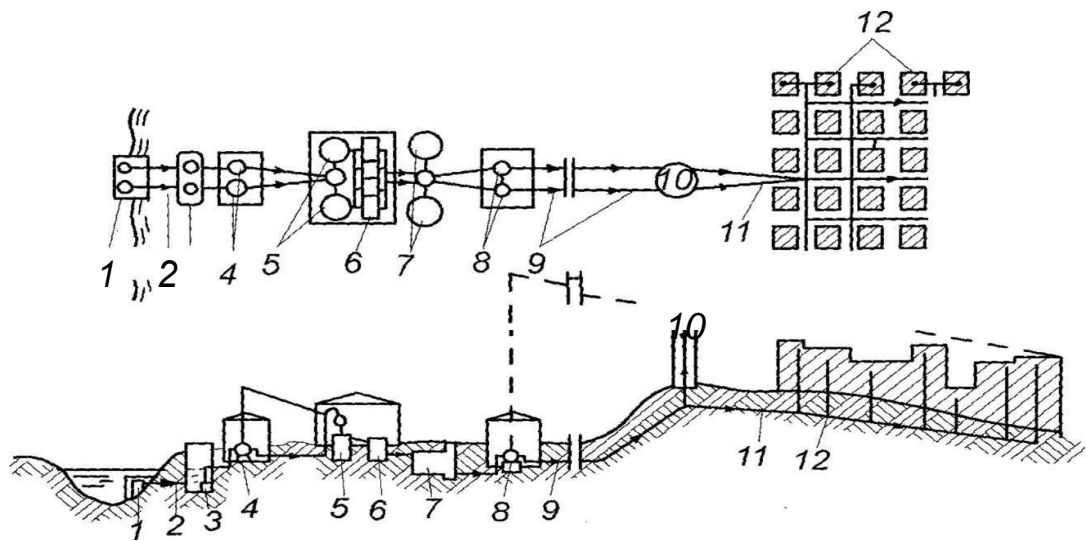
На рисунку 2.2 наведена схема водопостачання міста з забором води із ріки. Річна вода надходить до водозабірної споруди, з якої насосами станції першого підйому подається на очисні споруди.

Очищена вода надходить до резервуарів чистої води, відкіля забирається насосами станції другого підйому для подачі по водоводам і магістральним трубопроводам до водопровідної мережі міста. Водонапірна башта, яка звичайно розташовується на підвищенні, також, як й резервуари чистої води, служить для зберігання й акумулювання запасів води.

Схема водопостачання міст і населених пунктів визначається видом джерела водопостачання, якістю води у ньому, рельєфом місцевості, режимом водоспоживання.

При використанні поверхневих джерел водопостачання річкова вода надходить у водозабірну споруду, з якої насосною станцією I-го підйому подається на очисні споруди.

План



Профіль

1 - водоприймач; 2 - самотечна труба; 3 - береговий колодязь; 4 - насоси станції першого підйому; 5 - відстійники; 6 - фільтри; 7 - запасні резервуари чистої води; 8 - насоси станції другого підйому; 9 - водоводи; 10 - водонапірна башта; 11 - магістральні трубопроводи; 12 - розподільчі трубопроводи

Рисунок 2.2 - Схема водопостачання міста

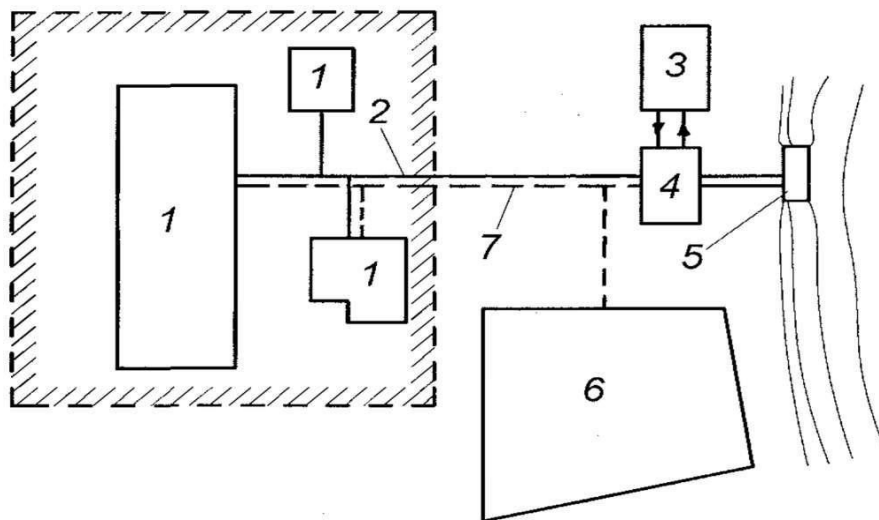
Очищена вода надходить у резервуари чистої води, звідки забирається насосами станції II підйому і перекачується по двох водоводах у розводящу водопровідну мережу, що розподіляє воду на окремі райони і квартали населеного пункту. Для вирівнювання **нерівномірності** споживання води протягом доби і створення необхідного напору влаштовують водонапірну башту або напірний резервуар.

Різновиди систем водопостачання промислових підприємств

Промислові підприємства, які відрізняються різноманітністю технологічних операцій, споживають для окремих процесів воду різної якості,

потребують подачі її під різними тисками, мають складні схеми водопостачання. Промислові підприємства, які розташовані на території сучасного міста, звичайно отримують господарсько-питну воду безпосередньо з міського водопроводу.

Водопостачання промислових підприємств може бути прямоточним, оборотним й з послідовним використанням води. На рисунку 2.3 наведена схема прямоточного водопостачання підприємства. Насосна станція 4, яка розташована поблизу водозабірної споруди 5, подає воду для виробничих потреб по мережі 2 до цеху 1.



1 – цех; 2 – мережа водопостачання; 3 – очисні споруди; 4 – насосна станція; 5 – водозабірна споруда; 6 – селище; 7 – самостійна мережа водопостачання

Рисунок 2.3 - Схема прямоточного водопостачання підприємства

Для господарсько-протипожежних потреб селища 6 й цехів 1 насосна станція 4 подає воду в самостійну мережу 7. Попередньо воду очищують на очисних спорудах 3.

На ряді підприємств (хімічні, металургійні та ін.) воду застосовують для потреб охолодження і вона майже не забруднюється, а лише нагрівається.

