

ВСТУП

У вирішенні завдань благоустрою і комунального обслуговування населених пунктів пріоритетними є питання поліпшення будівельного проектування, забезпечення охорони довкілля від забруднення і раціональне використання природних ресурсів. Будівництво та експлуатація житлових кварталів, окремих будинків і споруд, об'єктів виробничого і культурно-побутового призначення, а також реконструкція та розширення існуючих об'єктів неможливі без інженерної підготовки фахівців будівельного профілю. Експлуатаційна надійність будівель та споруд значною мірою залежить від функціонування систем водопостачання та каналізації. Без знання проектування, будівництва та експлуатації цих систем неможливо приймати правильні інженерні рішення.

Мета — допомогти студентам вивчити технологічні процеси, що відбуваються у водопровідних і каналізаційних спорудах; призначення цих споруд; водопровідно-каналізаційне господарство міста; санітарно-технічне обладнання будинків; питання будівництва, надійної та раціональної експлуатації систем водопостачання і водовідведення.

Курс лекцій складений відповідно до навчальної програми "Водопостачання і водовідведення" для студентів вищих навчальних закладів напряму "Будівництво" і складається з трьох розділів: "Водопостачання", "Водовідведення", "Санітарно-технічне обладнання будинків", де без надмірної деталізації описані принципи роботи, розрахунок, основи будівництва і експлуатації споруд і мереж для очищення та транспортування природних і стічних вод.

Підручник призначений для підготовки спеціалістів у вищих навчальних закладах України. У пропонованому посібнику чинні нормативні документи враховані з усіма змінами та доповненнями, опублікованими на 01.11.2001 р.1.

Лекція №1

ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1. Системи та схеми водопостачання.

Системою водопостачання називають комплекс інженерних споруд, машин і апаратів, які призначені для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, зберігання, транспортування і подачі водоспоживачам. Вона складається із *водоприймальних, водопідйомних, очисних, водонапірних і регулюючих споруд, магістральних водоводів і розподільних мереж, засобів автоматизації*. В залежності від місцевих умов деякі споруди можуть не використовуватись чи бути об'єднаними одна з одною.

Системи водопостачання поділяють за такими ознаками:

- функціональним призначенням - *господарсько-питні, виробничі та протипожежні*);
- сферою обслуговування - *об'єднані та роздільні*;
- за видом об'єктів - *міські, селищні, промислові та інші*;
- за територіальним охопленням водоспоживачів - *місцеві, централізовані, групові*;
- тривалістю дії *тимчасові та постійні*;
- типом природного джерела - *з використанням підземних або поверхневих вод*;
- способом підйому води - *гравітаційні та з механічною подачею води*;
- характером використання води - *прямоточні, зворотні та з повторним використанням води*;
- надійністю забезпечення подачі води.

Господарсько-питні системи водопостачання подають воду для пиття, приготування їжі і проведення санітарно-гігієнічних процедур. Вода в цій системі повинна бути питної якості. *Виробничі* водопроводи подають воду на технологічні цілі. Вимоги до якості води визначаються технологіями. *Протипожежні* системи водопостачання призначені для подачі води під час гасіння пожежі. Вода в протипожежних водопроводах може бути і непитної якості.

Об'єднані водопроводи задовольняють потреби всіх водоспоживачів, *роздільні*

— окремо подають воду на різні потреби. *Місцеві* (локальні) системи забезпечують водою окремих водоспоживачів (наприклад, тваринницьку ферму, промислове підприємство чи окрему групу будинків), *централізовані* — всіх споживачів даного населеного пункту. *Групові*, або *районні* системи водопроводів призначені для забезпечення водою кількох населених пунктів чи підприємств, віддалених одне від одного (проектуються, як правило, при відсутності прісних вод і характеризуються великою довжиною водоводів). Згідно з СНІП 2.04.02-84 централізовані системи водопостачання за надійністю забезпечення водою поділяються на три категорії. Системи господарсько-питного водопроводу населених пунктів з кількістю жителів до 5 тис. чоловік належать до III категорії. Для них допускається зниження подачі води не більше ніж на 30% на 15 діб і менше, а також перерва в подачі води на час ремонту не більше ніж на 24 години. При кількості жителів від 5 до 50 тис. чоловік передбачається II категорія, для якої перерва в подачі води може бути до 6 годин, а зниження подачі не перевищує 10 діб. Населені пункти з кількістю жителів понад 50 тис. чоловік належать до I категорії, для яких зниження подачі води — не більше 3 діб, перерва — не більше 10 хв. Категорію окремих елементів системи водопостачання встановлюють залежно від їх функціонального значення в загальній системі водопостачання.

Взаємне розташування окремих елементів і споруд у кожній конкретній системі водопостачання називають ***схемою водопостачання***. Вибір складу споруд залежить в основному від наступних факторів:

- виду природного джерела водопостачання та якості води в ньому;
- категорії водоспоживачів та їх вимог щодо вільних напорів, кількості та якості води, що споживається;
- надійності подачі води;
- рельєфу місцевості.

Схема водопостачання з відкритих джерел (мал. 1), як правило, має найбільшу будівельну вартість і досить складна в експлуатації, оскільки вимагає наявності водоочисних та інших споруд.

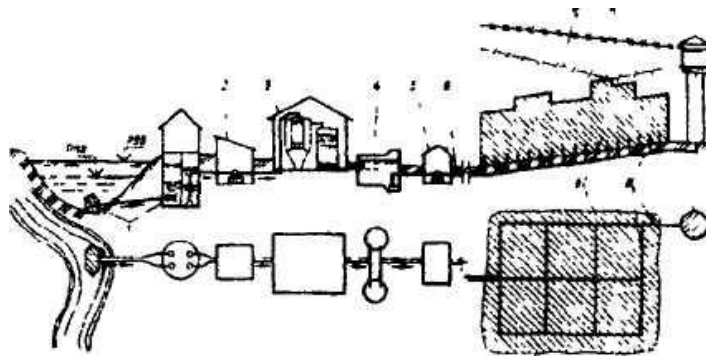


Рис. 1. 1. Схема водопостачання з поверхневих водних джерел (річки): 1 — річковий водозабір; 2 — насосна станція I підняття; 3 — водоочисна станція; 4 — резервуар чистої води; 5 — насосна станція II підняття; 6 — водовід; 7 — водонапірна башта; 8 — водопровідна мережа; 9 — об'єкт водопостачання; 10 — п'єзометрична лінія в мережі в годину максимального водоспоживання; 11 — те ж саме в годину максимального транзиту води в башту.

За цією схемою вода з відкритої водойми надходить до водозабірних споруд, з яких насосами станції першого підняття подається на очисні споруди. На водоочисній станції поліпшується якість води, після чого вона подається в резервуар чистої води (РЧВ), звідки насосами станції другого підняття водоводами подається до водопровідної мережі водоспоживачам. На території населеного пункту (переважно у найвищих місцях) споруджують водонапірну башту, яка, як і РЧВ, призначена для зберігання води, регулювання роботи насосів та підтримання у мережі необхідного напору. Накопичення води в башті відбувається в той час, коли насоси подають води більше, ніж її витрачають споживачі; витрачається вода з бака тоді, коли споживання перевищує подачу.

Для водопостачання частіше використовують підземні води, які мають порівняно з поверхневими менший вміст різних домішок, у тому числі і радіоактивних, а також простіший склад водопровідних споруд. Якщо якість підземних вод (наприклад, підвищений вміст домішок заліза) не задовольняє вимоги споживачів, застосовують схему з очищенням води (рис. 1.2), а якщо підземні води за своїми фізико-хімічними та санітарними показниками задовольняють вимоги щодо питної води, то застосовують найпростішу схему водопостачання (рис. 1.3).

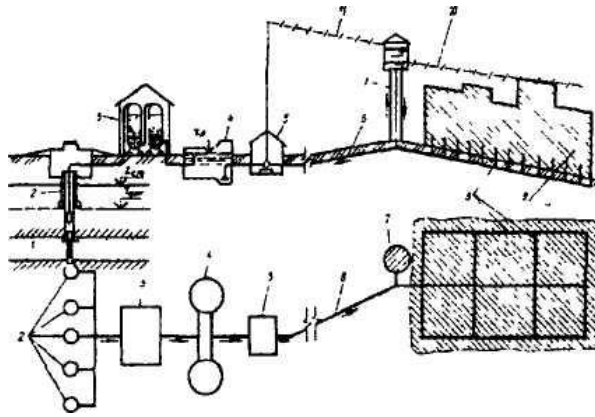


Рис. 1.2. Схема водопостачання з очищенням підземних вод: 1 — водоносний пласт; 2 — свердловина; 3 — водоочисна станція; 4 — резервуар чистої води; 5 — насосна станція II підняття; 6 — водовід; 7 — водонапірна башта; 8 — водопровідна мережа; 9 — об'єкт водопостачання; 10 — п'єзометрична лінія в мережі в годину максимального водоспоживання; 11 — те ж саме у водоводі.

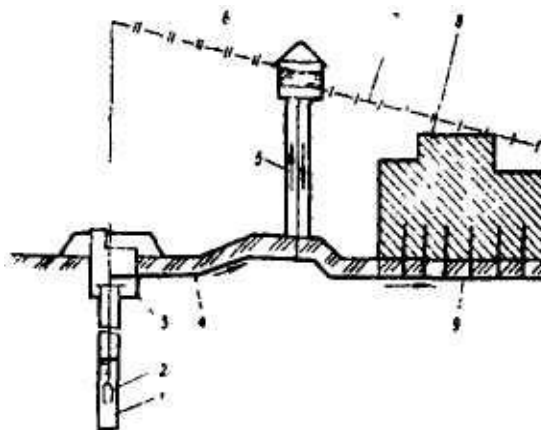


Рис. 1.3. Схема водопостачання зі свердловини: 1 — водозабірна свердловина; 2 — заглибний електронасос; 3 — оголовок над свердловиною; 4 — водовід; 5 — водонапірна башта; 6 — п'єзометрична лінія у водоводі в годину максимального водоспоживання; 7 — те ж саме у мережі; 8 — об'єкт водопостачання; 9 — водопровідна мережа.

Населені пункти, розташовані біля підніжжя гір, можуть мати джерело води, яке знаходиться вище за них. У цьому випадку передбачають самопливну систему водопостачання з або без станції очищення води.

