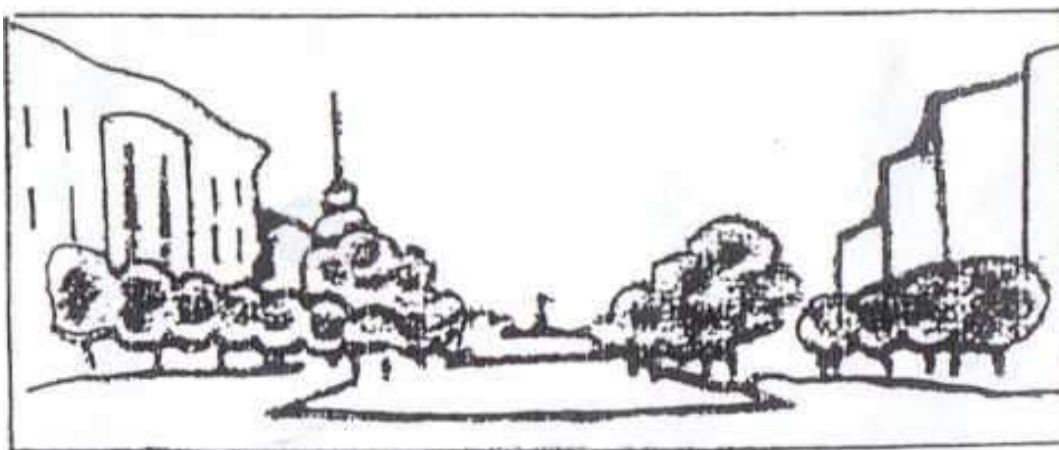


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І ГОСПОДАРСТВА

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ЛЕКЦІЙ
З ДИСЦИПЛІНИ «ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ»**



Ужгород 2025

Навчально-методичний комплекс лекцій з дисципліни «Водопостачання та водовідведення» рекомендовано кафедрою МБГ ІТФ, протокол № ____10_ від _23 квітня__ 2025 р. для студентів 2 курсу спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія», ОП «Міське будівництво та господарство»

/ Оксана Микайло. Ужгород: УжНУ. – 69 ст./

Укладач: к.фіз-мат.н., доц. Оксана Микайло

Рецензент: к.т.н., доц. Йолана Голик, кафедра міського будівництва і господарства, ДВНЗ УжНУ Ужгород;

Затверджено вченою радою ІТФ ДВНЗ УжНУ

«12 » травня 2025 року, протокол № 5

Предмет курсу

Предметом курсу є дисципліна «Водопостачання та водовідведення». Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі вивчення дисципліни, є теоретична і практична підготовка студентів з таких питань:

- історія розвитку систем водопостачання та водовідведення;
- основні положення та вимоги державних стандартів до систем водопостачання і водовідведення;
- класифікації та основні характеристики систем і схем водопостачання і водовідведення населених пунктів, житлових і промислових об'єктів;
- принципи вибору системи й схеми водопостачання і водовідведення об'єкта;
- основні принципи санітарно-технічного обладнання будинків та споруд;
- визначення розрахункових параметрів систем забору, подачі й приготування води різної якості для потреб водопостачання;
- визначення розрахункових параметрів систем відведення і очищення стічних вод від різних споживачів.

Для вивчення цих питань застосовуються відповідні нормативні документи, літературні джерела та практичні матеріали.

Мета і завдання дисципліни

Головною метою вивчення дисципліни «Водопостачання та водовідведення» є формування знань та практичних навиків з теорії, методів, розрахунків та влаштування мереж, систем і споруд водопостачання і водовідведення для населених міст та промислових підприємств. у майбутніх спеціалістів в галузі будівництва і містобудування

У процесі вивчення дисципліни читаються лекції, проводяться практичні заняття. Значна частина часу відводиться для самостійного опрацювання матеріалу.

Здобувачі освітнього ступеню бакалавр отримують компетентності, які полягають в їх ознайомленні з основними положеннями про водні ресурси

України, основними джерелами питної води, загальними гігієнічними вимогами до якості води для водопостачання споживачам, технологічними процесами очистки води для потреб питного водопостачання, вимогами до складу стічних вод, що скидаються у природні водні об'єкти, поняттями про гранично допустимі забруднення та методів з їх розрахунку в складі стічних вод .

Зв'язок дисципліни з іншими дисциплінами.

Даний курс безпосередньо пов'язаний із такими дисциплінами як: інженерна геодезія; нарисна геометрія, інженерна графіка, урбаністика, планування і благоустрій міст. Для студентів спеціальності будівництво та цивільна інженерія ОП «Міське будівництво і господарство» курс є однією з основних дисциплін для проектування об'єктів інфраструктури і міського господарства.

Контроль знань студентів

Перелік запитань для заліку з курсу «Водопостачання та водовідведення»

1. Навести класифікацію систем водопостачання.
2. Охарактеризувати призначення окремих споруд в системах водопостачання.
3. Навести основні фактори вибору складу споруд в системах й схемах водопостачання.
4. Навести формули, за якими обчислюють розрахункові витрати води (добові, годинні, секундні).
5. Навести формули розрахунку тиску у водопровідній мережі.
6. Навести основні показники якості питної води.
7. Навести схеми водозабірних споруд, за допомогою яких беруть воду з поверхневих і підземних джерел.
8. Охарактеризувати зони санітарної охорони джерел водопостачання.
9. Яке санітарно-гігієнічне значення має очищення води.
10. Основні технологічні процеси й схеми поліпшення якості води.

11. Пояснити принцип роботи і накреслити схеми споруд для прояснення води (відстійники).
12. Навести основні типи обладнання для підняття води, їх принцип роботи і конструктивні особливості.
13. Дати коротку характеристику водопровідних насосних станцій.
14. Накреслити схему водонапірної башти і резервуарів чистої води. Показати, якими трубопроводами вони обладнані.
15. Навести схеми трасування зовнішніх водопровідних мереж.
16. Назвати, які труби використовують для прокладання водопроводів.
17. Навести схеми перетину водопровідними мережами перешкод (дюкера, естакади над залізничною колією і переходу під дорогою).
18. Дати коротку характеристику, як випробують і дезінфікують трубопроводи й споруди водопостачання перед введенням в експлуатацію.
19. Перерахувати основні завдання експлуатації систем водопостачання.
20. Дати стислу характеристику спеціальних методів підготовки води.
21. Характеристика забруднень стічних вод.
22. Навести стислу характеристику систем каналізації і основних елементів каналізації населеного пункту.
23. Накреслити схеми трасування каналізаційних мереж.
24. Охарактеризувати труби для каналізаційних мереж та їх з'єднання.
25. Назвати типи каналізаційних колодязів.
26. Навести класифікацію каналізаційних насосних станцій за призначенням, опишіть основні елементи цих станцій.
27. Навести формули, за якими обчислюють концентрацію забруднень у стічних водах.
28. Охарактеризувати роботу споруд для механічного очищення стічних вод.
29. Охарактеризувати роботу споруд для біологічного очищення стічних вод.
30. Навести схему очищення міських стічних вод, дати характеристику окремих споруд.
31. Дати характеристику споруд, які використовують для обробки осаду стічних вод.

32. Навести приклади різних схем водопостачання (прості, з нижнім і верхнім розведенням магістралей, з водонапірним обладнанням, зонні) й дати їх характеристику.
33. Дати характеристику водопровідної арматури за призначенням і описати принцип роботи.
34. Навести формули, за якими обчислюють секундні, годинні й добові витрати води для водопостачання житлових будинків.
35. Описати, як визначають необхідний напір для водопостачання будинку.
36. Навести схеми й область застосування систем пожежогасіння.
37. Назвати особливості санітарно-технічного обладнання будівель спеціального призначення.
38. Назвати санітарно-технічні прилади, які встановлюють в житлових будинках, наведіть їх характеристику
39. Навести конструкції гідрозатворів.
40. Назвати основні елементи внутрішньої каналізації.
41. Накреслити схеми вентиляції вуличних каналізаційних мереж.
42. Дати характеристику дворових і квартальних мереж каналізації.
43. Назвати особливості влаштування каналізації будівель спеціального призначення.
44. Дати характеристику і наведіть конструкції систем сміттєвидалення та видалення пилу в будинках.

ЗОВНІШНІ МЕРЕЖІ Й СПОРУДИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ТЕМА 1. СИСТЕМИ Й СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Методичні рекомендації. Необхідно мати чітке уявлення про схеми водопостачання населеного пункту або підприємства, призначення і місце окремих споруд. Системи водопостачання влаштовують за певними схемами, що суттєво впливає на вибір споруд. При виборі схеми водопостачання слід звертати увагу на техніко-економічні показники й соціально-екологічні наслідки прийнятих рішень, на визначення розрахункових витрат води й необхідних напорів у мережі водопостачання.

1.1. Системи й схеми водопостачання

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

Системи водопостачання поділяють за такими ознаками: за функціональним призначенням (господарсько-питні, виробничі й протипожежні); сферою обслуговування (об'єднані й роздільні); за видом об'єктів (міські, селищні, промислові); за територіальним охопленням водоспоживачів (місцеві, централізовані, групові); тривалістю дії (тимчасові й постійні); типом природного джерела (з використанням підземних або поверхневих вод); способом підйому води (гравітаційні й з механічною подачею води); характером використання води (прямоточні, зворотні й 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 технологами. Протипожежні системи водопостачання призначені для подачі води при гасінні пожежі. Вода в протипожежних водопроводах може бути і не питної якості.

Об'єднані водопроводи задовольняють потреби всіх водоспоживачів, роздільні - окремо подають воду на різні потреби. Місцеві (локальні) системи забезпечують водою окремих водоспоживачів (наприклад, тваринницька ферма, промислове підприємство чи окрема група будинків), централізовані - всіх споживачів даного населеного пункту. Групові або районні системи водопроводів призначені для забезпечення водою кількох населених пунктів, ферм чи підприємств, віддалених одне від одного.

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. чол. 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 більше 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: виду природного джерела

водопостачання і якості води в ньому; категорії водоспоживачів, кількості та якості води, що споживається; надійності подачі води; рельєфу місцевості.

Схема водопостачання з відкритих джерел (рис.1.1), як правило, має найбільшу будівельну вартість і досить складна в експлуатації, оскільки вимагає наявності водоочисних та інших споруд. За цією схемою вода з відкритої водойми надходить до водозабірних споруд, з яких насосами станції першого підйому подається на очисні споруди.

На водоочисній станції поліпшується якість води, після чого вона подається в резервуар чистої води (РЧВ), звідки насосами станції другого підйому водоводами подається у водопровідну мережу споживачам. На території населеного пункту споруджують водонапірну башту, яка, як і РЧВ, призначена для зберігання води, регулювання роботи насосів та підтримання в мережі необхідного напору. Накопичення води в башті відбувається в той час, коли насоси подають води більше, ніж її витрачають споживачі, витрачається - коли споживання перевищує подачу.

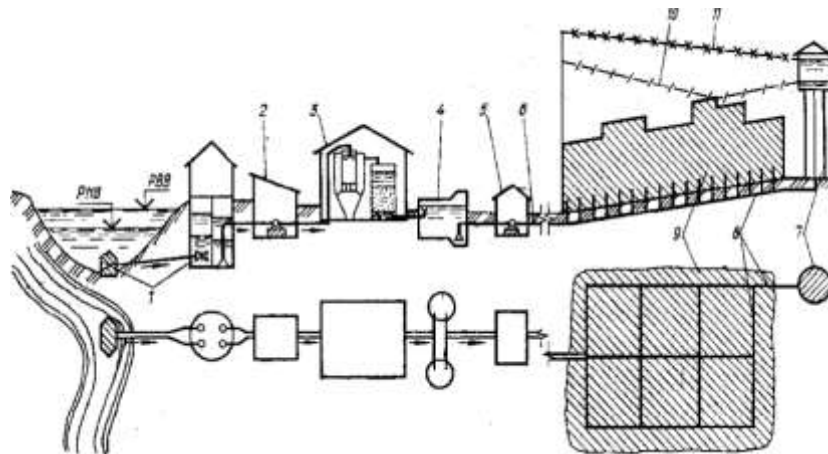


Рис.1.1. Схема водопостачання з поверхневих водних джерел:
1 - річковий водозабір; 2 - насосна станція I п підйому; 3 - водоочисна станція;
4 - резервуар чистої води; 5 - насосна станція II п підйому; 6 - водовід;
7 - водонапірна башта; 8 - водопровідна мережа; 9 - об'єкт водопостачання; 10 - п'єзометрична лінія в мережі в годину максимального водоспоживання; 11 - те саме в годину максимального транзиту води в башту

Для водопостачання частіше використовують підземні води, які мають

порівняно з поверхневими менший вміст різних домішок, у тому числі радіоактивних, а також простіший склад водопровідних споруд. Якщо якість підземних вод не задовольняє вимоги споживачів, застосовують схему з очищенням води (рис.1.2), а якщо підземні води за своїми фізико-хімічними й санітарними показниками задовольняють вимоги щодо питної води, то застосовують простішу схему водопостачання (рис.1.3).

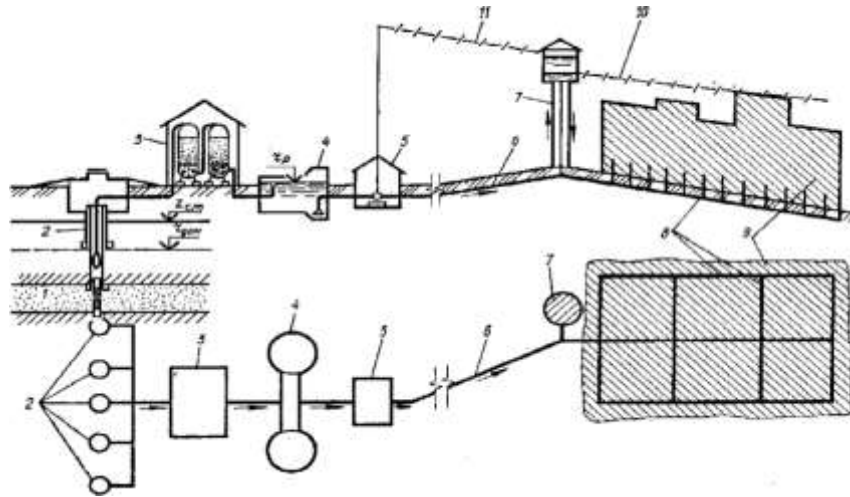


Рис.1.2. Схема водопостачання з очищенням підземних вод:

1 - водоносний пласт; 2 - свердловина; 3 - водоочисна станція; 4 - резервуар чистої води; 5 - насосна станція II підйому; 6 - водовід; 7 - водонапірна башта; 8 - водопровідна мережа 9 - об'єкт водопостачання; 10 - п'єзометрична лінія в мережі в годину максимального водоспоживання; 11 - те саме у водоводі

Промислові підприємства відрізняються різноманітністю технологічних процесів, споживають воду різної якості й вимагають різних напорів у мережах окремих цехів. Специфічністю технічних систем водопостачання є можливість обороту води для різних потреб. Тому системи водопостачання промислових підприємств досить складні.

Якщо споживається значна кількість води не питної якості, то доцільно влаштовувати окремі системи технічного водопостачання: прямоточні, з повторним використанням води, оборотні. Вибір схеми технічного водопостачання слід вирішувати за техніко-економічними розрахунками.

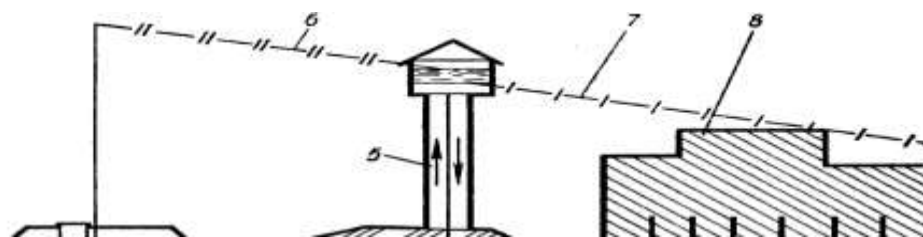


Рис.1.3. Схема водопостачання із свердловини:

- 1** - водозабірна свердловина; **2** - заглибний електронасос;
3 - оголовок над свердло-виною; **4** - водовід; **5** - водонапірна башта; **6** - п'єзометрична лінія у водоводі в годину максимального водоспоживання; **7** - те саме в мережі;
8 - об'єкт водопостачання; **9** - водопровідна мережа

1.2. *Питоме водоспоживання, визначення розрахункових витрат води і необхідних напорів у населеному пункті*

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

Нормою водоспоживання називають кількість води, що витрачається на певні потреби за одиницю часу або на одиницю продукції, що виробляється. У населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання визначають на основі вивчення фактичного об'єму й режиму водоспоживання в аналогічних умовах або, якщо це неможливо, за рекомендаціями [4]. Господарсько-питне водоспоживання протягом доби, місяця, року в населеному пункті не буває рівномірним і залежить від багатьох факторів (режим життя і трудової діяльності людини, пора року, місцеві умови тощо). У розрахунках ці коливання оцінюють коефіцієнтами добової і погодинної нерівномірності.