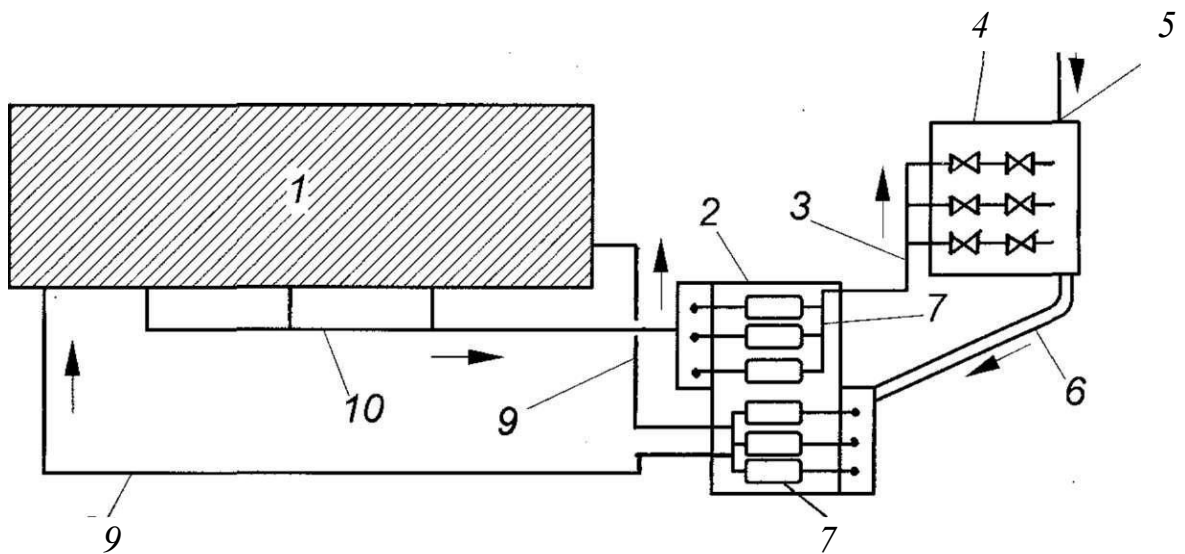
На рисунку 2.4 наведена схема оборотного водопостачання підприємства.

Нагріту воду по самопливному трубопроводу 10 подають до насосної станції 2, відкля насосами 7 перекачують по трубопроводу 3 на спеціальні

споруди 4, призначені для охолодження води (бризкальні басейни або градирні).

Охолоджену воду по самопливному трубопроводу 6 повертають до насосної станції 2 і насосами 8 по напірним трубопроводам 9 спрямовують до цехів. При оборотному водопостачанні частина води (3-5% від загальної витрати) втрачається. Для відновлення втрат води до мережі подають чисту воду по трубопроводу 5.

Схему водопостачання з вторинним використанням води застосовують у тих випадках, коли воду, що скидають після одного технологічного циклу, можна використовувати у другому, а іноді й у третьому технологічному циклі.



1 - водоприймач; 2 – насосна станція; 3 – трубопровід; 4 - спеціальні споруди, призначені для охолодження води (бризкальні басейни або градирні); 5 – трубопровід для подачі чистої води; 6, 10 – самопливний трубопровід; 7, 8 - насоси; 9 - напірні трубопроводи

Рисунок 2.4 - Схема оборотного водопостачання промислового підприємства

Визначення і розрахунки витрат води на різні терміни часу

Розрахункові витрати води (добові, погодинні, секундні) визначаються для всіх категорій споживачів, що витрачають її на різні цілі:

- господарсько-питні потреби населення включають всі види водоспоживання, що зумовлені побутом людей: приготування, їжі, особиста гігієна, прання, прибирання помешкань тощо; сюди також входять витрати води на господарсько-питні та побутові потреби в громадських і комунально-побутових установах, зокрема, закладах, що забезпечують населення продуктами харчування; таку категорію споживачів відносять до комунального сектору; окремо слід враховувати витрати води для будинків відпочинку та санаторно-туристських комплексів і таборів, які приймають за ДБН [7] або за технологічними даними;
- витрати води на підприємствах для господарсько-питних потреб, на технологічні цілі різних виробництв, а також у душових;
- полив зелених насаджень і територій; гасіння пожеж у населених пунктах і на підприємствах.

Добові й річні витрати води

Середні добові витрати води (за рік), м³/доб, на господарсько-питні потреби в комунальному секторі визначаються згідно з [3]

$$Q_{сер}^{доб} = \frac{q \cdot N \cdot K_m}{1000}, \quad (2.1)$$

де q – середньодобове питоме водоспоживання людиною, 30...350 л/(доб люд.) в залежності від ступеня благоустрою будинків [3];

N - розрахункова кількість жителів, чол.;

K_m - коефіцієнт, що враховує потреби місцевої промисловості, громадських і побутових закладів, зокрема, тих, що забезпечують населення продуктами харчування ($K_m = 1,1..1,2$) [3].

Розрахункові витрати води за добу найбільшого і найменшого водоспоживання, м³/добу:

$$Q_{min}^{доб} = Q_{сер}^{доб} \cdot K_{min}^{доб}; \quad (2.2)$$

$$Q_{max}^{доб} = Q_{сер}^{доб} \cdot K_{max}^{доб}, \quad (2.3)$$

де $K_{\text{макс}}^{\text{доб}}$ і $K_{\text{мін}}^{\text{доб}}$ - максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання, які враховують устрій життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміни водоспоживання протягом року, днів тижня: $K_{\text{макс}}^{\text{доб}} = 1,1..1,3$; $K_{\text{мін}}^{\text{доб}} = 0,7..0,9$ [3].

Витрати води на полив, м³/доб, визначаються за формулою

$$Q_{\text{пол}} = 10 q_n F_n t, \quad (2.4)$$

де q_n - питомі витрати на один полив, 0,3...15 л/м², які залежать від виду поливної території, способу поливу та кліматичних умов [3];

F_n - площа поливу, га;

t - кількість поливів за добу, $t = 1..2$ [3].

Якщо дані про поливні території (види й благоустрої територій, площі поливу) відсутні, то витрати води на полив визначають залежно від кількості жителів за формулою (2.1), приймаючи питоми середньодобові за поливний період споживання води $q = 50..90$ л/(доб·люд) залежно від кліматичних умов, продуктивності джерела водопостачання, ступеню благоустрою зон забудови населеного пункту та інших місцевих умов [3]. Витрати води на полив приймають, як правило, рівномірними протягом усього поливного періоду.