Промислові підприємства відрізняються різноманітністю технологічних процесів, споживають воду різної якості та вимагають різних напорів в мережах окремих цехів. Специфічністю технічних систем водопостачання є можливість

обороту води для різних потреб. Тому системи водопостачання промислових підприємств досить складні. Якщо підприємство знаходиться на території населеного пункту і споживає незначну кількість води непитної якості, доцільно подавати воду на підприємство з міських мереж. Якщо споживається значна кількість води непитної якості, доцільно влаштовувати окремі системи технічного водопостачання: *прямоточні* (мал. 1.4а), в яких воду після одноразового використання скидають в каналізацію; з *повторним використанням води* (мал. 1.4б), де вода використовується послідовно в кількох технологічних операціях; *оборотні* (мал. 1.4в), в яких воду після використання для технічних потреб очищають або охолоджують, потім використовують на тому ж об'єкті в тих же технологічних операціях. Вибір схеми технічного водопостачання слід вирішувати за техніко-економічними розрахунками.

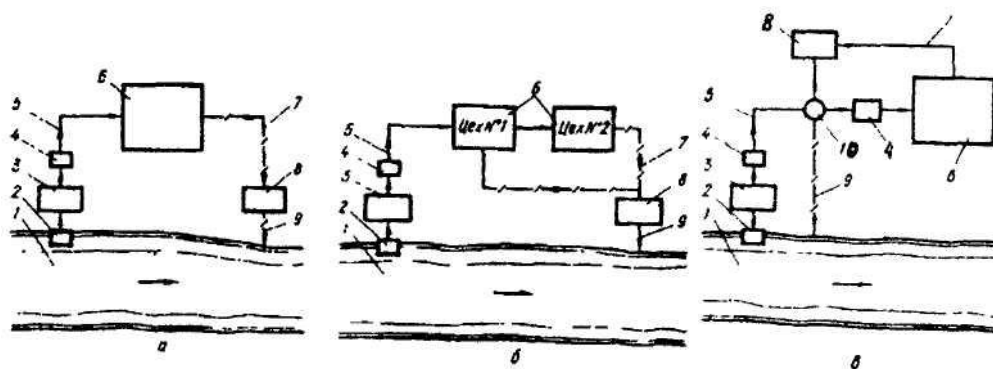


Рис. 1.4. Схеми технічного водопостачання: 1 — річка; 2 — водозабір; 3 — очисні споруди; 4 — насосна станція; 5 — технічна вода; 6 — підприємство; 7 — стічна вода; 8 — станція очищення; 9 — скидання води в річку; 10 — розподільча камера.

1.2. Питоме водоспоживання

При проектуванні систем водопостачання необхідно знати кількість води, яка має бути подана водопроводом, види і кількість водоспоживачів з урахуванням перспективного плану розвитку об'єкта, розрахункові норми споживання води кожним видом споживача та режим споживання води протягом доби.

Нормою водоспоживання називають кількість води, що витрачається на певні потреби за одиницю часу або на одиницю продукції, що виробляється. В населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання призначають на підставі

вивчення фактичного об'єму та режиму водоспоживання в аналогічних умовах або, якщо це неможливо, то за СНП 2.04.02-84.

Середньодобові норми господарсько-питного водоспоживання в населених пунктах на одного жителя (за рік) при забудові будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією, наступні: без ванн — 125 — 160 л/добу; з ваннами і місцевими водонагрівачами — 160—230 л/добу; з централізованим гарячим водопостачанням — 230 — 350 л/добу. В населених пунктах, де водокористування здійснюється за допомогою водорозбірних колонок, питомі витрати дорівнюють 30 — 50 л/добу. Потреби місцевої промисловості та непередбачені витрати враховуються збільшенням питомих витрат води на 5 — 10 %.

Питомі витрати води на промислові потреби підприємств залежать від типу продукції, що випускається, прийнятої технології, встановленого обладнання. Ці дані визначають за технологічним паспортом підприємства. Для орієнтовних підрахунків витрат води на підприємствах користуються нормами споживання води на одиницю продукції. Так, наприклад, на молочних заводах на переробку 1 т молока необхідно 7,5 — 12 м³ води, на хлібозаводах — 1,8 — 4,8 м³ води на 1 т хліба, на м'ясокомбінатах — 10 — 40 м³ води на 1 т продукції, на цукрозаводах — 18 — 25 м³ води на 1 т цукру, на плодоовочевих консервних заводах — 8 — 28 м³ води на 1 тис. банок, на цегельних заводах — 1,3 — 1,8 м³ води на 1 тис. штук цеглин. Крім виробничих на промислових підприємствах потрібно враховувати витрати води на господарсько-питні потреби та витрати води на душ. Господарсько-питні потреби води визначають за нормою: 45 л за зміну на одну людину в цехах з тепловиділенням більше 23,2 Вт/м³; 25л — в інших Цехах. Витрати враховують у кінці робочої зміни з розрахунку 500 л/год на одну душову сітку протягом 45 хв.

Питомі витрати води на поливання залежать від природних та місцевих умов і становлять: для механізованого миття проїздів та майданів з поліпшеним покриттям — 1,2— 1,5л/м² на одне поливання; механізованого поливання перелічених проїздів та майданів — 0,3 — 0,4 л/м² на одне поливання; поливання з шлангів тих же проїздів — 0,4 — 0,5 л/м²; поливання газонів, квітників — 4 — 6 л/м² на одне поливання; поливання зелених насаджень і присадибних ділянок — 3 — 4 л/м² на

добу.

При відсутності даних про площі проїздів та зелених насаджень, що поливаються, питомі витрати на поливання визначаються з розрахунку 50-90 л/добу на одного мешканця в залежності від кліматичних умов (на півдні більше), забезпечення водою джерела (менше при малозабезпеченому джерелі), ступеня благоустрою будинків та інших місцевих умов. Кількість поливань для північних районів — одне, для південних—два.

Крім регулярного забезпечення господарсько-питних і виробничих потреб система водопостачання у разі необхідності повинна подавати воду на гасіння пожеж. Витрата води на гасіння пожеж необхідна тільки при їх виникненні і тому враховується лише під час перевірочних розрахунків водопровідної мережі та при визначенні об'єму запасних ємностей (РЧ В, водонапірної башти, протипожежних резервуарів).

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі в населеному пункті та розрахункова кількість пожеж наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.К Витрати води на зовнішнє гасіння пожежу населеному пункті

Кількість мешканців у населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж, л/с, при забудові будинками	
		до двох поверхів	три поверхи і більше
До 1	1	5	10
1—5	1	10	10
5—10	1	10	15
10 — 25	2	10	15
25 — 50	2	20	25
50—100	2	25	35
100—1000	3	—	40-100

До розрахункової кількості одночасних пожеж включені пожежі на промислових підприємствах, які розташовані в межах населеного пункту. Додатково до витрат води на зовнішнє гасіння пожеж слід враховувати витрати води на внутрішнє гасіння пожежі в житлових, громадських та виробничих будинках, які обладнані внутрішніми пожежними кранами. Перелік таких будинків і нормативні витрати води на внутрішнє гасіння пожежі наведені в СНіП 2.04.01-85.

Розрахункова тривалість гасіння пожежі дорівнює 3 год. Подача розрахункових

витрат води на гасіння пожежі повинна бути забезпечена при найбільших годинних витратах води на інші потреби. При цьому витрати води на поливання, душові, миття підлоги і технологічного обладнання підприємств не враховуються.

Лекція №2

1.3. Режим водоспоживання, визначення розрахункових витрат води та необхідних напорів.

Режим господарсько-питного водоспоживання протягом доби, місяця, року в населеному пункті не буває рівномірним і залежить від багатьох факторів (режиму життя і трудової діяльності людини, пори року, місцевих умов тощо). Звичайно припускають, що протягом року коливання водоспоживання буває за літнім і зимовим графіками. В розрахунках ці коливання оцінюють коефіцієнтом добової нерівномірності: найбільшим $K_{\text{доб.мах}}=1,3$; найменшим $K_{\text{доб.мін}}=0,7$.

Протягом доби погодинні витрати мають значне коливання, яке враховується коефіцієнтом погодинної нерівномірності:

$$\text{найбільшим} \quad K_{\text{г.мах}} = \alpha_{\text{мах}} \cdot \beta_{\text{мах}}$$

$$\text{найменшим} \quad K_{\text{г.мах}} = \alpha_{\text{мін}} \cdot \beta_{\text{мін}}$$

де: $\alpha_{\text{мах}} = 1,2 - 1,4$; $\alpha_{\text{мін}} = 0,4 - 0,6$; — коефіцієнти, які враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови (СНіП 2.04.02-84), β — коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті (табл. 1.2).

Залежно від значення $K_{\text{г.мах}}$ приймають типовий графік розподілу добових витрат за годинами доби (додаток 1).

Таблиця. 1.2. Значення коефіцієнта β [15]

Коефіцієнт	Чисельність мешканців, тис. чол.										
	До 0,1	0,2	0,5	1,0	4	10	20	50	100	300	1000 і більше
$\beta_{\text{мах}}$	4,5	3,5	2,5	2	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\text{мін}}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Для промислових підприємств погодинні витрати води на технологічні потреби приймають рівномірними за годинами доби протягом зміни або за вимогами технологів, але на господарсько-питні потреби розподіл добових або змінних витрат води виконують згідно з додатком 6. Витрати води на душові розподіляють пропорційно до добових витрат після кожної зміни на підприємствах.

Протягом години в розрахунках передбачається рівномірне водоспоживання. Година, на яку припадає найбільше значення погодинної витрати води всього населеного пункту, є годиною найбільшого водоспоживання, а витрати води кожного споживача за цю годину приймаються як розрахункові.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води, $\text{м}^3/\text{добу}$, на господарсько-питні потреби населення визначають за формулою:

$$Q_{\text{доб.м}}^{\text{н}} = \frac{g_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000} \quad (1.3)$$

де $Q_{\text{ж}}$ — питомі витрати води, $\text{л}/\text{доб}$ чол., $N_{\text{ж}}$ — розрахункова чисельність мешканців, чол.

Розрахункові витрати за добу найбільшого і найменшого господарсько-питного водоспоживання дорівнюють:

$$Q_{\text{доб.мах}}^{\text{н}} = K_{\text{доб.мах}} \cdot Q_{\text{доб.м}}^{\text{н}}$$

$$Q_{\text{доб.мін}}^{\text{н}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.м}}^{\text{н}}$$

де $K_{\text{добмах}} = 1,3$ і $K_{\text{добмін}} = 0,7$ — коефіцієнти добової нерівномірності.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води, $\text{м}^3/\text{добу}$, на полив:

$$Q_{\text{доб.м}}^{\text{пол}} = 10g_{\text{ж.пол.}} \cdot F_1$$

де $g_{\text{ж.пол.}}$ — питомі витрати води, $\text{л}/\text{м}^2$ на один полив, F_1 — площа поливу, га.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води на промислові потреби, $\text{м}^3/\text{добу}$, дорівнюють:

$$Q_{\text{доб.м}}^{\text{п}} = g_{\text{ж.п.}} \cdot N_2$$

де $g_{\text{ж.п.}}$ — питомі витрати води, м^3 , на одиницю продукції, N_2 — кількість продукції, що випускається.