Розрахункові добові витрати води на господарсько-побутові потреби в населеному пункті визначають за формулами:

- добові (середні за рік) витрати води, м³/добу, на господарсько-питні потреби населення:

$$Q_{доб.м}^H = \frac{q_m \cdot N_m}{1000}, \quad (1.1)$$

де q_m - питомі витрати води, л/доб·чол.,

N_m - розрахункова чисельність мешканців, чол;

Витрати за добу найбільшого ($Q_{доб.мах}^H$) і найменшого ($Q_{доб.мін}^H$) господарсько-питного водоспоживання:

$$Q_{доб.мах}^H = K_{доб.мах} \cdot Q_{доб.м}^H; \quad (1.2)$$

$$Q_{доб.мін}^H = K_{доб.мін} \cdot Q_{доб.м}^H, \quad (1.3)$$

де $K_{доб.}$ - коефіцієнти добової нерівномірності: найбільший - $K_{доб. max}=1,3$;

найменший - $K_{доб. min}=0,7$.

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

$$\text{найбільшим} \quad K_{r. max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max}; \quad (1.4)$$

$$\text{найменшим} \quad K_{r. min} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min}, \quad (1.5)$$

де $\alpha_{max}=1, -1,4$; $\alpha_{min}=0,4-0,6$ - коефіцієнти, що враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови [4];
 β - коефіцієнт, що враховує чисельність мешканців у населеному пункті.

Залежно від значення $K_{r. max}$ приймають типовий графік розподілу добових витрат за годинами доби.

Погодинні витрати води споживачем, $\text{м}^3/\text{год}$, дорівнюють:

$$q_{hr} = \frac{a}{100} \cdot Q_{доб.}, \quad (1.6)$$

де a - розподіл добових витрат $Q_{доб.}$ - для конкретної години, %.

За годинними витратами води будують графік водоспоживання в населеному пункті. 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 за цю годину приймають як розрахункові.

Найбільші секундні витрати води у населеному пункті, л/с :

$$q = \frac{q_{hr, max}}{3,6}, \quad (1.7)$$

де $q_{hr, max}$ - найбільші годинні витрати води, $\text{м}^3/\text{год}$, для всього населеного пункту.

– середньогодинні за зміну: $q_{hr, \max, зм} = \frac{\Pi_{зм} \cdot q_w}{T_{зм}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.8)$

зм

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

– максимально-годинні за зміну: $q_{hr, зм} = \frac{\Pi_{зм} \cdot q_w \cdot K_n}{T_{зм}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.9)$

де K_n – коефіцієнт нерівномірності водоспоживання на виробничі потреби.

– максимального-динні за добу: $q_{hr, \max} = \frac{\Pi_{зм, \max} \cdot q_w \cdot K_n}{T_{зм}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.10)$

– максимально-секундні знаходять за формулою (1.7)

Крім виробничих, на промислових підприємствах потрібно враховувати господарсько-питні потреби води за нормою: 45 л за зміну на одну людину в цехах з тепловиділенням більше 23,2 Вт/м³ (так звані «гарячі»); 25 л - в інших цехах. На господарсько-питні потреби розподіл добових і змінних витрат води виконують за даними технологів або розраховують за коефіцієнтом погодинної нерівномірності, значення якого приймають в «гарячих» цехах: $K_{hr}=2,5$; - в «холодних» – $K_{hr}=3$.

Витрати води на душ розподіляють пропорційно до добових витрат після кожної зміни на підприємствах. Розрахункові витрати води на душ на одного працівника за добу (зміну) приймають залежно від групи виробничого процесу за санітарною характеристикою. Визначають потрібну кількість душових сіток для даного підприємства або окремого цеху. Розрахунки ведуть для зміни з найбільшою кількістю працівників, які приймають душ. Розрахункові питомі секундні витрати води на душ у групових установках зі змішувачами приймають за ДБН В.2.5-64-2012 рівними 500 л/год і 0,2 л/с на одну душову сітку. Загальні секундні витрати води на душ у групових установках зі змішувачами

визначають із розрахунку, що працюють одночасно всі установки.

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

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі в населеному пункті й розрахункову кількість пожеж приймають за [4]. Розрахункову тривалість гасіння пожежі приймають 3 год. Подача розрахункових витрат води на гасіння пожежі повинна бути забезпечена при найбільших годинних витратах води на інші потреби.

У водопровідній мережі населеного пункту повинен бути тиск, який забезпечить підйом і виливання води у найвищій водорозбірній точці. Тобто вільний потрібний напір, м, у мережі

$$H_b = h_r + \sum h_w + h_p, \text{ м}, \quad (1.14)$$

де h_r - геометрична висота підйому води від поверхні землі до найвищої водорозбірної точки, м;

$\sum h_w$ - втрати напору від точки підключення водопровідної мережі до водорозбірної арматури, м;

h_p - робочий напір на виливання з водорозбірної арматури, м, який визначають за [4].

Відповідно до [4] у зовнішній водопровідній мережі повинен забезпечуватись необхідний вільний напір:

$$H_b^H = 10 + 4(n - 1), \text{ м}, \quad (1.15)$$

де n - кількість поверхів у будинках.

Для окремих багатоповерхових будинків, розташованих серед малоповерхових, або будинків, розташованих у підвищених місцях, можливо передбачити місцеві насосні установки для підвищення напору. Тиск води у водорозбірній арматурі, розташованій на нижньому поверсі житлового будинку, не повинен перевищувати 0,45 МПа, а в протипожежному крані на нижньому поверсі – 0,9 МПа. У будинках, геометрична висота яких обумовлює при однозонній схемі водопостачання тиск на нижньому поверсі, який перевищує 0,45 МПа, слід передбачати зонне водопостачання.

Вільний напір у водопровідній мережі під час гасіння пожежі залежить від прийнятої системи пожежогасіння. Є системи високого і низького тиску. В системі високого тиску пожежу гасять безпосередньо з мережі за допомогою пожежних рукавів, які під'єднують до пожежних гідрантів. У системі пожежогасіння низького тиску воду з гідрантів водопровідної мережі забирають насосами пожежних машин і подають рукавами до місця пожежі.

Контрольні завдання:

1. Навести класифікацію систем водопостачання.
2. Охарактеризувати призначення окремих споруд в системах водопостачання.
3. Навести основні фактори вибору складу споруд в системах й схемах водопостачання.
4. Навести формули, за якими обчислюють розрахункові витрати води (добові, годинні, секундні).
5. Навести формули розрахунку тиску у водопровідній мережі.

ТЕМА 2. ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОЗАБОРИ. СПОРУДИ, МЕТОДИ Й СПОСОБИ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

Методичні рекомендації. Після ознайомлення з вимогами до якості води слід розглянути класифікацію і порівняльну характеристику джерел водопостачання. Вибір джерела водопостачання зумовлений, в першу чергу, вимогами до кількості та якості води. При виборі джерела водопостачання за санітарною надійністю перевагу слід віддавати використанню артезіанських, ґрунтових та підруслових вод, а також поверхневих вод річок, озер, водосховищ. У всіх випадках слід проводити техніко-економічні розрахунки. Не менш важливо вибрати тип водоприймальної (водозабірної) споруди і місце її розташування. При проектуванні водозаборів обов'язково передбачають зони санітарної охорони джерел водопостачання.

Для вибору технічно грамотного рішення стосовно очищення води слід ознайомитись не тільки з процесами й методами очищення, але і знати призначення, принцип роботи, конструктивні особливості й шляхи інтенсифікації роботи окремих споруд. Студенти також повинні розуміти суть спеціальних методів підготовки води.

2.1. Вимоги до якості води

Якість води оцінюють за її складом та властивостями, після чого визначають її придатність для тих чи інших цілей. Особливо жорсткі вимоги висувають до води, яка використовується для господарсько-питних потреб споживачів виробничих, житлових і громадських будинків. Ця вода повинна відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». 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 ДСанПіН 2.2.4-171-10 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 проявляє токсичну дію на організм людини, але надає воді жовто-коричневого кольору, погіршує її смак, викликає розвиток залізобактерій і відкладання осаду в трубопроводах. Лімітуючою ознакою шкідливості для сполук заліза є органолептична. Те ж стосується марганцю. Навпаки, такі хімічні речовини, як сполуки стронцію, нітрати, не змінюючи органолептичних властивостей води, виявляються токсичними для людини. Наприклад, стронцій з концентраціями більше за 7 мг/л пригнічує активність багатьох ферментів. У 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 й призводить до порушення роботи і захворювання шлунку в 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. Так, нестача або надлишок фтору в питній воді викликають руйнування зубів і зміни в скелеті, нестача або відсутність йоду приводить до захворювання людей ендемічним зобом тощо. Отруйну дію на організм людини і теплокровних тварин виявляють солі важких металів і радіоактивні елементи.

Катіони кальцію і магнію обумовлюють твердість води. Хоча вони не завдають особливої шкоди організму, але їх присутність у воді у великій кількості небажана, тому що така вода малопридатна для господарських потреб. У твердій воді збільшуються витрати пральних засобів та мила при пранні білизни, повільно розварюється м'ясо й овочі. Тверда вода не придатна для систем зворотного й гарячого водопостачання, для живлення парових котлів і використання в багатьох галузях промисловості.

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.

За органолептичними показниками питна вода повинна мати каламутність не вищу за 1,5 мг/л, кольоровість не вище 20 градусів платино-кобальтової шкали; запах і присмак не вище 2 балів. Питна вода не повинна мати на поверхні плівки і містити в собі водні організми, які можна розрізнити неозброєним оком. Допустимий вміст хімічних речовин, що впливають на органолептичні показники: сухий залишок - 1000; хлориди - 350; сульфати - 500; марганець - 0,1; мідь - 1,0; цинк - 5,0; поліфосфати - 3,5; залізо - 0,3; алюміній - 0,5 мг/л.

Загальна твердість питної води має бути не більше 7 мг екв/л, водневий показник рН повинен бути 6,0-9,0. Для водопроводів, які подають воду без спеціальної обробки, за згодою санітарно-епідеміологічної служби допускається загальна твердість 10 мг екв/л, сухий залишок – 1500 мг/л, вміст заліза до – 1,0 мг/л, марганцю до 0,5 мг/л.

Вимоги до якості води на промислових підприємствах залежать від характеру виробництва і можуть бути доволі різноманітні. У першу чергу звертають увагу на взаємодію води з трубопроводами, обладнанням, сировиною та продукцією виробництва. Якщо вимоги до якості технічної води не задані технологами, то нормативні показники слід приймати з досвіду експлуатації аналогічних підприємств.

2.2. Джерела водопостачання та їх характеристика

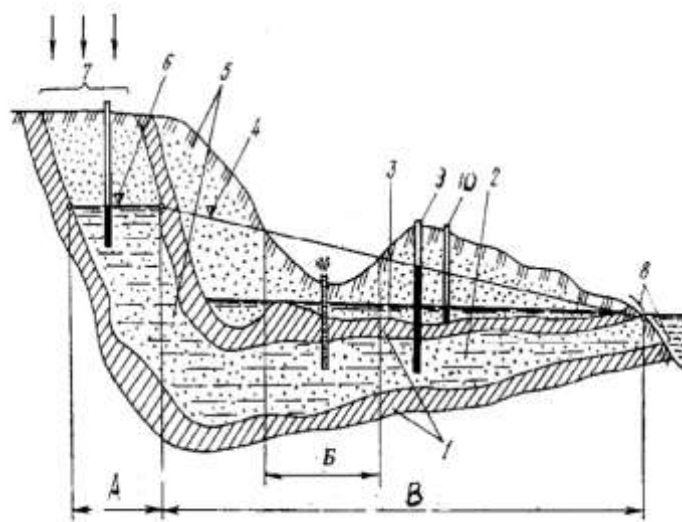
Джерело водопостачання повинне забезпечувати потрібну кількість води з урахуванням зростання водоспоживання на перспективу, безперебійне постачання води, давати воду, яка вимагає мінімальних витрат на її очищення й подачу споживачу. Крім того, потужність джерела мусить бути такою, при якій відбір води на потреби об'єкта не порушував складну екологічну систему.

Розрізняють поверхневі й 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, розтавання 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 з 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 очищати й знезаражувати. При використанні поверхневих вод слід також враховувати вимоги санітарно-епідеміологічної служби, органів рибохорони, водного транспорту та інспекції з охорони водних ресурсів.

Підземні води (рис.2.1) за умовами залягання розділяють на ґрунтові безнапірні й напірні міжпластові (артезіанські). Природні виходи на поверхню землі ґрунтових вод утворюють так звані джерельні води. До підземних вод також відносять інфільтраційні води, які є поверхневими водами, що фільтруються через дно і береги річок чи водоймищ і дреноуються з пласта водопримальною спорудою.

Рис. 2.1. 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

Підземні води (ґрунтові, артезіанські, джерельні) в основному не містять нерозчинних домішок, не мають кольору, відрізняються високою прозорістю, їх

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, під руслових вод річок, а також поверхневих вод річок, озер, водосховищ. У всіх випадках слід проводити техніко-економічні розрахунки й обґрунтування.

2.3. Зони санітарної охорони

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 [4].

Зона санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання в точці забору води складається з трьох поясів. Перший пояс - зона строгого режиму. До нього входять джерело водопостачання і водопровідні споруди для забору, очищення і зберігання води. Межі першого поясу 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 повинні бути не менше 100 м у всіх напрямках.

Територію першого поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання, ділянок водопровідних споруд огорожують, упорядковують і озеленюють. Планування території першого поясу 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 й мінеральні добрива. Ця територія повинна охоронятися від доступу сторонніх осіб.

Другий і третій пояси санітарної охорони - зона обмеження. На території другого поясу не допускається випускати стоки і виконувати роботи, які можуть привести до зменшення кількості або погіршення якості води у джерелі

водопостачання. Розміри 2-го поясу встановлюють з розрахунку, щоб дотікання води від межі до водозабору було не раніше, ніж за 5 діб при середньомісячних витратах води 95%-вої забезпеченості. Вниз за течією води повинно бути не менше 250 м. Третій пояс має ті ж розміри, що і другий.

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

Межі другого поясу встановлюють 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 має бути такою ж, як і тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

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

2.4. Водозабірні споруди для прийому води з поверхневих і підземних джерел

Для забору води 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 (оголовок), самопливних або сифонних трубопроводів, берегового колодязя (рис. 2.2).

Водоприймальні отвори в оголовках розташовують на висоті 0,5-1,5 м від дна і захищають решітками від потрапляння сміття, плаваючих предметів, риби тощо. Самопливні лінії, які з'єднують оголовок і береговий колодязь, проектує для надійності у вигляді двох труб.

Береговий колодязь розташовують на незатоплюваному під час повені березі. Там, де це можливо, береговий колодязь поєднують з насосною станцією I-го підйому, що зменшує капітальні витрати і спрощує експлуатацію.