Витрати води на підприємствах включають витрати на технологічні потреби, господарсько-питні цілі та користування душами. Залежно від точності вихідних даних (режимів роботи підприємств, кількості продукції, що виготовляється за зміну, добу і протягом року, кількості працівників, зайнятих на виробництві, тепловиділень в цехах, забруднень одягу робітників, графіків відбору води з мережі тощо), об'єму та призначення розрахунків загальні витрати води на підприємстві визначають як суму технологічних, господарсько-питних та витрат в душових [5]. В більшості випадків при проектуванні міських водопровідних мереж точно визначати вихідні дані для кожного підприємства недоцільно. Цілком достатньо головних показників, які визначають величини витрат води та режими водоспоживання протягом доби, року тощо. Серед таких показників може бути кількість продукції, що виготовляється за певний період (рік, добу, зміну), графіки відбору води з мережі у власні резервуари тощо. Накопичений досвід проведення розрахунків водоспоживання на підприємствах показує, що для більшості з них вода витрачається, в основному, на

технологічні потреби. Крім того, існуючі нормативи укрупнених показників водоспоживання в промисловості дозволяють враховувати витрати води на побутові цілі (господарсько-питні та і душових) залежно від кількості продукції, що виготовляється.

Порівняльний аналіз „точних” розрахунків з „укрупненими” показує, що похибки у визначенні добових витрат води та за зміну практично відсутні (зростають при збільшенні питомої кількості робітників, що виготовляють одиницю продукції). Розбіжності у погодинних витратах води не перевищують 3...10 % і припадають на годину приймання душів.

В цілому по населеному пункту з врахуванням витрат води всіма споживачами розбіжності у розрахунках не перевищують 1...3 %, що цілком відповідає точності вихідних даних. Тому витрати води, m^3 , на підприємствах слід визначати за формулою

$$Q_{np} = P q_{np}, \quad (2.5)$$

де P - кількість продукції, що випускається підприємством за визначений період (зміну, добу, рік);

q_{np} - питома витрата води на одиницю продукції, m^3 на одиницю продукції. Залежить від виду продукції, прийнятих технологічних процесів і коливається в значних межах (від 1 до десятків тисяч [5]).

Технологічні процеси більшості виробництв передбачають використання води як питної, так і технічної якості. Тому величина q_{np} може включати:

- суму питомих витрат води технічної й питної якості для об'єднаного господарсько-питного і технічного (виробничого) водопроводу;
- окремо питомі витрати води технічної та питної якості (на технологічні і побутові цілі) у випадку, коли проектується два окремих водопроводи: господарсько-питний та виробничий [5].

Мінімальні й максимальні витрати води на підприємствах визначають за формулами 2.2 і 2.3 залежно від коефіцієнтів зміни водоспоживання у літній та зимовий періоди $K_{літ}$ та $K_{зим}$ [4] після обчислення витрат води для кожної групи споживачів визначають загальні розрахункові максимальні, середні та мінімальні добові витрати води, що відбираються з водопроводу населеного пункту. Як правило всі обчислення та результати розрахунків наводять у таблицях (див. приклад, наведений нижче).

Річні витрати води визначають на основі середньодобових $Q_{сер}^{доб}$, $m^3/рік$, за формулою

$$Q_{рік} = Q_{сер.н.п}^{доб} \cdot T_n + Q_{сер}^{доб} \cdot T_{н.п.}, \quad (2.6)$$

$Q_{сер.н.п}^{доб}$ та $Q_{сер}^{доб}$ - середньодобові витрати води підприємством в поливний та неполивний періоди, м³/доб;

$T_n, T_{н.п.}$ - тривалість цих періодів, діб:

$$T_{н.п.} = 365 - T_n \quad (2.7)$$

Погодинні витрати води

Погодинні витрати води, м³/год, які відбираються з водопровідної мережі міста, визначають для кожної групи водоспоживачів окремо залежно від максимальних добових витрат населеного пункту. Погодинні витрати води для *господарсько-питних потреб населення* визначають окремо для кожної житлової зони за графіками-аналогами [4]. Погодинний розподіл приймають залежно від максимальних коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання визначають для кожної зони забудови за формулою

$$K_{год}^{max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max}, \quad (2.8)$$

де α_{max} - коефіцієнт, який враховує ступінь санітарного благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови: $\alpha_{max} = 1,2 \dots 1,4$ [3];

β_{max} - коефіцієнт, який враховує кількість жителів N в населеному пункті [3].

При витратах $Q_{доб.макс} \geq 200$ м³/доб коефіцієнт $K_{год}^{max}$ може визначатись згідно з [6]

$$K_{год}^{max} = a + b / \sqrt{(Q_{доб.макс})} \quad (2.9)$$

де a і b - коефіцієнти, які залежать від величин забезпеченості споживачів водою P_o і приймаються залежно від категорії систем водопостачання (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Значення параметрів a і b у формулі 2.8 [6]

Категорія системи водопостачання	Рівень забезпеченості P_o	Параметри	
		a	b
1	0,005	1,18	20,1
2	0,01	1,17	17,7
3	0,015	1,16	16,3

Погодинні витрати води *на підприємствах* визначають окремо для кожної зміни залежно від витрат води за зміну й тривалості зміни. Витрати на виробничі потреби визначають залежно від графіка технологічного процесу, наявності чи відсутності запасних і регульовальних ємностей на підприємстві тощо.

Якщо витрати води на побутові потреби визначались окремо від технологічних, то додатково розподіляють витрати на господарсько-питні потреби та на приймання душів [3]. Погодинні витрати на господарсько-питні цілі визначають залежно від типу цехів і тривалості зміни за графіками-аналогами [5]. На прийняття душів витрати розподіляють із розрахунку 45 хв. після закінчення кожної зміни [5]. В разі відсутності точних даних про режими розбору води підприємством допускається витрати води приймати однаковими для кожної години зміни [5].

Погодинні витрати води *на полив* залежать від тривалості поливання протягом доби, приймаючи, що його інтенсивність є рівномірною. При цьому необхідно звернути увагу на те, щоб не збігався час розбору води на полив з максимальними погодинними витратами на господарсько-питні і виробничі цілі.

Витрати води на пожежогасіння житлових будівель і підприємств

Система водопостачання населеного пункту крім господарсько-питних та виробничих повинна забезпечувати подачу протипожежних витрат води. Розрахункова кількість одночасних пожеж (1...3) залежить від загальної кількості жителів в населеному пункті [3]. В цю кількість входять пожежі і на підприємствах, якщо вони знаходяться на території населеного пункту [5].

Розрахункову кількість одночасних пожеж на промисловому або сільськогосподарському підприємстві слід приймати в залежності від площі їх території: при площі до 150 га – одна пожежа; при більшій площі – дві пожежі [3]. Розрахункову кількість пожеж для об'єднаного водопроводу, який обслуговує підприємство й селище при ньому, визначають за [3, 6].