В розрахунках систем водопостачання, як правило, визначають спочатку погодинні витрати води для кожної категорії водоспоживачів, а потім підсумовують ці значення, тобто визначають погодинне водоспоживання всього населеного пункту. Погодинні витрати води споживачем, $\text{м}^3/\text{год}$, дорівнюють:

$$q_{\text{г}} = \frac{a}{100} \cdot Q_{\text{доб.мах}}$$

де a — розподіл добових витрат $Q_{\text{добмах}}$ — для конкретної години, %.

У водопровідній мережі має бути тиск, який забезпечить підйом і виливання

води у найвищій водорозбірній точці. Тобто необхідний вільний напір (м) у мережі

$$H_6 = h_r + \Sigma h_w + h_p$$

де h_r — геометрична висота підйому води від поверхні землі до найбільш високо розташованої точки, м; Σh_w - втрати напору від точки підключення водопровідної мережі до водорозбірної арматури, м; h_p — робочий напір на виливання з водорозбірної арматури, м, який визначається за СНіП 2.04.01-85.

Відповідно до СНіП 2.04.02-84 у зовнішній водопровідній мережі має бути забезпечений необхідний вільний напір

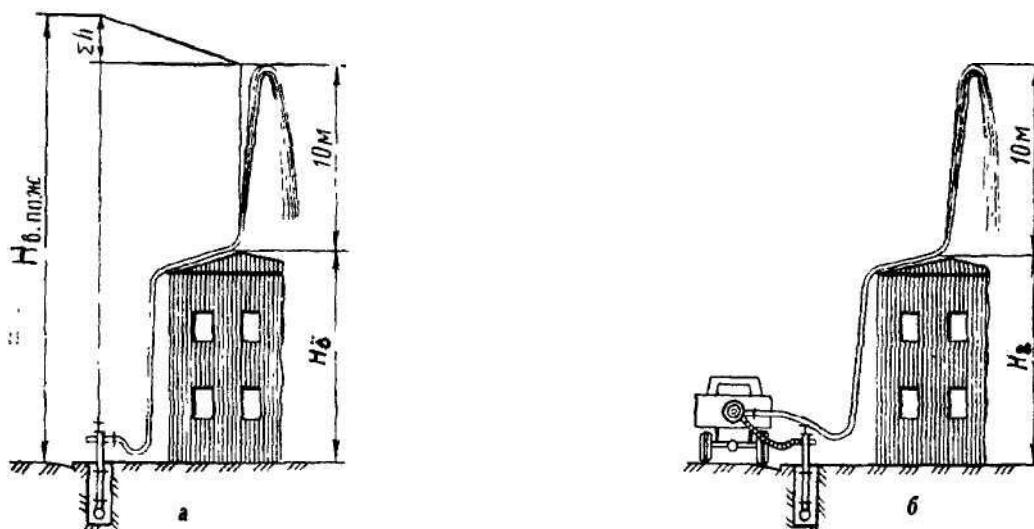
$$H_b^H = 10 + 4(n-1),$$

де n — кількість поверхів у будинку.

Для окремих багатоповерхових будинків, розташованих серед малоповерхових, або будинків, розташованих у підвищених місцях, можливо передбачити місцеві насосні установки для підвищення напору. Вільний напір біля водорозбірної колонки має бути не меншим за 10 м. Вільні напори у зовнішній мережі виробничого водопроводу визначають за технічними даними залежно від прийнятого устаткування.

Вільний напір у господарсько-питному водопроводі біля споживачів не повинен перевищувати 60 м.

Вільний напір у водопровідній мережі під час гасіння пожежі залежить від прийнятої системи пожежегасіння. Є системи високого і низького тиску. В системі високого тиску пожежу гасять безпосередньо з мережі за допомогою пожежних рукавів, які під'єднуються до пожежних гідрантів (мал. 1.5).



Мал. 1.5. Схеми гасіння пожежі з водопроводу високого (а) і низького (б) тиску

Вільний напір у мережі водопроводу високого тиску повинен бути достатнім для того, щоб подати воду у найвищу точку будинку, що горить, пожежними рукавами довжиною 120 м і забезпечити виліт із ствола (брандспойта) компактного струменя на висоту 10 м. Орієнтовно цей вільний напір можна визначити за формулою:

$$H_{\text{в.пож}} = H_6 + 28 \text{ м}, \quad (1.13)$$

де H_6 — висота будинку, м.

В системі пожежегасіння низького тиску вода з гідрантів водопровідної мережі забирається насосами пожежних машин і подається рукавами до місця пожежі з тим же напором, що і у випадку використання систем високого тиску (мал. 1.56). У водопровідній мережі у випадку пожеж підтримується відносно невеликий вільний напір, рівний 10 м.

1.4. ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.4.1. Вимоги до якості води

Якість води оцінюють за її складом та властивостями, після чого визначається її придатність для тих чи інших цілей. Особливо жорсткі вимоги висувають до води, яка використовується для господарсько-питних потреб споживачів виробничих, житлових та громадських будинків. Ця вода повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая". Нормування концентрацій тих чи інших речовин обумовлене необхідністю забезпечення сприятливих органолептичних властивостей питної води, нешкідливості її хімічного складу і безпеки води в санітарному відношенні. Невідповідність хоча б одного з цих нормативів вимогам ГОСТ 2874-82 дає підставу для визнання непридатності води для питних цілей.

Для всіх нормованих речовин визначена лімітуюча ознака шкідливості — органолептична або санітарно-токсикологічна. *Наприклад, залізо у воді навіть у великих концентраціях (більше 0,3 мг/л) не справляє токсичної дії на організм людини, але надає воді жовто-коричневого кольору, погіршує її смак, викликає*

розвиток залізобактерій та відкладання осаду в трубопроводах. Лімітуючою ознакою шкідливості для сполук заліза є органолептична. Те саме стосується марганцю. Навпаки, такі хімічні речовини, як сполуки стронцію, нітрати, не змінюючи органолептичних властивостей води, є токсичними для людини. Наприклад, стронцій з концентраціями понад 7 мг/л пригнічує активність багатьох ферментів. В той же час гіркий присмак у воді з'являється лише при концентраціях стронцію більше 12 мг/л. Для таких сполук лімітуючою ознакою шкідливості є санітарно-токсикологічна.

Вміст у воді більше 500 мг/л сульфатів або 350 мг/л хлоридів надає воді солоного присмаку та призводить до порушення роботи і захворювання шлунку у людей. Ця вода має підвищену корозійну активність, більш високу некарбонатну жорсткість, руйнівню діє на залізобетонні конструкції.

Суттєво впливають на здоров'я людини фтор, йод, бром, бор та ін. Так, нестача або надлишок фтору в питній воді викликають руйнування зубів та зміни в скелеті, нестача або відсутність йоду призводить до захворювання людей ендемічним зобом тощо. Отруйну дію на організм людини і теплокровних тварин справляють солі важких металів та радіоактивні елементи.

Катіони кальцію та магнію обумовлюють жорсткість води. Хоча вони не завдають особливої шкоди організму, однак їх присутність у воді у великій кількості небажана тому, що така вода малопридатна для господарських потреб. У жорсткій воді збільшуються витрати пральних засобів та мила під час прання білизни, повільно розварюється м'ясо та овочі. Жорстка вода непридатна для систем зворотного та гарячого водопостачання, для живлення парових котлів та використання в багатьох галузях Промисловості. Не шкідлива для здоров'я і кремнієва кислота, однак підвищений вміст її у воді робить таку воду непридатною для живлення парових котлів через утворення силікатного накипу.

Санітарно безпечною для пиття є вода, в якій загальний вміст бактерій в 1 мл не перевищує 100, а кількість бактерій групи кишкової палички в 1 л води (колі-індекс) не більше 3.

Вимоги до якості води на промислових підприємствах залежать від характеру

виробництва і можуть бути досить різноманітні. В першу чергу звертають увагу на взаємодію води з трубопроводами, обладнанням, сировиною та продукцією виробництва.

1.4.2. Джерела водопостачання

Джерело водопостачання повинне забезпечувати необхідну кількість води з урахуванням збільшення водоспоживання на перспективу, безперебійно постачати воду, давати воду, яка вимагає мінімальних витрат на її очищення та подачу споживачу. Крім того, потужність джерела має бути такою, щоб відбір води на потреби об'єкта не порушував би складну екологічну систему. Розрізняють **поверхневі** та **підземні** джерела водопостачання.

Поверхневі джерела водопостачання (річки, озера, канали, водосховища) характеризуються значними змінами якості води в окремі сезони року. Якість води річок, озер, водосховищ значною мірою залежить від інтенсивності атмосферних опадів, танення снігу, сільськогосподарської та виробничої діяльності людини в зоні водозабору.

Річкова вода має значну каламутність, особливо в період весняних повеней і злив, багата органічними домішками і містить велику кількість мікроорганізмів. Поряд із цим вміст солей і жорсткість води, як правило, незначні. Води озер і водосховищ характеризуються меншою каламутністю, але можуть мати значну забарвленість внаслідок розвитку водоростей і планктону. Якість води поверхневих джерел, як правило, не відповідає вимогам держстандартів, тому її потрібно відповідно очищати та знезаражувати. При використанні поверхневих вод слід також враховувати вимоги санітарно-епідеміологічної служби, органів рибоохорони, водного транспорту та інспекції з охорони водних ресурсів.

Підземні води (мал. 1.6) за умовами залягання поділяють на *грунтові* безнапірні та *напірні міжпластові* (артезіанські). Природні виходи на поверхню землі ґрунтових вод утворюють так звані джерельні води. До підземних вод також належать інфільтраційні води, які є поверхневими водами, що фільтруються через

дно і берега річок чи водоймищ та дренуються з пласта водопримальною спородою.

Підземні води (грунтові, артезіанські, джерельні) в основному не містять нерозчинних домішок, не мають кольору, відрізняються високою прозорістю і їх досить часто можна використовувати без очищення для господарсько-питних потреб. Порівняно з поверхневими підземні води більш мінералізовані і, як правило, мають вищий вміст заліза.

При виборі джерела водопостачання за санітарною надійністю перевагу слід віддавати (в такій послідовності) використанню артезіанських, ґрунтових, підруслових вод річок, а також поверхневих вод річок, озер, водосховищ. У всіх випадках необхідно проводити техніко-економічні розрахунки та обґрунтування.