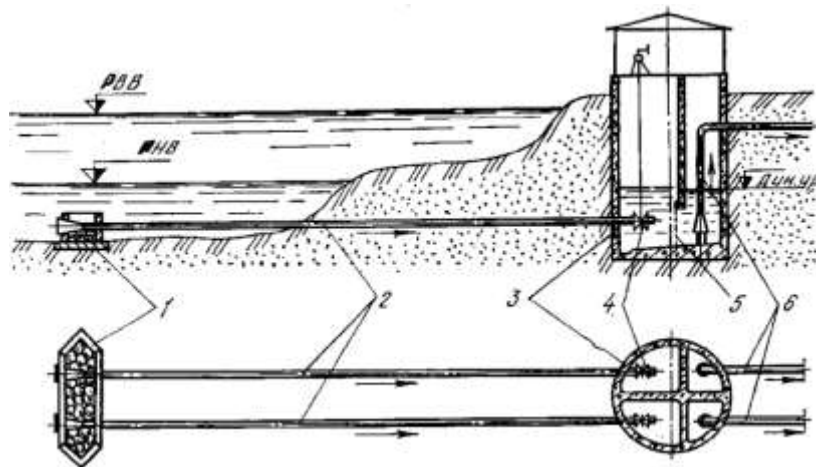


Рис. 2.2. Схема руслового водозабору з самопливними лініями:

- 1 - оголовок; 2 - самопливні труби; 3 - береговий колодязь; 4 - засувки;
5 - сітка; 6 - всмоктувальні труби насосів

На відміну від руслових, береговий водозабір не має самопливних ліній і повністю розташовується на березі (рис. 2.3).

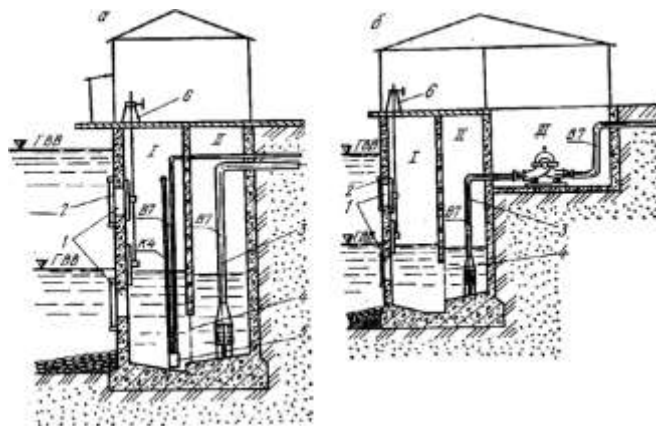


Рис. 2.3. Схеми берегових водозаборів:

а - відокремленого; б - сумісного;

I - водоприймальна камера; II - камера всмоктувальних труб;

III - насосна станція першого підйому; 1 - водоприймальні вікна; 2 - решітка;

3 - всмоктувальна труба насоса; 4 - сітка; 5 - водоструменевий насос; 6 - колонка управління.

Такі водозабори споруджують на річках в місцях, де досить крутий берег і достатня глибина води. Вода у водоприймальний колодязь надходить через вікна, що обладнуються решітками для затримування сміття. Протягом року рівень води в річці коливається, тому, як правило, передбачають два яруси водоприймальних вікон для забору найчистішої води. Після решіток воду проціджують через сітки і забирають насосами I-го підйому.

Для забору підземних вод застосовують різні споруди - свердловини, шахтні колодязі, горизонтальні й променеві водозабори, каптажні камери.

Шахтні колодязі використовують в основному для добування ґрунтової безнапірної або міжпластової води верхніх горизонтів. Звичайно глибина шахтних колодязів не перевищує 10 м, але в окремих випадках може сягати до 30 м. Поодинокі колодязі використовують переважно для місцевих систем водопостачання, тому вони отримали найбільше розповсюдження в сільській місцевості. Для централізованого водопостачання використовують групи шахтних колодязів, з'єднаних трубопроводами зі збірним колодязем для забору води з нього насосами.

Шахтний колодязь - це вертикальна шахта (ствол) прямокутного або круглого перерізу діаметром 1-1,5 м. Водоприймальну частину шахти колодязя заглиблюють у водоносний пласт не менше, ніж на 2 м. Дно її покривають донним піщано-гравійним фільтром. Оголовок шахти виводять вище поверхні землі на 0,8 м, закривають кришкою або люком і обладнують вентиляцією. Навколо колодязя влаштовують вимощення і глиняний замок. Ствол шахти виконують з дерева, каміння, цегли, бетону і залізобетону. Найбільш досконалими є колодязі із залізобетонних кілець.

Водозабірні свердловини (трубчасті колодязі) застосовують у тих випадках, коли підземні води залягають на глибині більше 10 м, а потужність водоносного пласта не більше за 5 м. Свердловина складається з трьох основних елементів (рис.1.7): оголовка, ствола і водоприймальної частини. Оголовок призначений для закріплення гирла свердловини, захисту від потрапляння в неї забруднених поверхневих вод, а також розміщення арматури і обладнання.

Висота оголовка має бути не менше 2,5 м.

Ствол свердловини кріпиться обсадними трубами для захисту стінок від обвалу в сипучих породах. Водоприймальну частину свердловини обладнують фільтром, який не повинен пропускати частинок водоносної породи. Використовують фільтри різних типів: трубчасті з круглими і щілинними отворами; сіткові, в яких фільтрова сітка обмотується на каркас; гравійні, в яких крупнозернистий пісок або гравій розташовується між водоносним ґрунтом і опорним каркасом.

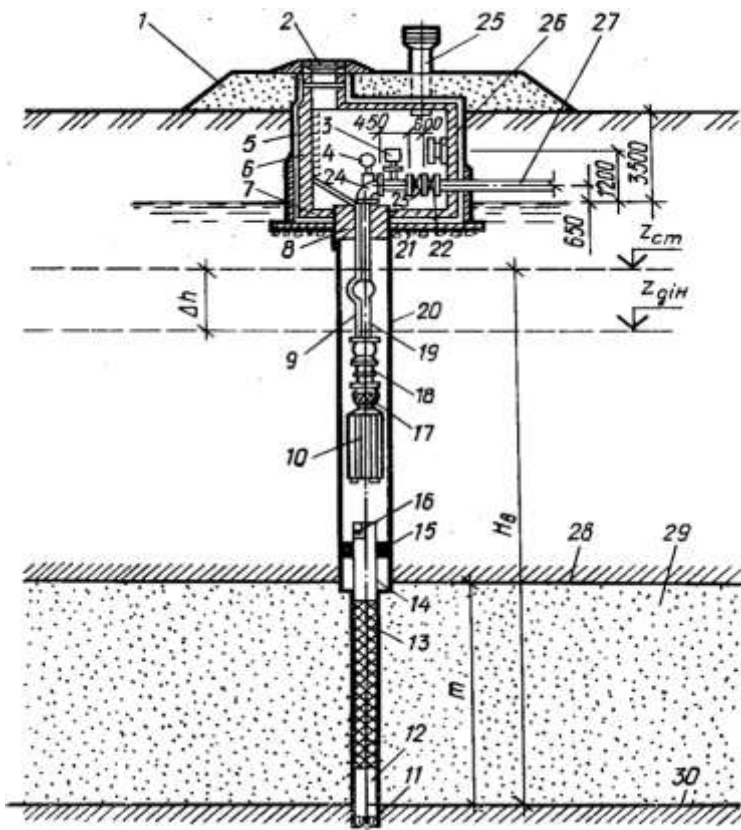


Рис. 2.4. Схема обладнання водозабірної свердловини:

1 - засипка ґрунтом для утеплення оголовка; 2 - люк; 3 - вантуз із заслінкою; 4 - манометр; 5 - бітумна ізоляція; 6 - сходи; 7 - дно оголовка; 8 - устя горловини; 9 - електрокабель; 10 - електродвигун; 11 - корок; 12 - відстійник; 13 - робоча поверхня фільтра; 14 - надфільтрова труба; 15 - сальник; 16 - замок для опускання фільтра в свердловину; 17 - сітчастий фільтр; 18 - насос; 19 - водопідйомна труба; 20 - експлуатаційна обсадна колонка; 21 - підготовка зі щебеню; 22 - заслінка; 23 - зворотний клапан; 24 - трубопровід із заслінкою для скидання промивної води; 25 - вентиляційна труба; 26 - дифманометр; 27 - напірний трубопровід; 28 - покрівля водоносного пласта; 29 - водоносний пласт; 30 - підшов водоносного пласта

При виборі майданчика для розміщення свердловин слід враховувати, що під час відкачування на деякій віддалі навколо колодязя відбувається падіння статичного рівня. При цьому безпосередньо біля колодязя зниження рівня максимальне, а в міру віддалення від нього воно зменшується. Зниження статичного рівня навколо колодязя в поперечному перетині зображується кривою, яку називають кривою депресії. Лінія від осі колодязя до точки дотику кривої депресії з лінією статичного рівня називають радіусом депресії або радіусом впливу колодязя. Область навколо колодязя, обмежена кривою депресії,

називається депресійною воронкою. Якщо в області депресійної воронки одного колодязя розташувати інший колодязь, то вони будуть впливати один на одного і загальні витрати води з таких колодязів будуть меншими. Тому колодязі повинні бути розташовані один від одного на віддалі, не меншій за подвійний радіус кривої депресії. Розрахунок параметрів водозабірних споруд слід проводити за формулами, які наведені у спеціальній літературі.

2.5. Споруди, методи й способи підготовки води для питних та технологічних потреб. Основні технологічні процеси і схеми поліпшення якості води

Основні технологічні процеси поліпшення якості води полягають у видаленні з неї тих чи інших домішок, що містяться в кількості, яка перевищує норми. Як правило, застосовують прояснення, знебарвлення і знезаражування води.

Прояснення вод и полягає у видаленні з води завислих речовин, тобто зменшенні її каламутності. Його можна проводити шляхом відстоювання і фільтрування. Однак традиційне відстоювання проходить довго і при значних витратах води вимагає значних площ та громіздких споруд. Для прискорення прояснення у воду вводять хімічні речовини - коагулянти, що разом із завислими і колоїдними частинками утворюють пластівці, які досить швидко відділяються від води.

Знезаражування води - знищення мікроорганізмів, бактерій, вірусів, головним чином патогенних, які можуть викликати шлунково-кишкові захворювання: холеру, дизентерію, паратиф та ін. Значна частина бактерій і вірусів затримується при проясненні води відстоюванням і фільтруванням, а ті, що залишилися, знищують шляхом обробки води хлором, озоном, сріблом або опромінюючи її бактерицидними ультрафіолетовими променями.

Знебарвлення води - усунення речовин, що обумовлюють кольоровість води. Як правило, знебарвлення води проходить при проясненні й знезаражуванні. Речовини, що обумовлюють кольоровість води, видаляються за рахунок коагуляції та окислення.

Схема очисної станції з реагентним очищенням води показана на рис.2.5, а. Неочищену воду подають у змішувач, до якого одночасно вводять певну кількість розчину коагулянтів. Далі вода надходить у камеру, де проходить реакція з утворенням пластівців, а потім - у відстійник. Відстояна вода для остаточного прояснення подається на фільтри, після чого її знезаражують і направляють в резервуари чистої води. Схема очисної станції з безреагентним очищенням води показана на рис. 2.5, б.

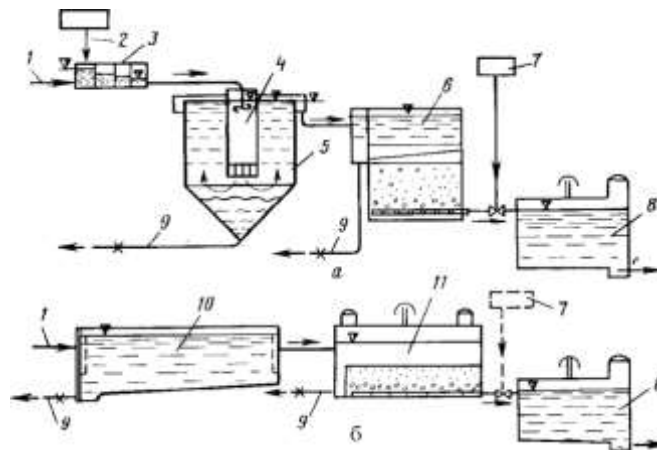


Рис. 2.5. Схеми очисної станції:

- а** - при очищенні з реагентами; **б** - при очищенні без реагентів:
1 - подача неочищеної води; **2** - реагентне господарство; **3** - змішувач;
4 - камера утворення пластівців; **5** - відстійник або прояснювач із завислим осадом;
6 - швидкий фільтр; **7** - знезараження води; **8** - резервуар чистої води;
9 - трубопроводи для видалення осаду і промивних вод; **10** - горизонтальний відстійник;
11 - повільний фільтр

Технологічні схеми обробки підземних вод для господарсько-питних потреб значно простіші, ніж поверхневих, оскільки включають лише споруди для знезараження води. При наявності в підземних водах заліза, фтору, марганцю та інших елементів схеми їх обробки включають споруди для незалізнення або видалення відповідних домішок.

Перемішування розчинів коагулянтів з водою, яка очищається, проводять за рахунок утворення вихрових потоків води нерухомими напрямними поверхнями або в результаті механічного перемішування мішалками у спеціальних пристроях - змішувачах. Із змішувачів вода потрапляє в камеру утворення пластівців і потім надходить у відстійники, де пластівці випадають в осад. Відстійники за конструкцією і рухом води можуть бути *горизонтальні, вертикальні й радіальні*

(рис. 2.6). Горизонтальні відстійники (рис. 2.6, а) - прямокутні, витягнуті в плані за рухом води, залізобетонні резервуари, де вода рухається в горизонтальному напрямку від одного торця споруди до іншого.

Вертикальні відстійники (рис. 2.6, б) - залізобетонні резервуари круглої або квадратної форми в плані, в яких вода рухається вертикально, як правило, знизу вгору.

Радіальний відстійник (рис. 2.6, в) - круглий залізобетонний резервуар з невеликою у порівнянні з діаметром висотою. Вода в ньому рухається горизонтально від центру до периферії в радіальному напрямку.

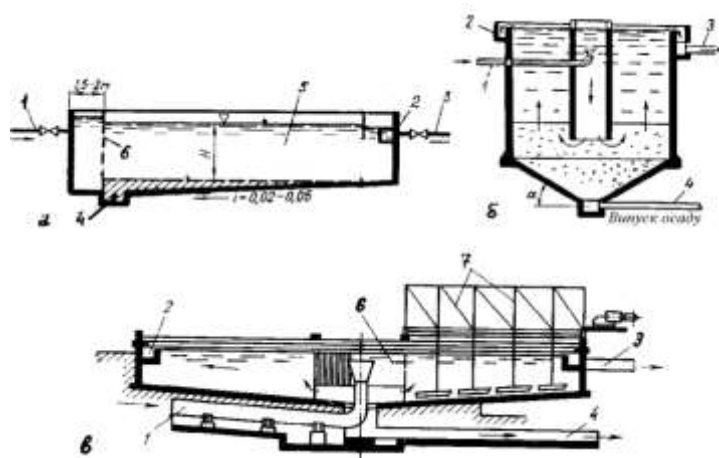


Рис. 2.6. Схеми відстійників:

а - горизонтального; б - вертикального; в – радіального:

- 1, 3 - трубопроводи подачі і відводу води; 2 - збірний лоток; 4 - трубопровід для видалення осаду; 5 - зона відстоювання; 6 - пристрої для рівномірного розподілу води; 7 - ферма для згрібання осаду

Швидкість руху води у відстійниках приймають від 0,5 - 0,75 мм/с для вертикальних і 3 - 8 мм/с - для горизонтальних.

Остаточне прояснення води досягається фільтруванням, тобто пропусканням води через шар дрібнозернистого фільтруючого матеріалу (кварцовий пісок, керамзит, подрібнений антрацит, спінений полістирол та ін.). За конструкцією фільтри бувають відкриті (безнапірні) й закриті (напірні). Швидкі фільтри переважно будують відкритими у вигляді залізобетонної камери, завантаженої фільтруючим матеріалом. Фільтри можуть мати однорідний фільтруючий матеріал або бути з різних матеріалів: дво- або багат шарові фільтри. Товщина фільтруючого завантаження приймають в межах 0,7-2 м,

діаметр зерен 0,5-2 мм. Щоб запобігти вимиванню фільтруючого матеріалу, між решіткою і фільтруючою масою засипають підтримуючий шар з гравію.

Параметри фільтруючого завантаження швидких фільтрів і режим їх роботи при реагентному очищенні води призначають відповідно до вказівок [4].

Для остаточного знищення у відфільтрованій воді живих організмів, в тому числі патогенних, застосовують знезаражування. Дезінфекцію води здійснюють хімічними й фізичними методами. У першому випадку використовують сильні окислювачі: хлор, гіпохлорит натрію, хлорне вапно, озон, йод, марганець, перекис водню та ін. При фізичних методах воду обробляють на бактерицидних, електролізних, термо- та інших установках.