Місця виникнення можливих пожеж визначають, як правило, у найвищих точках місцевості, які найбільш віддалені від точок, живлення водопроводу, або в точках підключення підприємств.

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння для житлових зон (5...100 л/с) приймають за [3] та додатками [5] 6.1 і 6.2 залежно від кількості поверхів та об'єму житлових будинків й громадських закладів, а на підприємствах залежно від об'єму найбільшого корпусу, ступеня його вогнестійкості й категорії продукції за пожежною безпекою [3, табл. 7 і 6; 5 додатки 6.3 і 6.4].

Витрати води на внутрішнє пожежогасіння на підприємствах і громадських закладах визначають залежно від характеристик підприємств, будівельного об'єму й кількості поверхів будівель за [5, додатком 6.5].

Загальні витрати води на пожежогасіння, л/с, визначають за найбільшими сумарними значеннями протипожежних витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння в межах кількості одночасно можливих пожеж.

Тривалість гасіння пожеж приймають рівною 3 год, а для будівель I і II ступеня вогнестійкості з незгоряємими конструкціями й утеплювачем та з виробництвами категорій Г і Д - 2 год [3].

Повний пожежний запас води повинен зберігатись у резервуарах чистої води біля насосних станцій, які живлять водопровідну мережу (на весь період гасіння розрахункової кількості пожеж), та у водонапірній башті (до вмикання протипожежних насосів) із розрахунку гасіння протягом 10 хвилин однієї пожежі з найбільшими сумарними пожежними витратами [3].

Режими роботи водопровідних мереж

Розрахунки водоводів, водопровідних мереж, насосних станцій і регулювальних ємностей, як складових систем подачі і розподілу води (СПРВ), слід виконувати в об'ємі достатньому для обґрунтування їх схем, встановлення черговості існування об'єктів, підбору насосного обладнання, визначення об'ємів ємностей та їх розташування на плані [3]. Для систем водопостачання

населених пунктів розрахунки СПРВ, як правило, проводять для таких характерних режимів:

- в добу максимального водоспоживання:
 - на максимальну, середню і мінімальну погодинну витрату;
 - пожежогасіння в годину максимального водоспоживання;
- в добу середнього водоспоживання: на середню погодинну витрату;
- в добу мінімального водоспоживання: на мінімальну погодинну

витрату.

Розрахунки для інших режимів водоспоживання, а також відмова від проведення розрахунків для одного чи кількох із вказаних режимів допускається при обґрунтуванні достатньої кількості розрахункових випадків для виявлення умов, що властиві СПРВ при всіх характерних режимах водоспоживання [3].

Суттєвим є проведення розрахунків сумісної роботи споруд СПРВ на випадки мінімального водоспоживання, коли перевіряють її роботу на можливість перевищення вільних напорів допустимих величин (60 м вод ст.) [3]. Важливо, також, перевірити роботу СПРВ в аварійних ситуаціях (виключення на ремонт окремих ділянок мережі чи водоводів), коли зниження подачі води споживачам не повинно перевищувати 30% [3].

В курсовому і дипломному проектуванні найчастіше обмежуються проведенням розрахунків на три випадки роботи водопровідної мережі:

I розрахунковий випадок: максимальне водоспоживання (максимальне погодинне в добу максимального водоспоживання);

II розрахунковий випадок: пожежогасіння (у годину максимального водоспоживання на господарсько-питні і виробничі цілі в добу максимального водоспоживання);

III розрахунковий випадок: максимальний транзит води в башту при максимальній подачі насосною станцією (в добу максимального водоспоживання) - виконують тільки для СПРВ із контррезервуаром.

Розробка мереж з врахуванням вимог безпеки під час їх експлуатації

Для транспортування води від джерел до об'єктів водопостачання служать водоводи. Їх виконують з двох або більшої кількості ниток трубопроводів, що укладаються паралельно один одному. Для подачі води безпосередньо до місць

її споживання (житловим будинкам, цехам промислових підприємств) служить водопровідна мережа.

Проектування і гідравлічний розрахунок водопровідної мережі ведуть в такій послідовності:

- 1) трасують мережу та встановлюють схему її живлення;
- 2) намічають вузлові точки та визначають величини відборів води з них при заданих умовах роботи мережі;
- 3) роблять попередній розподіл потоку води по лініях кільцевої мережі;
- 4) визначають діаметр труб розрахункових ділянок мережі та втрати напору на них;
- 5) ув'язують кільцеву мережу за втратами напору, в результаті чого встановлюють фактичні витрати й втрати напору на кожній лінії;
- 6) будують п'єзометричні лінії по ділянках мережі для розрахункових випадків її роботи;
- 7) визначають необхідну висоту водонапірної башти і підбирають насоси для живлення водопровідної мережі з необхідним виробництвом та напором.

Першочерговим завданням при проектуванні й розрахунку водоводів і водопровідних мереж є обґрунтування вибору трас ліній у плані. Трасування мереж роблять виходячи з умови забезпечення необхідної надійності їх роботи і найменшої будівельної вартості.

Розміщення ліній водоводів та мереж залежить від наступних умов:

- місця розташування джерел водопостачання, характеру планування населеного пункту або промислового підприємства, розміщення великих споживачів води, форми і розмірів житлових кварталів, цехів, зелених насаджень, розташування проїздів і т.п.;
- наявності природних або штучних перешкод для прокладки труб (річки, яри, канали, залізниці і шосейні дороги та ін.);
- рельєфу місцевості;
- наявності інших комунікацій (газопроводи, каналізаційні колектори і т. п).

При трасуванні потрібно враховувати наступне:

- магістралі повинні розташовуватися уздовж основного напрямку руху води в місті;
 - до кожного споживача вода повинна йти найкоротшим шляхом;
- мережа повинна як можна повніше охоплювати селитьбу; необхідно

враховувати перспективу розвитку населеного пункту; варто перетинати мінімальне число природних перешкод;

- траси водопроводів бажано прокласти поблизу автодоріг і проїздів паралельно лініям забудови, поза асфальтовими й бетонними покриттями;
- перетинання проїздів і інших комунікацій необхідно виконувати під прямим кутом;

- траси трубопроводів повинні мати мінімальне число штучних споруд і бути легко доступними для експлуатації й виробництва ремонтних робіт.

Бажано, щоб трубопроводи більших діаметрів були прокладені на височині.