На всіх джерелах водопостачання та водопровідних спорудах господарсько-питного призначення для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності систем централізованого і місцевого водопостачання населених пунктів встановлюють зони санітарної охорони відповідно до вимог СНіП 2.04.02-84.

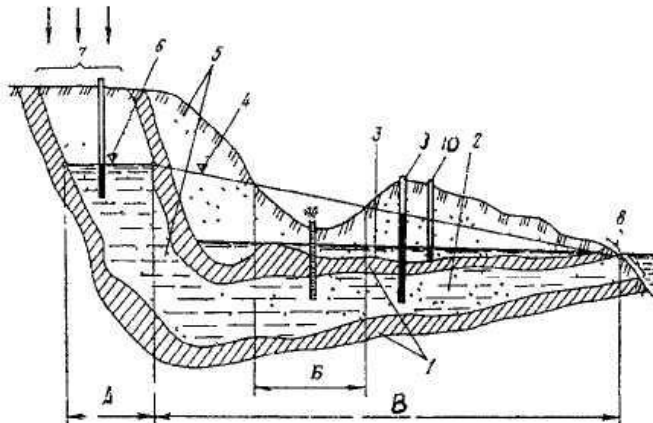


Рис. 1.6. Схема залягання підземних вод: А — зона безнапірних вод, Б — зона фонтануючих вод, В — зона напірних вод 1 — водонепроницаючі пласти (водоупори), 2 — міжпластова артезіанська вода, 3 — ґрунтова вода, 4 — п'єзометричний рівень напірних вод, 5 — фільтруючі породи, 6 — рівень вільної поверхні напірних вод, 7 — басейн водоживлення, 8 — зона джерел, 9, 10 — колодязі в напірних і безнапірних водах

На всіх джерелах водопостачання та водопровідних спорудах господарсько-питного призначення для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності

систем централізованого і місцевого водопостачання населених пунктів встановлюють зони санітарної охорони відповідно до вимог СНП 2.04 02-84.

Зона санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання в точці забору води складається з трьох поясів. Перший пояс — зона суворого режиму. До нього входять джерело водопостачання і водопровідні споруди для забору, очищення і зберігання води. Межі першого пояса санітарної охорони річки повинні бути: вверх проти течії — не менше 200 м від водозабору; вниз за течією — не менше 100 м від водозабору. Для водосховищ (озеро, водосховище) межі першого поясу мають бути не менше 100 м у всіх напрямках.

Територію першого поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання, ділянок водопровідних споруд огороджують, упорядковують і озеленюють. Планування даної території має забезпечити відведення поверхневого стоку за межі зони. На території першого поясу забороняються всі види будівництва (крім водопровідних), проживання людей, випуск стоків, купання, напування і випас худоби. Забороняється використовувати територію під городні ділянки, прати білизну, ловити рибу, застосовувати для рослин отрутохімікати, органічні та мінеральні добрива. Ця територія повинна охоронятися від доступу сторонніх осіб.

Другий та третій пояс санітарної охорони — зона обмеження. На цій території не допускається випускати стоки і виконувати роботи, які можуть призвести до зменшення кількості або погіршення якості води у джерелі водопостачання. Розміри другого поясу встановлюються з розрахунку, щоб дотікання води від межі до водозабору було не раніше ніж за 5 діб при середньомісячних витратах води 95%-ної забезпеченості. Вниз за течією води повинно бути не менше 250 м. Третій пояс має такі ж самі розміри, що й другий.

Підземні джерела водопостачання також повинні мати три пояси зони санітарної охорони. Межі першого поясу зони санітарної охорони (суворого режиму) встановлюють залежно від ступеня захищеності водоносних горизонтів від забруднень з поверхні землі та гідрогеологічних умов на визначеній віддалі від водозабору: для надійно захищених горизонтів — не менше 30 м; для недостатньо захищених горизонтів — не менше 50 м.

Межі другого поясу встановлюються з розрахунку, що при мікробному забрудненні води час пересування води від межі до водозабору повинен бути 100 — 400 діб. Третій пояс враховує хімічні забруднення джерела водопостачання. Тривалість часу пересування хімічних забруднень повинна бути такою ж, як і тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

При заборі інфільтраційних і підруслених вод межі зони санітарної охорони приймають, як і для поверхневих джерел водопостачання.

Обмеження і заборони в зонах санітарної охорони підземних джерел водопостачання такі ж, як і в зонах санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання.

1.5. Водозабірні споруди для прийому води з поверхневих джерел

Для забору води з поверхневих джерел застосовують в основному руслові або берегові водозабірні споруди, які відрізняються розташуванням місць прийому води відносно берега. На річках невеликої глибини з похилими берегами влаштовують руслові водозабори, які складаються з водоприймача (оголовка), самопливних або сифонних трубопроводів, берегового колодязя (мал. 1.7).

Водоприймальні отвори в оголовках розташовують на висоті 0,5 — 1,5 м від дна і захищають решітками від попадання сміття, плаваючих предметів, риби тощо. Самопливні лінії, які з'єднують оголовки і береговий колодязь, проектує для надійності у вигляді двох незалежних труб. Береговий колодязь обладнують приймальними сітками з розмірами вічок від 2х2 до 5х5 мм. Проціджування води через решітки та сітки забезпечує її попереднє грубе очищення і запобігає пошкодженню насосів та іншого обладнання. Береговий колодязь розташовують на незатоплюваному під час повені березі, але при цьому не слід віддалятися далеко від оголовка, оскільки це призведе до збільшення втрат напору в самопливних лініях. Там, де це можливо, береговий колодязь поєднують з насосною станцією першого підняття, що зменшує капітальні витрати і спрощує експлуатацію.

Лекція №3

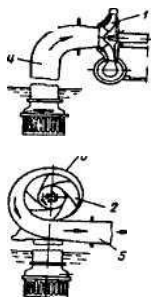
1.7. Насоси і насосні станції

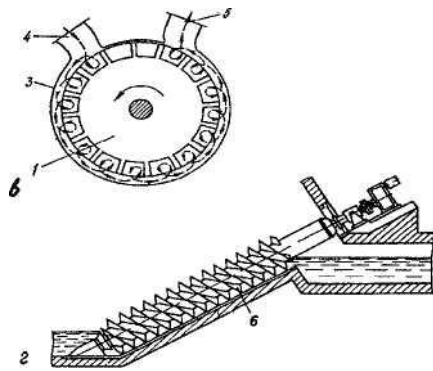
1.7.1. Типи насосів

Насоси — це гідравлічні машини, які передають рідині, що протікає всередині них, енергію, отриману ззовні. Завдяки цьому рідина піднімається на деяку висоту або отримує відповідний тиск. Переважно до насосів підводиться механічна енергія (відцентрові, поршневі і т.п.) або, рідше, використовують потенціальну чи кінетичну енергію рідкого або газоподібного середовища (струменеві, ерліфти і т.п.).

За принципом роботи і конструкції робочих органів насоси поділяють на об'ємні та динамічні. В динамічних рідина під дією сили переміщується в камері, яка постійно сполучена з входом і виходом насоса. Об'ємні насоси працюють за принципом, при якому рідина переміщується шляхом періодичної зміни об'єму камери при перемінному сполученні її із входом і виходом. Рідина за кожний цикл подається певними порціями — об'ємами.

До динамічних насосів належать: лопатеві (відцентрові, осьові, діагональні), в яких рідина переміщується шляхом обтікання лопатей робочого колеса (мал. 1.18а,б); вихрові, в яких рідина переміщується по периферії робочого колеса (мал. 1.18в); шнекові, в яких рідина переміщується шнеком (гвинтом) вздовж його осі (мал. 1.18г); ерліфти (повітряні водопідйомники), в основу роботи яких покладено принцип використання різниці густини рідини і повітряно-водяної суміші в системі сполучених трубопроводів (мал. 1.19); струменеві, які використовують енергію рідини, що підводить-

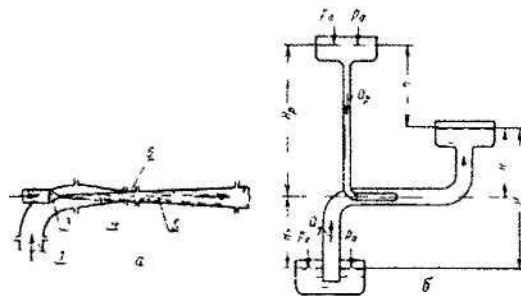




Мал. 1.18. Схеми відцентрового (а, б), з вихрового (в) та шнекового (г) насосів: 1 - робоче колесо; 2 - криволінійні лопаті; 3 - корпус; 4,5 - всмоктувальний і напірний трубопроводи; 6 - шнек.

ся зовні (мал. 1.20); гідравлічні тарани, в яких для підймання рідини використовується енергія гідравлічного удару, та ін. Об'ємні або поршневі насоси працюють за принципом примусового механічного витіснення замкнутого об'єму рідини (мал. 1.21).

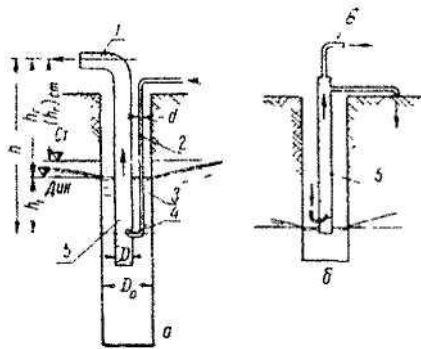
Мал. 1.19. Схема роботи ерліфта: а — нагнітального; б — всмоктувального; 1 — водопідйомна труба; 2 — повітряна труба від компресору; 3 — обсадна труба; 4 — форсунка; 5 — емульсія; 6 — труба до вакуум-насоса.



Мал. 1.20. Водоструменевий насос: а — схема насосу; б — схема установки насосу: 1 — всмоктувальна труба; 2 — напірна труба; 3 — сопло; 4 — змішувальна камера; 5 — дифузор; 6 — горловина.

Водопровідні насосні станції обладнують, як правило, відцентровими насосами, які мають переваги над насосами інших типів: прості за будовою, надійні в експлуатації, забезпечують рівномірну подачу рідини і можуть безпосередньо з'єднуватись з електродвигуном. Відцентрові насоси поділяють за такими ознаками: напором - низького тиску до 0,2 МПа, середнього тиску 0,2 — 0,6 МПа і високого тиску більше 0,6 МПа; за числом робочих коліс — одноколісні і багатокілісні; за

розташуванням валу — горизонтальні і вертикальні; залежно від призначення — водопровідні, каналізаційні, кислотні, шламові тощо; за всмоктуванням води — з одностороннім та двостороннім входом; за умовами монтажу — надземні, плаваючі, заглибні, артезіанські та ін. Коефіцієнт корисної дії цих насосів досить високий — 0,6-0,8.