2.6. Спеціальні методи підготовки води

Залежно від властивостей джерела водопостачання або вимог споживачів до якості води може бути потрібна спеціальна її обробка: пом'якшення, знезалізнення, стабілізація, дезодорація, знесолення, видалення або введення окремих компонентів, охолодження тощо.

Пом'якшення води застосовують для зниження її жорсткості шляхом усунення або зменшення солей кальцію і магнію головним чином при підготовці води для котельних установок і технологічних потреб окремих підприємств. Розрізняють методи реагентного і катіонітового пом'якшення води. При пом'якшенні підземних вод, як правило, використовують катіонітові методи, поверхневих - реагентні, які проводять одночасно з проясненням.

Знезалізнення води. При значному вмісті заліза вода при контакті з киснем набуває бурого кольору і неприємного металічного присмаку. Пластівці гідрату окису заліза випадають в осад і можуть викликати заростання труб. Вода з великим вмістом заліза непридатна для деяких підприємств, тому що може викликати псування продукції, змінюючи її колір (виробництво тканин, штучного волокна, паперу, плівки, фотопаперу тощо). Вміст заліза в питній воді не повинен перевищувати 0,3 мг/л, а в технічній воді - відповідно вимогам технологів.

При знезалізненні підземних вод найчастіше використовують безреагентні

методи, а поверхневих вод - реагентні, оскільки одночасно вирішується завдання прояснення води. При безреагентних методах воду спочатку аерують, а потім фільтрують на контактних і піщаних фільтрах. В якості реагентів для знезалізнення використовують сульфат алюмінію, вапно або реагенти-окислювачі.

Стабілізація води полягає в наданні їй властивостей, при яких вона втрачає здатність викликати корозію або відкладати солі. Стабілізацію води здійснюють переважно у промислових системах. Для усунення корозійних властивостей води на метал застосовують підлужнення або фосфатування води. При підлужненні у воду вводять вапно або кальциновану соду. Для запобігання заростанню труб карбонатом кальцію застосовують підкислення води сірчаною (соляною) кислотою або проводять декарбонізацію води шляхом продування через воду димових газів.

Для боротьби з біологічним заростанням трубопроводів і обладнання періодично використовують купоросування і хлорування води.

Знесолення води полягає у видаленні з неї розчинних солей. Повне знесолення необхідне для окремих технологічних процесів, зокрема при підготовці води для котлів високого тиску. Часткове видалення розчинних солей називають опрісненням.

Опріснення води з вмістом солей до 2-3 г/л проводять іонним обміном, при концентрації солей 3-15 г/л - методом гіперфільтрації або електролізу, для води з вмістом солей більше 10 г/л - шляхом заморожування, дистиляції або гіперфільтрації.

Дезодорація води. Для зниження інтенсивності присмаків і запахів використовують окислення з наступною сорбцією речовин, для чого воду фільтрують крізь гранульоване активоване вугілля з періодичною його регенерацією або заміною. Можливо також вводити вугілля у вигляді порошку перед відстійниками або фільтрами. При незначній інтенсивності присмаків і запахів можна використовувати тільки окислення, яке проводять одночасно з проясненням і знебарвленням. Окислювачами можуть бути хлор, озон, перманганат калію. Тип окислювача і його дозу встановлюють на основі технологічних випробувань.

Дегазація води полягає у видаленні розчинених у ній газів. Природні води звичайно містять такі розчинені гази: кисень, вуглекислота, азот і менше - сірководень і метан.

Для дегазації води застосовують хімічні й фізичні методи. Хімічні методи базуються на застосуванні реагентів, що зв'язують розчинені у воді гази. Так для видалення кисню з води використовують металеві стружки, сульфід натрію, гідразин, сірчаний газ. При видаленні з води сірководню її обробляють хлором, відновлюючи сірку до кристалічної, яка випадає в осад. Для зв'язування вільної вуглекислоти у воду вводять вапно або їдкий натрій, переводячи її в карбонат іони.

Фізичні методи дегазації води базуються на утворенні умов, при яких розчинність газів стає близькою до нуля (нагрівання або утворення вакууму).

Фторування і знефторення води. Для людського організму шкідливі як повна відсутність фтору в питній воді, так і його підвищена концентрація. Оптимальний вміст фтору повинен бути в межах 0,8-1,2 мг/л. При пониженій концентрації у воду вводять реагенти, що містять фтор (кремнієвофтористий натрій або амоній), а при концентрації 1,5 мг/л і більше проводять знефторення води. Фтор з води видаляють шляхом сорбції його осадом гідроокису магнію, алюмінію чи фосфату кальцію, або фільтрують воду через сорбент, який затримує фтор.

Охолодження води. Системах промислового водопостачання для охолодження води використовують охолоджувальні ставки, басейни і градирні. В охолоджувальних ставках в одному кінці скидають нагріту воду, а в іншому забирають охолоджену. В басейнах нагріту воду розбризкують по поверхні води за допомогою насадок, а охолоджену забирають на деякій глибині.

Найбільше поширення отримали градирні. У них нагріту воду подають у верхню частину башти і розподіляють зрошувачами по всій площі. Вода, розбризкуючись, стікає вниз. Холодне повітря надходить в нижню частину градирні і, піднімаючись вгору, охолоджує воду. Висота градирень – 20-80 м. Використовують також градирні з примусовою вентиляцією. Градирні, як правило, виконують з дерева чи залізобетону.

Контрольні завдання:

1. Навести основні показники якості питної води.
2. Навести схеми водозабірних споруд, за допомогою яких беруть воду з поверхневих і підземних джерел.
3. Охарактеризувати зони санітарної охорони джерел водопостачання.
4. Яке санітарно-гігієнічне значення має очищення води?
5. Назвіть основні технологічні процеси й схеми поліпшення якості води.
6. Пояснити принцип роботи і накресліть схеми споруд для прояснення води (відстійники).
7. Дати стислу характеристику спеціальних методів підготовки води.

ТЕМА 3. СПОРУДИ Й МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Методичні рекомендації. Необхідно ознайомитись з різними типами водопідйомних пристроїв, їх конструкціями та принципом дії. Вміти підбирати насос за заданими витратами і потрібним напором, знати основне обладнання водопровідних насосних станцій. У розділі “Регулюючі й запасні споруди в системі водопостачання” потрібно ознайомитись з обладнанням і конструкцією водонапірних башт і підземних резервуарів.

Більше половини вартості систем водопостачання становить вартість зовнішніх мереж, тому важливо правильно прийняти схему мережі, матеріал і діаметри труб. Вивчити, як прокладають трубопроводи при перетині перешкод (річок, каналів, ярів, залізниць, автомобільних доріг тощо). Розібратись, як випробують і приймають в експлуатацію трубопроводи, а також знати основні завдання експлуатації систем водопостачання.

3.1. Типи насосів та їх характеристики

Насоси - це гідравлічні машини, які передають рідині, що протікає всередині них, енергію, отриману зовні. Завдяки цьому рідина піднімається на деяку висоту або отримує відповідний тиск. За принципом роботи і конструкцією робочих органів насоси поділяють на об’ємні й динамічні. У динамічних рідина під дією сили переміщується в камері, яка постійно з’єднана з входом і виходом насоса. Об’ємні насоси працюють за принципом, при якому рідина переміщується шляхом періодичної зміни об’єму камери при перемінному поєднанні її із входом і виходом. Рідина за кожний цикл подається певними порціями - об’ємами.

До динамічних насосів відносять: лопатеві (відцентрові, осьові, діагональні), в яких рідина переміщується шляхом обтікання лопастей робочого колеса (рис. 3.1а, б); вихрові, в яких рідина переміщується по периферії робочого колеса (рис. 3.1, в); шнекові, в яких рідина переміщується шнеком (гвинтом) уздовж його осі (рис. 3.1, г); ерліфти (повітряні водопідйомники), в основу роботи яких покладено принцип використання різниці густини рідини і

повітряно-водяної суміші в системі сполучених трубопроводів (рис. 3.2); струменеві, які використовують енергію рідини, що підводиться зовні (рис. 3.3); гідравлічні тарани, в яких для підняття рідини використовується енергія гідравлічного удару, та інші.

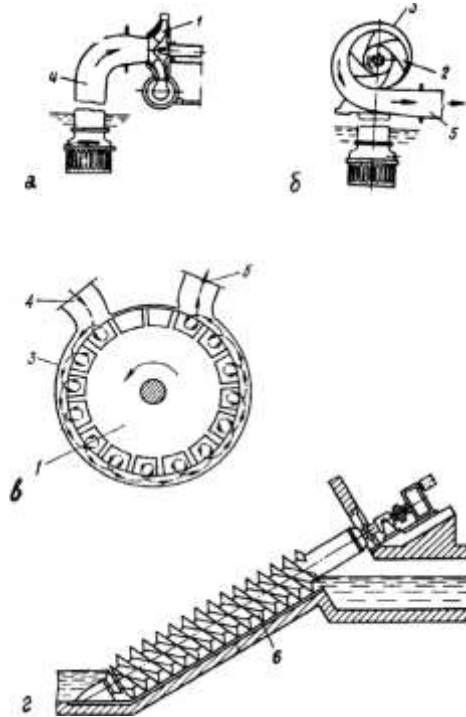


Рис. 3.1. Схеми відцентрового (а, б), вихрового (в) і шнекового (г) насосів:

1 - робоче колесо; 2 - криволінійні лопаті; 3 - корпус;
4, 5 - всмоктувальний і напірний трубопроводи; 6 - шнек

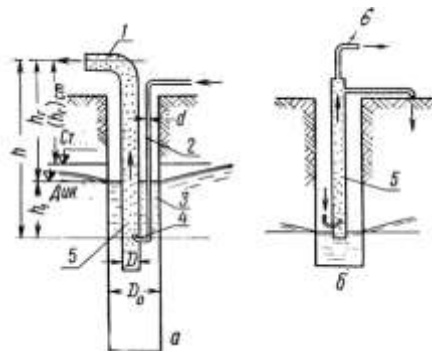


Рис. 3.2. Схема роботи ерліфта: а - нагнітального; б – всмоктувального;

1- водопідйомна труба; 2 - повітряна труба від компресору; 3 - обсадна труба;
4 - форсунка; 5 - емульсія; 6 - труба до вакуум-насоса.

Водопровідні насосні станції обладнують, як правило, відцентровими насосами, які мають такі переваги над насосами інших типів: прості за будовою, надійні в експлуатації, забезпечують рівномірну подачу рідини і можуть безпосередньо з'єднуватися з електродвигуном.

Об'ємні й поршневі насоси працюють за принципом механічного витіснення замкненого об'єму рідини (рис. 3.3).

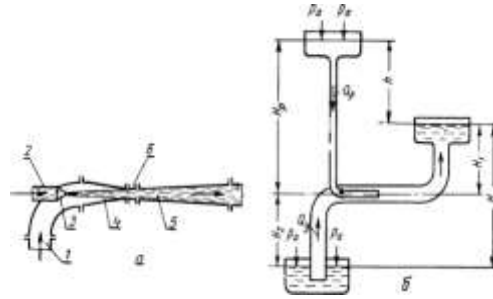


Рис. 3.3. Водоструменевий насос:

а - схема насоса; **б** - схема установки насоса:

1 - всмоктувальна труба; **2** – напірна труба; **3** - сопло; **4** - змішувальна камера;
5- дифузор; **6** - горловина

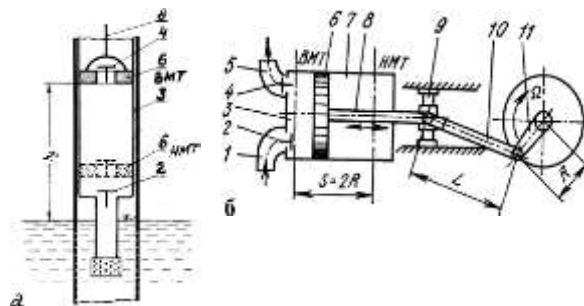


Рис. 3.4. Схеми поршневих насосів:

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)

Повітряні підйомники (ерліфти) для підйому й подачі води використовують стиснене (розріджене) повітря, тому вимагають будівництва компресорних станцій. Ерліфти прості, надійні за конструкцією і в експлуатації.

Струменеві насоси знайшли широке застосування для відкачування осаду з водоприймальних і відстійних споруд і відсмоктування повітря із всмоктувальних труб при запуску великих відцентрових насосів. Поршневі й вихрові насоси в даний час для підйому води застосовують рідко, і тільки в тих випадках, коли при невеликих витратах потрібен високий тиск. Роботу кожного насоса в складі установки (рис. 3.5) прийнято характеризувати такими параметрами: подача Q , напір H , потужність N , коефіцієнт корисної дії η і висота всмоктування $H_{\text{вас}}$.

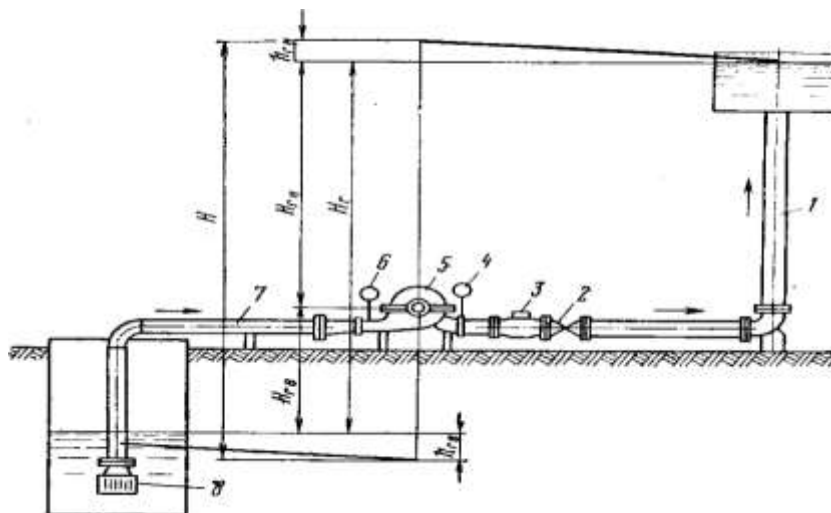


Рис. 3.5. Схема установки відцентрового насоса:

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

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.

3.2. Водопровідні насосні станції

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

Станції першого підйому призначені для перекачування води з 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 підйому розраховують на рівномірну подачу води протягом доби. Станції другого підйому перекачують воду з

резервуарів чистої води до споживача. Оскільки споживання води на господарсько-питні потреби не рівномірне протягом доби за годинами, то насосні станції забезпечують подачу води з урахуванням цієї нерівномірності. Для забезпечення подачі розрахункових витрат води на гасіння пожежі слід передбачати в необхідних випадках встановлення протипожежних агрегатів в насосних станціях другого підйому або влаштування спеціальних протипожежних насосних станцій.

Циркуляційні насосні станції влаштовують в системах технічного водопостачання у тих випадках, коли необхідно забезпечити циркуляцію води, наприклад, у замкнутих системах охолодження. Підвищувальні насосні станції підвищують напір у водопровідній мережі. Насоси в цьому випадку підключають безпосередньо до водопровідної мережі. На рис. 3.6 показано насосну станцію 2-го підйому.

3.3. Регулюючі й запасні споруди

Регулюючі й запасні споруди в системі водопостачання - це напірні або безнапірні резервуари з певним об'ємом води, який потрібний для регулювання роботи системи і для утворення недоторканного запасу на випадок пожежі або аварій. Регулювання полягає в узгодженні різних режимів подачі та споживання води за допомогою акумулюючих ємностей. При подачі води поверх споживання вона накопичується в ємностях, а при недостатчі - забирається з них. Регулювання забезпечує відносно рівномірну роботу водозаборів, очисних споруд і насосних станцій.

Регулюючі й запасні ємності рекомендується об'єднувати в одній споруді. Це не тільки вигідно економічно, але й дозволить уникнути зниження якості води при тривалому зберіганні.