Розрахунок водопровідної мережі полягає у визначенні економічно вигідних діаметрів труб всіх її ділянок і втрат напору на них.

Виконавши трасування мережі, задають режим подачі води в неї й визначають витрати води, які надходять у мережу, а також обсяги регулюючих ємкостей. Подальша методика розрахунку і проектування мережі полягає в наступному: намічають розрахункову схему відбору води з мережі; задають початковий розподіл потоків води по окремих лініях мережі й знаходять розрахункові витрати води по ділянках; керуючись тиском води, геологічними й іншими місцевими умовами вибирають матеріал труб; визначають діаметри труб, втрати напору на ділянках; здійснюють гідравлічне ув'язування мережі, підбор насосів, уточнюють прийняті спочатку витрати води, які подаються в мережу.

При виборі конфігурації мережі необхідно враховувати наступне:

1. Мережа повинна забезпечувати подачу води до всіх споживачів;
2. Обрана конфігурація мережі повинна гарантувати мінімальні витрати на її будівництво й експлуатацію;
3. Мережа повинна відповідати заданій категорії надійності подачі води.

По накресленню в плані водопровідні мережі бувають: розгалужені (або тупикові); кільцеві (рис. 2.5); змішані.

Тупикові мережі дешевше, ніж кільцеві, але вони менш надійні відносно постачання водою споживачів, оскільки не забезпечують безперервності водопостачання. Вони можуть бути застосовані в тих випадках, коли за умовами споживання води можливі перерви в її подачі на час, необхідний для ліквідації аварії, або коли існують запаси води для постачання об'єкта на час відновлення трубопроводу. При кільцевих мережах завдяки наявності паралельно працюючих ліній аварія на будь-якій ділянці не приводить до припинення подачі води споживачам, окрім тих, що живляться безпосередньо від ушкодженої ділянки.

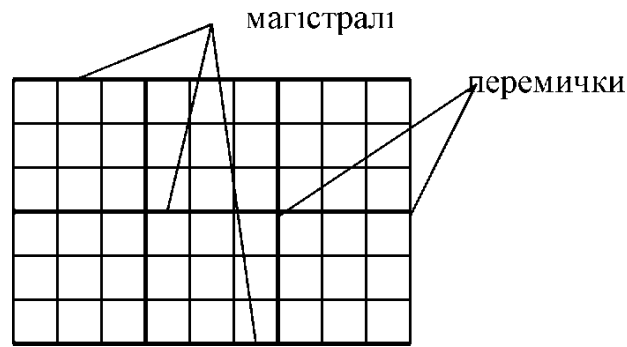


Рисунок 2.5 - Схема конфігурації кільцевої мережі

У міських і виробничих водопроводах мережі, як правило, передбачають замкненими (кільцевими). Розгалужені мережі звичайно передбачають у невеликих селищах (при діаметрі труб до 100 мм), якщо у випадку аварії можна допустити перерву у водопостачанні. При прокладанні транзитних ліній, по яких вода надходить у місто, за межами населеного місця відстань між двома водоводами повинна бути не менш 10м.

Умовно кільцеву водопровідну мережу можна розбити на магістралі й перемички. Магістралі прокладаються уздовж основного руху води населеного пункту, а перемички працюють повною мірою при аварії на магістральних лініях.

Залежно від характеру роботи лінії водопровідної мережі розділяються на магістральні й розподільні. Основне завдання магістральних ліній - транспортування води транзитом у більш вилучені райони території, що постачається водою. Від магістральних ліній йде розводяща мережа. Розподіл і віддачу води споживачам через будинкові введення й пожежні гідранти (при пожежі) покладають на розподільні лінії. Діаметри розподільних ліній, на відміну від магістральних, не розраховують, а приймають відповідно до пожежної витрати, що пропускається.

Діаметри труб зовнішньої водопровідної мережі визначають розрахунком, але повинні бути не менш 100 мм.

У водопроводах малих населених пунктів або в кінцевих ділянках міської мережі немає розходження між магістральними й розподільними лініями, тому що вони беруть участь і в транспортуванні й у віддачі води споживачам. Основні магістральні лінії з'єднують між собою перемичками, які служать для вирівнювання завантаження основних магістралей або перекидання води з однієї магістралі в інші при аварії на одній з її ділянок.

Магістральні лінії доцільно прокладати, як правило, на підвищених місцях міста, тому що це забезпечує створення необхідних напорів в розподільній мережі.

При великій різниці відміток поверхні землі улаштовують зонні системи водопостачання.

Умовно схеми водопровідних мереж поділяють на три види:

- з баштою на початку мережі,
- з баштою наприкінці мережі,
- система без башти.

Запірна та регулювальна арматура

Підтримка необхідного режиму експлуатації й підвищення надійності водоводів і водопровідних мереж забезпечується запірною-регулюючою, запобіжною, водорозбірною, контрольно-вимірювальною арматурою.

Запірно-регулююча арматура необхідна для часткового або повного перекриття окремих ділянок трубопроводів. До неї ставляться засувки, вентиля, поворотні затвори. За допомогою засувок можна змінювати ступінь їхнього відкриття змінювати витрату води в лініях та відключати для ремонту окремі ділянки. Засувки найчастіше встановлюють у колодязях.

До водозабірної арматури належать водорозбірні крани, водорозбірні колонки, пожежні гідранти, крани для поливання, фонтанчики. Через водорозбірні колонки здійснюється водопостачання селищ і будинків, які не обладнані внутрішнім водопроводом. Для забору води з мережі з метою пожежогасіння застосовують гідранти.

Запобіжна арматура перешкоджає руйнуванню трубопроводів і сприяє збереженню постійної пропускної здатності. До неї належать зворотні клапани й запобіжні клапани, вантузи, гасителі ударів. Запобіжні клапани виключають підвищення тиску понад припустимого, зворотні клапани допускають рух води тільки в одному напрямку. Повітряні вантузи призначені для видалення повітря, що накопичується в підвищених відмітках розташування водоводів і магістральних мереж, встановлюються в колодязях.

Для виміру витрат води використовують контрольно-вимірювальну апаратуру - крильчасті і турбінні водоміри.