Мал. 1.21. Схеми поршневих насосів: а — вертикального; б — горизонтального; 1 — всмоктувальна труба; 2 — всмоктувальний клапан; 3 — робоча камера; 4 — нагнітальний клапан; 5 — напірна труба; 6 — поршень; 7 — циліндр; 8 — шток; 9 — повзун; 10 — шатун; 11 — кривошип (ВМТ; НМТ — верхня і нижня мертві точки).

Поршневі та вихрові насоси для підйому води використовуються нині рідко і лише в тих випадках, коли при невеликих витратах потрібен високий тиск. Поршневі насоси тихохідні, мають значні габарити і вагу, але їх можливо запускати без заливання водою; коефіцієнт їх корисної дії знаходиться в межах 0,7 — 0,9.

1.7.2. Основні характеристики роботи насосів

Роботу кожного насоса в складі установки (мал. 1.22) характеризують наступні параметри: подача Q , напір H , потужність N , коефіцієнт корисної дії η і вакууметрична висота всмоктування $H_{\text{вак}}$.

Повітряні підйомники (ерліфти) для підйому й подачі води використовують стиснене (розріджене) повітря і тому вимагають будівництва компресорних станцій. Ерліфти прості, надійні за конструкцією та в експлуатації, але коефіцієнт корисної дії їх роботи досить низький — 0,25 — 0,35.

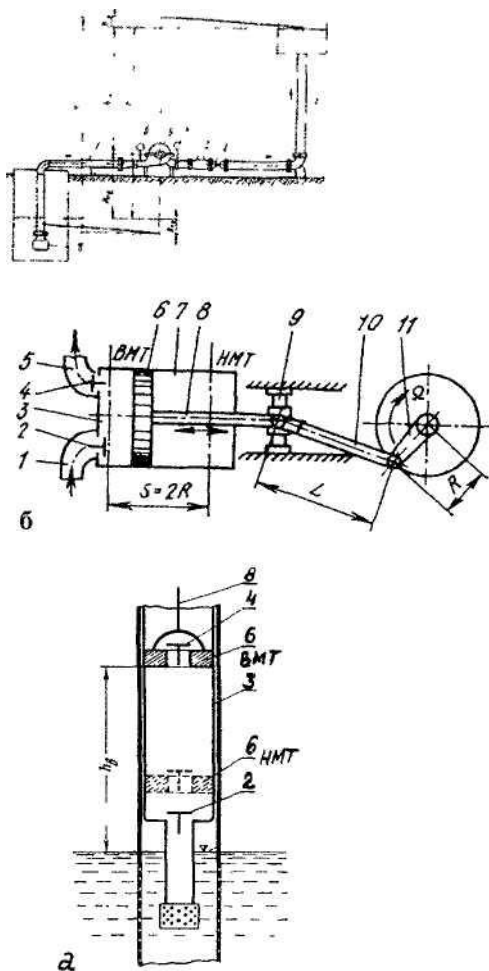
Струменеві насоси широко застосовуються для відкачування осаду з водоприймальних та відстійних споруд, відсмоктування повітря із всмоктувальних

труб при запуску великих відцентрових насосів, в теплопостачанні для змішування і циркуляції води.

Мал. 1.22. Схема установки відцентрового насоса:

1 — напірний трубопровід; 2 — засувка; 3 — зворотний клапан; 4 — манометр; 5 — насос; 6 — вакуумметр; 7 — всмоктувальний трубопровід; 8 — приймальний клапан; $H_{гп}$ — геометрична висота всмоктування; H_r — геометрична висота підйому води; H — повний напір насоса (повна висота підйому води); h_{ni} — втрати напору у всмоктувальному трубопроводі; h_{ra} — втрати напору в напірному трубопроводі.

31



Подача насоса Q (л/с, м³/год) — це об'єм рідини, який подається насосом за одиницю часу (л/с, м³/год).

Напір насоса H (м) — це приріст енергії потоку рідини, що протікає через насос. Розрізняють манометричний і потрібний напори. Манометричний напір визначають за показаннями манометра і вакуумметра:

$$H = \frac{H_M + H_B}{\rho g} + \frac{V_k^2 - V_n^2}{2g}, \quad (1.15)$$

де H_M і H_B — показання манометра і вакуумметра, приведені до осі насоса, Па;
 V_k і V_n — швидкості руху рідини в напірному і всмоктувальному
патрубках, м/с; g — прискорення вільного падіння, м/с²; ρ - густина рідини,
кг/м³.

Якщо насос працює з підпором (під заливом), то напір

$$H = \frac{H_1 + H_2}{\rho g} + \frac{V_k^2 - V_n^2}{2g}, \quad (1.16)$$

де H_1 — показники манометра на всмоктувальній лінії, м.

Потрібний напір насоса складається з геометричної висоти підйому води і втрат
напору зі сторони всмоктування та нагнітання. Для установки, що зображена на мал.
1.22, потрібний напір:

$$H = H_{\text{гн}} + h_{\text{р}} + h_{\text{в}}, \quad (1.17)$$

Потужність насоса N (Вт), що витрачається для певних Q і H :

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}, \quad (1.18)$$

де η — коефіцієнт корисної дії насосу, який приймається заданими заводу-
виробника і враховує всі втрати енергії в насосі (гідравлічні, об'ємні, механічні),
пов'язані з подачею рідини.

Потужність приводу $N_{\text{пр}} (Вт)$ призначають більшою за потужність насоса на
випадок перевантаження від неврахованих ситуацій:

$$N_{\text{пр}} = N \cdot k \quad (1.19)$$

де $k = 1,1 \text{ — } 1,25$ — коефіцієнт запасу потужності, який приймається залежно
від потужності двигуна.

При з'єднанні насоса з двигуном через проміжну передачу потужність приводу:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N \cdot k}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (1.20)$$

де $\eta_{\text{пер}}$ — ККД передачі.

Розрізняють вакууметричну і геометричну висоту всмоктування. Вакууметрична

висота всмоктування — це різниця атмосферного і вакууметричного тисків, виражена в метрах стовпа рідини:

$$H_{\text{вак}} = \frac{P_{\text{атм}} - P_1}{\rho \cdot g}$$

де $P_{\text{атм}}$ — атмосферний тиск, Па; P_1 — абсолютний тиску всмоктувальній порожнині насоса, Па.

Геометрична висота всмоктування $H_{\text{гв}}$ — це відстань по вертикалі від вільного рівня води в джерелі до горизонтальної осі, що проходить через точку всмоктування порожнини насоса з мінімальним тиском.

Допустима геометрична висота всмоктування:

$$H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = \frac{P_{\text{атм}} - P_{\text{п}}}{\rho \cdot g} - \Delta h - h_{\text{г}}$$

де $P_{\text{п}}$ — тиск насиченої пари при температурі рідини, що перекачується, Па; Δh - допустимий кавітаційний запас (перевищення повного напору у всмоктувальному патрубку насоса над напором насиченої пари при даній температурі), м; $H_{\text{гв}}$ — втрати напору у всмоктувальному трубопроводі.

Характеристика насоса — це залежність напору, потужності, ККД і допустимої висоти всмоктування від подачі насоса для певної частоти обертання n і діаметру D робочого колеса. Характеристики насоса є аналітичні та графічні. На робочих графічних характеристиках насосів на кривій Q - H хвилястими лініями вказують рекомендовану ділянку використання насоса, яка відповідає найбільш економічному і стабільному режиму його роботи, а також максимальному значенню ККД.

Графічна характеристика насоса Д 1600-90 з частотою обертання робочого колеса $n=1400$ об/хв наведена на мал. 1.23. Характеристику насоса приводять для постійної, як правило, максимальної, частоти обертання робочого колеса $n.I$

При роботі насоса з іншою частотою обертання n , напір, подачу, потужність і допустиму вакууметричну висоту всмоктування для одного і того ж насоса обчислюють за формулами:

Розширення галузі застосування насоса можливо також здійснювати за рахунок зменшення (обточування) робочого колеса (10-20 % від його максимального

діаметра). Коефіцієнт корисної дії η при зміні частоти обертання в широких межах (до 50 %) і при обточуванні робочого колеса до 20 % змінюється дуже мало, і ці зміни в практичних розрахунках можна не враховувати. Для попереднього вибору насосів зручно користуватись зведеними характеристиками насосів (мал. 1.24).

За характеристиками проводять підбір насосів для подачі рідини за заданими витратами і потрібним напором. При цьому необхідно знати характеристику трубопроводу (або системи трубопроводів), яку визначають як суму геометричної висоти підйому води і витрат напору:

$$H = H_g + \sum h_{\text{пот}} \quad (1.24)$$

Графічно характеристика трубопроводу зображується у вигляді параболи з вершиною на осі ординат, розташованою на віддалі H_g від осі абсцис. Для визначення оптимального режиму роботи насоса із заданим трубопроводом будують сумісні характеристики насоса і трубопроводу.

На мал. 1.25 наведена характеристика насоса $Q-H$. Провівши паралельно осі Q пряму СД на віддалі H_g від неї і додавши до H_g величину $\sum h_{\text{пот}}$, що відповідає тим чи іншим значенням або тим чи іншим витратам

$$Q = Q_1 \cdot \frac{n_1}{n}; H_1 = H \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^2; N_1 = N \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3; H_{\text{вак1}}^{\text{доп}} = H_{\text{вак}}^{\text{доп}} \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^2.$$

Q_1 , отримаємо характеристику трубопроводу СЕ. Точка 1 перетину характеристик насоса і трубопроводу називається робочою точкою. Вона характеризує подачу Q_1 , напір H_1 , ККД, η_1 і потужність насоса N_1 при роботі на заданий трубопровід. Насос потрібно підбирати таким чином, щоб робоча точка була в межах найвищих ККД.

На мал. 1.25 показано роботу одного насоса на один трубопровід. У проектних рішеннях можуть бути різні випадки, а саме, робота двох або більше насосів на один або декілька водоводів. На мал. 1.26 показано паралельну роботу двох однакових насосів на один водовід. В цьому випадку подвоюються характеристики одного насоса при однакових напорах, тобто $Q = Q_1 + Q_2$, $H = H_1 = H_2$. ККД двох однакових паралельно працюючих насосів дорівнює ККД одного насоса і відповідає точці 3. Потужність кожного із працюючих насосів визначається точкою 6.

На всмоктувальній лінії кожного відцентрового насоса, як правило, встановлюють засувку і вакуумметр, а на напірній — зворотний клапан для захисту насоса від гідравлічного удару і запобігання зворотного руху води; засувку для регулювання витрат і пуску насоса; манометр для визначення напору насоса.