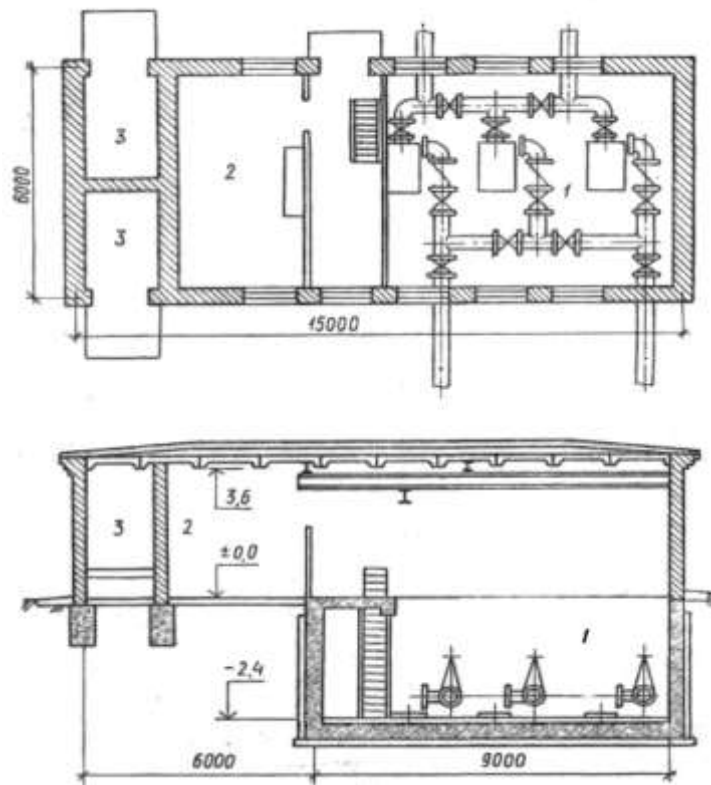


Рис. 3.6. Насосна станція 2-го підйому

1 – машинна зала; 2 – щитове приміщення; 3 – трансформаторні камери

До напірно-регулюючих споруд відносять: водонапірні башти, високо розташовані надземні напірні резервуари, а також повітряно-водяні (гідропневматичні) баки. Їх розміщують в найвищих точках місцевості біля або безпосередньо на мережі населеного пункту. Крім регулювання, водонапірні башти й резервуари вирівнюють напір в мережі, при цьому зміни подачі насосів не передаються в мережу.

Безнапірні регулюючі й запасні споруди (надземні й підземні резервуари) влаштовують, як правило, біля насосних станцій. Вони служать для регулювання роботи водозаборів, очисних і насосних станцій, зберігання аварійних, протипожежних та інших запасів води.

За своєю конструкцією водонапірні башти являють собою водонапірний бак, встановлений на опорі розрахункової висоти (рис. 3.7). Розташування в найвищих місцях водонапірних башт зменшує їх висоту.

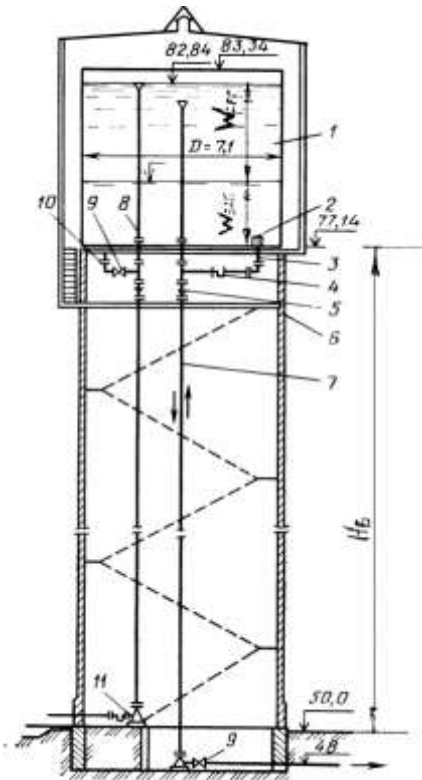


Рис. 3.7. Водонапірна башта:

1 - бак; 2 - приймальна сітка; 3 - відвідний трубопровід; 4 - зворотний клапан;
 5 - температурний компенсатор; 6 - ствол башти; 7 - трубопровід для подачі або відводу
 води; 8 - переливний трубопровід; 9 - засувки; 10 - трубопровід для спорожнення баку;
 11 – гідрозатвор

Водонапірні башти залежно від рельєфу місцевості й конфігурації мережі можуть бути розташовані на початку мережі (прохідна башта), в кінці мережі (контррезервуар) або в її проміжних точках. Матеріалом ствола башти може бути цегла, залізобетон, сталь тощо. Всередині ствола розміщують необхідне обладнання - труби, арматуру, прилади (рис. 3.7). Баки в баштах можуть бути металевими або залізобетонними. Водонапірні башти залежно від кліматичних умов, температури води, розмірів баку і режиму роботи башт (тривалості обміну води в баку) можуть бути з шатром для запобігання промерзання чи перегріву води або без нього. У порівнянні з шатровими безшатрові водонапірні башти дешевші на 15-20 %. Розроблено типові рішення водонапірних башт з об'ємом бака 15-800 м³ і висотою ствола 6-42 м.

В окремих випадках замість водонапірних башт влаштовують гідропневматичні баки. Необхідний напір в таких установках створюється стисненим повітрям.

Недоліками таких систем є потреба у високих напорах насосних станцій, що зумовлює додаткові витрати електроенергії і потребу в компресорах. Перевагою гідропневматичних установок є те, що їх можна розташувати в будь-якому місці водонапірної мережі, а також у спеціальних приміщеннях під землею. Для забезпечення надійності безперебійної роботи системи водопостачання влаштовують не менше двох резервуарів. Між ними розташовують спеціальні перемикаючі камери.

У цілому доцільність влаштування регулюючих і запасних ємностей, вибір місця їх розташування і типу слід визначати на основі розрахунку сумісної роботи мережі, водопроводів і насосних станцій з урахуванням місцевих умов і технологічних вимог.

3.4. Зовнішні водопровідні мережі

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 проєктують 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 інші); рельєф місцевості.

Мережі прокладають по проїздах або узбіччях доріг паралельно лінії

забудови. Заглиблення водопровідних труб залежить від глибини промерзання ґрунту, температури води в трубах і режиму її подачі. Трубопровід повинен бути 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 такі схеми живлення водопровідної мережі: з одностороннім живленням або з прохідною баштою (рис. 3.8, а); з двостороннім живленням або з контррезервуаром (рис. 3.8, б); комбіновані (рис. 3.8, в). За розташуванням у плані магістральних ліній розрізняють: тупикові (розгалужені), кільцеві й комбіновані мережі (рис. 3.9).

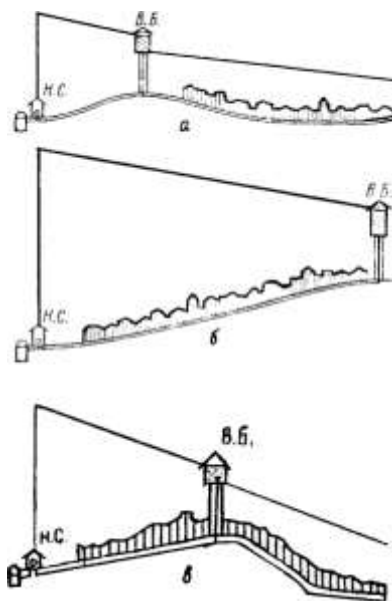


Рис. 3.8. Водопроводи:

а - з прохідним резервуаром; **б** - з контр-резервуаром; **в** - комбіновані;

Н.С. - насосна станція; **В.Б.** - водонапірна башта

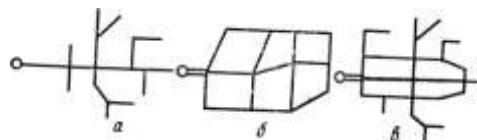


Рис. 3.9. Схеми водопровідних мереж:

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, які 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. У подальшому ці тупики при розширенні населеного пункту можуть бути закільцьовані.

Зазначимо, 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.

3.5. Споруди на водопровідній мережі і водоводах

Водопровідні колодязі призначені для розміщення водопровідної арматури, управління нею, проведення ремонтних і профілактичних робіт. Колодязь має робочу камеру і над нею горловину для спуску (рис. 3.10). Горловина закривається чавунним або сталевим люком з кришкою, які бувають двох типів: Т і Л. Важкі люки типу Т встановлюють на проїзній частині вулиці, люки типу Л - на тротуарах, непроїзних місцях і дорогах з рухом автотранспорту вантажопідйомністю до 5 т.

Люки розташовують таким чином, щоб не заважати проїзду транспорту і щоб у колодязі не потрапляла поверхнева вода. При відсутності твердого покриття люки повинні виступати над поверхнею землі на 5 см, навколо них необхідно влаштувати вимощення шириною 1 м з уклоном від люка.

За формою у плані водопровідні колодязі бувають круглі й прямокутні. Форму і розміри в плані колодязя вибирають залежно від діаметра труб, а також від розмірів арматури і фасонних частин.

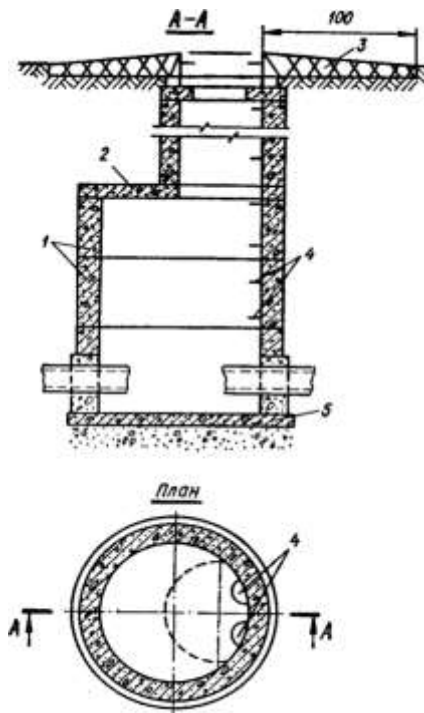


Рис. 3.10. Збірний залізобетонний оглядовий колодязь:
1 - кільця; 2 - плита перекриття; 3 - вимощення; 4 - ходові скоби; 5 - плита дна

Колодязі влаштовують із залізобетону, цегли і, рідше, з бутобетону. Для захисту колодязя від потрапляння ґрунтових вод (при мокрих ґрунтах) передбачають ізоляцію дна і стінок на 0,5 м вище рівня ґрунтових вод.

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

При проходженні трубопроводу через залізницю та автомобільні шляхи його укладають в запобіжний футляр із сталевих труб (рис. 3.11, а).

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.

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

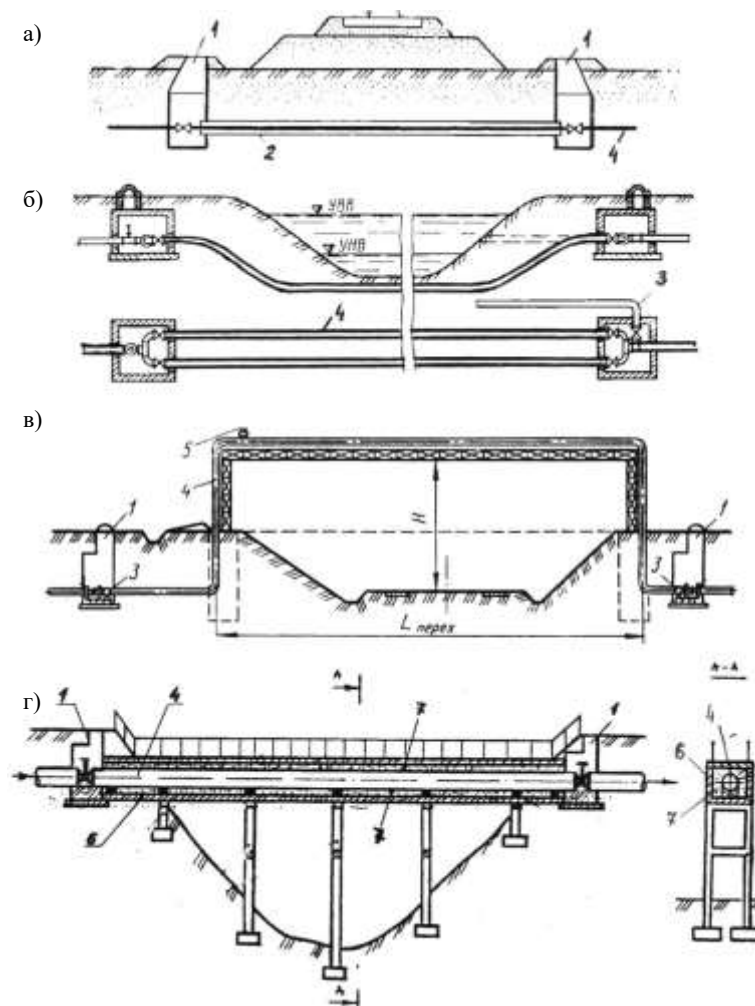


Рис. 3.11. Схеми переходів:

а – під залізницею; **б** – дюкером під річкою;

в – естакадою над автомобільною дорогою; **г** – по естакаді через яр:

1 – колодязь; 2 - кожух; 3 - спускна труба; 4 – робоча труба; 5 – вантуз; 6 – короб;

7 - утеплювач

На кінцях футляра встановлюють колодязі із засувками для вимкнення водопроводу в разі аварії.

Відстань від колодязів (кінця футляра) до осі крайньої колії приймають не менше за 8 м, до краю виїмки або водовідвідних каналів - не менше 3 м, до підосви насипу - 5 м.

Прокладання трубопроводу через річку, яр або канал може здійснюватися за допомогою дюкера (рис. 3.10, б) або в утеплених кожухах під мостом, або по естакаді (рис. 3.11, в,г).

При перетині з річкою 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 у плані між трубами приймають 0,7...1,5 м. При влаштуванні дюкера через яр або канал необхідно виконувати всі вимоги, як і при перетині з річкою. При цьому слід звертати увагу на закріплення схилів яру. Переходи через широкі, але неглибокі яри слід влаштувати по естакадах, які можливо використовувати як пішохідні мости. Трубопровід у цьому випадку прокладають в утепленому коробі (рис. 3.11г).

3.6. *Випробування і здача трубопроводів в експлуатацію*

Після завершення будівельно-монтажних робіт водопровідну лінію перевіряють на відповідність усіх елементів проектним рішенням. У першу чергу перевіряють якість виконання зварювальних і монтажних робіт, роботу арматури, прямолінійність прокладання і заглиблення трубопроводів. Після зовнішнього огляду водопровідну лінію випробують двічі: до і після засипання траншеї. Випробують ділянки довжиною не більше 1 км; її кінці закривають глухими фланцями і трубопровід заповнюють водою з низової сторони.

Величину тиску, під яким необхідно випробовувати трубопровід, встановлюють проектом або за [4]. Як правило, тиск приймають в 1,5 рази більший робочого для металевих і пластмасових труб і в 1,3 рази більше - для залізобетонних і азбестоцементних, але не більше за величину заводського випробування.

Напірний трубопровід вважається таким, що витримав випробування, якщо в ньому під дією тиску не було розривів труб і пошкоджень стикових з'єднань. При остаточному випробуванні після засипання витік води не повинен перевищувати меж, встановлених [4].

Перед здачею в експлуатацію трубопроводи й споруди водопостачання промивають (очищають) і дезінфікують. Порядок промивання та дезінфекції повинен відповідати вимогам [4]. За результатами випробовувань та промивання і дезінфекції складають акти. Акт випробувань підписують представники будівельно-монтажної та експлуатаційної організацій і замовника, а промивання та дезінфекції, крім того, ще представники санітарно-епідеміологічної служби.

3.7. Основні завдання експлуатації мереж і споруд водопостачання

Служба експлуатації систем водопостачання повинна забезпечити такі заходи:

- регулярний контроль за якістю води і станом санітарних зон;
- своєчасне виявлення і швидка ліквідація аварій на водопровідних мережах;
- своєчасний профілактичний ремонт усіх споруд, мереж, арматури і обладнання;
- планово-профілактичне очищення, промивання і дезінфекція мережі і окремих споруд;
- боротьбу з витокami і втратами води в результаті негерметичності стиків труб, несправності арматури й при аваріях;
- нагляд за вуличними водорозбірними колонками;
- підготовка всієї системи водопостачання до роботи в зимових умовах.

Персонал водопровідної станції зобов'язаний контролювати хід технологічного процесу і якість обробки води, утримувати в належному стані всі споруди і обладнання, своєчасно проводити технічне обслуговування, поточні й планові ремонти. Ліквідацію аварій на мережі здійснює аварійно-ремонтна бригада, яка входить до складу служби експлуатації. Всі роботи з експлуатації систем водопостачання враховують регулярним внесенням записів у відповідні журнали.