На водопровідній мережі встановлюється наступна арматура:

- запірна й регулювальна (вентилі, крани, засувки, затвори);
- водорозбірна (водорозбірні крани й колонки, пожежні гідранти);

- запобіжна (запобіжні, зворотні й редуційні клапани, вантузи, випуски). Запірні арматури застосовується для відключення розподільних ліній від магістральних і поділу мережі на ремонтні ділянки. Для запобігання гідравлічних ударів у трубопроводах на них встановлюється запірна арматури із тривалими періодами закриття й відкриття. На трубопроводах з $d > 100$ мм в основному встановлюються засувки, які залежно від призначення, робочого тиску й умовного проходу діляться на паралельні й клинові, з висувними й невисувними шпинделями, ручним або електро-, гідро-пневмоприводом. У паралельних засувках затворні ущільнюючі поверхні розташовані паралельно. У клинових затворні ущільнюючі поверхні розташовані нахилено до вертикальної осі корпусу, а безпосередньо затвор складається із суцільного або шарнірного клина.

На засувках діаметром більше 500 мм для врівноваження тиску по обидва боки затворних ущільнювачів влаштовують обвідні трубопроводи малого діаметра із засувками. Такі трубопроводи називають *байпасами*.

При великих діаметрах трубопроводів і відносно невеликих тисках замість засувки можливо встановлювати дискові поворотні затвори. Ці затвори дозволяють швидше перекривати потік води.

Вантузи та водовипуски. Вантузи застосовуються для випуску й впуску повітря в трубопровід при нормальній його експлуатації, а також при його спорожнюванні та наповненні водою. Вони служать для видалення повітря, що попало у водоводи через нещільність в з'єднаннях трубопроводів і устаткування на насосних станціях і на лініях, а також повітря, що виділяється з води (рис.2.6).

а – при русі рідини; б – при нерухомій рідині

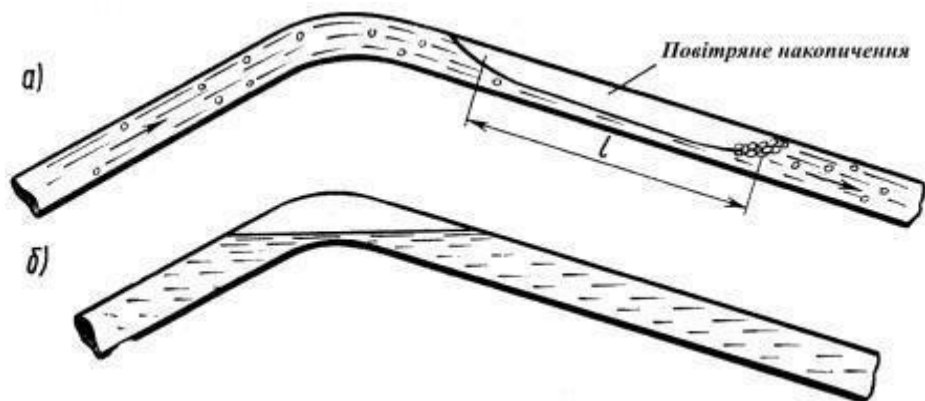


Рисунок 2.6 - Повітряне накопичення в трубопроводі

Відведення повітря з водоводів необхідне тому, що повітряні пробки, що утворюються, утрудняють експлуатацію, створюючи додаткові опори, зменшують пропускну здатність трубопроводів, можуть сприяти виникненню гідравлічних ударів при миттєвому з'єднанні стовпів води, що розірвалися. Видалення повітря здійснюється як через експлуатаційні вантузи, так і через спеціально влаштовані відводи із засувками. Швидке видалення повітря має бути забезпечене під час заповнення водоводів. Для цієї мети встановлюють особливі вантузи. Під час спорожнення водоводів необхідно забезпечити впускання в них повітря, вакуум, що інакше утворюється, може призвести до сплюснення і руйнування труб. Для впускання повітря можуть використовуватись особливі пристрої (також названі вантузами, але такі, що мають дещо іншу конструкцію). Кількість повітря, що впускається, інколи буває настільки великою, що на водоводах, особливо значного поперечного перерізу, окрім впускних вантузів, доводиться передбачати відводи із засувками.

Таким чином, прилади для випуску і впуску повітря поділяються на наступні групи:

- а) вантузи експлуатаційні, через яких відбувається постійне видалення повітря, що виділяється з води;
- б) вантузи, службові для випуску повітря при заповненні водоводів;
- в) вантузи противакуумні, які забезпечують впуск повітря при спорожненні водоводів (часто називаються аераційними клапанами);
- г) відводи із засувками (повітряні крани), завданням яких є впуск і випуск повітря.

На рис.2.7 наведені схеми розташування вантузів на водоводах. Вантузи зазвичай ставлять в камерах перемикання і колодязях, що розташовуються в підвищених точках водоводів. На сталевих водоводах великого поперечного перерізу в колодязі розташовують лише власне вантуз із засувкою, а сам водовод залишається поза колодязем. Вантузи діють автоматично. Управління засувкою на відводах відбувається вручну або автоматично.

Вантуз для можливості його відключення відділяється від водовода засувкою. Вантузи на водоводах зазвичай встановлюють на патрубках вварених в трубу або приєднаних до трійників на водоводі з патрубком вверх. Діаметр патрубка d_0 бажано приймати рівним 0,5-0,7 діаметру D основного трубопроводу.