1.7.3. Водопровідні насосні станції

До складу насосних станцій входять основні (робочі) та резервні робочі агрегати, насоси спеціального призначення (протипожежні, дренажні та інші), а також допоміжне обладнання, яке забезпечує нормальну роботу робочих агрегатів (електрообладнання, підйомно-транспортні механізми, контрольно-вимірювальні та сигнальні пристрої тощо). Як правило, будівлі насосних станцій проектують в плані круглими або прямокутними. За місцем розташування в загальній схемі водопостачання і призначенням насосні станції розділяють на станції першого та другого підняття, підвищувальні та циркуляційні.

Станції першого підняття призначені для перекачування води із джерела водопостачання на очисні споруди, а якщо очищення не потрібне, то в резервуари чистої води. Для забезпечення стабільної роботи водоприймальних і очисних споруд насоси станції першого підняття розраховують на рівномірну подачу води протягом доби. Подачу насосів при цілодобовій роботі станції першого підняття слід приймати, як правило, рівною середньогодинним витратам води за добу найбільшого водоспоживання з урахуванням витрат води на відновлення протипожежного запасу та власних потреб споруд для очищення води і системи водопостачання в цілому.

Станції другого підняття перекачують воду із резервуарів чистої води до споживача. Оскільки споживання води на господарсько-питні потреби нерівномірне протягом доби за годинами, то насосні станції забезпечують подачу води з урахуванням цієї нерівномірності. Подачу насосів другого підняття слід визначати за графіком водоспоживання і прийнятої схеми водопостачання (з водонапірною баштою або без неї). При цьому необхідно враховувати, що при безбаштовій системі сумарна подача насосів другого підняття повинна бути не меншою за максимальні годинні витрати. Воду слід подавати споживачам не тільки в потрібній кількості й

якості, а також і під певним напором, який забезпечує станція другого підняття і водонапірна башта.

Для забезпечення подачі розрахункових витрат води на гасіння пожежі із зберіганням потрібного вільного напору слід передбачати у необхідних випадках встановлення протипожежних агрегатів в насосних станціях другого підняття або влаштування спеціальних протипожежних насосних станцій.

Циркуляційні насосні станції влаштовують у системах технічного водопостачання у тих випадках, коли необхідно забезпечити циркуляцію води, наприклад, у замкнутих системах охолодження.

Підвищувальні насосні станції збільшують напір у водопровідній мережі. Насоси в цьому разі підключають безпосередньо до водопровідної мережі.

Категорію надійності насосної станції, кількість робочих і резервних агрегатів та інші показники при проектуванні насосних станцій слід приймати за СНіП 2.04.02-84. Оптимальний режим роботи насосів визначають відповідно до результатами гідравлічного розрахунку мережі і техніко-економічних розрахунків обґрунтування об'єму баків водонапірних башт і резервуарів чистої води. За результатами даних розрахунків підбирають типові проекти насосних станцій. На мал. 1.27 показана конструкція насосної станції 1-го підняття.

Лекції №4-5

361.9. Зовнішні водопровідні мережі

1.9.1. Схеми трасування водопровідних мереж

Водопровідні мережі призначені для транспортування води від джерела водопостачання до споживачів. Вони складаються з водоводів, магістральних мереж і розподільних трубопроводів. Водоводами вода подається від насосних станцій до населеного пункту, на території якого розташована мережа магістральних і розподільних трубопроводів.

Водоводи прокладають не менше ніж у дві лінії, з'єднані перемичками, що забезпечує безперебійність подачі води. Відстань між окремими лініями повинна бути не менше 5 м при діаметрі труб до 300 мм і 10 м — при трубах більшого

діаметра.

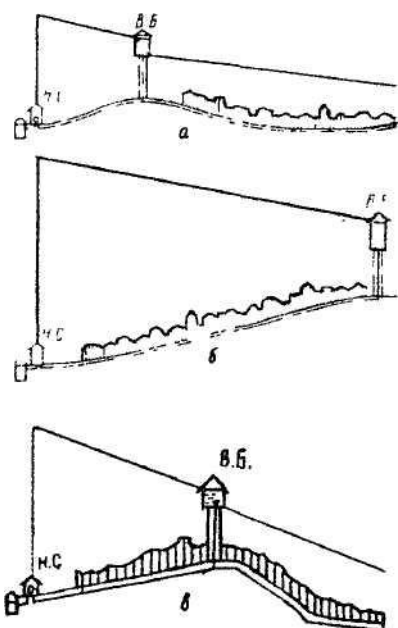
Магістральні трубопроводи призначені для транспортування основних транзитних мас води. Розподільними трубопроводами подають воду від магістралей до місць споживання.

Всі водопровідні мережі проектують на основі плану забудови населеного пункту. При цьому беруть до уваги конфігурацію населеного пункту; взаємне розташування джерела водопостачання і споживачів; розташування вулиць, кварталів і зосереджених водоспоживачів (заводи, фабрики та ін.); рельєф місцевості. Мережі прокладають по проїздах або узбіччях доріг паралельно до лінії забудови. В повздовжньому профілі трубопроводи повторюють рельєф місцевості на певній постійній глибині. При цьому трубам надається певний уклон не менше 0,001 в напрямку до випуску, що забезпечує спорожнення мережі та випуск з неї повітря. З цією метою в підвищених місцях мережі влаштовують вантузи, а в понижених — випуски. Заглиблення водопровідних труб залежить від глибини промерзання ґрунту, температури води в трубах та режиму її подачі. Трубопровід повинен знаходитись на 0,5 м нижче розрахункової глибини промерзання, але не вище ніж 0,7 м до верху труби.

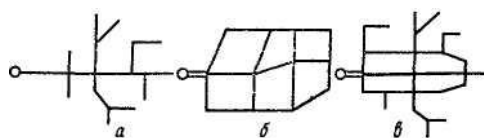
За характером взаємного розташування насосних станцій, водопровідних мереж і напірно-регулюючих споруд розрізняють наступні схеми живлення водопровідної мережі: з одностороннім живленням або з прохідною баштою (мал. 1.33а); з двостороннім живленням або з контррезервуаром (мал. 1.33б); комбіновані (мал. 1.33в).

Мал. 1.33. Водопроводи:

а — з прохідним резервуаром; б — з контрре-зервуаром; в — комбіновані; Н.С. — насосна станція; В.Б. — водонапірна башта



За розташуванням в плані магістральних ліній розрізняють: тупикові (розгалужені), кільцеві і комбіновані мережі (мал. 1.34).



Мал. 1.34. Схеми водопровідних мереж:

а — тупикова; б — кільцева; в — комбінована

Водопровід, який виконано за розгалуженою схемою, дешевший, але він застосовується лише в тих випадках, коли допускається перерва у водопостачанні на період усунення можливої аварії. Більш надійними є кільцеві водопроводи, що забезпечують безперебійну подачу води споживачам. У населених пунктах найчастіше використовують комбіновані схеми. Кільце охоплює райони найбільшого водоспоживання, а до окремих водоспоживачів прокладають від кільця тупики. В подальшому ці тупики при розширенні населеного пункту можуть бути закільцьовані. Слід зазначити, що протипожежні мережі виконують за кільцевою схемою. Дозволяються тупики лише для коротких ліній, а при довжині 200 м і більше в кінці водопровідних ліній повинні бути протипожежні водойми.

Трасу господарсько-питного водопроводу заборонено прокладати на території звалищ, цвинтарів та місць поховання худоби.

1.9.2. Основи розрахунку водопровідних мереж

Для визначення діаметрів труб і втрат напору на всіх ділянках мережі при пропуску по них розрахункових витрат води виконують гідравлічні розрахунки водоводів і водопровідної мережі. Втрати напору потрібні для визначення висоти водонапірної башти і напору насосів. Гідравлічний розрахунок виконують лише для магістральних ліній і водоводів. Залежно від схеми живлення мережу розраховують на такі характерні випадки: максимальне водоспоживання; максимальне водоспоживання і пропуск додаткових протипожежних витрат; транзиту напірний бак. Розрахунок на перші два випадки потрібний для всіх схем мережі, а на третій — для схеми з контррезервуаром.

Підготовка мережі до розрахунку полягає у складанні умовної розрахункової схеми. При гідравлічному розрахунку мережі неможливо врахувати всі реальні точки відбору води споживачами, тому реальна схема замінюється умовною з вузловими точками відбору води, що розташовані, як правило, на перетинах магістральних ліній. Вузлові точки поділяють мережу на розрахункові ділянки. Порядок визначення витрат води на ділянках наступний:

1. За графіком водоспоживання для призначеного режиму визначають розрахункові витрати q_{\max} , л/с.
2. Обчислюють питомі витрати $q_{\text{пін}}T$ в л/с на їм мережі, виключаючи при цьому зосереджених водоспоживачів:

$$q_{\text{пін}} = \frac{\sum L}{2q_{\text{зос}}}$$

де $2q_{\text{зос}}$ — сума витрат зосередженими водоспоживачами, л/с; $\sum L$ — сумарна довжина ділянок мережі, які віддають воду, м (до неї не включаються ділянки, призначені лише для транспортування води).

При різному характері забудови (багатоповерхова, малоповерхова, індивідуальна) питомі витрати визначають для кожного району відповідно до густоти населення.

Вважаючи, що відбір води з мереж рівномірний, визначають шляхові витрати на кожній ділянці:

$$q_{\text{шл}} = q_{\text{пін}} \cdot l \quad (30)$$

4. Для спрощення розрахунків замінюють шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначають їх як півсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла:

$$q_B = \frac{q_{\text{шлях}} + q_{\text{зос}}}{2} \quad (1.31)$$

Якщо є зосереджена витрата у вузлі, то

$$q_{\text{вуз}} = 0,5 I q_{\text{шлях}} + q_{\text{зос}} \quad (1.32)$$

Сума витрат, що притікають до вузла, повинна бути рівною сумі витрат, що витікають з нього.