Контрольні завдання:

1. Навести основні типи обладнання для підняття води, їх принцип роботи і конструктивні особливості.
2. Дати коротку характеристику водопровідних насосних станцій.
3. Накреслити схему водонапірної башти і резервуарів чистої води. Показати, якими трубопроводами вони обладнані.
4. Навести схеми трасування зовнішніх водопровідних мереж.
5. Назвати, які труби використовують для прокладання водопроводів.
6. Навести схеми перетину водопровідними мережами перешкод (дюкера, естакади над залізничною колією і переходу під дорогою).
7. Перерахувати основні завдання експлуатації систем водопостачання.

ТЕМА 4. СИСТЕМИ І СХЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Методичні рекомендації. З метою правильного вирішення питань каналізування населеного пункту або окремого об'єкта слід знати види стічних вод та їх характеристики. Звернути увагу на основні елементи каналізації міста та їх призначення, знати переваги й недоліки тієї чи іншої системи, мати уявлення про централізовані й децентралізовані способи видалення стічних вод. Ознайомитися з основними схемами каналізаційних мереж, звернути увагу на труби, колектори й колодязі на каналізаційних мережах. Знати основи будівництва та експлуатації каналізаційних мереж. Ознайомитися із класифікацією каналізаційних насосних станцій за призначенням, знати основні елементи й обладнання цих станцій.

4.1. Види стічних вод

Вода, що була використана для різних потреб в побуті або на виробництві і отримала при цьому додаткові домішки (забруднення), які змінили її хімічний склад або фізичні якості, називається стічною водою. До стічних вод відносять також атмосферні води, які відводяться з території населених пунктів і промислових підприємств.

Забруднення стічних вод можуть бути мінеральними і органічними. До мінеральних забруднень відносять пісок, глину, шлак, розчини мінеральних солей, кислот і лугів. Органічні забруднення містять фізіологічні відходи людей і тварин, відходи овочів і фруктів, жирові речовини, органічні кислоти та ін. Основним хімічним елементом цих забруднень є азот у вигляді білкових речовин. Стічні води, крім вуглецю і азоту, містять фосфор, калій, сірку, натрій та інші хімічні сполуки.

Виділяють ще так звані бактеріальні й біологічні забруднення, які в стічних водах представлені різними бактеріями, дріжджовими й пліснявими грибами, дрібними водоростями.

За фізичним станом забруднення, що містяться у стічних водах, можуть бути

у вигляді розчину, колоїдів, суспензії і нерозчинених домішок. Ступінь забруднення стічних вод оцінюється концентрацією, тобто масою домішок в одиниці об'єму в мг/л або г/м³.

За походженням і характером забруднень стічні води поділяють на побутові (господарсько-фекальні), виробничі й атмосферні. До побутових відносяться води від кухонь, туалетних кімнат, душових, лазень, пралень, їдалень, лікарень, а також господарські води, які утворюються від миття приміщень. Вони надходять як від житлових і громадських будинків, так і від побутових приміщень промислових підприємств. За природою забруднень стічні води можуть бути фекальними, які надходять з туалетів і забруднені в основному фізіологічними відходами життєдіяльності людини, й господарськими, які забруднені різного роду побутовими відходами.

Склад побутових стічних вод відносно постійний і характеризується в основному органічними забрудненнями (близько 60 %) в нерозчиненому, колоїдному й розчиненому стані, а також різними бактеріями і мікроорганізмами, в тому числі патогенними. Виробничі стічні води утворюються в технологічних процесах виробництва. Склад і концентрація забруднень виробничих стічних вод дуже різноманітні і залежать від виду й технології виробництва, вихідної сировини і різних компонентів, які присутні в технологічному процесі. Виробничі стічні води можуть мати органічні, мінеральні, радіоактивні домішки, а також отруйні й шкідливі речовини.

Атмосферні стічні води утворюються від випадання дощу або розтавання снігу і містять в основному мінеральні забруднення. Атмосферні стічні води, які утворюються на території промислових підприємств, містять відходи відповідних виробництв. Відведення і знешкодження атмосферних стічних вод також входить в завдання каналізації.

4.2. Основні елементи каналізації населеного пункту.

Системи й схеми каналізації

Забезпечення належного санітарного стану населених пунктів і

промислових підприємств можливе тільки при організованому зборі й своєчасному видаленні за межі їх території стічних вод з наступним очищенням і знезаражуванням. Каналізація населеного пункту - це комплекс інженерних споруд та обладнання, які призначені для прийому й транспортування стічних вод до очисних споруд. План об'єкта, що каналізується, з нанесеними на ньому елементами системи каналізації називається схемою каналізації.

Схема каналізації населеного пункту складається з таких елементів: внутрішнього каналізаційного обладнання будівель і споруд, дворової і вуличної каналізаційної мережі, колекторів, каналізаційних насосних станцій і напірних трубопроводів, очисних споруд і випусків очищених стічних вод у водоймище.

Внутрішнє каналізаційне обладнання призначене для прийому стічних вод і відведення їх за межі будинку. В житлових і громадських будинках приймачами стічних вод є санітарні прилади. На промислових підприємствах для прийому стічних вод можуть використовуватись спеціальні приймачі у вигляді воронок, трапів, лотків, які встановлюють безпосередньо біля апаратів та технологічного обладнання.

Вуличні каналізаційні мережі – це система підземних трубопроводів, які приймають стічні води від дворових (квартальних) мереж і призначені для транспортування стічних вод в межах населеного пункту. Каналізаційні мережі будують переважно самотісними, прокладаючи їх відповідно до рельєфу місцевості. При цьому територія поділяється на басейни каналізування. *Басейном каналізування* називають частину території, що каналізується і обмежена водорозділами.

Каналізаційні мережі, призначені для відведення атмосферних вод, називають дощовими мережами або водостоками; мережі, призначені для відведення побутових вод, - *побутовими*; мережі для відведення виробничих стічних вод - *виробничими*. Влаштовують також мережі для спільного відведення різних видів стічних вод (побутово-виробничі, виробничо-дощові тощо).

Вуличні каналізаційні мережі в межах кожного басейну об'єднуються одним або декількома колекторами. *Колектором* називають каналізаційний

трубопровід, який збирає стічні води з двох або декількох вуличних мереж.

При значних заглибленнях самопливних каналізаційних трубопроводів влаштовують насосні станції підйому й перекачування стічних вод.

Каналізаційні насосні станції розділяють на місцеві, районні й головні. Місцеві насосні станції служать для перекачування стічних вод від одного або декількох будинків, районні - для перекачування стічних вод районів і басейнів. Головні насосні станції перекачують всі стічні води на очисні споруди.

Очисними називають споруди, призначені для очищення та знезаражування стічних вод і переробки їх осаду. Склад очисних споруд може бути різним і залежить від методу очищення і виду стічних вод. Очисні споруди розташовують нижче за течією річки відносно населеного пункту або підприємства, що каналізується. Після очищення та знезаражування стічні води через спеціальні пристрої, які називають випусками, скидають у водоймище.

Залежно від того, як відводяться окремі види стічних вод – разом чи окремо – системи каналізації розділяють на загальносплавні, роздільні (повна або неповна) й напівроздільні. Тип системи каналізації міста вибирають на основі порівняння техніко-економічних та санітарно-гігієнічних показників.

При загальносплавній системі каналізації (рис. 4.1, а) всі види стічних вод відводяться до очисних споруд по єдиній мережі.

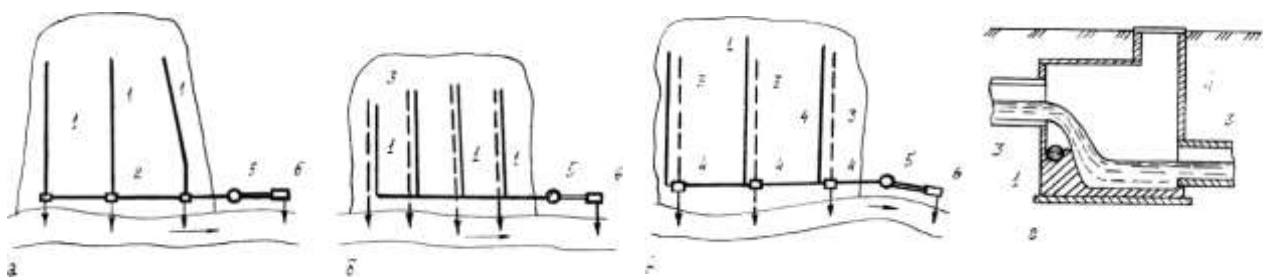


Рис. 4.1. Системи каналізації:

а) загальносплавна; б) повна роздільна; в) напівроздільна; г) водоскидна камера:

1 - колектори побутово-виробничої мережі; 2 - зливоспуски; 3 - дощова мережа;

4 - водоскидні камери; 5 - насосна станція; 6 - очисні споруди

Роздільною називається система каналізації, при якій окремі види стічних вод із забрудненнями різного характеру відводяться самостійними каналізаційними мережами (рис. 4.1, б). Роздільні системи каналізації, в свою чергу, поділяються

на повні й неповні. Повна роздільна система каналізації передбачає не менше двох мереж: одну - для прийому і відводу побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод на очисні споруди; другу - для прийому й скиду у водоймище атмосферних і умовно чистих виробничих стічних вод. Неповна роздільна система передбачає відведення побутових стічних вод закритою мережею на очисні споруди і неорганізоване відведення у водоймище атмосферних вод. Таке рішення зменшує одночасні капітальні витрати і дозволяє у майбутньому з добудовою мереж переходити до повної роздільної системи каналізації, яка з санітарного погляду є достатньо надійною.

Напівроздільною (рис. 4.1 в) називається така система каналізації, при якій в місцях перетину самостійних каналізаційних мереж для відводу різних видів стічних вод встановлюють водоскидні камери, які дозволяють перепускати найбільш забруднені дощові води при малих витратах в побутову мережу і відводити їх по загальному колектору на очисні споруди, а при зливах – скидати порівняно чисті дощові води безпосередньо у водоймище.

У нашій країні застосовують переважно неповну роздільну систему каналізації як першу чергу будівництва. Взагалі систему каналізації вибирають з урахуванням місцевих умов, техніко-економічних показників і санітарно-гігієнічних вимог. У санітарному відношенні найбільш доцільною є загальносплавна система каналізації, при якій всі стічні води підлягають очищенню. Однак ця система вимагає значних капітальних та експлуатаційних витрат, оскільки суттєво збільшуються розміри очисних споруд, комунікацій і потужність обладнання. Крім того, на повну потужність ці споруди працюють тільки під час великих злив при надходженні всієї маси атмосферних вод на очисні споруди. Для зменшення вартості загальносплавної мережі на колекторах уздовж водоймищ встановлюють зливоспуски, за допомогою яких під час значних злив основну масу атмосферних вод скидають у водоймище без очищення. Таке рішення знижує санітарну надійність загальносплавної системи каналізації і допускає потрапляння розбавлених, але неочищених побутових стічних вод у водоймище. Дещо вищу надійність з санітарної точки зору має

напівроздільна система каналізації. У цьому випадку неочищені стічні води не потрапляють у водоймище, але вартість цієї системи не нижча загальносплавної, що обумовило обмежене поширення напівроздільної системи каналізації.

У всіх випадках вибір системи каналізації населеного пункту повинен бути обґрунтований техніко-економічними розрахунками з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог і перспектив розвитку населеного пункту. При виборі системи каналізації на промислових підприємствах враховують: кількість і склад виробничих стічних вод, можливість використання виробничих стічних вод в оборотному й послідовному водопостачанні, можливість утилізації цінних речовин та доцільність об'єднання з системою каналізації населеного пункту, вимог до скиду виробничих стічних вод у водоймища.

4.3. Труби, колектори й колодязі на каналізаційній мережі

До матеріалу труб, колекторів та їх з'єднань висувають ряд вимог: міцність, сприймання навантаження від ваги ґрунту і транспорту без деформації, стійкість проти корозії та механічного стирання, гладка внутрішня поверхня, водонепроникність, не допускання просочування стічних вод у ґрунт (ексфільтрація) і ґрунтових вод в мережу (інфільтрація). Цим вимогам відповідають керамічні, бетонні, залізобетонні, азбестоцементні, металеві й пластмасові труби.

Керамічні труби використовують для влаштування безнапірних каналізаційних мереж. Бетонні й залізобетонні труби виготовляють напірними та безнапірними з розтрубом або гладкими кінцями.

Азбестоцементні труби (напірні й безнапірні) виготовляють з гладкими кінцями діаметром 100-600 мм.

Чавунні й сталеві труби застосовують переважно для напірних каналізаційних ліній. Для зовнішньої безнапірної каналізаційної мережі сталеві труби застосовують лише там, де ставляться підвищені вимоги до герметичності, наприклад, при перетині із залізницями, автомагістралями, водними перепонами.

При прокладанні самотливих каналізаційних мереж використовують труби із синтетичних матеріалів (вінілпласт, поліетилен та ін.).

Колектори побутової, виробничої, загальносправної і дощової каналізації великого розміру можуть в поперечному перерізі бути круглими, прямокутними або іншої форми. Труби й канали каналізаційної мережі повинні задовольняти гідравлічні, статичні, економічні та експлуатаційні вимоги. Залежно від виду ґрунту, матеріалу й діаметру труб їх кладуть безпосередньо на ґрунт або штучну основу.

Для огляду і прочищення каналізаційної мережі на ній споруджують оглядові колодязі. Їх роблять скрізь, де змінюються напрям, діаметр або ухил лінії. Залежно від призначення оглядові колодязі підрозділяються на лінійні, поворотні, з'єднувальні, контрольні, промивні й перепадні.

Лінійні колодязі встановлюють на прямих ділянках каналізаційних мереж усіх систем через 35-300 м залежно від діаметру труб.

Поворотні колодязі встановлюють в місцях зміни напрямку мережі в плані або по висоті. З'єднувальні оглядові колодязі встановлюють в місцях з'єднання каналізаційних ліній.

Промивні колодязі передбачають на тих ділянках каналізаційної мережі, де можливе випадання осаду в трубах.

Перепадні колодязі споруджують в місцях, де з'єднуються труби на різній глибині, що має місце при приєднанні бокових притоків до основної каналізаційної мережі, при влаштуванні перепадів у зв'язку з різкою зміною рельєфу місцевості й необхідності зменшення швидкості потоку стічних вод по мережі. Контрольні колодязі встановлюють перед червоною лінією забудови зі сторони будинків у місцях під'єднання дворової, квартальної або промислової мережі до вуличної.

Колодязі на напірних трубопроводах встановлюють при необхідності розміщення в них засувки, випусків, вантузів та іншої арматури. Оглядові колодязі виконують з цегли або залізобетону. В плані вони можуть мати круглу або прямокутну форму (рис. 4.2). Основними елементами колодязів є: основа (підготовка, плита та набивний лоток), робоча камера перекриття або перехідна частина, горловина, кришка з люком. Висоту робочої камери приймають, як

правило, 1800 мм. Розміри камери обумовлені можливістю виконання робіт по огляду, очищенню і ремонту мережі.

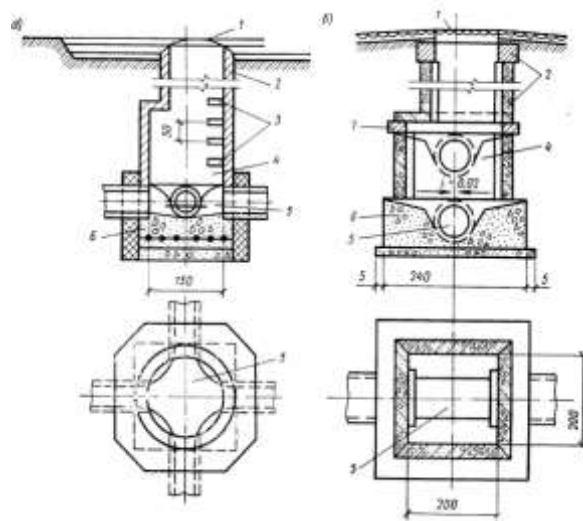


Рис. 4.2. Оглядові каналізаційні колодязі:

а) круглий; б) прямокутний:

1 - чавунний люк з кришкою; 2 - горловина; 3 - скоби; 4 - робоча камера;
5 - лоток; 6 - бетонне дно; 7 - плита перекриття

4.4. Трасування каналізаційної мережі

Під трасуванням каналізаційної мережі розуміють визначення розташування вуличних колекторів на плані населеного пункту. Основне завдання при трасуванні мережі полягає в тому, щоб відвести стоки по трубах і каналах самотіком з максимально можливої території.