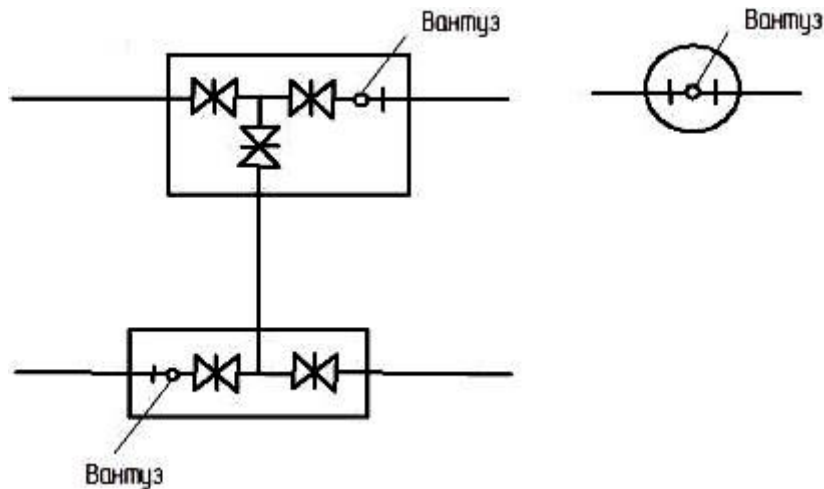


Рисунок 2.7 - Схеми встановлення вантузів

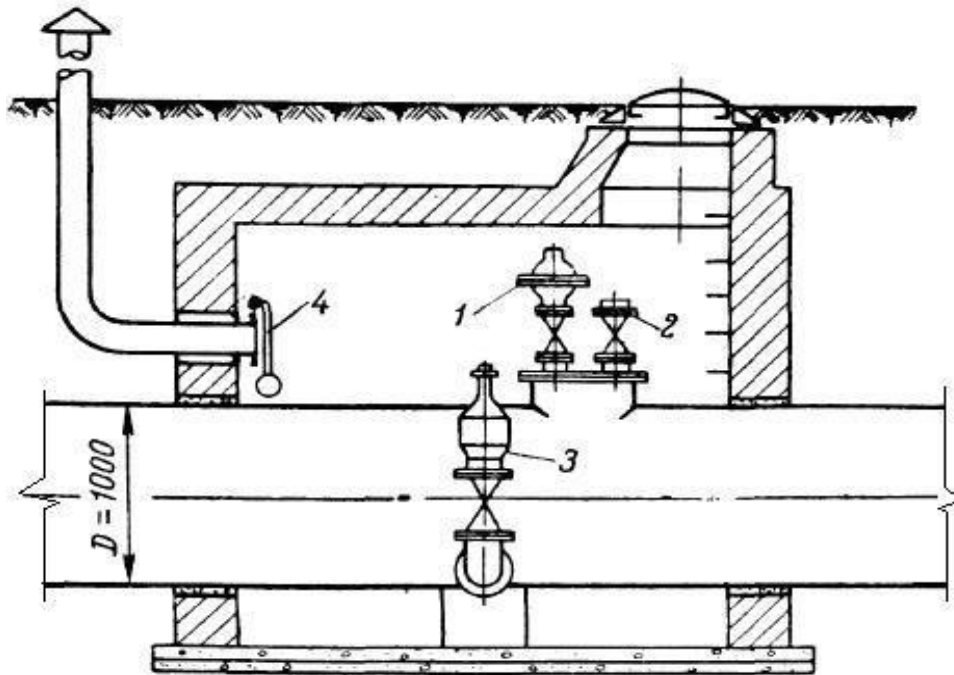
Влаштування патрубків такого перетину сприяє кращому видаленню повітря з ліній. Аераційні клапани вимагають особливої уваги при сталевих водоводах значного діаметру, оскільки вони зазвичай легко руйнуються навіть при невеликому вакуумі у момент спорожнення. Такі клапани, зокрема, мають бути встановлені на сталевих водоводах діаметром більше 400 мм в місцях можливого утворення вакууму. Приклад установки в одному колодязі групи вантузів для обслуговування водоводів представлений на рис.2.8.

Перед початком проведення ремонтних електро- та газозварювальних робіт на металевих трубопроводах великого діаметру для уникнення травмування робітників необхідно пересвідчитись, що у ньому відсутній тиск води і не утворився вакуум під час спорожнення.

При ремонті або промивці водоводів їх спорожнюють через випуски, що розташовуються в понижених місцях і є відгалуженнями, що перекриваються засувками.

Випуски служать для скидання води при спорожнюванні водоводів. Пристрої для спорожнення водоводів розміщують у понижених точках кожної ремонтної ділянки, а також у місцях, необхідних для промивання водоводів перед здачею в експлуатацію по закінченню будівництва або ремонту.

Діаметри випусків і пристроїв для впуску повітря повинні забезпечувати спорожнення ділянок водоводів за час не більший 2 год. Якщо випуски призначені для промивання водоводу, то вони повинні створювати в ньому швидкості на 10% більші за розрахункові.



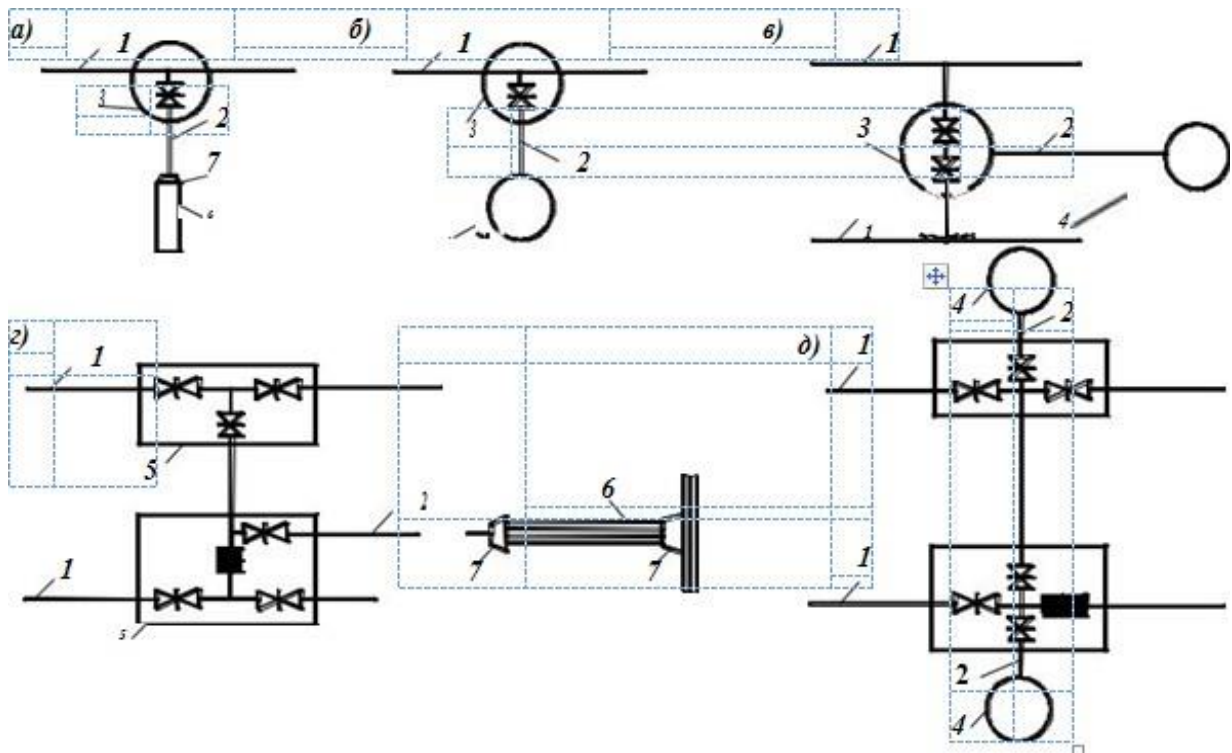
- 1 - експлуатаційний вантуз; 2 – відвід для випуску і впуску повітря;
 3 – аераційний клапан; 4 – клапан для впуску повітря колодязь

Рисунок 2.8 - Групова установка вантузів

При гідропневматичному промиванні швидкість течії буває навіть на 20% більше максимальної швидкості при експлуатації водоводу, що необхідно враховувати при розрахунку випусків. Воду після промивання необхідно відводити у водостік, канаву, яр тощо, а також у колодязі з наступною відкачкою.

Найбільш простий випадок зображений на рис.2.9,а, де випуск одиночного водовода передбачений із пониженої його точки, що не проходить в місці розташування камери перемикання. На трубі випуску встановлений колодязь, в якому розміщена засувка; труба закінчується в канаві, що відводить воду.

При влаштуванні випуску, особливо на сталевих водоводах, можна розташовувати в колодязі лише засувку випуску, залишаючи сам водовід за межами колодязя. Випадок, коли рельєф місцевості не дозволяє випускати воду водовода самопливом, зображений на рис.2.9,б, де наведена установка мокрого колодязя, що збирає воду. Подібна ж схема для двох паралельних ниток водовода дається на рис.2.9в.

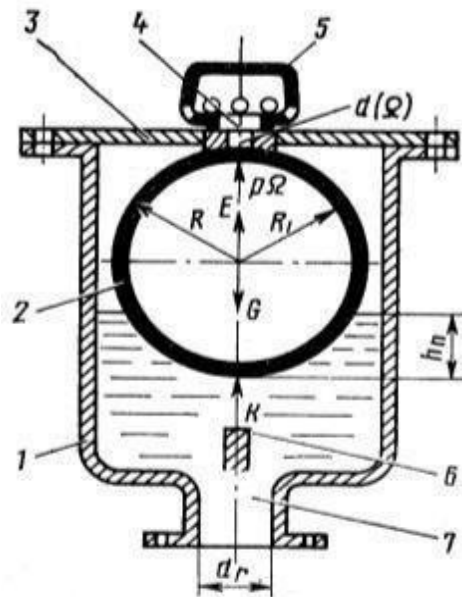


1 – водовід; 2 – труба випуску; 3 – колодязь випуску; 4 – мокрий колодязь;
 5 – камера переключень; 6 – канава; 7 - оголовки
 Рисунок 2.9 - Схеми влаштування випусків

При розташуванні поблизу річки камер перемикання водовода з двох ниток випуск робиться за схемою рис.2.9,г, де комунікація засувки камер переключення дозволяє використовувати один і той же випуск для спорожнення чотирьох ділянок труб, що відносяться до обох ниток водовода. Частина випуску, яка примикає безпосередньо до камер і проходить на значній глибині, виконується у вигляді закритої труби, а остання його частина зазвичай є відкритою канавою. У місцях входу труби в канаву і канави в річку влаштовують оголовки простої конструкції. На рис. 2.9,д наведена схема пристрою випусків з двох камер перемикання в два мокрі колодязі. Проте по можливості слід обмежуватися одним загальним мокрим колодязем.

Випуск води з ділянок розподільної мережі може виконуватись через арматуру колодязів, що знаходяться в пониженнях місцях. Вода при цьому відводиться самопливом, відкачується з мокрих колодязів, а інколи і безпосередньо з мережевих колодязів. Довжина труби випуску визначається місцевими умовами і складає зазвичай від 3 до 30 м.

Призначаючи пункти розташування вантузів і випусків, треба враховувати всі місцеві умови: рельєф місцевості, поперечні перерізи трубопроводів, міру насиченості води повітрям, тиск в різних ділянках водоводів і мережі, допустиму тривалість спорожнення, наявність зручних пунктів скидання води, найбільш доцільну довжину ремонтних ділянок і ін. Для випуску повітря в малих кількостях при нормальній експлуатації водовода застосовуються експлуатаційні вантузи (рис. 2.10). При накопиченні повітря у верхній частині корпусу 1 порожниста куля 2 занурюється у воду на величину h_n , відкриває отвір 4 і повітря виходить у атмосферу. Потім куля знову піднімається і закриває отвір.



1 – корпус; 2 – порожниста куля; 3 – кришка; 4 – повітрявипускний отвір; 5 – захисний ковпачок; 6 – упор для поплавка; 7 – патрубок

Рисунок 2.10 - Схема експлуатаційного вантуза

Тому разом із звичайними експлуатаційними вантузами застосовуються спеціальні повітряні та противакуумні клапани або комбіновані вантузи. В комбінованому вантузі отвір може бути будь-якого розміру. Розрахунок повітряних отворів вантузів тісно пов'язаний з розрахунком випусків для води. Основи розрахунків водовипусків розроблені проф. А.А. Суріним. Випуски для води розташовуються на всіх характерних понижених точках ремонтної ділянки, а також в місцях прийнятих для випуску води при промивці водоводу.

Захисна система трубопроводів від гідравлічного удару

Запобіжні клапани використовуються для запобігання підвищення тиску в трубопроводах вище розрахункового, наприклад при гідравлічних ударах. Зворотні клапани встановлюються на трубопроводах з метою створення руху потоків рідини в одному напрямку. В тих випадках, коли в трубопроводах за розрахунком можливі значні гідравлічні удари, які можуть викликати небезпечні аварії (затоплення насосних станцій, розмив основ під фундаментами при розриві труб, недопустимо тривалу перерву в подачі води та інші), необхідно разом з звичайними протиударними засобами в найбільш небезпечних місцях, наприклад в насосній станції, передбачити аварійний захист від недопустимо високого тиску. В якості аварійних засобів в першу чергу рекомендується встановлювати запобіжні розривні мембрани – металеві диски, які встановлюються між двома фланцями на відповідному трубопроводі. При підвищенні тиску понад розрахункове диск розривається, частина рідини скидається із трубопроводу і гідравлічний удар затихає. Після цього засувка на відповідному трубопроводі закривається, встановлюється нова мембрана і засувка знову відкривається. На автоматизованих насосних станціях засувка повинна бути з гідроприводом або кільцева, яка сама закривається. Рекомендується застосовувати попередньо випуклі мембрани. Якщо в трубопроводі при гідравлічному ударі можливе утворення вакууму, тоді під мембраною встановлюється противакуумна місцева опора з отворами, яка за формою точно відповідає мембрані (рис.2.11).

Для того, щоб збільшити строк експлуатації мембран (вони служать під навантаженням до 0,5...1 року), необхідно витримати певне співвідношення руйнівного тиску до робочого. Діаметр мембрани і відповідного трубопроводу D_m визначається за витратами води, яку необхідно забезпечити на скидані для гасіння гідравлічного удару.