5. Враховуючи, що окрім шляхових витрат розрахунковою ділянкою проходить також транзитна $q_{\text{тра}}$ для живлення наступних ділянок мережі, визначають розрахункові витрати на кожній ділянці:

$$q = q_{\text{шлях}} + 0,5 q_{\text{зос}} \quad (1.33)$$

де 0,5 — коефіцієнт, який враховує, що на початку ділянки $q_{\text{шлях}} = q_{\text{зос}} + q_{\text{тра}}$ а в кінці — $q_{\text{шлях}} = q_{\text{зос}}$

Знаючи розрахункові витрати на ділянках мережі і прийнявши матеріал труб, визначають діаметри магістральних трубопроводів:

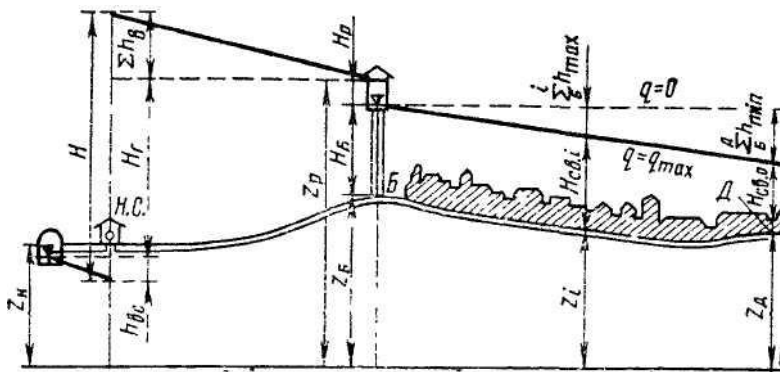
$$d = \sqrt[5]{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (1.34)$$

де Q — розрахункові витрати ділянки, м³/с; V — швидкість руху води в трубі, м/с.

Визначаючи величину швидкості руху, слід враховувати, що малі швидкості руху води ведуть до збільшення діаметра, а великі — до його зменшення. Перше призводить до збільшення будівельної вартості, а друге — до зростання витрат напору в трубах і тим самим — до витрат електроенергії на їх подолання, тобто збільшення експлуатаційних витрат. Найбільш економічною швидкістю є: для труб малого діаметра 0,6-0,9 м/с; для труб великого діаметра — 0,9-1,5 м/с.

За формулами гідравліки при відомих діаметрах і витратах ділянок мережі

визначають втрати напору. Для спрощення розрахунків за цими формулами складені таблиці [18]. Користуючись ними, загальні втрати напору визначають як: $h_v = i \cdot l$ (1.35). Водопровідна мережа повинна постійно подавати до населеного пункту потрібні витрати води з напором, який забезпечує нормальний її розбір. Найінтенсивніше мережа працює в годину максимального водорозбору, коли по трубах проходять максимальні витрати, і втрати напору в них досягають найбільших значень. У ці години лінія п'єзометричних напорів займає найнижче положення, тобто напір у мережі буде мінімальним (мал. 1.36).



Мал. 1.36. Схема роботи водопроводу при господарсько-питному водоспоживанні

Тиск (напір) в трубах у різних точках мережі залежить не тільки від положення п'єзометричної лінії, а й від висоти розташування цих точок на місцевості. П'єзометричний напір у трубах, який рахують від поверхні землі, називають вільним напором. Він повинен бути достатнім для забезпечення нормального водорозбору із санітарних приладів, у тому числі на верхніх поверхах будинків.

Мінімальний вільний напір встановлюють за нормами залежно від кількості поверхів будинків: при одноповерховій забудові — 10 м; при багатоповерховій — на кожний поверх додають 4 м. Вільні напори для виробничих зон визначають з урахуванням технологічних вимог.

Великі напори в мережі небажані, оскільки при цьому збільшуються невиробничі втрати води, підвищується можливість виникнення аварій, з'являються незручності при водорозборі. Тому рекомендується, щоб найбільший напір у водорозбірній мережі не перевищував 60 м (допустимий напір). В одиночних висотних будинках воду на верхні поверхи підкачують місцевими насосними

установками.

Точка мережі, в якій вільний напір у годину максимального водоспоживання буде найменшим, називається диктуючою. Якщо в диктуючій точці утворюється необхідний вільний напір, то у всіх інших точках мережі він буде більшим. За цією умовою знаходять висоту водонапірної башти. Як правило, це найбільш високорозташована і віддалена від башти точка.

Визначивши висоту водонапірної башти за формулою 1.27, визначають напір насосів:

$$H=(Z_6+H_6+H_p)+\sum h_{80}:h_{BM}-Z_{11} \quad (1.36)$$

де $\sum h_{80}$ — сума втрат напору в водоводах і насосній станції. Решта позначень — на мал. 1.36.

1.9.3. Труби для водопровідних мереж

Для влаштування зовнішніх водопровідних мереж використовують сталеві, чавунні, азбестоцементні, залізобетонні та пластмасові труби. Вибір матеріалу труб здійснюють за техніко-економічними розрахунками, які враховують робочий внутрішній тиск, агресивність ґрунту і води, умови роботи трубопроводу, санітарні вимоги тощо. Для зовнішніх напірних мереж рекомендується застосовувати переважно неметалеві труби, а металеві — лише на відповідальних ділянках, де потрібно мати більш високий ступінь надійності роботи водопровідної мережі.

Сталеві труби виготовляють безшовними і зварними (з прямим або спіральним швом). Безшовні труби мають високу міцність і тому їх використовують для влаштування підземних переходів під залізницями та автомагістралями, в дюкерах, в сейсмічних районах та просідних ґрунтах. Широке застосування сталеві труби мають для внутрішніх водопроводів. За діючими ГОСТами випускають сталеві труби діаметром 6 — 1400 мм і довжиною 4 — 12 м.

Сталеві труби, прокладені в землі, необхідно захищати від корозії, інакше вони досить швидко вийдуть з ладу. Для запобігання корозії застосовують активний або пасивний захист сталевих труб. При пасивному захисті труби покривають ізоляційними матеріалами. Найчастіше для цього використовують бітумну мастику

та ізоляційні рулонні матеріали. Перед нанесенням покриття труби ретельно очищають, покривають бітумною ґрунтовкою (розчин бітуму в бензині), після чого наносять гарячу бітумну мастику і обмотують крафт-папером. Залежно від корозійної активності ґрунту обирають необхідний тип ізоляції — нормальна, посилена або дуже посилена. Тип ізоляції визначається кількістю нанесених шарів мастики та підсилюючих обгорток (бризол, гідроізол або склотканина). Окрім бітумного використовують полімерні та емалеві покриття, в тому числі і для внутрішньої поверхні труб.

В результаті взаємодії металу трубопроводу з агресивними ґрунтовими водами виникає електрохімічна корозія. У таких випадках рекомендується застосовувати катодний або протекторний захист труб (активні методи). При катодному захисті поряд з трубопроводом закопують в землю старі труби або рейки, які з'єднують з позитивним полюсом джерела постійного електричного струму. Трубопровід з'єднують з негативним полюсом того ж джерела. Електричний струм, виходячи з старих закопаних труб (анод) у вигляді позитивних іонів металу, руйнує їх і тим самим захищає трубопровід.

При витоках струму від електричного транспорту з'являються так звані блукаючі струми, які діють на металеві труби, руйнуючи їх. В таких випадках досить ефективним є протекторний захист, при якому джерело постійного струму не потрібне, а поблизу трубопроводу закопують металевий стрижень з більш високим електрохімічним потенціалом, ніж метал трубопроводу (цинк, магній, алюміній або їх сплави). Трубопровід з'єднують зі стрижнем — електропровідником, в результаті чого виникає електрична пара, де струм протікає від стрижня до труб, захищаючи останні від корозії.

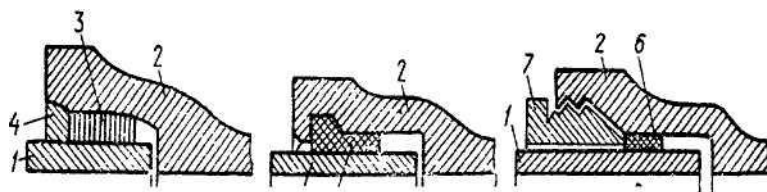
Найчастіше активні методи захисту від корозії поєднують з пасивними, що значно здешевлює експлуатацію металевих трубопроводів.

Сталеві труби з'єднують між собою, як правило, за допомогою зварювання. При монтажі сталевих трубопроводів застосовують гнуті, штамповані та зварні сталеві фасонні частини, які приварюються до труб. Різьбові з'єднання застосовують переважно для внутрішніх мереж.

Чавунні труби порівняно зі сталевими більш довговічні за рахунок значної товщини стінок. Недолік чавунних труб — значна вага, крихкість при динамічних навантаженнях і обмеженість робочого тиску.

Чавунні розтрубні труби та фасонні частини до них виготовляють діаметром 50 — 1200 мм і довжиною 2 — 7 м. Залежно від товщини стінок чавунні розтрубні напірні труби, які використовують для водопроводів, поділяють на три класи: ЛА, Аі Б. Максимальний робочий тиск при використанні чавунних труб не повинен перевищувати 1,0— 1,5 МПа.

При з'єднанні труб гладкий кінець однієї вставляють у розтруб іншої так, щоб кільцевий зазор був однаковий по периметру. Герметизують стик просмоленним конопляним пасмом або пластичним матеріалом — свинцем, алюмінієм, гумою (мал. 1.37).



Мал. 1.37. Стикові з'єднання чавунних труб:

а — азбестоцементною зачеканкою; б — з гумовим самоущільнюючим кільцем; в — з гумовим кільцем' 1 — гладкий кінець труби; 2 — розтруб; 3 — просмолене пасмо; 4 — азбестоцементний ущільнювач; 5 — самоущільнююче гумове кільце; 6 — гумове ущільнююче кільце; 7 — упорне кільце з різьбою. Залізобетонні труби застосовують переважно для водоводів. Ці труби довговічні, вимагають для виготовлення невеликих витрат металу, але мають значну масу. Виготовляють залізобетонні труби методами вібропресування і центрифугування з попереднім напруженням арматури діаметром 500 — 1500 мм на тиск 0,6 — 2 МПа і довжиною до 5,2 м. З'єднання залізобетонних труб — розтрубне. Герметизують стик гумовими кільцями з наступним зачеканенням цементним розчином.

Азбестоцементні труби стійкі проти корозії, мають гладкі стінки з невеликим гідравлічним опором, малу масу і низьку теплопровідність, легко механічно обробляються, але вони крихкі, вимагають особливої уваги при транспортуванні та динамічних навантаженнях. Азбестоцементні труби виготовляють із суміші 75 — 85

% портландцементу і 25 — 15 % азбестового волокна діаметром 50 — 500 мм і довжиною 3 — 4 м. Для водопостачання застосовують азбестоцементні труби марок ВТ — 6, ВТ — 9 і ВТ — 12 на робочий тиск відповідно 0,6; 0,9 і 1,2 МПа. З'єднують азбестоцементні труби азбестоцементними та чавунними муфтами. Герметичність стиків забезпечується гумовими кільцями.