Безпосередньо перед трасуванням територію, що каналізується, розбивають на басейни, вибирають місця розташування очисних споруд і випуску стічних вод. Межі басейнів каналізування визначають за рельєфом місцевості й проектом вертикального планування. Межі басейнів, як правило, співпадають з лініями водорозділів. Місце розташування очисних споруд вибирають нижче населеного пункту за течією водотоку із забезпеченням санітарно-захисної зони до межі житлової забудови.

Трасування мережі залежить від значного числа факторів. Так, при трасуванні каналізаційної мережі необхідно враховувати: а) рельєф місцевості для зменшення заглиблення труб і можливості відводу стічних вод самотіком; б) місце розташування очисних споруд; в) намічене місце випуску стічної рідини

у водоймище; г) прийнятну систему каналізації; д) характер забудови кварталів; е) черговість будівництва.

Каналізаційні мережі в середині басейну трасують (рис. 4.3) від водорозділів до тальвегів. Як правило, вуличні колектори проектують перпендикулярно до горизонталей місцевості в напрямку понижених місць басейну. Головні колектори найчастіше направляють уздовж берегів річок. По головному колектору стічна рідина відводиться за межі населеного пункту.

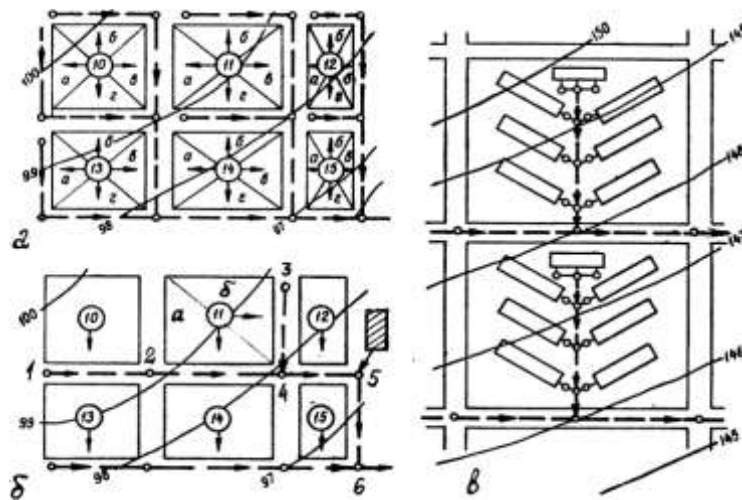


Рис. 4.3. Схеми трасування каналізаційних мереж:

- а) за охоплюючою схемою; б) з пониженого боку кварталу; в) черезквартальна;
а, б, в, г - сектори кварталів; 1-6 - вузлові колодязі; 10-15 - номери кварталів.

Трасування вуличних каналізаційних мереж може бути здійснене за трьома схемами:

1) Схема з пониженого боку кварталу застосовується при вираженому рельєфі з падінням відміток рівня землі до однієї або до двох граней кварталу (уклон поверхні землі більший за 0,008 - 0,01). Вуличні мережі в цьому випадку прокладені лише по проїздах біля понижених сторін кварталів.

2) Охоплююча схема застосовується при плоскому рельєфі місцевості (ухил до 0,005 - 0,007), великих розмірах кварталів та відсутності забудови всередині кварталів. Вуличні мережі прокладають по проїздах, які охоплюють квартал з усіх сторін.

3) Черезквартальна схема передбачає, що вуличні мережі прокладені всередині кварталів - від вище розташованих до нижче розташованих, що дозволяє

скоротити довжину каналізаційних мереж і вартість їх будівництва. Однак застосування цієї схеми вимагає точного погодження забудови кварталу і ускладнює експлуатацію мереж.

Каналізаційні лінії слід прокладати прямолінійно. У місцях поворотів мереж, місцях зміни ухилу лінії і діаметру труб, а також в місцях з'єднання декількох ліній необхідно влаштовувати колодязі.

Проектуючи трасу каналізаційної мережі, необхідно уникати або зводити до мінімуму число перетинів із залізничною колією, підземними спорудами та водними перешкодами, тому що влаштування цих перетинів складне і викликає труднощі в експлуатації.

У тих випадках, коли неможливо здійснити відведення стічних вод самопливом на очисні споруди, застосовують насоси. При цьому, виходячи з особливостей рідини, яка перекачується (наявності в ній паперу, ганчір'я та інших домішок), до насосів ставлять такі вимоги: вони не повинні засмічуватися забрудненнями, які знаходяться у стоках; їх конструкція повинна забезпечувати можливість прочищення робочого колеса, корпусу й патрубків.

Каналізаційні насосні станції за призначенням бувають головними (перекачують стічні води зі всієї території), районними (перекачують стічні води з окремих басейнів каналізування), лінійними або підкачування (перекачують стічні води з максимально заглибленого колектора в колектори з меншим заглибленням) й місцевими (перекачують стічні води від одного або декількох будинків).

Каналізаційні насосні станції мають машинне відділення, приймальний резервуар, побутові й допоміжні приміщення. У машинному залі розташовують основні й резервні насоси, а також все допоміжне обладнання для нормальної

роботи насосів. Приймальний резервуар утворює регулюючу ємкість. Машинний зал та інші службові приміщення відділяють від приймального резервуару суцільною водо- і газонепроникною стінкою.

Схеми й конструкції насосних станцій залежать від гідрогеологічних умов, глибини підвідного колектора, типу й кількості насосів, особливості розташування насосних агрегатів тощо. Як правило, насосні станції розташовані в понижених

місцях, мають значне заглиблення і часто нижче рівня підземних вод. У цьому випадку доцільно застосовувати каналізаційні насосні станції шахтного типу й круглі в плані (рис. 4.4, а, б). При перекачуванні стічних вод, що містять пожежо- й вибухонебезпечні речовини, приймальні резервуари відокремлюють від машинного відділення, яке може розміщуватися на меншій глибині (рис. 4.4, в). Значно спрощується схема та конструкція насосної станції, якщо вона має невелику глибину і зводиться в сухих ґрунтах. Станція може мати прямокутну форму, а резервуар поєднуватися з машинним відділенням (рис. 4.4, г).

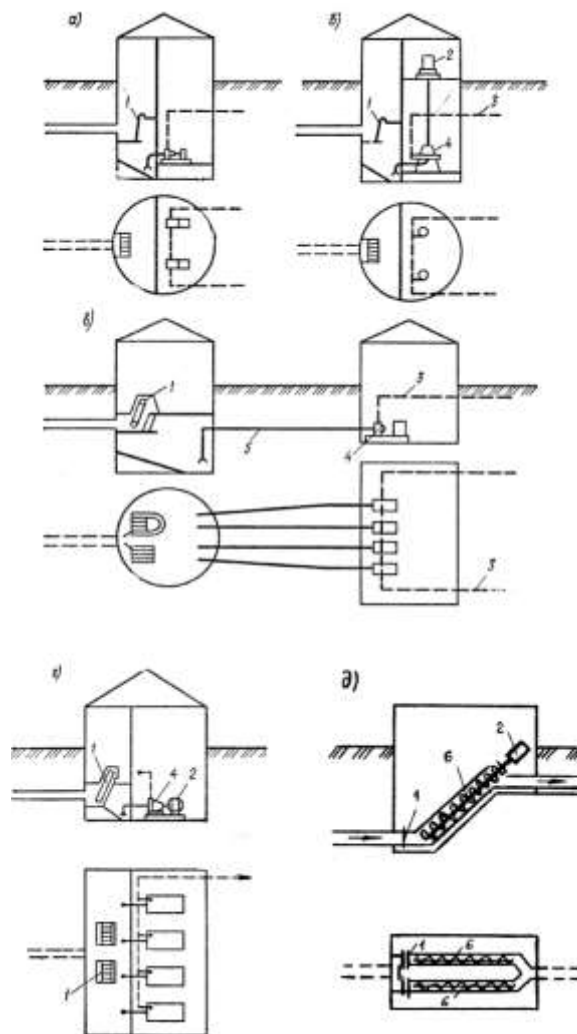


Рис. 4.4. Схеми насосних станцій:

а, б - шахтного типу відповідно з горизонтальними й вертикальними насосами;
в - з окремо розташованим приймальним резервуаром; **г** - прямокутна в плані;

д - з шнековими насосами:

1 - решітка; 2 - електродвигун; 3 - напірний трубопровід; 4 - насос;

5 - всмоктувальний трубопровід; 6 - шнековий підйомник

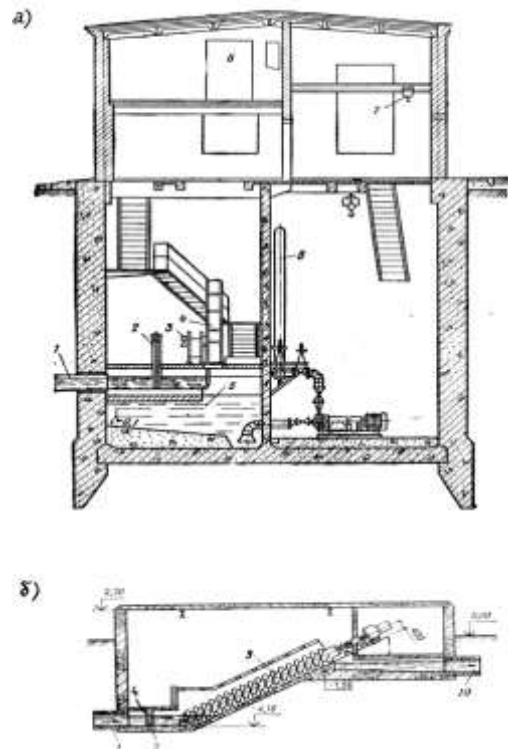


Рис. 4.5. Каналізаційні насосні станції:

а) шахтного типу з горизонтальними фекальними насосами; **б)** із шнековими насосами:

- 1 - подвійний трубопровід; 2 - щитовий затвор; 3 - молоткова дробарка;
- 4 - решітки; 5 - приймальний резервуар; 6 - щит управління; 7 - кран-балка;
- 8 - напірний трубопровід; 9 - шнековий підйомник; 10 - вихідний трубопровід

Контрольні завдання

1. Дайте характеристику забруднень стічних вод.
2. Наведіть стислу характеристику систем каналізації і основних елементів каналізації населеного пункту.
3. Накресліть схеми трасування каналізаційних мереж.
4. Охарактеризуйте труби для каналізаційних мереж та їх з'єднання.
5. Назвіть типи каналізаційних колодязів.
6. Наведіть класифікацію каналізаційних насосних станцій за призначенням, опишіть основні елементи цих станцій.

ТЕМА 5. ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Методичні рекомендації. Необхідно знати основні забруднення стічних вод та. схеми очищення стічних вод, роль і призначення окремих споруд. Вивчити конструкції споруд для механічного і біологічного очищення; знати, від яких забруднень очищається вода в тих чи інших спорудах. Окремо ознайомитись із спорудами, які призначені для обробки осаду. Знати способи знезаражування стічних вод.

5.1. Склад стічних вод та умови скидання їх у водні об'єкти

Ступінь забруднення стічних вод характеризується кількістю мінеральних, органічних і бактеріальних домішок, що містяться в розчиненому або нерозчиненому стані. Нерозчинені речовини, які затримуються при фільтруванні через паперовий фільтр, називають завислими. Органічні домішки в стічних водах, як правило, при наявності кисню мінералізуються під дією мікроорганізмів. За кількістю витраченого для окислення органічних речовин кисню судять про забруднення стічної рідини органічними речовинами. Цю величину називають біохімічною потребою в кисні, скорочено позначають “БПК”. Концентрація забруднень побутових стічних вод, мг/л, визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_n}, \quad (5.1)$$

де a - кількість забруднень, що надходить за добу від однієї людини, г;

q_n - норма водовідведення, л на одну людину за добу.

Нормативна кількість забруднень за добу від однієї людини для побутових стічних вод приведена в нормативних документах і складає в г/добу:

Завислі речовини	65
БПК _{повне} не проясненої рідини	75
БПК _{повне} проясненої рідини	40
Азот амонійних солей (N)	8
Фосфати (P ₂ O ₅)	3,3
Хлориди (Cl)	9
Поверхнево-активні речовини (ПАР)	2,5

Побутові стічні води надходять на очисні споруди разом з виробничими. Знаючи кількість побутових і виробничих стічних вод і концентрацію забруднень в них, визначають концентрацію забруднень в суміші стоків:

$$C_{mid} = \frac{C_n \cdot Q_n + \sum C_p \cdot Q_p}{Q_n \cdot \sum Q_p}, \quad (5.2)$$

де C_n, C_p - концентрація забруднень побутових і виробничих стічних вод;

Q_n, Q_p - середньодобові витрати побутових і виробничих стічних вод.

Умови скидання стічних вод у водні об'єкти регламентуються нормативними актами і правилами. Згідно з цими правилами встановлені нормативи якості води для водойм за двома категоріями водокористування. До першої відносять ділянки водойм, що використовуються як джерело централізованого чи децентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості. До другої категорії належать ділянки водойм, що використовуються для купання, занять спортом і відпочинку населення, а також ті, що знаходяться в межах населених пунктів. Крім того, встановлені нормативи якості стічних вод, що скидаються у водойми рибогосподарського призначення. Якість очищення стічних вод має бути такою, щоб якість води у водоймі після скидання в неї стічних вод була не нижче, ніж для води, що обумовлена правилами охорони поверхневих вод від забруднень стічними водами.

5.2. Методи й схеми очищення стічних вод

Для очищення стічних вод використовують механічні, хімічні, фізико-хімічні й біологічні методи. При цьому застосовують комплекс окремих споруд, в яких стічна вода послідовно очищається спочатку від крупних, а потім від все менших за розмірами забруднень.

Механічне очищення (проціджування, відстоювання, прояснення, фільтрування) застосовують для видалення з води в основному завислих речовин. Для цього використовують решітки, пісковловлювачі, відстійники, жировловлювачі, нафтовловлювачі, гідроциклони, фільтри та інші споруди.

Ганчір'я, папір, кістки, рештки овочів та фруктів, різні промислові відходи затримуються на решітках і подрібнюються у дробарках.

Решітки встановлюють у приймальних резервуарах насосних станцій і на очисних спорудах в каналах, що підводять стічну рідину. Для попередження засмічення або утворення значних підпорів води, решітки повинні систематично очищуватися від забруднень.

Вода після решіток направляється в пісковловлювачі, де затримуються забруднення мінерального походження (пісок, зола, шлак). Застосування пісковловлювачів зумовлено тим, що при спільному видаленні у відстійниках мінеральних і органічних домішок виникають значні труднощі при відведенні осаду з відстійників й при подальшому його зброджуванні у метантенках чи інших спорудах. Осад з пісковловлювачів зневоднюють на піскових майданчиках або в піскових бункерах.

Відстійники є основною спорудою механічного очищення стічних вод. Вони використовуються для видалення грубодисперсних речовин, що осідають або спливають. Розрізняють первинні відстійники, які встановлюють перед спорудами біологічного очищення, і вторинні відстійники - для відділення активного мулу або біоплівки. Залежно від напрямку потоку води відстійники поділяють на горизонтальні, вертикальні й радіальні.

До відстійників також відносять прояснювачі, в яких одночасно з відстоюванням вода фільтрується через шар завислого осаду, а також прояснювачі-перегнивачі й двоярусні відстійники, де одночасно з проясненням води проходить стабілізація і ущільнення осаду, який випав.

Горизонтальні відстійники, як правило, застосовують на станціях очищення потужністю від 15 до 100 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$. Радіальні відстійники порівняно з горизонтальними економічніші в будівництві й надійніші в експлуатації. Їх використовують в основному на станціях потужністю більше за 20 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$. На станціях потужністю до 20 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ рекомендується приймати вертикальні відстійники, а до 10 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ - двоярусні.