Пластмасові (пластикові) труби виготовляють із полімерних матеріалів: поліетилену високої та низької щільності, полібутилену, поліпропілену, полівінілхлориду, поліхлорвінілу та інших. Труби випускають на тиск 0,25-1 МПа, діаметром до 630 мм і довжиною 6-12 м. Труби малого діаметра (до 63 мм) випускають великої довжини і замотують на бухти. Пластмасові труби значно легші за металеві, стійкі до корозії, мають низький гідравлічний опір і низьку теплопровідність, легко обробляються і стикаються, гнучкі і пластичні, але мають високий коефіцієнт лінійного розширення і при коливанні температури можуть змінювати свої властивості.

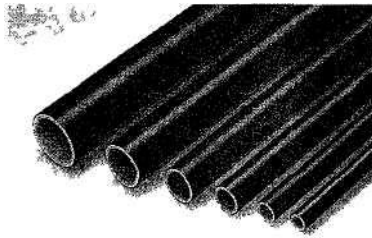
Електроізоляційність полімерів виключає гальванічну та електрохімічну корозію, що надзвичайно важливо при прокладанні трубопроводів у ґрунті. Завдяки особливій структурі матеріалів трубами не передаються коливання, глушаться вібрації та шуми. В пластмасових трубах не накопичуються і не затримуються жодні відкладення: ні вапняні, ні каменеві, ні з будь-яких інших хімічних сполук.

Різновидом пластмасових є металопластикові (багатошарові) труби (мал. 1.38), в яких поєднані переваги металевих та пластмасових труб.

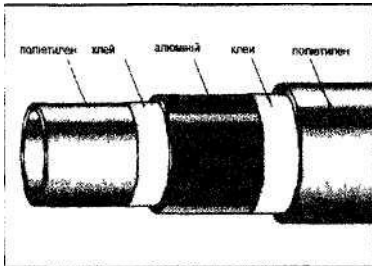
Металопластикові труби виготовляють таким чином: спочатку алюмінієва стрічка товщиною 0,2 — 0,25 мм скручується повздовж у трубу, а потім зварюється ультразвуком або лазерним променем за утвореним швом. Далі алюмінієва труба покривається з зовнішнього та внутрішнього боків шаром клею та поліетилену високої густини. Внутрішній шар товстіший за зовнішній і виготовляється із структурованого харчового поліетилену.

Маючи всі переваги пластмасових труб, металопластикові витримують значно більший тиск (до 4 МПа), більш стійкі до перепаду температур води (робоча температура від 00С до 95°С), жорсткі до згинання і мають низький коефіцієнт

лінійного розширення (лише вдвічі більший, ніж у сталі).



а)



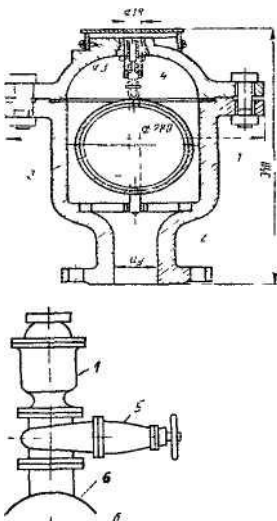
б)

Мал. 1.38. Металопластикові труби: а — зовнішній вигляд, б — конструкція труби

З'єднують пластмасові труби зварюванням, склеюванням, розтрубами або на фланцях. При монтажі внутрішніх водопроводів використовують різьбові з'єднання за допомогою пластмасових або металевих фасонних частин (муфти, кутники, трійники, хрестовини, переходи та ін.).

Кравченко В С Водопостачання і каналізація

Вантузи (мал. 1.41) встановлюють у найвищих точках трубопроводу для автоматичного впуску або випуску повітря в трубопровід.

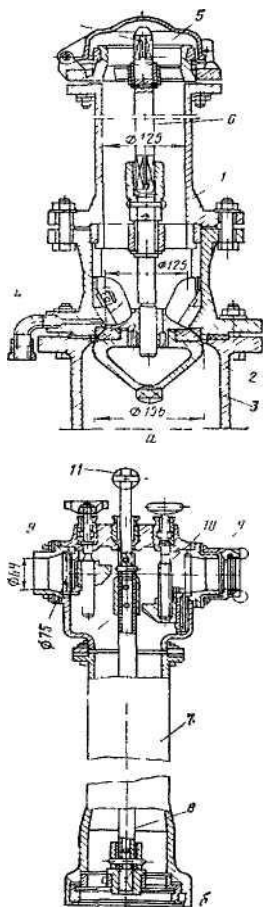


Мал. 1.41. Вантуз:

а — загальний вигляд, б — установка на водоводі, 1 — корпус, 2 — горловина, 3 — шаровий поплавков; 4 — клапан для випуску повітря, 5 — засувка; 6 — водовід

Накопичення повітря в трубопроводі неприпустиме, тому що це знижує пропускну здатність, викликає гідравлічні удари і аварії. При накопичуванні повітря рівень води у вантузі знижується, поплавков опускається, клапан відкривається, і під тиском води повітря виходить в атмосферу. При утворенні вакууму клапан відкривається під атмосферним тиском.

Z!*2Z.



Мал. 1.42. Конструкція пожежного гідранта і стендера: а — пожежний гідрант, б — стендер 1 — стояк, 2 — пожежна пцставка. 3 — клапан, 4 — штанга з квадратною головою, 5 — спускний пристрій, 6 — ковпак; 7 — корпус стендера, 8 — штанга стендера з квадратною головою, 9 — штуцер для пш'єднання пожежного рукава, 10 — запірний пристрій штуцера, 11 — рукоятка (розміри в мм)

Кравченко В С Водопостачання і каналізація

Н



Розроблено серії типових проектів водопровідних колодязів з різними схемами фасонних частин і арматури для сухих, мокрих та просідних ґрунтів.

Для запобігання пошкоджень трубопроводу внутрішнім тиском води в місцях поворотів та в тупиках встановлюють бетонні упори. Розміри упорів розраховують так, щоб їх переміщення при деформації ґрунту було менше 0,3 см.

При проходженні трубопроводу через залізницю та автомобільні шляхи його укладають в запобіжний футляр із сталевих труб (мал. 1.46а).

Футляри (кожухи) захищають від руйнування залізницю чи автомобільну дорогу у випадку аварії трубопроводу, а також сам трубопровід від дії зовнішніх сил, які виникають під час руху транспорту. Прокладання футлярів здійснюють відкритим (траншейним) або закритим (проколювання, протискування, горизонтальне буріння) способами. Футляри влаштовують з антикорозійною ізоляцією та захистом від електрохімічної корозії (катодна поляризація з протекторними установками).

Внутрішній діаметр футляра має бути на 200 мм більшим від зовнішнього діаметра робочого трубопроводу. При закритому способі виконання робіт обчислюючи діаметр футляра, додатково враховують довжину та діаметр робочого трубопроводу і вимоги "Правил техніки безпеки в будівництві". Робоча труба в футлярі розташовується на опорах. Простір між футляром та трубопроводом заповнюється ізоляційними матеріалами або цементно-піщаним розчином.

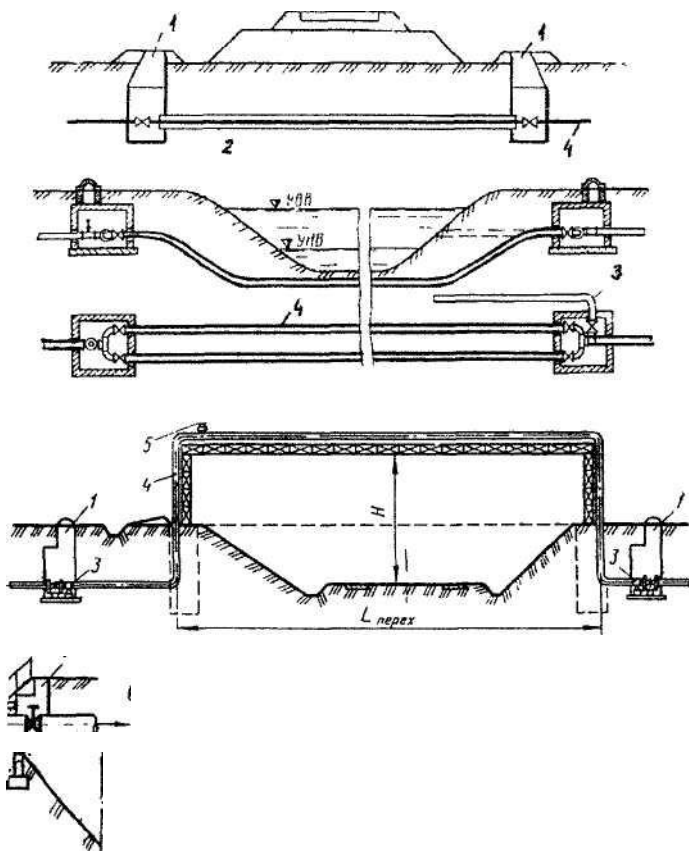
При влаштуванні переходів замість футлярів можуть використовуватися прохідні або непрохідні тунелі. Глибина закладання труби футляра або тунелю (відстань від підшви рейси або покриття автодороги до верху труби) має бути не менша 1,0 м при відкритому способі виконання робіт та не менша 1,5 м при виконанні робіт закритими способами.

На кінцях футляра встановлюють колодязі із засувками для вимкнення водопроводу на випадок аварії.

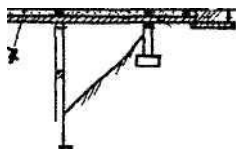
Відстань від колодязів (кінця футляра) до осі крайньої колії приймається не меншою 8 м, до краю виїмки або водовідвідних каналів - не меншою 3 м, до підшови насипу — 5 м.

Прокладання трубопроводу через річку, яр або канал може здійснюватись за допомогою дюкеру (мал. 1.466) або в утеплених кожухах під мостом, або по естакаді (мал. 1.46в,г). При перетині річки прокладають по дну дюкер не менше ніж в дві лінії із сталевих труб, покритих підсиленою антикорозійною ізоляцією. Мінімальна відстань між верхом труби і дном річки — 0,5 м, а для судноплавних в межах фарватеру — 1,0 м. Відстань в плані між трубами становить 0,7... 1,5 м. При влаштуванні дюкеру через яр або канал необхідно виконувати всі вимоги, як і при перетині річки. При цьому слід звертати увагу на закріплення схилів яру. Переходи через 1. Водопостачання

широкі, але неглибокі яри слід влаштувати по естакадах, які можливо використовувати як пішохідні мости. Трубопровід у цьому випадку прокладається в утепленому коробі (мал. 1.46г).



$$!v > ^fA$$



77Г W *>

*• I

Мал. 1. 46. Схеми переходів:

а - під залізницею; б - дюкером під річкою; в - по естакаді над автомобільною дорогою; г — по естакаді через яр: 1 — колодязь, 2 — кожух; 3 — спускна труба; 4 — робоча труба; 5 — вантуз; 6 — короб; 7 — утеплювач