Осад з первинних відстійників схильний до гниття, тому його направляють на спеціальні споруди обробки осаду. Осад, що видаляють з первинних

відстійників, називають "*сирим*". Сирий осад становить небезпеку в санітарному відношенні, оскільки він може загнивати, виділяти газ, створювати сприятливі умови для розвитку бактерій, у тому числі хвороботворних, а також містить яйця гельмінтів. Тому перед утилізацією осад має бути стабілізований і знешкоджений. Для цього використовують аеробне зброджування з використанням аеробних бактерій (аеробні стабілізатори) і анаеробне зброджування за участю анаеробних бактерій (метантенки, септики, двоярусні відстійники). Для очищення стічних вод і обробки осаду при добовій витраті стічних вод до 25 м³/добу рекомендується використовувати септики, від 25 до 10000 м³/добу - двоярусні відстійники. При більшій потужності застосовують метантенки або аеробні стабілізатори.

Септики – це прямокутні або круглі в плані резервуари, в яких проходить прояснення стічної води і зброджування осаду.

Двоярусні відстійники також служать для прояснення стічної води і зброджування осаду, що випав. Двоярусний відстійник має у верхній частині проточні лотки, а в нижній - септичну камеру. Час зброджування осаду в двоярусних відстійниках 2-6 місяців. За цей період розкладається 40-50% органічної речовини.

Метантенк - це круглий або прямокутний у плані резервуар, в якому зброджується осад з відстійників, надлишковий активний мул або їх суміш. Процес розкладу органічної речовини в метантенку проходить подібно, як і в септичній камері двоярусного відстійника, але з більшою інтенсивністю завдяки підігріву й перемішуванню.

У метантенках ступінь розкладу органічної речовини складає в середньому 40 %, що є достатнім. Осад при цьому втрачає гнилий запах, набуває однорідної пористої структури, добре віддає при підсушуванні вологу. Зброджений осад містить азот, фосфор, калій, які добре засвоюються рослинами, тому його використовують в сільському господарстві як добриво. При бродінні в метантенках виділяється газ. Цей газ відводять у газгольдини для зберігання і потім спалюють в котельних установках. У деяких випадках для обробки осаду пропонують аеробні стабілізатори або комбіновані технології, що включають анаеробне й аеробне зброджування.

Слід зазначити, що подальше використання вологого осаду малоефективне, тому його підсушують (зневоднюють). Найчастіше для зневоднення осаду використовують *мулові майданчики* на природній або штучній основі. Осад, який перегнив у метантенку, має вологість в середньому 94-97 %. На мулових майданчиках він підсихає до вологості 75-80 %. При цьому об'єм осаду суттєво зменшується і стає можливим його перевезення.

На великих станціях замість підсушування осаду на мулових майданчиках застосовують механічне сушіння осаду у вакуум-фільтрах, центрифугах, фільтрпресах або термічне сушіння.

Досить рідко механічне очищення є кінцевою стадією. Як правило, воно буває попереднім перед біологічним очищенням.

Біологічні методи очищення полягають в окисленні найдрібніших частинок суспензій, колоїдів і розчинених органічних речовин мікроорганізмами, які здатні використовувати як поживне середовище багато органічних і деякі неорганічні забруднення, що містяться у стічних водах. У процесах біологічного очищення стічних вод частина забруднень, що окислюються мікроорганізмами, використовується у процесах біосинтезу (утворення біомаси), а інша частина перетворюється на нешкідливі продукти окислення: воду, CO_2 , NO_3 та ін., біохімічним шляхом майже повністю звільняються від органічних забруднень, що залишились у воді після механічного очищення.

Споруди, які служать для біологічного очищення стічних вод, поділяють на дві групи. До першої належать споруди, в яких біологічне очищення проводиться в умовах, близьких до природних (поля зрошення, поля фільтрації та очисні біоставки). У другій групі споруд очищення проводиться у штучно утворених умовах (біологічні фільтри й аеротенки). У спорудах першої групи стічні води очищаються досить повільно за рахунок запасу кисню у ґрунті й у воді біоставків, а також внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів-мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення. У спорудах другої групи у штучно створених умовах процеси очищення стічних вод протікають значно інтенсивніше. Принцип дії сучасних апаратів і споруд біологічного очищення стічних вод базується на методах безперервного культивування мікроорганізмів.

Полями зрошення називають спеціально підготовлені й сплановані земельні ділянки, що призначені для очищення стічних вод і одночасного використання цих ділянок для сільськогосподарських потреб. *Поля фільтрації* - земельні ділянки, призначені тільки для очищення стічних вод без вирощування на них сільськогосподарських культур.

Суть процесу очищення стічних вод у ґрунті полягає в тому, що при фільтруванні стічних вод через ґрунт у його верхньому шарі затримуються завислі й колоїдні речовини, які утворюють на поверхні частинок ґрунту густонаселену мікроорганізмами плівку. Ця плівка адсорбує своєю поверхнею розчинені органічні речовини, що знаходяться у стічних водах. Мікроорганізми використовують кисень атмосфери при окисленні забруднень і переводять ці забруднення в мінеральні. Інтенсивне окислення проходить у верхніх (0,2-0,4 м) шарах ґрунту. У глибші шари надходження кисню обмежене, тому процеси окислення там ідуть повільніше. Ступінь очищення побутових стічних вод на полях зрошення та фільтрації в середньому складає 95-98% за завислими й органічними речовинами.

Біологічні ставки застосовують для очищення або доочищення стічних вод. Окислення органічних домішок проходить під дією мікроорганізмів. Для очищення використовують анаеробні або аеробні ставки. У свою чергу, аеробні ставки можуть бути з природною або примусовою аерацією. У ставках з природною аерацією тривалість обробки стічних вод залежить від виду й концентрації домішок і коливається в межах 7-60 діб. Ставки з примусовою аерацією мають значно менший об'єм, потрібний ступінь очищення води в них досягається за 1-3 доби. Біологічні ставки використовують переважно для доочищення стічних вод, що пройшли споруди біологічного очищення. Доочищення дозволяє покращити санітарно-гігієнічні показники очищеної води, знижує концентрацію забруднень, підвищує концентрацію розчиненого кисню у воді.

Біофільтри використовують для часткового або повного біологічного очищення стічних вод. Біофільтр – це споруда (рис. 5.1), що завантажена фільтруючим матеріалом, на поверхні якого розвиваються мікроорганізми (біоплівка). При проходженні стічної води через завантаження біофільтру забруднення адсорбуються біоплівкою і окислюються мікроорганізмами в присутності кисню повітря. Основними мікроорганізмами, що окислюють забруднення стічних вод, є бактерії. Крім того, мікрофлора і мікрофауна біоплівки представлені різними пліснявими грибами, черв'яками, комахами тощо. Для завантаження біофільтру використовують щебінь, гравій, керамзит, шлак, керамічні, азбестоцементні, пластмасові елементи, металеві сітки, синтетичні плівки та ін. Звичайно висоту завантаження приймають 1,5-4 м. Розрізняють біофільтри з природною і примусовою аерацією. За пропускною здатністю біофільтри поділяють на краплинні (малої потужності - до $1000\text{ м}^3/\text{добу}$) й високо навантажені (до $50000\text{ м}^3/\text{добу}$).

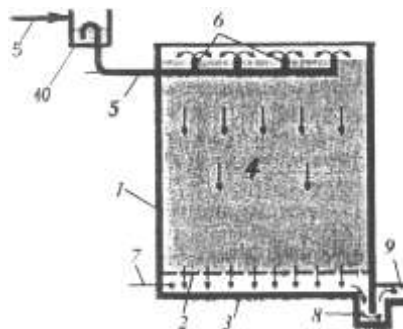


Рис. 5.1. Біофільтр:

- 1 - огорожувальні стіни; 2 - дірчасте дніще; 3 - суцільне дніще; 4 - фільтруюче завантаження; 5 - подача води; 6 – розподільний пристрій; 7 - подача повітря; 8 - гідравлічний затвор; 9 - водовідвідний лоток; 10 – дозуючий пристрій з сифоном

Ступінь очищення стічних вод у біофільтрах залежить від складу стічних вод, висоти завантаження, температури стоків, питомої кількості повітря і гідравлічного навантаження. Надлишкова біомаса (відпрацьована біоплівка) випадає у вторинних відстійниках і направляється на споруди зброджування осадів

В *аеротенках*, як і у біофільтрах, проходить біохімічне окислення органічних речовин стічних вод мікроорганізмами. Аеротенки - це споруди, в яких постійно протікає стічна вода, змішана з активним мулом. Активний мул - це суміш

аеробних мікроорганізмів, які здатні сорбувати і окислювати забруднення стічних вод. Якість активного мулу залежить від виду й кількості органічних забруднень, наявності токсичних домішок, повноти попереднього відстоювання, тривалості та інтенсивності аерації, навантаження на активний мул. В аеротенки повинен безперервно надходити кисень для забезпечення нормальної життєдіяльності мікроорганізмів. Для цього суміш стічних вод з активним мулом безперервно аерується системами аерації (рис. 5.2). Системи забезпечують подачу й розподіл кисню чи повітря в аеротенку і підтримують активний мул в завислому стані для кращого контакту мулу із забрудненнями стічних вод. Якісний активний мул здатний швидко і добре осідати.

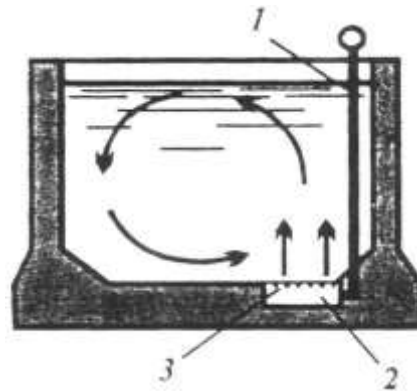


Рис. 5.2. Аеротенк з пневматичною аерацією:
1 - повітряний стояк; 2 - фільтросний канал; 3 – фільтросні пластини

Аеротенки можуть бути класифіковані за гідравлічним режимом їх роботи (аеротенки ідеального витіснення, аеротенки ідеального змішування, аеротенки проміжного типу) або за величиною навантаження на активний мул (високо навантажені, звичайні й низько навантажені). З аеротенків суміш води й активного мулу направляється у вторинні відстійники для осідання (відокремлення) активного мулу. В процесі очищення стічних вод об'єм активного мулу збільшується за рахунок приросту його біомаси. Частина активного мулу безперервно перекачується в аеротенки для підтримання необхідної концентрації (циркулюючий активний мул), а решта (надлишковий активний мул) направляється в мулоуцільнювачі і потім у споруди зброджування.

Досить часто циркуляційний активний мул містить не окислені забруднення, тому цей мул направляють в регенератори, де окислюються забруднення і

відновлюється сорбційна здатність активного мулу. Як правило, під регенератори відводять частину аеротенку. Окремі споруди, в яких проходить мінералізація активного мулу, називають аеробними мінералізаторами.

Аеротенки дозволяють досягти високого ступеня очищення стічних вод від органічних речовин. Тривалість аерації міських стічних вод при цьому становить близько 6-8 год. Відокремлення біомаси від очищеної води здійснюється у вторинних відстійниках.

Перед спуском до водойм очищену стічну воду для знешкодження і знищення патогенних мікроорганізмів, що залишилися після біологічного очищення, слід дезінфікувати. Дезінфекцію здійснюють різними способами: хлоруванням, електролізом, бактерицидним опроміненням та іншими.

Найчастіше знезаражування проводять газоподібним хлором, або речовинами, що містять активний хлор, - хлорне вапно, гіпохлориди тощо. Установка для знезаражування стічних вод хлором складається з хлораторної, змішувачів та контактних резервуарів. Контактні резервуари для забезпечення необхідного бактерицидного ефекту розраховують на 30 хвилинний контакт води з хлором.

Очищену й знезаражену воду випускають у водойми. Оскільки вимоги до ступеня очищення стічних вод підвищуються і не завжди біологічне очищення забезпечує ці вимоги, доводиться застосовувати доочищення стічної води. Для забезпечення останнього використовують різні фільтри, контактні прояснювачі й біоставки.

На відміну від очищених міських стічних вод, для деяких видів виробничих стоків доцільно застосовувати хімічні або фізико-хімічні методи очищення, наприклад, при видаленні із стічної води іонів важких металів або токсичних сполук. При хімічному очищенні забруднення зі стічних вод видаляються в результаті реакцій між забрудненнями і реагентами, які вводять у воду. В цьому випадку можуть утворюватися сполуки, що випадають в осад, або має місце газовиділення. Процесами хімічного очищення є також нейтралізація та хімічне окислення. До фізико-хімічних методів очищення стічних вод відносять сорбцію, екстракцію, евапорацію, коагуляцію, флотацію, електроліз, іонний обмін,

кристалізацію та ін.

Широке застосування для очищення міських стічних вод знайшли схеми, в яких поєднуються механічне й біологічне очищення. Одна з типових схем очищення міських стічних вод наведена на рис. 5.3.

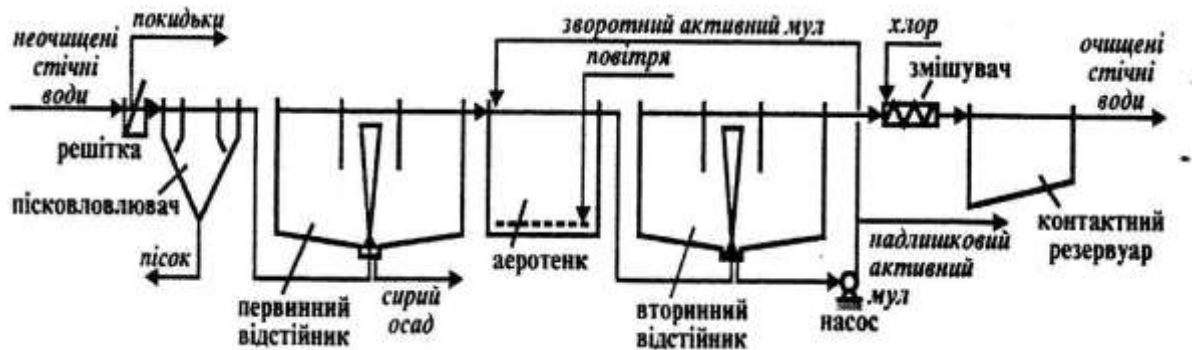


Рис. 5.3. Типова технологічна схема очищення міських стічних вод

Розміщення (компонування) очисних споруд у плані визначається складом споруд, що входять в очисну станцію, і рельєфом площадки. Майданчик під очисні споруди вибирають з урахуванням планування та забудови населеного пункту. Місце розташування очисних споруд планують нижче за течією річки від міста, його обов'язково погоджують з органами Держнагляду. Територія станції повинна бути впорядкована, озеленена, освітлена і загороджена.

Основним завданням експлуатації очисних споруд є забезпечення якості очищення стічних вод і обробки осадів до меж, що передбачені проектом очисних споруд і відповідними нормативними документами. Роботу каналізаційних очисних споруд характеризують такі показники: витрати стічних вод в цілому і по окремих спорудах; маса покидьків, що затримані на решітках, їх вологість, склад, густина, зольність; кількість осаду з пісковловлювачів, його густина, зольність, кількість піску; об'єм сирого осаду з первинних відстійників, його вологість та зольність, винос завислих речовин з відстійників; кількість та температура осаду і активного мулу в метантенках, а також осаду, що вивантажується з метантенків, його вологість та зольність; маса активного мулу (доза) в аеротенках, об'єм повітря, що подається в споруди тощо.

Контрольні завдання

1. Наведіть формули, за якими обчислюють концентрацію забруднень у стічних водах.
2. Охарактеризуйте роботу споруд для механічного й біологічного очищення стічних вод.
3. Наведіть схему очищення міських стічних вод, дайте характеристику окремих споруд.
4. Дайте характеристику споруд, які використовують для обробки осаду стічних вод.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди.
2. Водовідведення та очистка стічних вод міста: Навч. посібник / О.А. Василенко, С.М. Епоян, Г.М. Смірнова, І.В. Корінько та інші. – Київ-Харків, 2012. – 540 с.
3. Проектування мереж водовідведення стічних вод міста: Навч. посібник / С.М. Епоян, І.В. Корінько та інші. - Харків: Каравела, 2004. – 124 с.
4. Хоружий П.Д. Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди: Навч. посібник - К.: Вища шк., 1993, - 230 с.
5. Кравченко В.С. Водопостачання і водовідведення: Навч. посібник. - Рівне: Українська державна академія водного господарства, 1997. – 237 с.
6. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди.
7. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
8. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні.